

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM PISCICULTURA COM SISTEMA
DE CULTIVO EM TANQUES-REDE NO MUNICÍPIO DE SANTA FÉ DO SUL-SP.**

Gláucio Doreide Cicigliano

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da FEIS – UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil – Área de Concentração em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Luis de Carvalho

Ilha Solteira - SP

2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP – Ilha Solteira.

C568a Cicigliano, Gláucio Doreide.
Avaliação da qualidade da água em piscicultura com sistema de cultivo
em tanques-rede no município de Santa Fé do Sul - SP / Gláucio Doreide
Cicigliano. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2009
81 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Recursos Hídricos e
Tecnologias Ambientais, 2009

Orientador: Sérgio Luis de Carvalho

1. Peixe - Criação. 2. Impacto ambiental. 3. Água - Qualidade.
4. Tanques-rede. 5. Efluente - Qualidade.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Avaliação da qualidade da água em piscicultura com sistema de cultivo em tanques-rede no Município de Santa Fé do Sul-SP

AUTOR: GLÁUCIO DOREIDE CICIGLIANO

ORIENTADOR: Prof. Dr. SERGIO LUIS DE CARVALHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em ENGENHARIA CIVIL , Área: RECURSOS HIDRICOS E TECNOLOGIAS AMBIENTAIS, pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. SERGIO LUIS DE CARVALHO

Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. ALEXANDRE NINKHAUS SILVEIRA

Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. RICARDO PEREIRA RIBEIRO

Departamento de Zootecnia / Universidade Estadual de Maringá - UEM / Maringá-PR

Data da realização: 14 de dezembro de 2009.

DEDICATÓRIA

Deus nos dá o dom vida, cabe a cada um de nós buscarmos a evolução como ser humano e transformar os sonhos em realidade. Agradeço sempre e acima de tudo á Deus, por me permitir sonhar e me dar forças para buscar a realização dos meus sonhos.

A minha esposa Marcela e minhas filhas Mayla e Eduarda, pela compreensão aos meus longos e constantes períodos de ausência, pelas palavras de incentivo ditas nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais pela minha vida, educação, discernimento para os momentos de decisões, e tratamento enquanto filho. Ao meu irmão e minha irmã pelos nossos laços de amizade e consideração mutua.

Ao meu orientador em especial, ao qual será sempre lembrado, Prof. Dr. Sérgio Luis Carvalho, pelo incentivo, dedicação, amizade, confiança em minha pessoa e por me permitir crescer através de sua orientação. Lembrarei sempre da sua característica como ser humano.

Ao ex-coordenador do Programa de Pós-Graduação, Prof. Dr. Jorge Luis Akasaki, pelo sentimento de apoio dado, durante a minha trajetória acadêmica e por ter acreditado em mim. Lembrarei sempre da sua característica como ser humano.

Ao grande amigo, Ariel Cássio Marques Ernandes, pela amizade demonstrada nos momentos difíceis, quando sempre se apresentou disponível e disposto a apoiar, tranquilizar e ajudar, durante a etapa em que iniciamos no programa de pós-graduação.

A Thassya Geórgia Camargo, pessoa que conduziu os ensaios de laboratório de forma profissional e sempre pontual.

A Família Âmba Amaral por me permitir desenvolver o trabalho de pesquisa junto à empresa, e pelo tempo em que trabalhamos juntos.

RESUMO

CICIGLIANO, G. D. **Avaliação da Qualidade da Água em Piscicultura com Sistema de Cultivo em Tanques-Rede no Município de Santa Fé do Sul - SP.** 2009. 81 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

O presente projeto teve como objetivo avaliar a qualidade da água em função do efluente gerado por uma unidade de piscicultura localizado na Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados, no Município de Santa Fé do Sul, SP. As análises foram realizadas a cada quatro semanas, por um período de doze meses, realizado em locais previamente determinados sendo repetidas a cada coleta. As investigações foram realizadas dentro de uma abordagem de análise ambiental ampla e de uma perspectiva de desenvolvimento sustentável. O estudo de cada um dos parâmetros de qualidade da água foi realizado por meio da obtenção de dados no próprio local e de análises laboratoriais. As coletas foram realizadas em pontos definidos previamente (03 pontos) de modo servir como indicadores das condições ambientais na micro bacia e de suas possíveis alterações em função dos efluentes gerados pelos peixes cultivados no local. Desta forma, procurou-se investigar a influência da atividade de piscicultura em termos de efluentes gerados para a deterioração dos recursos hídricos do local. Foram analisadas possíveis alterações nas características físicas, químicas e biológicas da água, relacionadas ao uso da água na micro-bacia.

Os Resultados dos ensaios obtidos confrontados com os padrões da resolução CONAMA nº 357/05, águas doces classe 2, bem como os índices de qualidade de água IQA. De modo geral foi observado que as águas do Córrego Ponte Pensa não apresentarem índices, ótimo. Para os índices mínimos, observaram-se duas classificações como boa, e uma classificação como aceitável. Para os índices máximos observaram-se três classificações como aceitável.

Espera-se com os resultados obtidos fornecer subsídios que possam contribuir para o desenvolvimento sócio-econômico local associado à conservação ambiental.

Palavras-chave: Piscicultura. Impacto Ambiental. Qualidade de Água. Tanques-rede. Efluente de Piscicultura.

ABSTRACT

CICIGLIANO, G. D. **Assessment of Water Quality in Aquaculture with Farming System in cages in the city of Santa Fé do Sul - SP.** 2009. 81 f. Dissertation (Master of Science in Mechanical Engineering) – Engineering College, São Paulo State University, Ilha Solteira, 2009.

The present project had as objective to evaluate the quality of the water in function of the effluent one generated by a unit of fish culture located in the Hidrográfica Basin of the River São José dos Dourados, in the City Santa Fé do Sul, SP. The analyses had been carried through to each four weeks, for a period of twelve months, carried through in places previously determined being repeated to each collection. The inquiries had been carried through inside of a boarding of ample analysis ambient and of a perspective of sustainable development. The study of each one of the parameters of quality of the water it was carried through by means of the attainment of data in the proper place and laboratory analyses. The collections had been carried through in definite points previously (03 points) in way to serve as indicating of the ambient conditions in the micron basin and of its possible alterations in function of the effluent ones generated by the fish cultivated in the place. In such a way it was looked to investigate the influence of the activity of fish culture in generated terms of effluent for the deterioration of the water resources of the place.

Had been analyzed possible alterations in the physical, chemical and biological characteristics of the water, related to the use of the water in the micron-basin.

The Results of the assays gotten collated with the standards of resolution CONAMA n° 357/05, waters candies classroom 2, as well as the indices of quality of water IQA. In general way it was observed that the waters of the stream Ponte Pensa think not to present indices, excellent. For the minimum indices, two classifications had been observed as good, and a classification as acceptable.

One expects with the gotten results to supply subsidies that can contribute for the associated local partner-economic development to the ambient conservation.

Keywords: Fish Culture. Ambient Impact. Quality of Water. Tanks-net. Effluent of Fish Culture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas (Fonte: Adaptado de CETESB, 2001).	26
Figura 2: Qualidade das Águas de São Paulo (Fonte: http://geocities.yahoo.com.br/olirum_pr_mai/2002).	29
Figura 3: Imagem aérea com localização da piscicultura A3 em Santa Fé do Sul, SP (Fonte: Grupo Âmbar Amaral, outubro de 2009).	31
Figura 4: Visão lateral do trecho onde localiza se a piscicultura. A3 em Santa Fé do Sul, SP (Fonte: Grupo Âmbar Amaral, outubro de 2009).	32
Figura 5: Localização da piscicultura A3 no município de Santa Fé do Sul, SP (Fonte: Ministério da Pesca e Aquicultura, setembro de 2009).	33
Figura 6: Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados (Fonte: Comitê da Bacia do Rio São José dos Dourados).	34
Figura 7: Localização dos pontos de coleta em relação à piscicultura no Córrego Ribeirão Ponte Pensa.	37
Figura 8: Visão parcial da Piscicultura A3 com destaque em primeiro plano para os tanques rede, Santa Fé do Sul, setembro de 2009.	38
Figura 9: Valores calculados do IQA para o ponto 1 no período de março de 2008 a fevereiro de 2009 na Piscicultura A3 em Santa Fé do Sul, SP.	42
Figura 10: Valores calculados do IQA para o ponto 2 no período de março 2008 a fevereiro de 2009 na Piscicultura A3 em Santa Fé do Sul, SP.	43
Figura 11: Valores calculados do IQA para o ponto 3 no período de março de 2008 a fevereiro de 2009.	44
Figura 12: Valor médio calculados do IQA no período de no período de março de 2008 a fevereiro de 2009.	45
Figura 13: Valores de Cor Verdadeira (uH) da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.	46
Figura 14: Valores de Turbidez (uT) da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 à fevereiro/2009.	47

Figura 15: Valores de temperatura (°C) da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.	48
Figura 16: Valores pH da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.	49
Figura 17: Valores nitrogênio (mg/L) total da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.	50
Figura 18: Valores fósforo total (µg/L) da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.	55
Figura 19: Valores DBO (mg/L) da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.	56
Figura 20: Valores DQO (mg/L) da água nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.	57
Figura 21: Valores OD (mg/L) da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.	58
Figura 22: Valores de sólidos suspensos (mg/L) da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.	59
Figura 23: Valores de sólidos dissolvidos totais (mg/L) da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.	60
Figura 24: Quantidade de coliforme fecal (cel/ml) da água, da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.	61
Figura 25: Quantidade de coliforme total (cel/mL) da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Escala de qualidade da água indicada pelo IQA(Fonte: Adaptado CETESB, 2001).	28
Tabela 2: Pluviosidade diária e total mensal (mm) na represa de Ilha Solteira, SP - de março de 2008 à fevereiro de 2009 (Fonte: CATI, 2009).	41
Tabela 3: Resultados dos ensaios obtidos no ponto de coleta 1 confrontados com os padrões da Resolução CONAMA nº 357/05 (águas doces classe 2).	64
Tabela 4: Resultados dos ensaios obtidos no ponto de coleta 2 confrontados com os Padrões da Resolução CONAMA nº 357/05 (águas doces classe 2).	65
Tabela 5: Resultados dos ensaios obtidos no ponto de coleta 3 confrontados com os Padrões da Resolução CONAMA nº 357/05 (águas doces classe 2).	66
Tabela 6: Comparativo entre resultados do trabalho e resultados do relato.	69

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	Considerações gerais	10
1.2	Objetivos.....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	Importância da água.....	14
2.2	Atividade de piscicultura	15
2.3	A piscicultura e a qualidade da água	16
2.4	Possíveis impactos causados pela piscicultura	17
2.5	Impactos por fármacos terapêuticos na piscicultura.....	20
2.6	Eutrofização do ambiente	21
2.7	Soluções para reduzir os impactos do efluente de aquicultura.....	24
2.8	Índice de qualidade das águas (IQA).....	24
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
3.1	Caracterizações da área de estudo	30
3.2	Levantamentos de campo	36
3.2.1	Pontos de amostragem.....	36
3.2.2	Análises de campo	39
3.3	Análises de laboratório	39
3.4	Avaliações da qualidade da água.....	39
3.5	Análises dos dados	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
4.1	Índice de qualidade da água – IQA	42
4.2	Parâmetros físicos.....	45
4.3	Parâmetros químicos	48

4.3.1	A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água	51
4.3.2	Formação da amônia.....	51
4.4	Consequência de elevadas concentrações de amônia nos sistemas de criação de peixes	53
4.5	Parâmetros biológicos	61
4.6	Enquadramento área de estudo segundo a Resolução CONAMA nº 357/05	67
5	CONCLUSÕES	70
	REFERÊNCIAS	71
	ANEXO 1	81

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações gerais

“Ao invés de esperar que a terra produza cada vez mais, deve-se fazer mais com que a terra produza” (PAULI, 1999).

Segundo Amorim (1997), qualquer atividade econômica causa alguma modificação no meio ambiente. Estudar e tentar entender estas mudanças é um bom começo para que se possa evitá-las ou minimizar os seus efeitos.

Os problemas quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos, na visão de Leal (1997), não são fatos isolados, pois se inserem nas questões mais amplas de meio ambiente. Neste sentido, as políticas de gestão da água devem ser articuladas ou integradas com as políticas ambientais, ou seja, os conceitos que orientam a gestão ambiental, em geral, também são válidos para a gestão da água.

Segundo Setti (1996) A Gestão de Recursos Hídricos é a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões de escassez relativa dos recursos hídricos, bem como fazer uso adequado, visando à otimização dos recursos e, portanto, realiza-se mediante procedimentos integrados de planejamento e administração.

Conforme Moura (2000), "Impacto ambiental são quaisquer mudanças no meio ambiente que ocorrem como resultado das atividades de uma organização".

Um sistema de gestão de recursos hídricos eficaz pode ajudar uma empresa a gerenciar, medir e melhorar os aspectos ambientais de suas operações. Pode levar a uma conformidade mais eficiente com os requisitos ambientais obrigatórios e voluntários, auxiliando numa mudança cultural, à medida que práticas gerenciais forem sendo incorporadas nas operações gerais do negócio. (TIBOR & FELDMAN, 1996).

Para Leal (1997) a escassez de água é um problema relacionado fundamentalmente com a alocação, ou seja, é necessário que haja otimização na distribuição da água disponível entre os usuários potenciais interessados.

Em função da relação entre escassez de água e escassez de alimentos, conforme relatório do IFPRI & IWMI (2002), projeta-se que em 2025 a escassez de água causará perdas anuais globais de 350 milhões de toneladas da produção de alimento - ligeiramente mais que a produção de grãos, anual completa dos Estados Unidos.

Corse (1992) afirmou que três quartos da superfície terrestre é coberta por água. Entretanto, do total da água existente no planeta, 97% corresponde à água salgada imprópria para a maioria das necessidades humanas. Somente 2,2% se encontram sobre as planícies das regiões próximas aos pólos e assim, apenas 0,8% corresponde à água doce. Dos 0,8% de água doce existente no planeta, 97% são águas subterrâneas e somente 3% corresponde à água superficial (CORSE, 1992).

A legislação Nacional do meio ambiente considera impacto ambiental como:

- Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetem:
 - i - a saúde, a segurança e o bem estar da população.
 - ii - as atividades sociais e econômicas.
 - iii - a vida;
 - iv - a qualidade dos recursos ambientais. (CONAMA, 1998)

Segundo o relato de Cavalcanti (1997), o Brasil deve prestar mais atenção aos princípios de gestão adequada de seus recursos naturais. Mais do que isso, o País tem de conceber formas de promover o bem-estar humano sem aceitar que seu capital natural seja usado ou degradado como se pouco valesse.

No que concerne às políticas públicas, segundo Cordeiro e Barraqué (1997), elas raramente são caracterizadas por uma medida isolada e específica. Pelo contrário, são geralmente objetos complexos, tratando de diversas questões e englobando várias instituições, disponibilizando meios de usos múltiplos e fixando vários objetivos.

Políticas públicas e um melhor gerenciamento dos recursos hídricos em todos os países tornam-se hoje essenciais para a manutenção da qualidade de vida dos povos, de acordo com Leitão (1998), especialista em recursos hídricos e coordenador de projetos de reuso de água. Para ele, a situação da água no Brasil está longe de se tornar crítica.

O cultivo de peixes vem assumindo importância cada vez maior no panorama do abastecimento alimentar, uma vez que a alta taxa de crescimento demográfico condiciona um aumento populacional que poderá colocar em risco a oferta de alimentos. A produção

aquícola mundial teve um crescimento de 187,6%, entre os anos de 1990 e 2001, passando de 16,8 milhões de toneladas a 48,4 milhões. Nesse mesmo período, as capturas pesqueiras passaram de 86,8 milhões de toneladas a 93,6 milhões, demonstrando um aumento de apenas 7,8%, em função de reduções significativas dos volumes capturados em alguns anos (BORGHETTI et al., 2003).

O controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e melhoria da qualidade de vida (Resolução CONAMA nº357, 2005).

O enquadramento dos corpos d'água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade, atendendo às necessidades da comunidade. A saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas (Resolução CONAMA nº357, 2005.).

O desenvolvimento da atividade da aquicultura é totalmente dependente da água, e em 1995 o relatório do Banco Mundial apontou a aquicultura como o próximo grande salto na produção de alimentos. Atualmente, esta é uma importante fonte produtora de proteína animal em várias regiões do mundo. Segundo a FAO (2003), a atividade apresenta um contínuo aumento na contribuição do volume da produção pesqueira, passando de 5,3% em 1970 para 32,2% em 2003. Este crescimento da aquicultura supera, em termos percentuais, vários outros setores de produção animal.

Desde 1970 a aquicultura vem apresentando um crescimento anual de 8,9%, sendo este muito superior ao da indústria pesqueira oriunda da captura (1,4%) e aos sistemas de produção de proteína terrestre (2,8%), no mesmo período (SEAP, 2003).

No Brasil, a aquicultura também vem se despontando como atividade promissora, registrando um crescimento superior a média mundial, passando de 20,5 mil toneladas em 1990, para 210 mil toneladas em 2001, com uma receita de US\$ 830,3 milhões, sendo a principal responsável pelo superávit na balança comercial de pescado brasileiro. No período de 1990 a 2001 o país obteve um crescimento de aproximadamente 925%, enquanto a aquicultura mundial teve um crescimento de 187% no mesmo período (SEAP, 2003).

O resultado desse crescimento fica evidente no ranking mundial estabelecido pela FAO (2003), onde o Brasil encontrava-se na 36ª colocação em 1990 e passou a ocupar a 19ª posição em 2001, além de registrar a 13ª posição na geração de renda bruta. No ranking da América do Sul, o Brasil encontra-se em segundo lugar com 210 mil toneladas, superado apenas pelo Chile (631,6 mil ton.) (SEAP, 2003).

1.2 Objetivos

O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água de uma piscicultura com sistema de cultivo em tanques rede na bacia hidrográfica do Rio São José dos Dourados, Córrego do Ribeirão Ponte Pensa no município de Santa Fé do Sul - SP, a partir da análise das condições físicas, químicas e biológicas da água, utilizando-se o índice de Qualidade da Água-IQA como parâmetro destes estudos.

Obter informações que possam ampliar os conhecimentos a respeito dos efeitos da atividade de piscicultura na qualidade da água da micro bacia em estudo que possam contribuir como subsídios junto aos órgãos públicos e à sociedade para melhor conservação dos recursos hídricos.

CAPÍTULO 2

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância da água

A água é um recurso estratégico e um bem comum que deve ser compartilhado por todos. “A água é muito mais do que um recurso natural. Ela é parte integral do nosso planeta. Está presente há bilhões de anos, e é parte da dinâmica funcional da natureza” (PIELOU, 1998).

A distribuição da água no globo e sua aparente inesgotabilidade têm levado a humanidade a tratar este recurso renovável e limitado com descaso, uma vez que o mau uso dos recursos naturais resulta na sua escassez (CALIJURI E OLIVEIRA, 2000).

Entretanto, amplia-se a percepção que a água é um recurso finito e que há limites em seu uso elevando os custos do tratamento. Além disso, os custos da recuperação de lagos, rios e represas são também muito altos. No limiar do século XXI, entre outras crises sérias, a crise da água é uma ameaça permanente à humanidade e à sobrevivência da biosfera como um todo. Esta crise tem grande importância e interesse geral: além de colocar em perigo a sobrevivência do componente biológico, incluindo o *Homo sapiens*, ela impõe dificuldades ao desenvolvimento, aumenta a tendência a doenças de veiculação hídrica, produz estresses econômicos e sociais e aumenta as desigualdades entre regiões e países. A Água sempre foi recurso estratégico à sociedade. O crescimento populacional e as demandas sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos são algumas das causas fundamentais da crise (TUNDISI, 2003).

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 consequências da deposição de sedimentos em reservatórios sob o ponto de vista econômico, principalmente quando é estimada a capacidade de armazenamento de todo o sistema (GRAF, 1983).

Os recursos aquáticos têm sofrido nos últimos anos um processo de intensa deterioração pela interferência humana, através da poluição e da degradação do solo em áreas adjacentes que acarretam desequilíbrio e aniquilação de ecossistemas assoreando os cursos d'água trazendo consequências aos problemas sócio-econômicos e ao próprio homem. Vários estudos realizados em reservatórios mostram os problemas ocasionados pela degradação da qualidade da água. Segundo FERRER et al. (1998), o primeiro grande reservatório da porção média do Rio Tietê, formado pela Usina Hidrelétrica de Barra Bonita da CESP (Companhia Energética de São Paulo) vem manifestando há vários anos os efeitos da degradação da qualidade da água retratados através da produção excessiva de plantas aquáticas e da corrosão de equipamentos, que interferem na geração de energia e navegação fluvial.

2.2 Atividade de piscicultura

A aquicultura entendida como a atividade de produção de espécies hidrobiológicas sob condições controladas tem experimentado um crescimento muito importante nos últimos anos. Segundo a FAO (2006), a aquicultura esta crescendo mais rápido que outros setores da produção pecuária. Mundialmente, este setor tem crescido na média de 8,8% / ano desde 1970, em comparação com apenas 1,2% / ano no setor pesqueiro e 2,8% / ano nos sistemas de produção de carne terrestre no mesmo período.

Segundo Espejo (2006) em termos de nível de uso e de alimento natural, o número de peixes criados por metro quadrado, reposição de água, tipo de produção, nível de manejo e tecnologia aplicada, a piscicultura se divide em: extensiva, semi-extensiva e intensiva. Em termos de estratégia de alimentação, o nível de uso do alimento natural e segundo a pirâmide trófica, os tipos de piscicultura estão nos níveis extensivo, semi-intensivo e intensivo.

A aquicultura moderna deve contemplar, além do lucro, a preservação ambiental e o desenvolvimento social. Preocupação com o ambiente deve ser parte integrante do processo de produção, de modo que as técnicas devem otimizar a produção de organismos aquáticos considerando os possíveis impactos do sistema de criação (VALENTI, 2000).

Os agros ecossistemas, como a aquicultura, diferem dos ecossistemas naturais em três aspectos básicos (ODUM, 1993).

O primeiro aspecto diz respeito à existência de entrada auxiliar, além da energia solar. Dita energia suplementar está sob controle do homem, na forma de trabalho, fertilizantes,

ração, água de abastecimento, medicamentos e combustível para movimentar a maquinaria e todo relacionado com a produção.

O segundo aspecto refere-se à pequena diversidade de organismos aquáticos objetivando maximizar a produção de apenas algumas espécies de maior valor comercial.

O terceiro aspecto aborda as seleções artificiais a que os animais cultivados geralmente são submetidas, também com o intuito de aumentar a produção e, conseqüentemente, o lucro obtido com a comercialização desses organismos.

Segundo Boyd & Queiroz, (2001), a aquicultura é um negócio que tem como meta produzir organismos aquático sendo o objetivo final o lucro. Assim, a aplicação de técnicas ultrapassadas e costumes regionais sem qualquer orientação correta, de certa forma estão diretamente relacionados com a perda da qualidade da água, levando seguramente a uma alta mortalidade e baixa reprodução.

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).

Segundo Kubtza (2000), no cultivo de tilápias em tanques rede, a produção por ciclo pode variar de 30 a 300 kg/m³ ou 30 a 100 kg/m³, dependendo respectivamente do tamanho do tanque utilizado, pequeno volume (até 6m³) ou grande volume (superior a 10m³). A biomassa máxima sugerida para lagoas e reservatórios é de 300 kg/m³. Tais biomassas econômicas dependem da qualidade da água e clima das regiões onde se encontram os reservatórios.

2.3 A piscicultura e a qualidade da água

A criação de peixes, apesar de integralmente dependente da utilização de água sem poluentes, é uma atividade que causa degradação da sua qualidade, sendo classificado pela agência norte americana de proteção ambiental (EPA), de acordo com Bastian (1991), *apud* ZANIBONI-FILHO (1997), como fonte potencialmente significativa de poluição das águas.

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 maior problema ambiental na criação de peixes está relacionado aos efluentes como grande potencial de poluição nas águas naturais. Embora os efluentes não apresentem altas concentrações de poluentes quando comparados aos efluentes de indústrias e municipais, às vezes contém concentrações de algumas variáveis limnológicas acima daquelas permitidas, tornando-se uma fonte de poluição (BOYD & SCHIMITTOU, 1999).

O sistema de produção em tanques-rede trabalha com alta densidade de estocagem. Essa característica, aliada às 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.

A instalação de unidades de piscicultura, embora totalmente dependente da qualidade e quantidade de água disponível, é por si, uma atividade que causa modificações na qualidade da água. O impacto causado no ambiente varia de acordo com o sistema de cultivo utilizado e, certamente, com as características do corpo d'água que recebe o efluente (ZANIBONI-FILHO, 1997).

2.4 Possíveis impactos causados pela piscicultura

Entre os impactos associados à produção em tanques-rede estão o aumento no nível de nutrientes, turbidez e matéria orgânica no sedimento, diminuição da diversidade e biomassa de organismos bentônicos, 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 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).

As características dos efluentes de piscicultura podem variar em função de espécie cultivada, da densidade dos organismos cultivados, do manejo alimentar e do nível de tecnologia empregado no cultivo (BOYD, 2003).

Pillary (1992) também incluiu como fonte da variação dos efluentes a localização, tipo de cultivo, capacidade do corpo d'água como receptor de resíduos, tipo e quantidade de alimento fornecido, dinâmica do sedimento, uso de produtos químicos, tempo de retenção da água.

Os impactos ambientais gerados pela aquicultura, como sedimentação, hipernitrificação e eutrofização dos corpos de água e poluição por resíduos químicos empregados nas diferentes fases da criação, podem estabelecer novos limites para esta atividade. (PIEDRAHITA, 2003).

Durante o processo de produção piscícola, é inevitável o acúmulo de resíduos orgânicos e metabólicos nos tanques e viveiros, de sistemas de renovação de água intermitente. O volume de fezes excretado diariamente pela população de peixes é uma das principais fontes de resíduos orgânicos em sistemas aquaculturais. A digestibilidade da matéria seca das rações gira em torno de 70 a 75%. Isto significa que 25 a 30% do alimento fornecido entram nos sistemas aquaculturais como material fecal (Kubitza, 1998).

Na produção em tanques-rede há liberação direta e contínua de ou metabólitos e restos de ração na água. Estes aumentam a concentração de nutrientes e materiais particulados que por sua vez sofrem 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).

As atividades da aquicultura produzem basicamente três tipos de resíduos: matéria orgânica, medida como demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅); nutriente como nitrogênio e fósforo; e sólidos, usualmente medidos como sólidos suspensos totais (SST) (CRIPPS; BERGHEIM, 2000; BERGHEIM, 2003).

A matéria orgânica acumulada estimula a produção bacteriana, mudando a composição química, a estrutura e funções dos sedimentos. Alguns efeitos do aumento da carga orgânica e dos nutrientes nos sedimentos levam ao aumento da DBO e os sedimentos aumentam a sua condição anaeróbica e redutora, produção de CH₄ e H₂S nas zonas marinhas (BERG, et al., 1996; MORRISEY et al., 2000).

Na piscicultura intensiva, a principal fonte de compostos nitrogenados incorporados à água é a alimentação. No início das criações, quando a biomassa é ainda pequena, observam-

se baixos níveis de amônia compostos resultantes do catabolismo das proteínas, que aumentam proporcionalmente ao aumento da quantidade de alimento fornecido e da biomassa (Hurvitz *et al.*, 1997, *apud* CAVERO *et al.*, 2004).

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 volume de material em suspensão transportado depende dos usos das bacias hidrográficas, do grau de desmatamento ou da cobertura vegetal. O material em suspensão é depositado nos deltas e estuários ou é transportado pelas correntes marítimas acumulando-se em golfos ou baías. Represas construídas para diversos fins alteram os fluxos e o transporte de sedimentos dos rios causando impactos principalmente nas regiões costeiras e nos deltas. Informações científicas recentes mostram que represas do Médio Tietê, no Estado de São Paulo, podem reter até 80% do material em suspensão (TUNDISI, 1999 *apud* TUNDISI, 2003).

A decomposição e a reciclagem do material orgânico fecal nos tanques são feitas principalmente por ação microbiológica, à custa de consumo de oxigênio, resultando no acúmulo de metabólicos tóxicos aos organismos aquáticos, como amônia, nitrito e o gás carbônico (Kubitza, 1998).

Os impactos da aquicultura podem ser classificados como interno, local ou regional. Os impactos locais são aqueles que interferem no próprio sistema de criação, como por exemplo, a redução de oxigênio dissolvido em um viveiro e estratificação em lagos. Já os impactos locais se estendem a um quilômetro à jusante da descarga de efluentes. Os efeitos sobre os ambientes aquáticos, com uma escala espacial de vários quilômetros, são considerados impactos regionais (SILVER, 1992).

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).

Segundo COCHAVA et al (1990), as taxas de excreção de nutrientes por peixes mantidos por uma dieta com 35-40% de proteína e, conversão alimentar de 1:1,5 são de aproximadamente 0,025 kg de nitrogênio e 0,033 kg de fósforo/kg de biomassa produzida

Em estudo, utilizando 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 foi 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 fito planctônica.

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).

2.5 Impactos por fármacos terapêuticos na piscicultura

Levings (1994) alertou para o fato de que na produção de peixes, várias substâncias químicas vêm sendo utilizadas para o controle de parasitas e doenças. Embora essas substâncias não interfiram no desenvolvimento de peixes, afetam alguns crustáceos que são à base da cadeia trófica, sendo transferidas ao longo da rede alimentar.

Agentes químicos são utilizados nas distintas práticas de aquicultura como os elementos utilizados na construção, proteção contra a corrosão e para evitar a fixação de organismos nas redes. Também se encontram alguns pigmentos incorporados no alimento e desinfetantes. Alguns deles em quantidades muito pequenas, embora não exista informação sobre seus possíveis efeitos ao meio ambiente (BEVERIDGE, 1996).

Além disso, antibióticos e outros agentes químicos são ingeridos via oral ou como vacinas. No primeiro caso, a maior parte destes compostos termina no ambiente (ração e fezes) que depois podem ser eliminados dos sistemas de cultivo. Alguns antibióticos solúveis

se diluem rapidamente e outros, como a oxitetraciclina, são foto degradáveis (KLAVER & MATHEWS, 1994).

Ademais, diferentes antibióticos têm demonstrado aumento na resistência de bactérias inócuas e patogenias nos locais onde são aplicados podendo ficar retidos por muito tempo depois que a atividade aquícola tenha sido terminada (WESTON, 1991).

2.6 Eutrofização do ambiente

Ambientes muito eutrofizados são adequados para o desenvolvimento de um grupo de algas conhecidas como cianofíceas, popularmente chamadas de “algas azuis”, ou cianobactérias, muitas das quais liberam toxinas (SANT'ANNA *et al.*, 2006) prejudiciais à saúde, e outras que produzem metabólitos como a geosmina e o 2-metil-isoborneol, identificados como causadores de sabor ou odor de terra ou mofo na carne do peixe, conhecido como “off-flavor” (MACEDOVIEGAS & SOUZA, 2004). A alta concentração dessas algas prejudica a qualidade da carne do pescado e, conseqüentemente, o consumo, causando marketing negativo em relação ao peixe proveniente da criação. Portanto, o processo acentuado de eutrofização pode inviabilizar o próprio empreendimento.

De acordo com Eler & Gaeta Espindola (2006), as cianobactérias ou algas cianofíceas estão entre as mais preocupantes pelo fato desse grupo incluir representantes produtoras de toxinas.

Segundo Christoffensen *et al* (1996) e Chorus *et al* (1999), florações de cianobactérias geralmente dos gêneros *Microcystis*, *Anabaena*, *Oscilatória* e *Nostoc* em águas eutrofizadas liberam hepatotoxinas conhecidas como micro cistinas, moléculas peptídicas de baixo peso molecular as quais produzem intoxicações em humanos e animais, sendo algumas vezes fatais (CALIJURI *et al.*, 2006).

Nos ecossistemas marinhos também se tem reportado a mudanças na quantidade e diversidade de espécies macro bentônicas. Nos tanques rede e sistemas de cultivo de moluscos têm-se registrado incrementos na abundância de poliquetos parasitas como *Capitella* e *Scolecipis*. A zona do impacto é geralmente, muito localizada (20 a 50 m) mais algumas ocasiões podem atingir seus efeitos até 150 metros dos tanques (TSUTSUMI, 1995). O acréscimo dos fundos marinhos com matéria orgânica também pode afetar a abundância de meia fauna (nematódeos e copépodos) (BEVERIDGE, 1996).

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).

Segundo, Carvalho, (2004), milhares de anos podem decorrer até que um lago apresente as condições ideais para a proliferação de peixes e ostente plantas aquáticas superiores, como as que flutuam na superfície d'água. Na terminologia dos limnólogos (Limnologia, ciência que estuda os corpos d'água) diz-se então que suas condições passaram de oligotróficas a eutróficas, num processo denominado eutrofização ou envelhecimento natural. A eutrofização de cursos d'água (rios, lagos ou represas) é o processo que resulta num aumento de nutrientes essenciais para o fito plâncton (algas) e plantas aquáticas superiores, principalmente nitrogênio, fósforo, potássio, carbono e ferro. Como desencadeadores da eutrofização natural pode-se citar os nutrientes trazidos pelas chuvas e águas superficiais, que erodem e lavam a superfície terrestre. Mas o homem aprendeu a reproduzir o processo natural e assim surgiu a eutrofização artificial, também chamada de eutrofização acelerada ou antrópica.

Quando controlada, para fins de piscicultura, a reprodução das condições eutróficas pode ser desejável, pois permite a multiplicação de algas que servem de alimento para os micro crustáceos, que por sua vez constituem o alimento das larvas da maioria dos peixes. Nas últimas décadas, entretanto, a eutrofização natural tem sido agravada pela eutrofização artificial decorrente do lançamento, nos corpos d'água, de efluentes domésticos e industriais, assim como de água resultante de drenagem de áreas cultivadas com adubos químicos. Com a industrialização de adubos e produtos de limpeza à base de componentes sintéticos (sobretudo compostos fosforados), esse processo se difundiu pelo mundo inteiro.

Inúmeras outras atividades rotineiras do homem moderno também geram agentes eutrofizantes, como fosfato, amônia e nitrato. Essas substâncias estão diretamente relacionadas com o processo fotossintético das algas e das plantas aquáticas superiores, uma vez que pertencem à estrutura de muitos compostos importantes para o metabolismo da célula vegetal, como a adenosina trifosfato e as proteínas.

Os efeitos da eutrofização artificial manifestam-se com a quebra do equilíbrio ecológico, pois passa a haver mais produção de matéria orgânica do que o sistema é capaz de decompor. As principais alterações decorrentes dizem respeito às condições físico-químicas do meio (aumento da concentração de nutrientes, alterações significativas no pH em curto período de tempo, aumento da concentração de gases, como metano e gás sulfídrico) e biológicas (alterações na diversidade e na densidade dos organismos).

O aumento da concentração de nutrientes implica não só aumento da densidade de algas, mas também alterações qualitativas, como o surgimento de novas espécies e o desaparecimento de outras. Nos lagos e represas eutrofizados artificialmente observa-se nos meses mais quentes do ano, altas densidades populacionais de algas, sobretudo as algas azuis (cianofíceas) dos gêneros *Oscilatórias*, *Microcystis*, *Anabaena* e *Aphanizomenon*, que ostentam florações características do processo de eutrofização artificial. Ao atingir esse estágio, a água do ecossistema lacustre se torna imprópria para o abastecimento, em especial pela alta quantidade de substâncias tóxicas e mal-cheirosas, excretadas pelas algas e persistentes mesmo depois da aplicação dos tratamentos mais sofisticados.

O aumento de produção de matéria orgânica vegetal e animal em decorrência da eutrofização artificial têm como consequência direta o aumento da quantidade de detritos orgânicos (restos de matéria orgânica morta). A decomposição desses detritos por microorganismos consome quantidades expressivas de oxigênio. Nessas condições surgem outros gases resultantes da atividade de bactérias anaeróbias, entre os quais o gás sulfídrico e o metano. São gases extremamente venenosos para a maioria dos organismos aquáticos, especialmente para os peixes. Dessa forma os peixes e outros organismos morrem por asfíxia. No estágio final do processo de eutrofização artificial, o curso d'água caracteriza-se pela pouca profundidade, coluna d'água com grande deficiência de oxigênio, organismos mortos flutuando na superfície e grande quantidade de “colchões” de algas à deriva. A presença dessas características indica que o ecossistema está agonizante e só poderá ser salvo à custa de investimentos elevados e uso de tecnologia moderna demonstrando que em geral os prejuízos causados ao meio-ambiente resultam em grandes gastos econômicos para a sua recuperação. (Carvalho, 2004).

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.

2.7 Soluções para reduzir os impactos do efluente de aquicultura

Segundo BOYD (2003), as soluções para reduzir os impactos do efluente podem ser divididas em soluções anteriores à produção do efluente.

As soluções anteriores à produção do efluente envolvem medidas que diminuam as concentrações de poluentes e o volume do efluente produzido. Estas soluções consistem basicamente na adoção de boas práticas de manejo, tais como:

- Uso de fertilizantes somente em quantidades necessárias para a manutenção da biomassa do fitoplâncton;
- Seleção de densidades de estocagem e taxas de alimentação que não excedam a capacidade de assimilação de nutrientes dos viveiros;
- Fornecimento de dietas com altas digestibilidades, estáveis na água e sem excessos de nitrogênio e fósforo;
- Diminuição do volume de efluente produzido, sem prejuízo à qualidade da água utilizada no cultivo e quando possível, a realização da despesca sem drenagem parcial ou total do viveiro.

2.8 Índice de qualidade das águas (IQA)

Segundo BOLLMANN & MARQUES (2000), a literatura mostra a existência de dezenas de indicadores ambientais de uso corrente. Os levantamentos mais significativos destas experiências têm sido publicados a partir da Tese de Doutorado de Landwehr (1974). Entretanto, dada à diversidade de pontos de vista e de experiências veiculadas nos últimos 150 anos (publicados ou não), não se pode garantir que tais levantamentos sejam conclusivos.

Com o intuito de facilitar a interpretação das informações de qualidade de água de forma abrangente e útil, para especialistas ou não, é fundamental a utilização de índices de qualidade. Desta forma, a CETESB, a partir de um estudo realizado em 1970 pela "*National Sanitation Foundation*" dos Estados Unidos, adaptou e desenvolveu o Índice de Qualidade das Águas – IQA. Este índice vem sendo utilizado para avaliar a qualidade das águas do Estado. No entanto, o IQA apresenta algumas limitações como a possibilidade de superestimar a qualidade da condição real do recurso hídrico (tendo em vista que contempla

somente nove parâmetros) e restringir-se a uma avaliação limitada somente à utilização das mesmas para o abastecimento público (CETESB, 2001).

Os nove parâmetros incorporados no IQA são considerados os mais relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização das mesmas para abastecimento público.

Segundo a CETESB (2001), a criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião (Técnica DELPHI) junto a especialistas em qualidade de águas que foram escolhidos por sua multiplicidade de formação acadêmica, multiplicidade de atuação profissional e experiência profissional, que indicaram os parâmetros a serem avaliados, o peso relativo dos mesmos e a condição com que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de valores "rating". Dos 35 parâmetros indicadores de qualidade de água inicialmente propostos, somente nove foram selecionados.

Conforme citado por BOLLMANN & MARQUES (2000), para estas variáveis, a critério de cada profissional, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro, com um adequado grau de precisão através do uso individual ou combinado de funções lineares e não lineares segmentadas em faixas de consideração.

Estas curvas de variação, sintetizadas em um conjunto de curvas médias para cada parâmetro, bem como seu peso relativo correspondente, são apresentadas na Figura 04. No caso de não se dispor do valor de algum dos nove parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado.

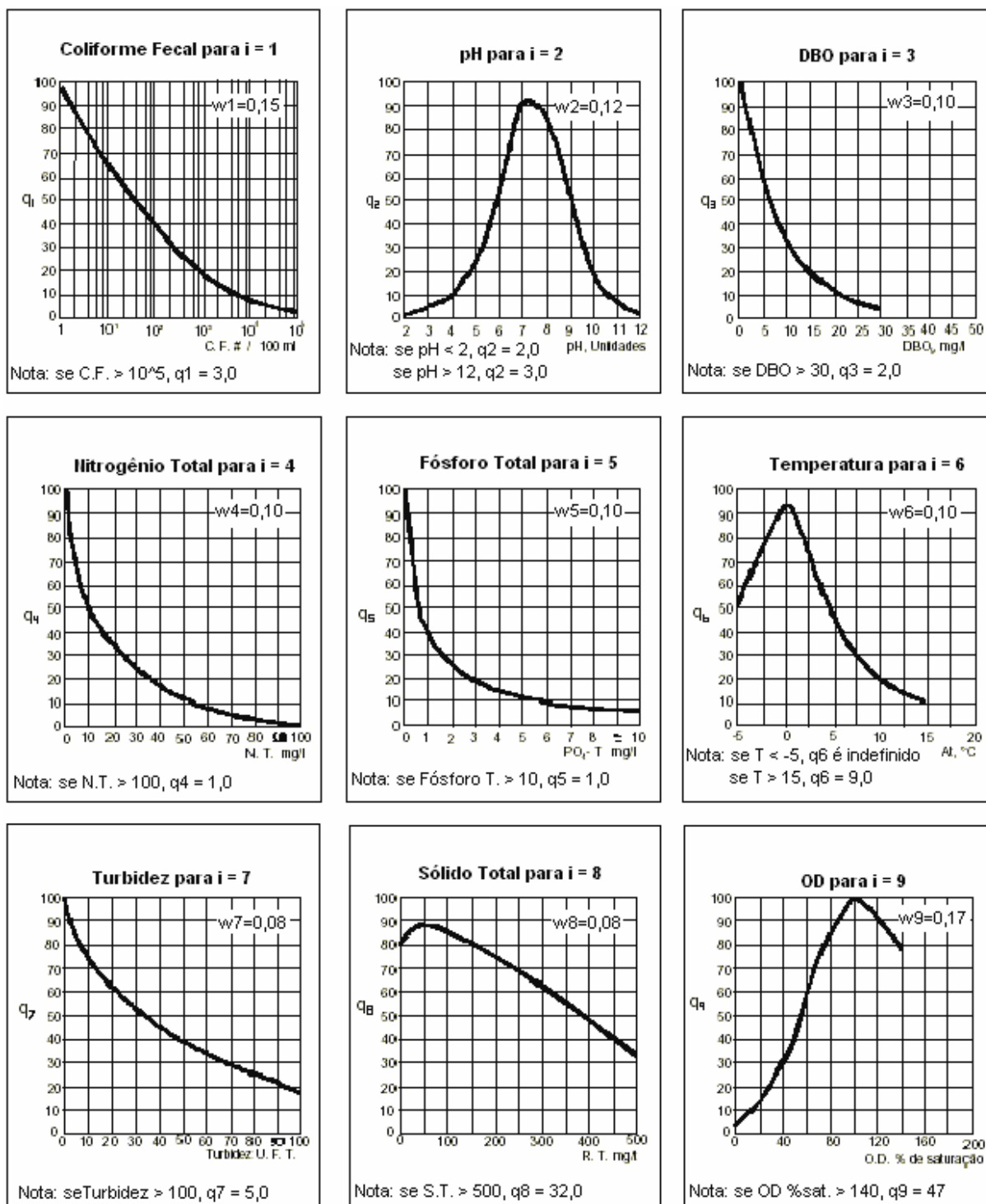


Figura 1: Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas (Fonte: Adaptado de CETESB, 2001).

O IQA é determinado pelo produtório ponderado da qualidade das águas correspondentes aos parâmetros como temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), coliforme fecal, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez, sendo a fórmula (1) utilizada para esse fim:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

onde:

IQA – Índice de qualidade das Águas, um número entre 0 e 100.

q_i – qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida.

w_i – peso correspondente do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global da qualidade, portanto:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2)$$

onde:

n – número de parâmetros que entram no cálculo.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas que, indicada pelo IQA numa escala de 0 a 100, é classificada para abastecimento público, segundo a graduação da Tabela 01.

Tabela 1: Escala de qualidade da água indicada pelo IQA(Fonte: Adaptado CETESB, 2001).

GRADUAÇÃO	QUALIDADE
$79 < \text{IQA} \leq 100$	qualidade ótima
$51 < \text{IQA} \leq 79$	qualidade boa
$36 < \text{IQA} \leq 51$	qualidade aceitável
$19 < \text{IQA} \leq 36$	qualidade ruim
$\text{IQA} \leq 19$	qualidade péssima

Segundo CETESB (2002), a qualidade da água na região do Reservatório de Ilha Solteira no ano de 1994, era boa, como se pode observar na Figura 05, em que aparece a situação dos principais corpos d'água do Estado de São Paulo no referido ano.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterizações da área de estudo

Segundo IBGE (2007) a população de Santa Fé do Sul foi estimada em 27.693 habitantes. O município está localizado no extremo Noroeste do Estado de São Paulo, distante de sua sede 624Km por rodovia e 732Km por ferrovia. Limita-se ao Norte com Santa Clara D'oeste, ao Sul com Nova Canaã Paulista e Aparecida D'oeste, a Leste com Santa Rita D'oeste e Três Fronteiras e a Oeste com Rubinéia. A área do município é de 208,3 Km² e o clima é tropical com inverno seco. Sua sede situa-se a 20°12'71" de latitude Sul e a 50°55'51" de longitude W Gr. e a altitude é de 380 metros. O município está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados.

O local definido para o estudo sob as coordenadas geográficas: Datum Horizontal: SAD-69; Fuso UTM: 23; Coordenada UTM-E: -25382,001231445; Coordenada UTM-N: 7749068,55577131, á montante da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, pertence á CESP (Companhia Energética São Paulo). De acordo com a localização encontra-se instalada a piscicultura A3, com sistema de cultivo em tanques rede e um total de 350 tanques instalados (Figuras 3 a 8). Cada tanque rede possui 18m³ de volume útil/un, sendo que a área de cultivo da piscicultura é de 10 ha de espelho d água. A capacidade de produção estimada para esta piscicultura é de 100ton peso vivo de peixe da espécie tilápia ao mês. O consumo médio mensal de ração pelos peixes cultivados é de 150ton, sendo utilizado ração extrusada.



Figura 3: Imagem aérea com localização da piscicultura A3 em Santa Fé do Sul, SP (Fonte: Grupo Âmbar Amaral, outubro de 2009).



**Figura 4: Visão lateral do trecho onde localiza se a piscicultura. A3 em Santa Fé do Sul, SP
(Fonte: Grupo Âmbar Amaral, outubro de 2009).**



Figura 5: Localização da piscicultura A3 no município de Santa Fé do Sul, SP (Fonte: Ministério da Pesca e Aquicultura, setembro de 2009).

O Rio São José dos Dourados tem extensão de 334,50 km (PRODESP/2005), sua nascente está localizada no município de Mirassol e deságua em Pereira Barreto no Rio Paraná, passando por diversos municípios paulistas. É, constituído por aproximadamente 35 afluentes em toda sua extensão, conforme figura 6 que demonstra a Caracterização da Bacia Hidrográfica. Por ser um rio de corredeira, favorecia a piracema do dourado, peixe que já foi encontrado em abundância no rio e “empresta” seu nome.

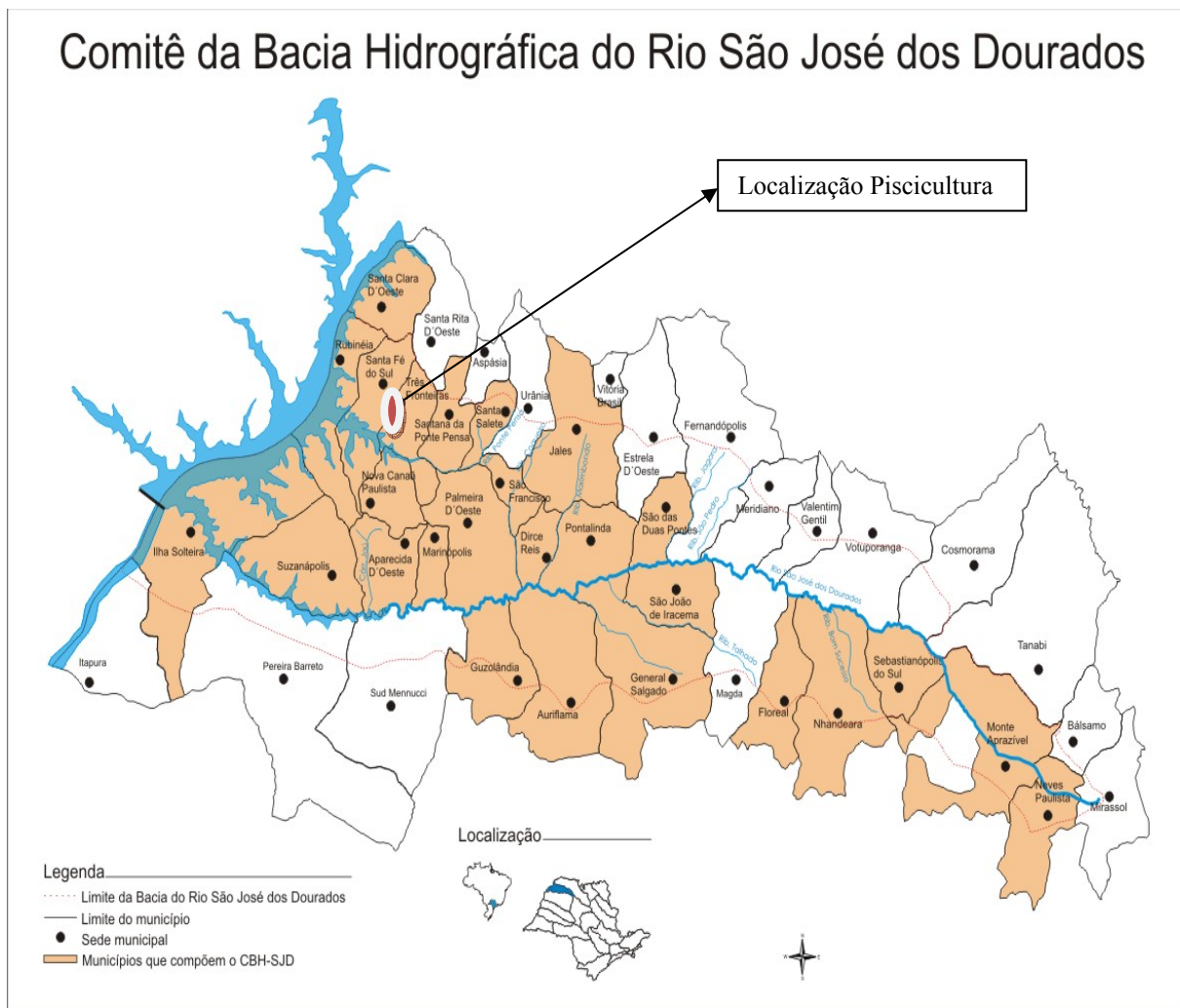


Figura 6: Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados (Fonte: Comitê da Bacia do Rio São José dos Dourados).

A Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 18, Bacia do São José dos Dourados possui área territorial de 6.783,2 km² (IPT/2004), abrangendo 41 municípios, sendo 25 com sede na UGRHI, e 16 com sede em outras UGRHIs. A população dos 25 municípios com sede na UGRHI é de aproximadamente 215.000 habitantes (IBGE-2000).

O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados, instalado em 7 de agosto de 1997, é composto por 26 municípios: Aparecida d'Oeste, Auriflama, Dirce Reis, Floreal, General Salgado, Gurolândia, Ilha Solteira, Jales, Marínópolis, Monte Aprazível, Neves Paulista, Nhandeara, Nova Canaã Paulista, Palmeira d'Oeste, Pontalinda, Rubinéia, Santa Clara d'Oeste, Santa Fé do Sul, Santa Salete, Santana da Ponte Pensa, São Francisco, São João das Duas Pontes, São João de Iracema, Sebastianópolis do Sul, Suzanápolis, Três Fronteiras.

A Bacia do São José dos Dourados foi dividida em seis Sub-Bacias, a saber: (1) Baixo São José dos Dourados (área 2.247,1 km²), (2) Ribeirão Ponte Pensa (área 305,6 km²), (3) Ribeirão Coqueiro/Rio São José dos Dourados (área 637,3 km²), (4) Ribeirão Marimbondo/Rio São dos Dourados (área 933,9 km²), (5) Médio São José dos Dourados (área 1.281,5 km²) e (6) Alto São José dos Dourados (área 1.387,8 km²);

A disponibilidade hídrica superficial total da bacia é de 10,72 m³/s, sendo que a sub-bacia do Baixo São José dos Dourados conta com a maior disponibilidade, ou seja, uma vazão mínima (Q7, 10) igual a 3,13 m³/s. A sub-bacia com menor disponibilidade é a do Ribeirão Ponte Pensa com 0,51 m³/s de vazão mínima (Q7, 10).

A ocorrência das águas subterrâneas é condicionada à presença de três unidades aquíferas: Bauru, Serra Geral e o Guarani. O aquífero Bauru, o mais explorado, ocupa 94% da bacia e apresenta profundidade de até 250m na Bacia, já o Aquífero Guarani abrange a totalidade da bacia, sendo ainda pouco explorado devido a sua profundidade (varia de 800 a 1.100m na UGRHI-18) o que acarreta alto custo para sua utilização.

Dos municípios que compõem a Bacia do Rio São José dos Dourados, 19 se abastecem totalmente por meio de águas subterrâneas, enquanto 06 deles usam fontes mistas e apenas um se utiliza exclusivamente de águas superficiais. Em termos de vulnerabilidade à poluição dos aquíferos, o IG/CETESB/DAEE (1997) constatou nível Médio-baixo na maior parte da Bacia.

Conforme informações do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados, atualmente o sistema de água e esgoto municipal é operado pela SABESP em 21 dos 26 municípios da Bacia.

3.2 Levantamentos de campo

3.2.1 Pontos de amostragem

Foram feitas visitas a cada quatro semanas com as datas coincidindo no dia 20 de cada mês para coleta e análise da água a uma profundidade de 1,5 m às 07h00minhs da manhã. A primeira coleta foi realizada no ponto central de cultivo, entre os tanques rede. A segunda amostra foi coletada á uma distancia de 200m da área de cultivo. A terceira amostra foi coleta á uma distancia de 400m da área de cultivo. As amostras foram preservadas de acordo com o Guia Técnico de Coleta de Amostras – CETESB, para a realização dos ensaios (CETESB, 1998). A realização de amostragens a cada 30 dias, durante o ano todo, possibilitou avaliar a dinâmica de funcionamento dos sistemas aquáticos nas diferentes estações do ano. Vale salientar que o local onde a piscicultura está instalada não ocorre um fluxo de deslocamento de água, por se tratar de um braço de rio sem influencia de nenhum afluente, motivo pelo quais as coletas foram realizadas somente lateralmente aos tanques.

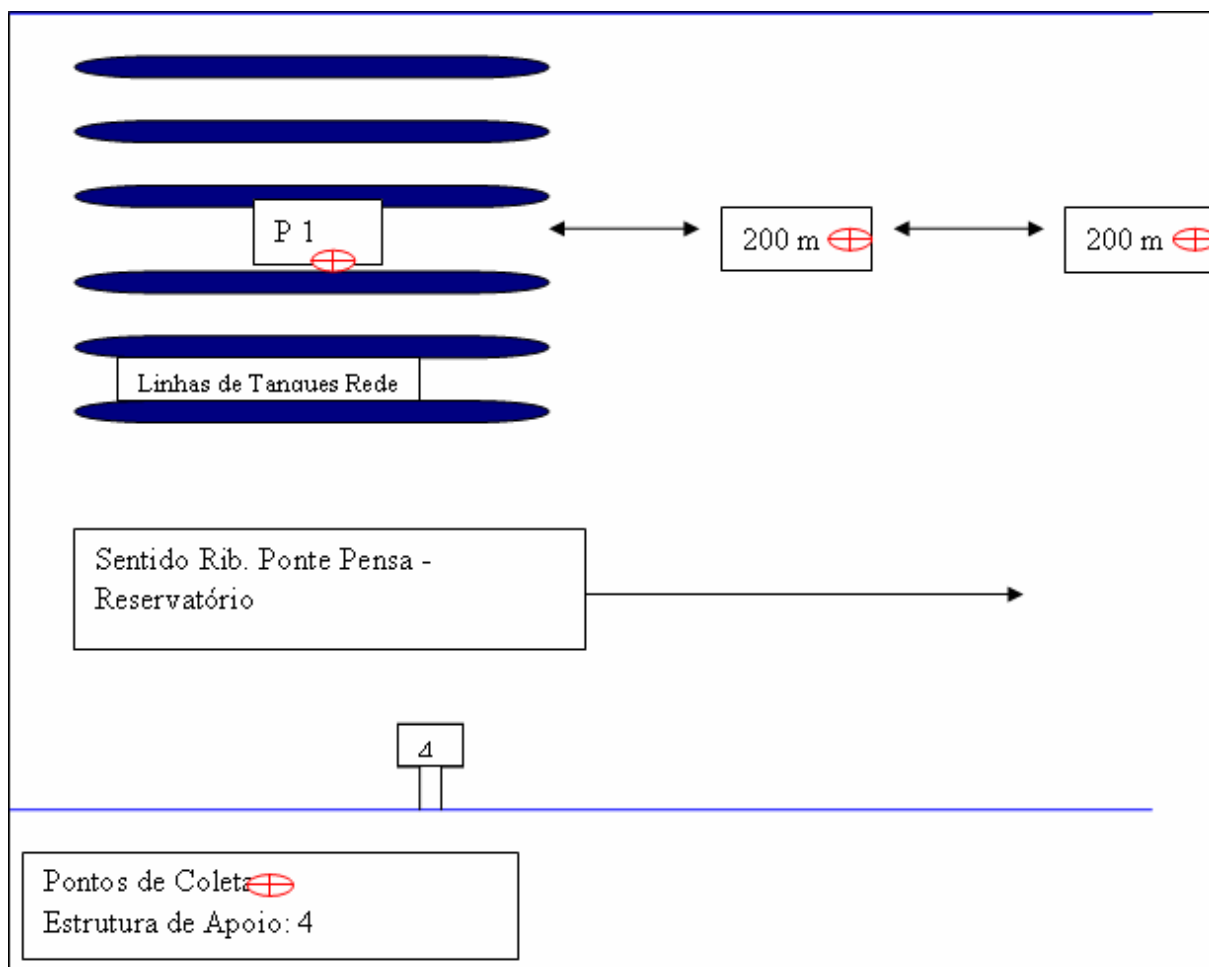


Figura 7: Localização dos pontos de coleta em relação à piscicultura no Córrego Ribeirão Ponte Pensa.



Figura 8: Visão parcial da Piscicultura A3 com destaque em primeiro plano para os tanques rede, Santa Fé do Sul, setembro de 2009.

3.2.2 Análises de campo

Alguns ensaios foram realizados no próprio local das amostragens por meio de equipamentos pertencentes ao laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Assim foram analisados diretamente no campo, o oxigênio dissolvido (O_2), a temperatura da água ($^{\circ}C$), o pH e a turbidez da água, com equipamentos eletrônicos digitais, entre os quais o oxímetro, o pHmetro, o termômetro e o turbidímetro, podendo-se obter os dados no próprio local.

3.3 Análises de laboratório

As análises em laboratório foram realizadas no Laboratório de Saneamento do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP.

3.4 Avaliações da qualidade da água

A micro bacia foi avaliada através dos dados das análises laboratoriais, determinando-se a qualidade da água com base nos Métodos para as Análises de Águas Potáveis e Residuárias – Standard Methods for Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPCF (1998) e pela metodologia de espectrofotometria de Hach, para os seguintes parâmetros:

- **Parâmetros físicos:** Cor, Turbidez (uT) e Temperatura ($^{\circ}C$);
- **Parâmetros químicos:** pH, Nitrogênio Total (mg/L), Fósforo Total ($\mu g/L$), Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO (mg/L), Demanda Química de Oxigênio – DQO (mg/L), Oxigênio Dissolvido OD (mg/L), Sólidos Suspensos (mg/L), Sólidos Totais (mg/L).
- **Parâmetros biológicos:** Coliforme Termo tolerante (NMP/100ml)

Os dados coletados foram tratados em planilhas eletrônicas de cálculo para geração de gráficos e figuras interessantes à avaliação da qualidade da água e submetidos à análise estatística usual para este tipo de análise.

Para a análise da Turbidez (NTU) Foi utilizado o método Nefelométrico com o auxílio de um Turbidímetro.

A cor (uH) foi analisada através do método Espectrofotométrico por meio de um Espectrofotômetro Hach.

A Condutividade (uS/cm), a Temperatura da água (C°) e o pH foram analisados pelo método Eletrométrico por meio de pHmetro de membrana.

As análises de Nitrogênio Total (mgN/l) e Fósforo foram feitas por digestão por persulfato e pelo método Espectrofotométrico com a utilização de um aparelho COD Reactor/Hach e Espectrofotômetro Hach.

A quantidade de OD (mg/l) foi feita pelo método de Winkler modificado por meio de titulador.

A DBO foi feita pelo Método das diluições incubado a 20°C por período de cinco dias através de titulador.

A DQO (mg/l) foi feita por digestão no reator e Espectrofotométrico utilizando aparelho COD Reactor/Hach e Espectrofotômetro Hach.

A quantidade de Sólidos Totais, Sólidos dissolvidos e Sólidos Suspensos (mg/l) foi determinada pelo método Gravimétrico utilizando cápsula de porcelana, disco de microfibras de vidro, balança eletrônica de precisão, estufa a temperatura de 120°C e dessecador/Pyrex//200 mm.

A análise de Coliformes Totais e Fecais (NMP/100ml) foi feita pelo método de contagem de *Escherichia coli* a partir de Placas Petrifilm em Estufa de Cultura.

3.5 Análises dos dados

Foram realizadas análises descritivas das tendências e oscilações de cada variável por período sazonal, sendo ainda estudadas as hipóteses de verificação do atendimento aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 para um rio de Classe II.

Tabela 2: Pluviosidade diária e total mensal (mm) na represa de Ilha Solteira, SP - de março de 2008 à fevereiro de 2009 (Fonte: CATI, 2009).

Dia/Mês	mar/08	abr/08	mai/08	jun/08	jul/08	ago/08	set/08	out/08	nov/08	jan/09	fev/09
1	11,4		16,8								
2								44	2,8		1
3		1,8				7,4			0,6		
4		1,6								15,2	
5									18,8		
6								2			
7								2	17,4		1
8	8,2								1,2		19,2
9	20,8	2,2									
10	29					7		6	10,2		2
11	8,4								26		1
12									1		
13	25,3	4,2									
14	54,2	24,2							41		
15		21,2									
16				2,8						1,8	13
17			13,6								18
18								2,6		4,3	
19	15,2	5,2								13,6	
20	22	12,2								6,2	
21	20						7	5,2			
22		1								1	8
23	4							2			16
24											
25											
26	1,6									11	38,4
27							4			6	
28										9,8	
29			36,6						27	5,6	
30		15,4						4,4	10	8,6	
31										17,2	
Total	220,1	89	67	2,8	0	14,4	11	68,2	148	100,3	117,6

CAPÍTULO 4

4 RESULTADOS E DISCUSÕES

4.1 Índice de qualidade da água – IQA

Com relação a este item, os resultados das análises estão apresentados por meio do Índice de Qualidade da Água (IQA), realizados para tentar simplificar a interpretação dos valores encontrados das variáveis analisadas. Nas Figuras 9, 10, 11 e 12 encontram-se os valores calculados do IQA para os três pontos estudados.

Para o ponto de coleta 1 (figura 9), foram calculados os valores do IQA considerando os índices mínimos e máximos dos nove parâmetros obtidos durante o período do estudo. Pelos resultados obtidos o local onde se encontra instalada a piscicultura mantém qualidade de água aceitável para os valores máximos e mínimos obtidos.

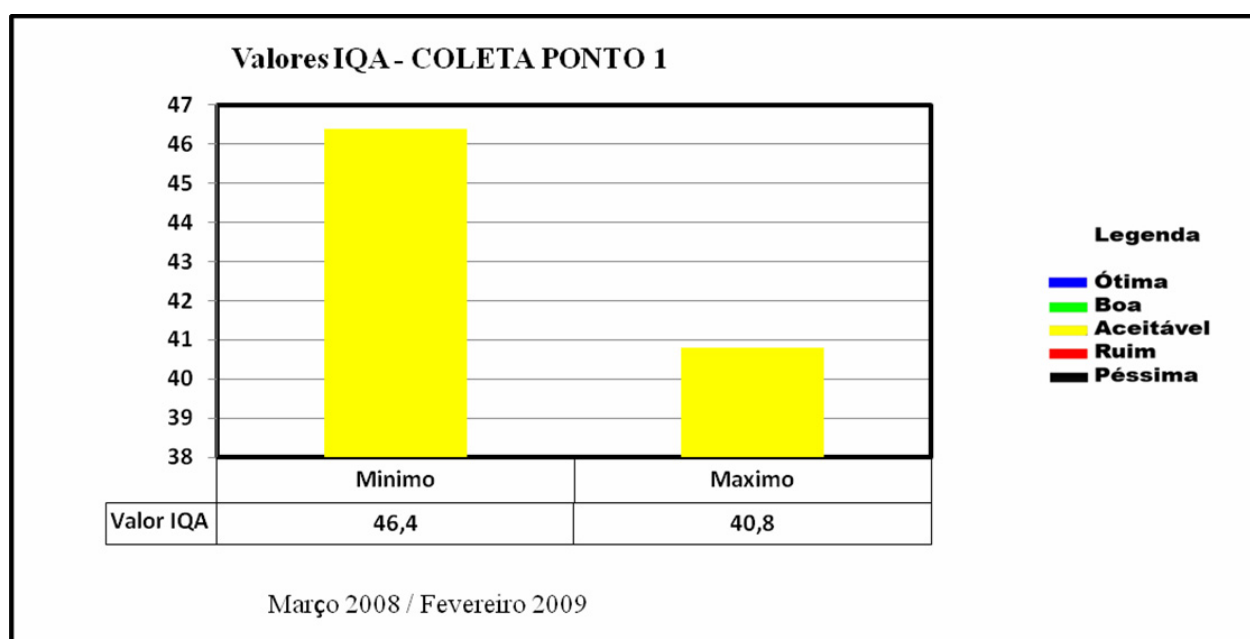


Figura 9: Valores calculados do IQA para o ponto 1 no período de março de 2008 a fevereiro de 2009 na Piscicultura A3 em Santa Fé do Sul, SP.

Para o ponto de coleta 2 (figura 10), foram calculados os valores do IQA considerando os índices mínimos e máximos dos nove parâmetros obtidos durante o período do estudo. Pelos resultados obtidos o local onde se encontra instalada a piscicultura mantém qualidade de água boa para os valores mínimos obtidos, e aceitáveis para os valores máximos.

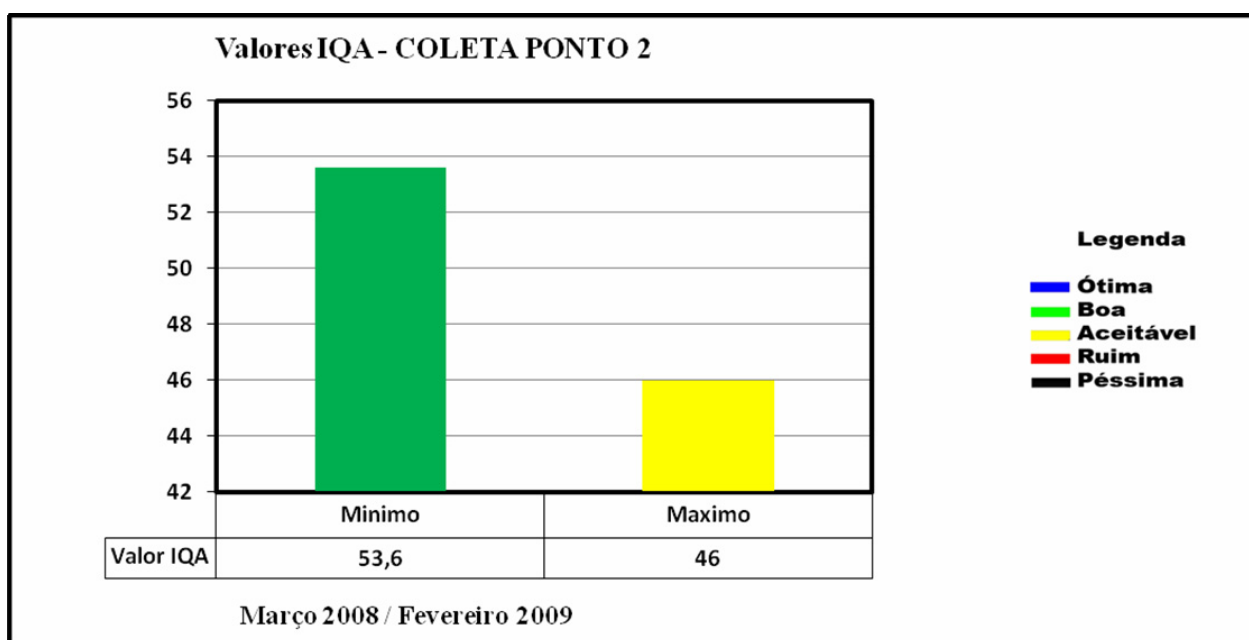


Figura 10: Valores calculados do IQA para o ponto 2 no período de março 2008 a fevereiro de 2009 na Piscicultura A3 em Santa Fé do Sul, SP.

Para o ponto de coleta 3 (figura 11), foram calculados os valores do IQA considerando os índices mínimos e máximos dos nove parâmetros obtidos durante o período do estudo. Pelos resultados obtidos o local onde se encontra instalada a piscicultura mantém qualidade de água boa para os valores mínimos obtidos, e aceitáveis para os valores máximos.

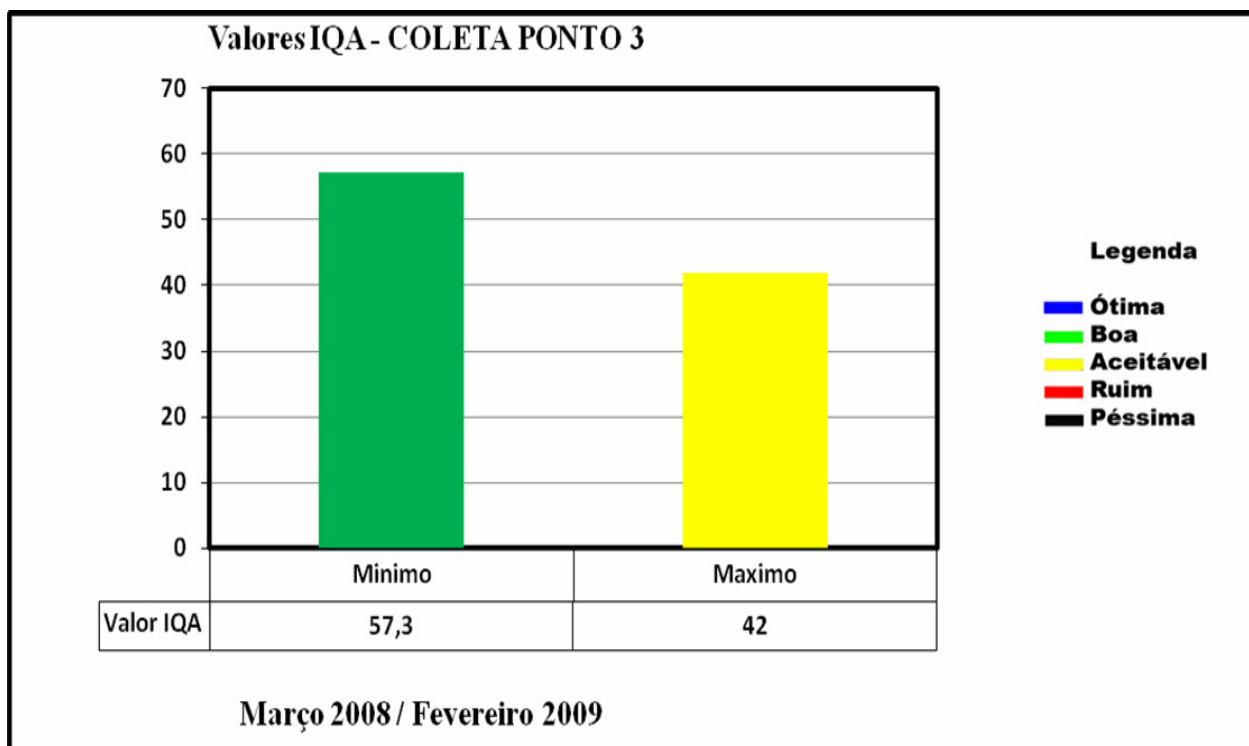


Figura 11: Valores calculados do IQA para o ponto 3 no período de março de 2008 a fevereiro de 2009.

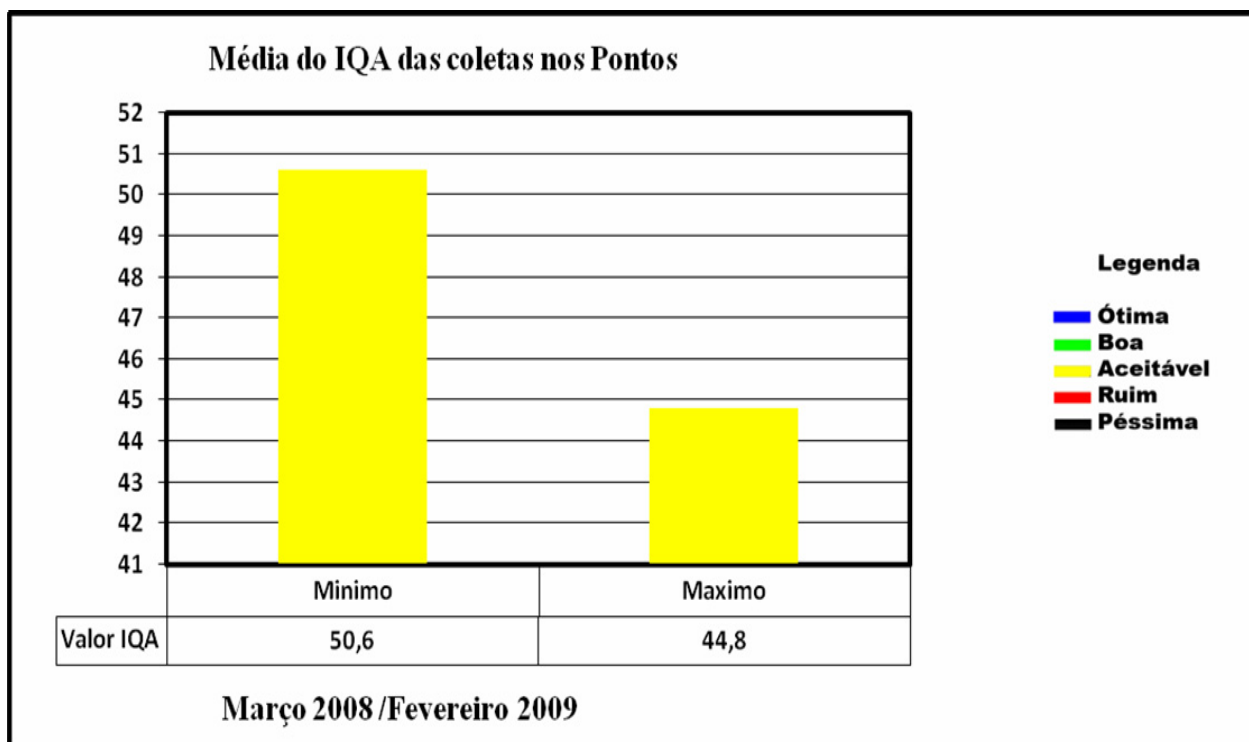


Figura 12: Valor médio calculados do IQA no período de no período de março de 2008 a fevereiro de 2009.

Considerando a media dos valores mínimos e máximos dos índices do IQA, o enquadramento da classificação da água foi tido como aceitável.

Não foi possível realizar a coleta no mês de dezembro de 2008, assim sendo, foram realizadas onze coletas durante o trabalho de pesquisa. Para os dois primeiros meses de pesquisa foram realizadas coletas em apenas dois pontos sendo o primeiro ponto entre os tanques, piscicultura (P1), o segundo ponto á 200 metros da piscicultura (P2) e o terceiro ponto de coleta a 300 metros da piscicultura (P3).

4.2 Parâmetros físicos

Para a cor verdadeira (figura 13), o valor máximo obtido foi de 41 uH ocorrendo em abril de 2008 no Ponto de Coleta 1, e o valor mínimo de 2,0 mg Pt/L no ponto 3 no mês de fevereiro. O valor máximo de cor verdadeira pode estar relacionado aos índices pluviométricos registrados em abril (89 mm) precedido de 220 mm em março como máximos. Para o valor mínimo de cor verdadeira registrado no mês de fevereiro, fica difícil estabelecer

uma correlação com os índices pluviométricos, uma vez que os meses de janeiro com 100,3mm e fevereiro com 117,6 apresentam grande precipitação.

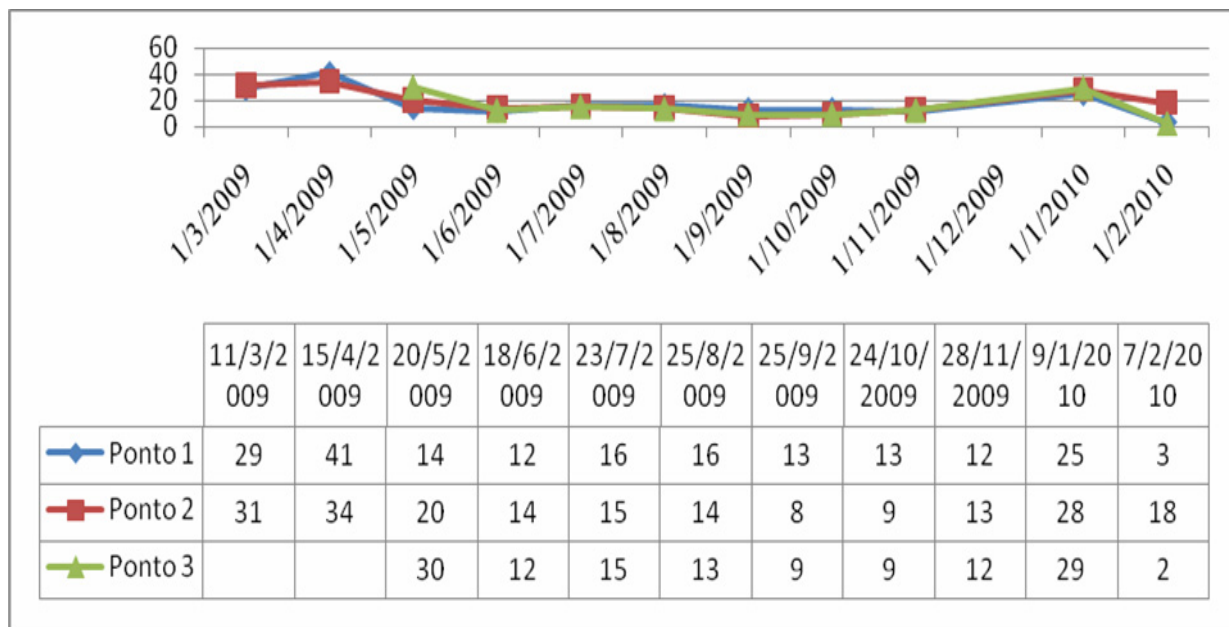


Figura 13: Valores de Cor Verdadeira (uH) da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.

A cor verdadeira é causada por partículas de substâncias dissolvidas e colóides, em geral com diâmetro menor que 1,2 μ m. A cor aparente é causada por partículas maiores que 1,2 μ m, em suspensão ou fixas; também pode ser devido à influência e reflexos do ambiente exterior, como nuvens e vegetação marginal ou então da própria natureza do solo.

O valor máximo obtido para a turbidez (figura 14) foi de 8,32 uT no ponto de coleta 1 no mês de abril de 2008, e mínimo de 0,77 uT no ponto de coleta 2 no mês de outubro de 2008. Enquadrando-se dentro do padrão estabelecido pelo CONAMA (2005) para corpos d'água de classe 2, turbidez: até 100 UNT.

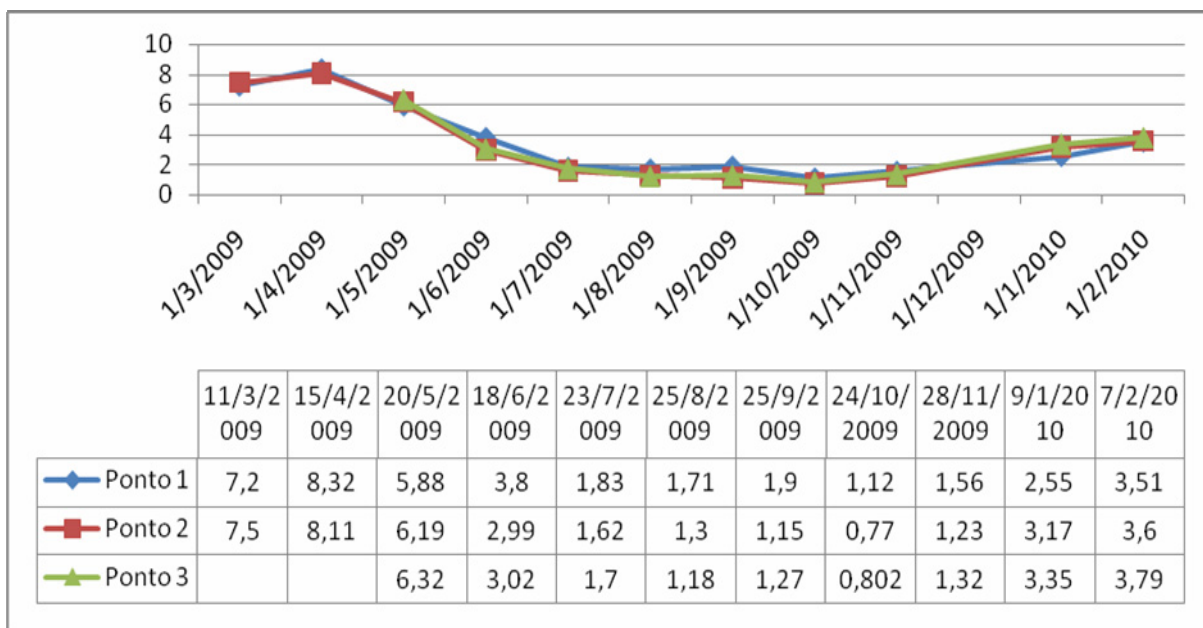


Figura 14: Valores de Turbidez (uT) da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 à fevereiro/2009.

Os valores máximos e mínimos de turbidez podem estar relacionados aos índices pluviométricos registrados em abril (89 mm) precedido de 220 mm em março como máximos, e outubro com 68 mm precedido de setembro com 11 mm com os menores índices.

Segundo BOYD & TUCKER (1998), os valores de 25 - 30 UNT são considerados a faixa ideal para a aquicultura.

Os valores de temperatura da água (figura 15) mantiveram-se constantes nos diferentes pontos de coleta ao longo da pesquisa (amplitude de 7°C). A temperatura máxima verificada foi de 30°C no mês de janeiro, nos meses de junho e julho foram registradas as mínimas de 23°C, apresentando as variações de temperatura conforme a caracterização do clima da bacia hidrográfica. Pelos dados de temperatura apresentados os índices de temperatura ficam dentro do considerado como conforto térmico para as tilápias.

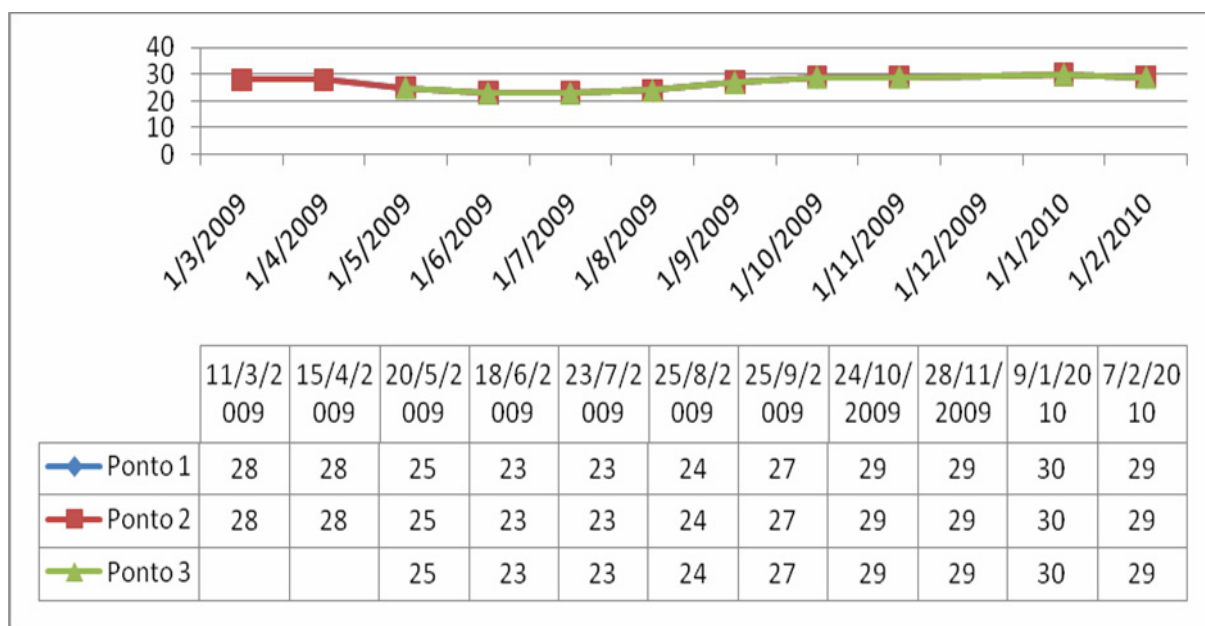


Figura 15: Valores de temperatura (°C) da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.

Tilápias são peixes tropicais que apresentam conforto térmico entre 27 a 32°C. Temperaturas acima de 32°C e abaixo de 26°C reduzem o apetite e o crescimento. Abaixo de 20°C o apetite fica extremamente reduzido e aumentam os riscos de doenças. Com temperatura da água abaixo de 18°C, o sistema imunológico das tilápias é suprimido. Temperaturas na faixa de 8 a 14°C geralmente são letais, dependendo da espécie, linhagem e condição dos peixes e do ambiente (KUBITZA, 2000).

4.3 Parâmetros químicos

Para o pH (figura 16), o valor máximo obtido foi de 7,77 ocorrendo em novembro de 2008 na no Ponto de Coleta 2, e o valor mínimo de 6,27 no ponto 1 no mês de março, resultando numa amplitude de 1,5 ao longo de todo o período de estudo.

Pelos dados obtidos de pH apresentado na tabela 2, este parâmetro não apresentou variação significativa entre os diferentes pontos de coleta e ao longo dos meses. Enquadrando-se dentro do padrão estabelecido pelo CONAMA (2005) para corpos d'água de classe 2, cuja faixa estabelecida vai de 6,00 a 9,00.

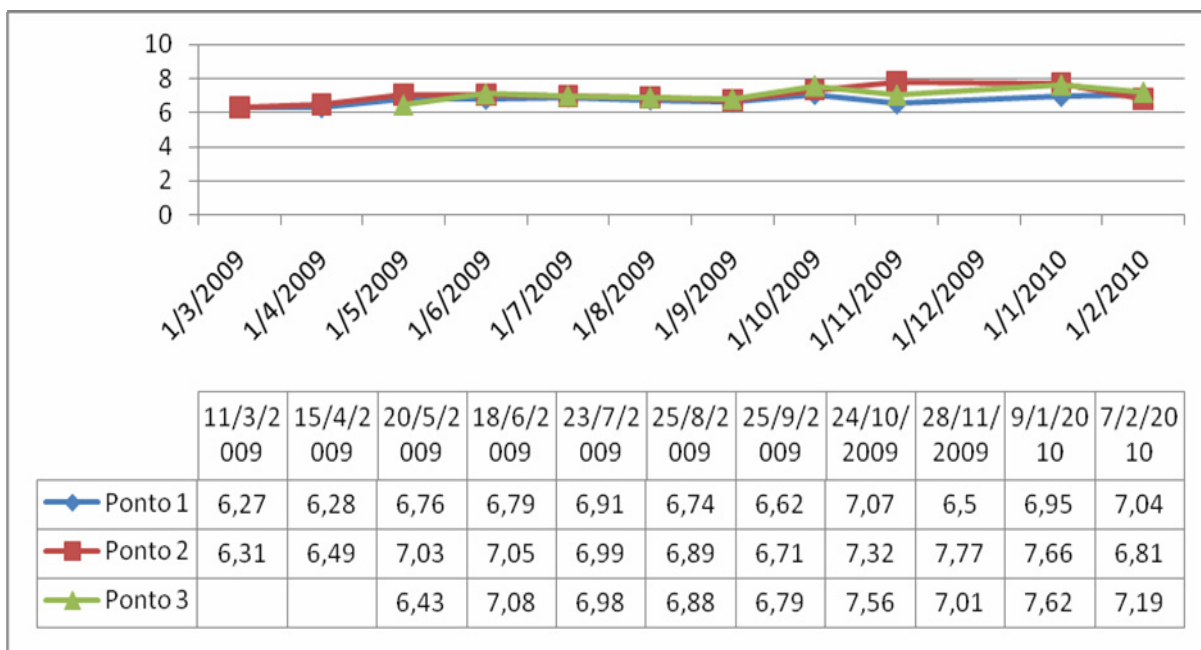


Figura 16: Valores pH da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.

Segundo BOYD (1990, apud GURGEL, 2003) os pontos letais de acidez e alcalinidade são de pH4 e pH11, sendo a faixa de 6,5 a 9,0 a mais adequada para a produção de peixes.

Tilápias apresentam baixa sobrevivência quando em águas com pH abaixo de 4,0. Chunhatai et al. (1988) observou morte total entre um a três dias, de tilápias mantidas em água com pH 3,0. Em águas de pH 2,0 a tilápia-do-Nilo não sobrevive por mais que 12 horas.

Os valores de nitrogênio total (figura 17) variaram de um mínimo 0,0 mg/L nos meses de abril de 2008 no ponto 2 e 0,0 mg/L no mês de setembro de 2008. O valor máximo de 3,6 mg/L registrado no mês de novembro de 2008. Os valores máximos encontrados estão mais concentrados no ponto de coleta nº 2, localizado entre a área de cultivo e o Ribeirão Ponte Pensa, neste trecho existem construções residenciais que de alguma forma podem estar contribuindo para os valores apresentados.

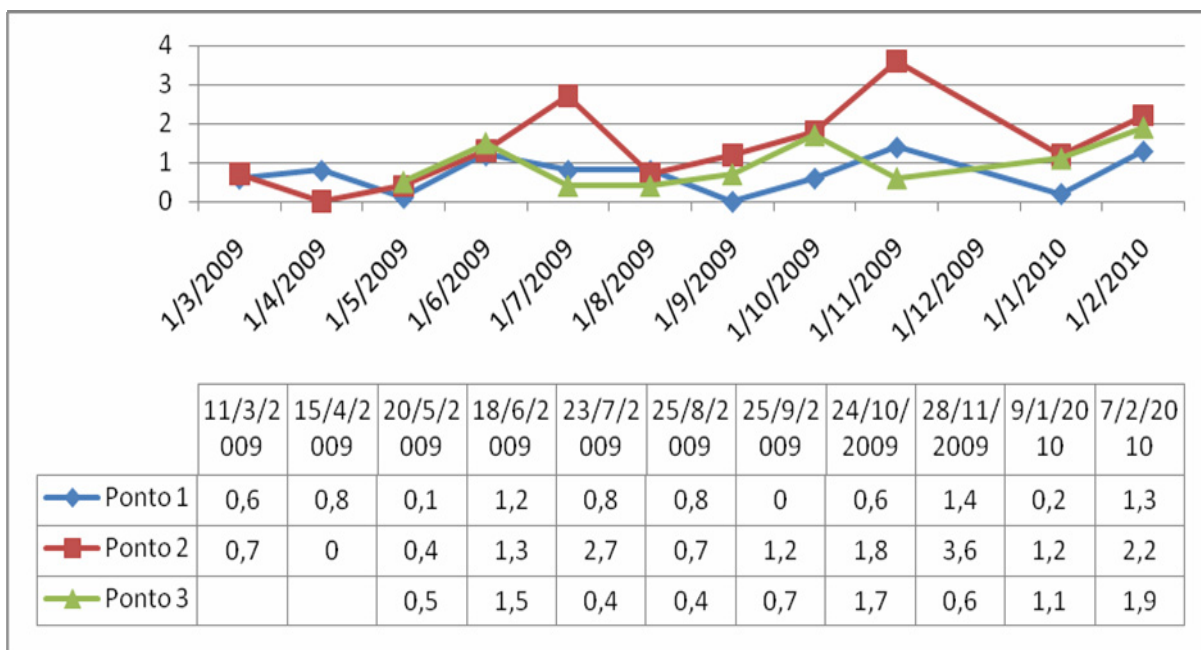


Figura 17: Valores nitrogênio (mg/L) total da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.

Os padrões de qualidade segundo a Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente (valor de nitrogênio total após oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos e 2,18 mg/L para ambientes lóticos, na vazão de referência.

Observa-se que para o mês de julho de 2008 que o ponto de coleta n° 2 apresentou 2,7 mg/L de nitrogênio total em novembro de 2008 o ponto de coleta n° 2 apresentou 3,6 mg/L de nitrogênio total e em fevereiro de 2009 o ponto de coleta n° 2 apresentou 2,2 mg/L de nitrogênio total, ficando acima dos padrões de qualidade de água segundo a Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces de classes 1 e 2.

Para os valores de nitrogênio total não se observam variações significativas entre os meses e pontos de coleta. A exceção fica por conta do pico máximo observado no mês de novembro de 2008 no ponto n° 2 o qual apresenta valor acima da média dos meses por ser um valor pontual

4.3.1 A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água

O nitrogênio é considerado um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, em razão de sua participação na formação de proteínas, podendo atuar como fator limitante da produção primária desses ecossistemas e, em determinadas condições, tornar-se tóxico para os organismos aquáticos. Dentre os compostos nitrogenados dissolvidos na água, encontra-se uma forma ionizada, NH_4^+ , denominada íon amônio, ou simplesmente amônio, e outra não ionizada, NH_3 , amplamente conhecida como amônia. As duas formas juntas constituem a amônia total, ou nitrogênio amoniacal total. Quanto mais elevado for o pH, maior será a porcentagem da amônia total presente na forma NH_3 , não ionizada (forma tóxica). Os compostos nitrogenados incorporados à água, na piscicultura intensiva, provêm, principalmente, da alimentação.

A amônia é um composto resultante do catabolismo de proteínas, sendo encontrada em baixos níveis no início das criações, quando a biomassa é ainda pequena. Com o aumento da biomassa, o nível de amônia aumenta proporcionalmente ao aumento da quantidade de alimento fornecido. O controle da quantidade e da qualidade do alimento, bem como o controle adequado do fluxo da água, são de fundamental importância para a manutenção da qualidade da água de um sistema artificial de criação.

Nesta revisão reúnem-se informações extraídas de diversos trabalhos, enfatizando a importância da amônia na qualidade da água em sistemas de criação de peixes.

4.3.2 Formação da amônia

Conforme consta em ESTEVES (1998), a formação de compostos nitrogenados reduzidos, como, por exemplo, a amônia, ocorre como resultado da decomposição aeróbia e anaeróbia da matéria orgânica. A oxidação biológica desses compostos a nitrato é denominada nitrificação. A nitrificação é, na realidade, um processo que se caracteriza pela utilização de compostos inorgânicos reduzidos, por exemplo, o íon amônio, como doadores de hidrogênio, sendo que, através de sua oxidação, os microrganismos obtêm os equivalentes de redução para o processo de síntese.

Da transformação de íon amônio para nitrato (nitrificação) participam dois gêneros de bactérias:

- *Nitrossomonas* – que oxidam amônio a nitrito: $\text{NH}_4^+ + 1\frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$
- *Nitrobacter* – que oxidam nitrito a nitrato: $\text{NO}_2^- + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$

As bactérias nitrificantes são gram-negativas e pertencem à família Nitrobacteriaceae.

A nitrificação é um processo predominantemente aeróbio e, como tal, ocorre somente nas regiões onde há oxigênio disponível (geralmente a coluna d'água e a superfície do sedimento).

A denominada respiração de nitrato apresenta duas variações:

1. Desnitrificação, que consta da redução do nitrato a nitrogênio molecular: $10\{\text{H}\} + 2\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
2. Amonificação do nitrato, que consta da redução do nitrato a íon amônio: $8\{\text{H}\} + \text{H}^+ + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_4^+ + 2\text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O}$

A desnitrificação ocorre principalmente em condições anaeróbias. Nos ecossistemas aquáticos, o principal local de sua ocorrência é o sedimento, pois, além das baixas condições de oxigenação, há disponibilidade de grande quantidade de substrato orgânico. Nitrificação e desnitrificação são processos acoplados. Assim, no hipolímnio, no final de um período em condições anaeróbias, ocorre, em geral, grande quantidade de nitrogênio amoniacal. Com a oxigenação do meio aquático, inicia-se um intenso processo de nitrificação, que resulta no consumo de grande parte da amônia acumulada.

Quando o meio se torna anaeróbio observa-se fenômeno inverso, isto é, forte redução da concentração de nitrato, devido à sua utilização nos processos de desnitrificação e amonificação do nitrato.

Como mencionado, o nitrogênio amoniacal dissolvido na água encontra-se sob as formas ionizadas, NH_4^+ , e não ionizada, NH_3 , que se relacionam entre si por uma reação ácido-básica (CARMOUZE, 1994):

- $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}^+$

A razão $[\text{NH}_3]/[\text{NH}_4^+]$ depende do pH e do valor de uma constante de equilíbrio (K), sendo esta, função da temperatura e da composição iônica da água. Quando o pH é inferior a 8,5, ou seja, quando o meio passa de alcalino a neutro ou ácido, verifica-se que NH_4^+ predomina, enquanto NH_3 prevalece quando o pH está acima de 10, ou seja, quando o meio é alcalino. Por essa razão, quanto mais elevado for o pH, maior será a porcentagem da amônia total presente como NH_3 , forma não ionizada (forma tóxica).

ESTEVEES (1998) explica que no meio aquático, especialmente quando o pH é ácido ou neutro, a amônia formada é instável, sendo convertida por hidratação a íon amônio (NH_4^+). Em meio alcalino, a possibilidade de ocorrência desse processo é muito reduzida, podendo causar aumento da concentração da forma não ionizada (NH_3). Em sistemas de criação, o alimento introduzido na água é o principal fator condicionante da dinâmica do nitrogênio.

Fertilizantes nitrogenados amoniacais, como sulfato de amônia, nitrato de amônia, fosfatos e uréia, contribuem para o aumento da concentração de amônia na água (KUBITZA, 1999). Esses compostos serão metabolizados a partir dos processos anteriormente mencionados, tais como, a nitrificação e a desnitrificação. Assim, o alimento (matéria orgânica) não aproveitado passará pelos processos de decomposição, assimilação e mineralização, e parte desses produtos poderá ser assimilado pelas algas, muitas vezes promovendo desenvolvimento descontrolado das algas e, possivelmente, o surgimento de florações. Após a morte das algas, os compostos nitrogenados retornam ao sistema graças aos processos de decomposição e mineralização da matéria orgânica das algas.

Uma maneira importante de retirar da água o excesso de nitrogênio, é a desnitrificação, através da qual o nitrogênio é liberado para a atmosfera sob a forma de gás.

4.4 Consequência de elevadas concentrações de amônia nos sistemas de criação de peixes

A instalação de unidades de piscicultura, embora totalmente dependente da qualidade e quantidade de água disponível, é, por si mesma, uma atividade que causa modificações na qualidade da água. O impacto causado no ambiente varia de acordo com o sistema de cultivo utilizado e, certamente, com as características do corpo d'água que recebe o efluente (ZANIBONI-FILHO, 1997).

Na piscicultura intensiva, a principal fonte de compostos nitrogenados incorporados à água é a alimentação. No início das criações, quando a biomassa é ainda pequena, observam-se baixos níveis de amônia – compostos resultantes do catabolismo das proteínas, que aumentam proporcionalmente ao aumento da quantidade de alimento fornecido e da biomassa (Hurvitz *et al.*, 1997, *apud* CAVERO *et al.*, 2004). Na criação de peixes carnívoros, essa situação pode ser agravada pelos elevados níveis de proteína das rações.

Altas concentrações do íon amônio podem influenciar fortemente a dinâmica do oxigênio dissolvido do meio, uma vez que para oxidar 1,0 mg do íon amônio são necessários

cerca de 4,3 mg de oxigênio, o que, por sua vez, influi sobre a comunidade de peixes, pois, em pH básico, o íon amônio se transforma em amônia (NH_3 livre, gasoso), que pode ser tóxica para esses organismos (TRUSSEL, 1972).

A amônia na forma não-ionizada (NH_3) e em concentração elevada pode prejudicar a transformação da energia dos alimentos em ATP, com isso inibindo o crescimento dos peixes e provocando a desaminação dos aminoácidos, o que, por sua vez, impede a formação de proteínas, elemento essencial no crescimento dos animais (Parker e Davis, 1981, *apud* CAVERO *et al.*, 2004).

De acordo com KUBITZA (1999), valores de amônia não ionizada acima de 0,20 mg/L já são suficientes para induzir toxicidade crônica e levar à diminuição do crescimento e da tolerância dos peixes a doenças. Níveis de amônia entre 0,70 e 2,40 mg/L podem ser letais para os peixes, quando expostos por curto período. Exposição contínua ou frequente a concentrações de amônia tóxica acima de 0,02 mg/L pode causar intensa irritação e inflamação nas brânquias. Mesmo na ausência de níveis detectáveis de amônia total na água, grande elevação do pH da água durante períodos de intensa fotossíntese prejudica a excreção da amônia. Tal condição invariavelmente resulta na auto-intoxicação dos peixes pela amônia gerada em seus próprios processos metabólicos. A intoxicação por amônia é a condição principal para o estabelecimento da Doença Ambiental das Brânquias (DAB), doença esta (ou síndrome) que geralmente causa grande mortalidade de peixes em piscicultura intensiva.

Os valores de fósforo total (figura 18) variaram de um mínimo 7,0 $\mu\text{g/L}$ no mês de outubro de 2008 no ponto 2; e o valor máximo de 28,2 $\mu\text{g/L}$ no mês de junho de 2008. Enquadrando-se dentro do padrão estabelecido pelo CONAMA (2005) para corpos d'água de classe 2, até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos.

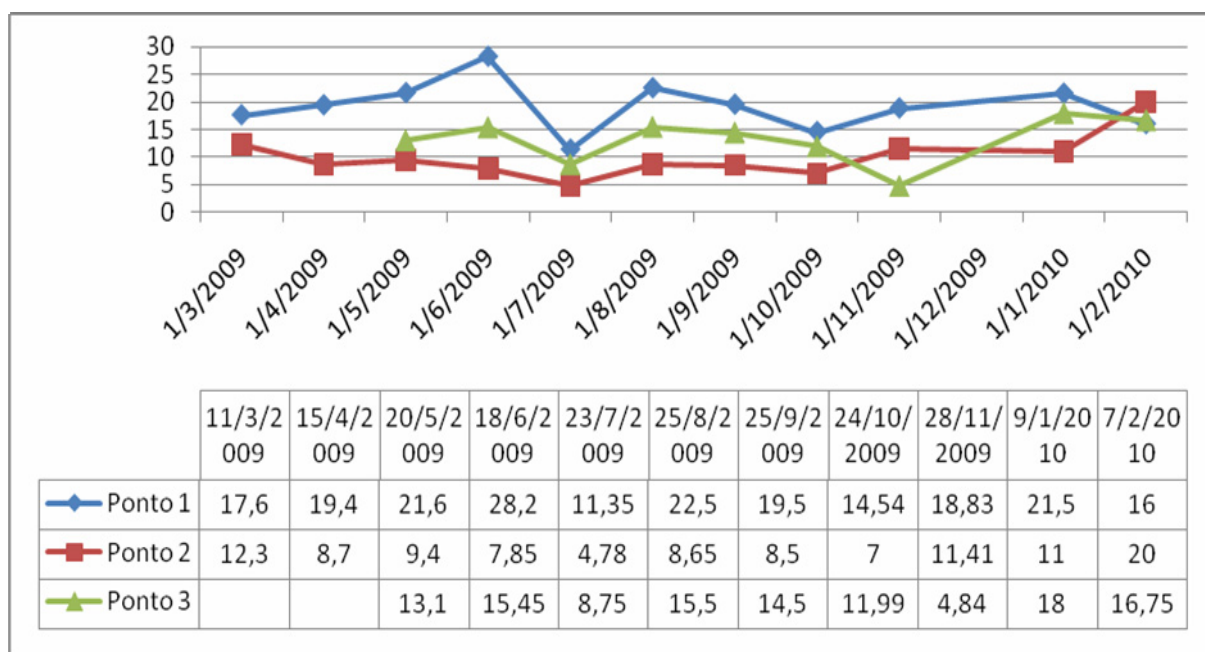


Figura 18: Valores fósforo total ($\mu\text{g/L}$) da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.

Os valores obtidos apresentados no ponto 1 em todas as datas de coleta com exceção do mês de fevereiro apresentaram maior concentração de fósforo em relação aos demais meses de coleta. No ponto de coleta número 1 está localizada a área de cultivo, onde ocorre um grande aporte de ração diariamente, aproximadamente 2 ton. /dia. O nutriente contido na ração e não assimilado pelo peixe retorna para o ambiente excretado através das fezes. A baixa taxa de renovação de água onde se encontra instalado o cultivo contribui para a sedimentação e acréscimo dos níveis do fósforo no local de cultivo. Deve-se dispensar atenção especial para este parâmetro, que no ponto 1 apresenta nível acima dos demais pontos de coleta haja visto ser um dos principais contribuintes para a eutrofização do meio.

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

hidrolisável. Portanto, para esses autores, no sedimento de pisciculturas em tanques-rede existe uma alta eficiência de hidrólise de fósforo orgânico.

Os valores de fósforo tidos como ótimos para os sistemas de piscicultura em tanques-rede são os inferiores a $< 0,05$ mg/l, segundo BOYD & TUCKER (1998).

Os valores de DBO (figura 19) variaram de um mínimo 0,1 mg/l no mês de agosto de 2008 no ponto 1 e máximo de 0,51 mg/l no mês de abril de 2008 no ponto 2. Enquadrando-se dentro do padrão estabelecido pelo CONAMA (2005) para corpos d'água de classe 2, DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O_2 .

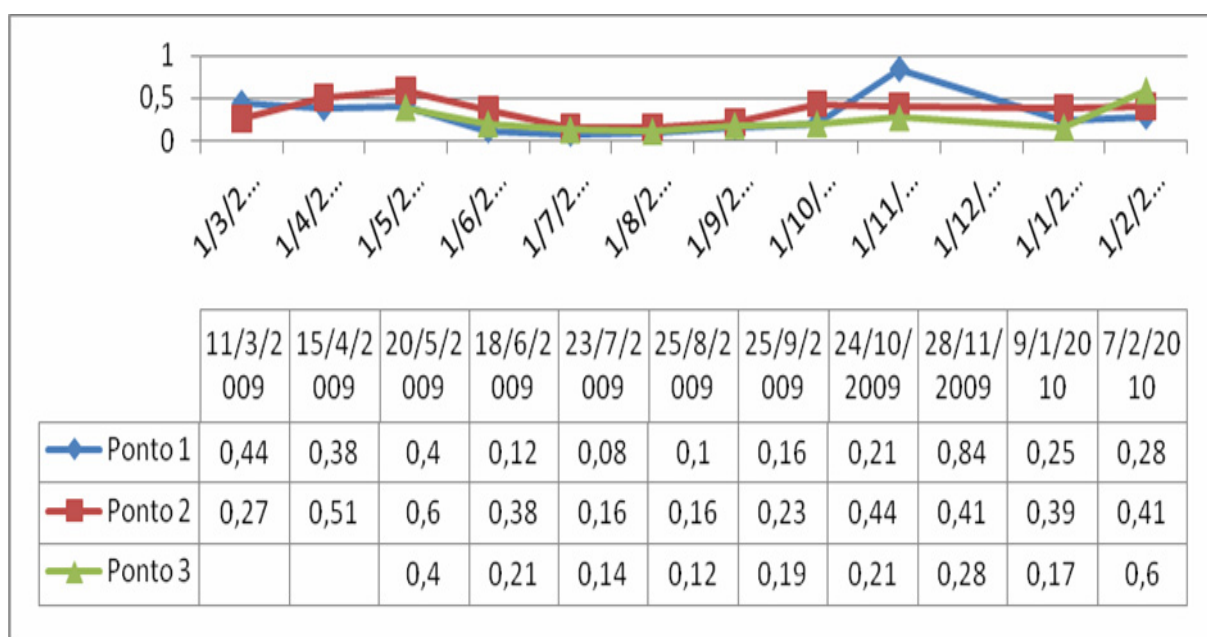


Figura 19: Valores DBO (mg/L) da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.

Os valores máximos e mínimos obtidos para a DBO não foram preocupantes, revelando que o meio não apresenta grande quantidade de matéria orgânica.

Na aplicação da "cobrança pelo uso da água", esta variável, pouco conhecida ou mesmo não compreendida, principalmente pelos aquicultores, deverá estar obrigatoriamente na lista das análises para caracterização da qualidade das águas utilizadas na aquicultura.

Tais análises indicam, na realidade, a capacidade que a amostra (meio aquático) tem de consumir o oxigênio, através de reações químicas e bioquímicas. Águas ricas em matéria orgânica e inorgânica apresentam maiores índices na relação D.Q.O./D.B.O.

Quando da determinação da DBO_{5d} mg/l, verifica-se a quantidade de oxigênio consumido pelos organismos na degradação da matéria orgânica na água, ou seja, estima-se a carga orgânica presente ou nos lançamentos, em ambientes aquáticos e mesmo nos seus sedimentos ou solos, pois é a quantidade de oxigênio requerida para reduzir completamente a matéria orgânica, (ação bioquímica), num determinado período de tempo e temperatura.

A DBO_{5d} nada mais é que a utilização por certos organismos, do oxigênio (oxidação), do carbono (demanda carbonácea) seguido da utilização do nitrogênio (demanda nitrogenada). Inicialmente eles utilizaram o oxigênio dissolvido para transformar o carbono em CO_2 (oxidação da matéria carbonácea) e posteriormente transformam os compostos nitrogenados em nitritos- NO_2 e em nitratos- NO_3 , (nitrificação).

Os valores de DQO (figura 20) variaram de um mínimo 1 mg/l no mês de abril de 2008 no ponto 1 e máximo de 18 mg/L no mês de setembro de 2008 no ponto 2.

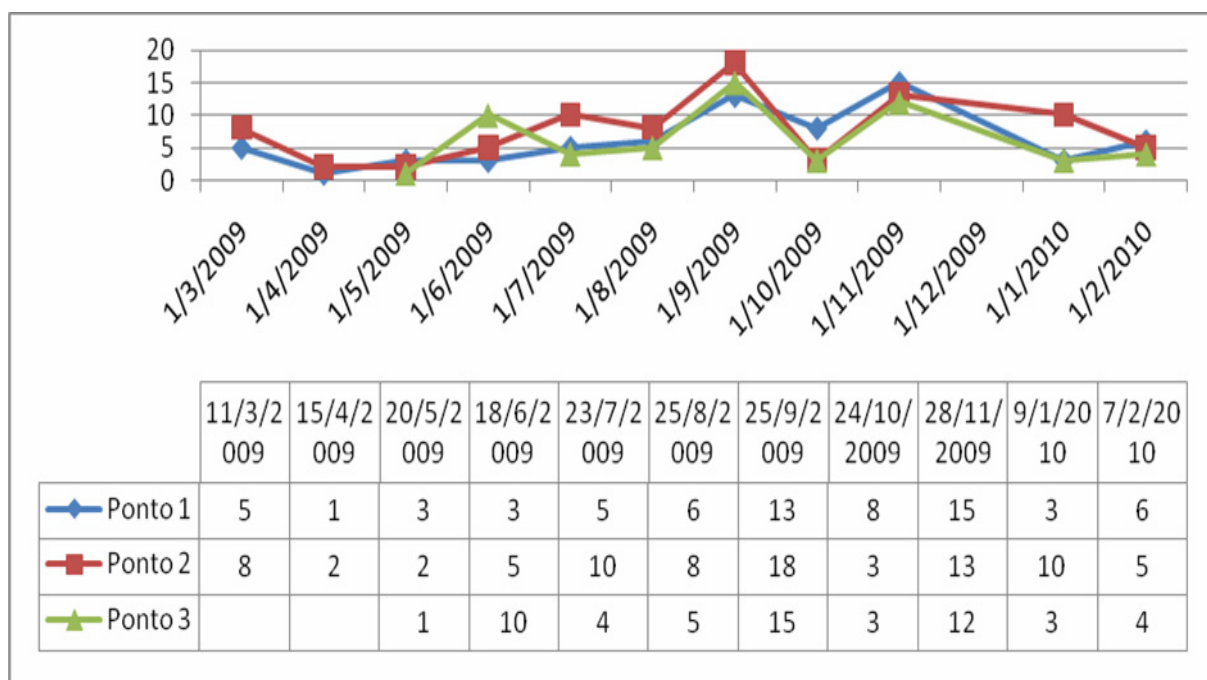


Figura 20: Valores DQO (mg/L) da água nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.

A demanda química de oxigênio-DQO_{2 h}, caracteriza de modo indireto a quantidade de oxigênio consumido no processo de degradação química da matéria biodegradável, ou não. Portanto, é o oxigênio requerido para estabilização da matéria orgânica através da ação química (oxidação) a um determinado tempo e temperatura, não sendo o correspondente da D.B.O., pois nem todas as substâncias químicas podem ser biodegradadas. Portanto, para cada ação de D.B.O., ocorreu, anteriormente, certa ação de D.Q.O., quando da presença de matéria orgânica.

Os valores de oxigênio dissolvido (figura 21) variaram de um mínimo 5,38 mg/l no mês de abril de 2008 no ponto 1 e máximo de 11 mg/L no mês de fevereiro de 2009, resultando numa amplitude de 5,62 mg/L O₂, enquadrando-se dentro do padrão estabelecido pelo CONAMA (2005) para corpos d'água de classe 2, OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂.

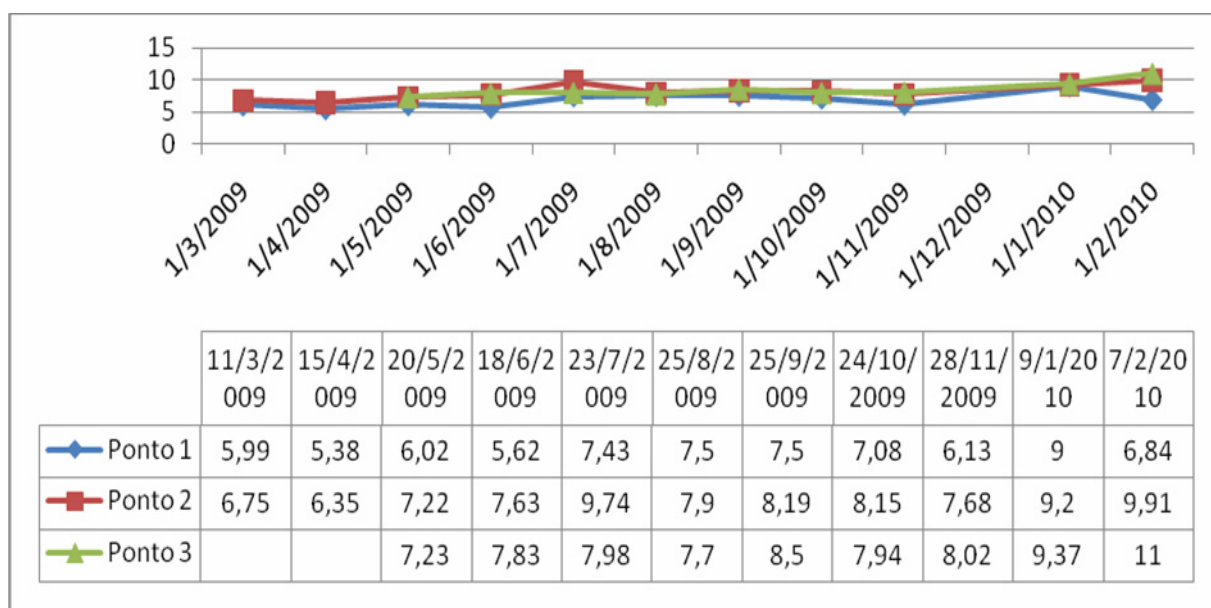


Figura 21: Valores OD (mg/L) da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.

Devido ao grande volume de água do reservatório onde se encontra instalada a piscicultura os valores de oxigênio dissolvido não apresentaram variação significativa entre os pontos de coleta e nos meses do período de coletas, permanecendo acima dos índices apontados como seguros para a atividade.

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).

Para os sólidos suspensos (figura 22), os valores máximos 15 mg/l no mês de maio de 2008 no ponto de coleta 3, o mínimo encontrado foi de 0,3 mg/l no ponto de coleta 2 no mês de julho de 2008.

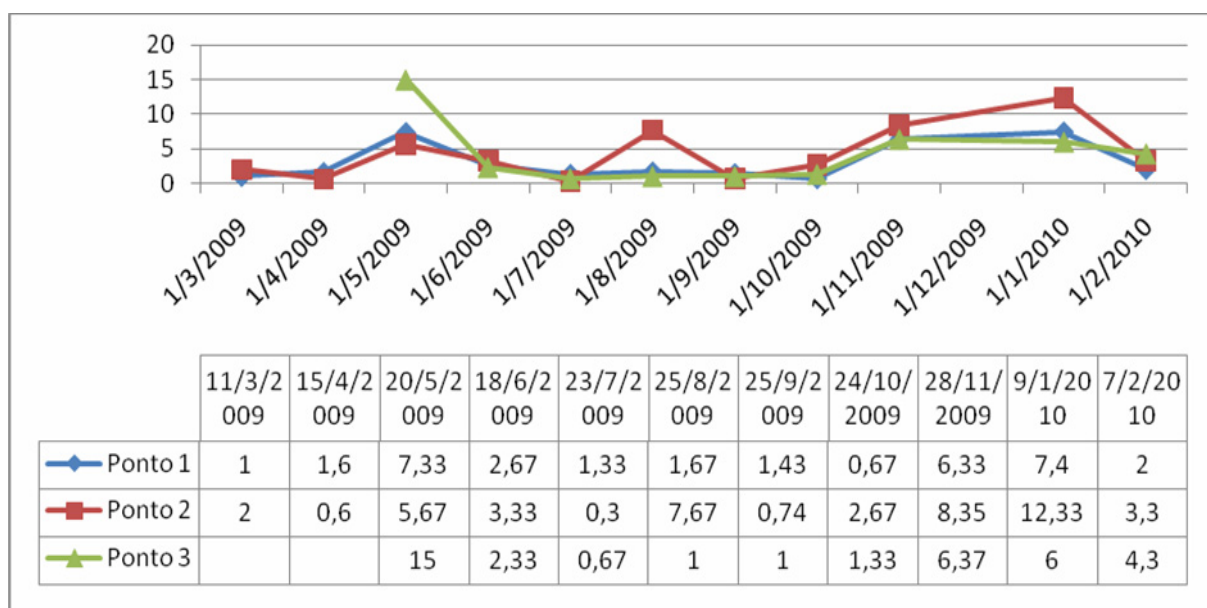


Figura 22: Valores de sólidos suspensos (mg/L) da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.

Os valores máximos e mínimos de sólidos suspensos apresentam relação com os índices pluviométricos registrados em maio (89 mm) precedido de abril 89 mm, março 220 mm como máximos. Os meses de julho com 0,3 mm precedido de junho com 2,8mm com os menores índices pluviométricos.

De acordo BOYD & TUCKER (1998), os valores para sólidos suspensos totais devem ser inferiores a 30 mg/l, para o bom desenvolvimento de peixes em tanques-rede, mostrando que no presente trabalho, sob este aspecto não houve prejuízos à produção.

Para os sólidos dissolvidos totais (figura 23), o valor máximo encontrado foi de 79 mg/l no ponto de coleta 1 no mês de maio de 2008, o valor mínimo encontrado foi de 13 mg/l no ponto de coleta 1 no mês de janeiro de 2009, enquadrando-se dentro do padrão estabelecido pelo CONAMA (2005) para corpos d'água de classe 2, valor máximo de Sólidos Dissolvidos totais 500 mg/L.

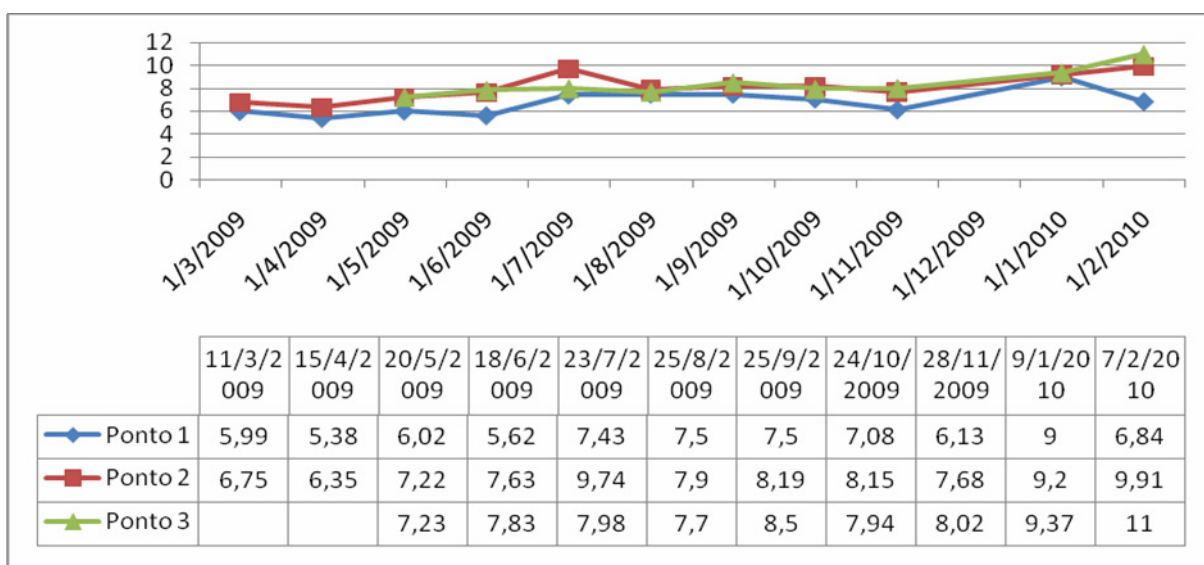


Figura 23: Valores de sólidos dissolvidos totais (mg/L) da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.

O valor máximo de sólidos dissolvidos totais pode estar relacionado aos índices pluviométricos registrados em março de 2008 (220 mm) máximos índice pluviométrico registrado durante o período de coletas. O menor valor de sólidos suspensos totais obtido no mês de janeiro de 2009 se torna justificável pelo índice pluviométrico do mês de dezembro de 2008 que foi de 0,0mm e também pelo mês de janeiro cujas precipitações tiveram início somente próximo ao dia 20, data da realização das coletas.

De acordo BOYD & TUCKER (1998), os valores para sólidos dissolvidos totais devem ser inferiores 30 mg/l, para o bom desenvolvimento de peixes em tanques-rede, e daí a situação não é preocupante.

4.5 Parâmetros biológicos

Para os índices de coliforme fecal conforme a figura 24 não foi detectada célula em nenhuma das amostras coletadas durante o período de realização do trabalho. As condições ambientais onde se encontra instalada a piscicultura não favorecem o surgimento de células de coliforme fecal, pois a área não recebe água de lançamento de tratamento de efluente urbano ou industrial.

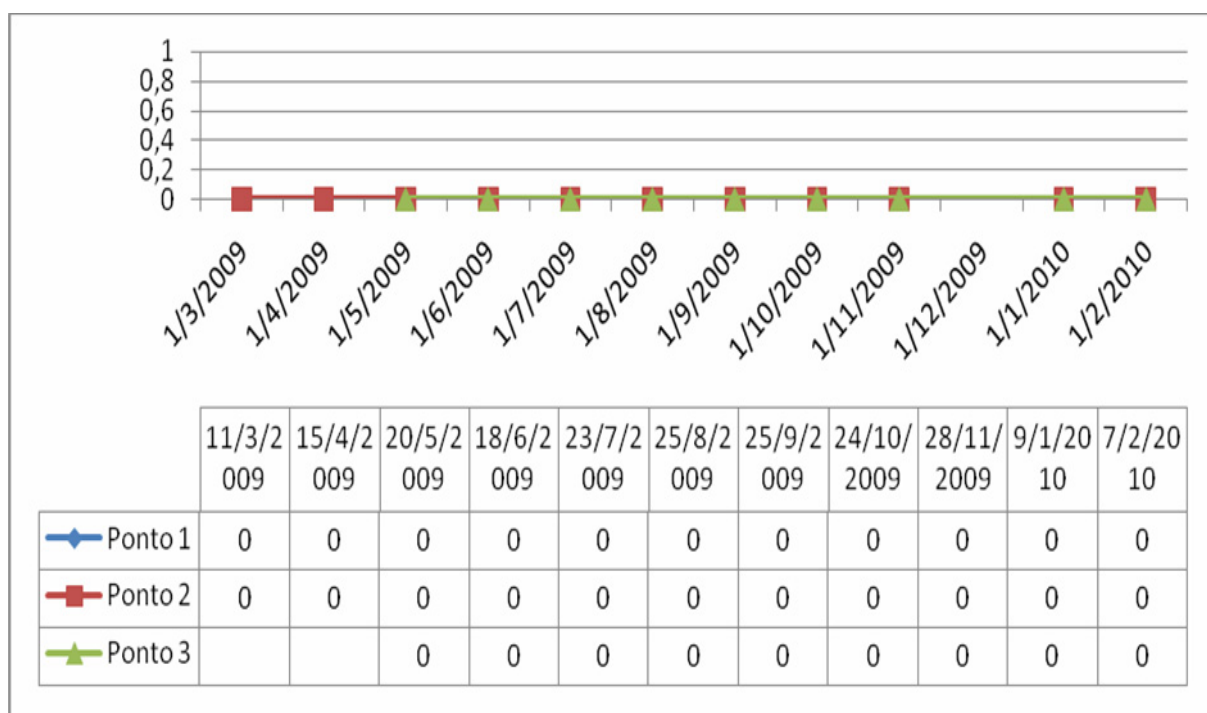


Figura 24: Quantidade de coliforme fecal (cel/ml) da água, da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.

Os coliformes-ColiTotais/Fecais, atuam como indicadores de lançamentos orgânicos, sendo expressos em densidade, ou seja, como o "número mais provável (NMP) em cada 100 ml". O grupo coliforme inclui todos os bacilos aeróbios, anaeróbios ou facultativos, gram negativos, não esporulados (*Escherichia* sp, *Enterobacter* sp, *Citrobacter* sp, *Klebsiella* sp, etc.). Eles apontam à presença de poluição fecal e também por organismos que ocorrem em grande número na flora intestinal humana e de animais de sangue quente, traduzindo-se como "risco potencial" para encontro nas águas dos agentes biológicos, ou seja, as bactérias, vírus, protozoários e vermes.

A contagem dos chamados coliformes totais corresponde ao total de microrganismos "gram negativos" encontrados em uma amostra. Já a contagem dos coliformes fecais, indica a quantidade dos microrganismos oriundos de excretas humanos, portanto com risco de serem possivelmente patogênicos. Ao nível de saúde pública e/ou quanto à comercialização de produtos destinados ao consumo humano (organismos aquáticos), é obrigatório a implantação de monitoramento desses coliformes. As bactérias do grupo coliformes também são encontradas no solo e em vegetais, algumas apresentando capacidade de se multiplicar na água com altos teores de nutrientes.

Outras, não se multiplicam com facilidade no ambiente externo, sendo pouco resistentes na água e comprovadamente de origem fecal, portanto denominadas de "coliformes fecais", apontando a possível presença recente de seres patógenos, como a *Escherichia coli*, a *Salmonella typhi*, o *Vibrio cholerae*, a *Leptospira iceterohalmonhagie* e *Shigella sp*, além dos vírus, protozoários e vermes. Podemos então citar: o vírus da hepatite, da poliomielite, das gastroenterites; as amebas (protozoários) *Entamoeba sp*, *Giardia sp* e os vermes *Ascaris sp* e *Schistosoma sp*, *Strongyloides sp*, *Enterobius sp*, *Enterobius sp* etc. Nestes casos, considera-se o sistema aquático, como contaminado.

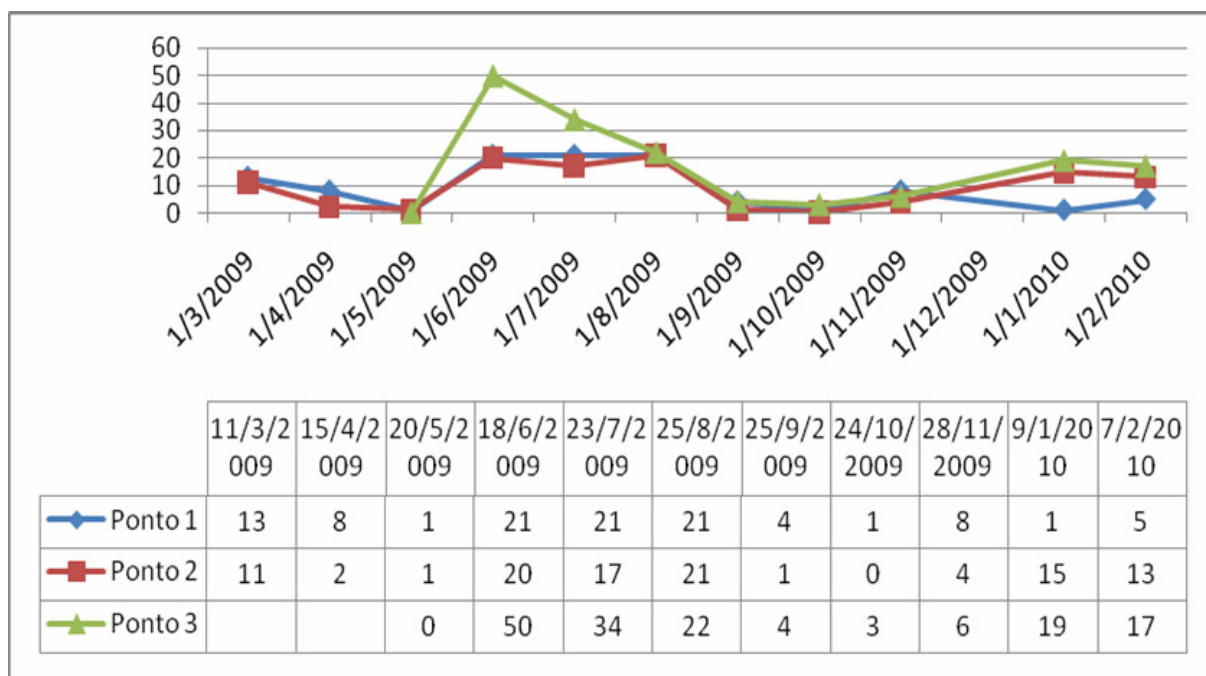


Figura 25: Quantidade de coliforme total (cel/mL) da água, nos diferentes pontos amostrados na Piscicultura A3, em Santa Fé do Sul de março de 2008 a fevereiro/2009.

Para os índices de coliforme total (figura 25), o valor máximo obtido foi de 50 (cel/mL) ocorrendo em junho de 2008 no Ponto de Coleta 3. Os valores mínimos de 0,0 (cel/mL) no ponto 3 no mês de maio e 0,0 (cel/mL) no ponto 2 no mês de outubro de 2008.

Coliformes termotolerantes para uso de recreação de contato primário devera ser obedecida a Resolução CONAMA nº. 274, de 2000. Para os demais usos, não devera ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos seis amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliforme termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

Os índices de coliformes totais obtidos enquadram-se dentro do padrão estabelecido pelo CONAMA (2005) para corpos d'água de classe 2, o qual estabelece que não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos seis amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

Tabela 3: Resultados dos ensaios obtidos no ponto de coleta 1 confrontados com os padrões da Resolução CONAMA n° 357/05 (águas doces classe 2).

Parâmetros	Padrões da Resolução CONAMA n°. 357/05, águas doces classe 2	Unidade	Rio Paraná
			Área Estudo (PONTO 1)
Ambiente			
1 - Físico			Min. - Max
Cor	75	mg Pt/L	3,0 - 41
Turbidez	100	UNT	1,12 - 8,32
Temperatura	-----	°C	23 - 30
2 – Químico			
pH	6,0 a 9,0		6,27 - 7,07
Nitrogênio Total	2,18	mg/L	0,0 - 1,4
Fósforo Total	< 0,100	mg/L	11,35 - 28,2 µg/L
DBO	5	mg/L O2	0,08 - 0,84
DQO	-----	mg/L	1 - 15
OD	≥ 5	mg/L O2	5,3 - 9,0
Sólidos Suspensos	-----	mg/l	0,67 - 7,4
Sólidos Totais	≤ 500	mg/L	13 - 88
3 – Biológicos			
Coliformes Fecais			0 - 0
Coliformes Totais	< 1000,0	UFC/100mL	1,0 - 21,0

Tabela 4: Resultados dos ensaios obtidos no ponto de coleta 2 confrontados com os Padrões da Resolução CONAMA nº 357/05 (águas doces classe 2).

Parâmetros	Padrões da Resolução CONAMA nº. 357/05, águas doces classe 2	Unidade	Rio Paraná
			Área Estudo (PONTO 2)
Ambiente			
1 - Físico			Min. - Max
Cor	75	mg Pt/L	8,0 - 34
Turbidez	100	UNT	0,77 - 8,11
Temperatura	-----	°C	23 - 30
2 – Químico			
pH	6,0 a 9,0		6,31 - 7,77
Nitrogênio Total	2,18	mg/L	0,0 - 3,6
Fósforo Total	< 0,100	mg/L	0,0007 - 0,02 µg/L
DBO	5	mg/L O2	0,16 - 0,51
DQO	-----	mg/L	2 - 18
OD	≥ 5	mg/L O2	6,35 - 9,90
Sólidos Suspensos	-----	mg/l	0,3 - 12,33
Sólidos Totais	≤ 500	mg/L	47 - 82
3 – Biológicos			
Coliformes Fecais			0 - 0
Coliformes Totais	< 1000,0	UFC/100mL	0,0 - 21,0

Tabela 5: Resultados dos ensaios obtidos no ponto de coleta 3 confrontados com os Padrões da Resolução CONAMA nº 357/05 (águas doces classe 2).

Parâmetros	Padrões da Resolução CONAMA nº. 357/05, águas doces classe 2	Unidade	Rio Paraná
			Área Estudo (PONTO 3)
Ambiente			
1 - Físico			Min. - Max
Cor	75	mg Pt/L	2,0 - 30
Turbidez	100	UNT	0,802 - 6,32
Temperatura	-----	°C	23 - 30
2 – Químico			
pH	6,0 a 9,0		6,43 - 7,62
Nitrogênio Total	2,18	mg/L	0,4 - 1,9
Fósforo Total	< 0,100	mg/L	4,84 - 18,0 µg/L
DBO	5	mg/L O2	0,12 - 0,21
DQO	-----	mg/L	1 - 15
OD	≥ 5	mg/L O2	7,23 - 11,0
Sólidos Suspensos	-----	mg/l	1,0 - 15,00
Sólidos Totais	≤ 500	mg/L	23 - 73
3 – Biológicos			
Coliformes Fecais			0 - 0
Coliformes Totais	< 1000,0	UFC/100mL	0,0 - 50,0

4.6 Enquadramento área de estudo segundo a Resolução CONAMA nº 357/05

Foi avaliada a conformidade dos resultados encontrados em relação aos padrões para água doce, classe 2, segundo a Resolução CONAMA no. 357/05, uma vez que para corpos d'água não enquadrados são adotados os limites estabelecidos para a classe 2.

Nas Tabelas 3, 4 e 5, são apresentados 13 parâmetros, sendo agrupados em três parâmetros físicos, oito parâmetros químicos, dois parâmetros biológicos. Estabeleceu-se esta classificação em grupos visando facilitar a discussão dos resultados.

Para os parâmetros físicos os índices cor e turbidez atenderam aos respectivos padrões da Resolução CONAMA nº 357/05.

Para os parâmetros químicos os índices pH, Fósforo Total, DBO, OD, Sólidos Totais atenderam aos respectivos padrões da Resolução CONAMA nº 357/05. Somente os índices de Nitrogênio Total ficaram acima dos padrões da resolução CONAMA nº 357/05. A observação que se faz é que as duas ocorrências dos índices Nitrogênio Total acima do padrão CONAMA nº 357/05 ocorreram no ponto de coleta nº 2, localizado a jusante da piscicultura.

No ponto monitorado o limite de referência para o parâmetro biológico coliforme termotolerantes atendeu aos respectivos padrões da Resolução CONAMA nº 357/05.

Para os demais parâmetros não referenciados pela dita resolução, águas doces, classe 2, foram feitas considerações específicas.

A seguir apresenta-se o relato e resultado de trabalho de pesquisa realizado no reservatório da Usina Hidrelétrica Nova Avanhandava, na Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê. O relato aqui apresentado tem finalidade semelhante à pesquisa realizada na bacia hidrográfica do Rio São José dos Dourados, apresentado no trabalho principal.

O trabalho foi realizado em quatro pisciculturas filiadas à Associação Nacional de Pisciculturas em Águas Públicas (ANPAP) e que produzem tilápias em tanques-rede no reservatório da Usina Hidrelétrica Nova Avanhandava, na Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê. As pisciculturas possuem de 120 a 400 tanques-rede de 18 m³ e adotam densidade de estocagem média de 70 kg de peixes/m³.

As amostras de água foram coletadas no período da manhã, a 1,0m de profundidade com auxílio da garrafa coletora. As variáveis da água medidas no local foram: temperatura, oxigênio dissolvido, transparência, condutividade elétrica e pH. Em laboratório foram analisados os teores de nitrogênio total, amônia, nitrito, nitrato, fósforo total, clorofila “a” e material em suspensão.

O ponto central das áreas das pisciculturas é o local que recebe diariamente um aporte considerável de matéria orgânica proveniente de restos de ração e excretas dos peixes. Durante a degradação desta matéria orgânica na água há um consumo do oxigênio dissolvido e a liberação de produtos que favorecem o processo de eutrofização. No entanto, nesse ponto, o intervalo dos valores médios de oxigênio dissolvido obtido no período de um ano (6,0 a 8,1 mg/L) ficou dentro do recomendado pelo CONAMA resolução nº357/2005 (acima de 5,0 mg/L) e as faixas dos teores médios de nitrogênio total (0,59 a 0,75 mg/L) e fósforo total (0,02 a 0,04 mg/L) ficaram abaixo do indicado pela resolução (2,18 mg/L e 0,05 mg/L, respectivamente).

A montante, os intervalos dos valores de oxigênio dissolvido (6,7 a 8,5 mg/L), nitrogênio total (0,58 a 0,69 mg/L) e fósforo total (0,01 a 0,04 mg/L) também ficaram dentro do recomendado pelo CONAMA. O mesmo foi observado no ponto a jusante das pisciculturas, onde os resultados obtidos foram de 7,4 a 8,4 mg/L de oxigênio dissolvido, 0,56 a 0,74 mg/L de nitrogênio total e de 0,01 a 0,04 mg/L de fósforo total.

Dessa forma, podemos ressaltar que, durante o período de acompanhamento, as pisciculturas não produziram carga poluidora que pudesse causar algum problema na qualidade da água do reservatório em relação a estas variáveis.

No entanto, o acompanhamento frequente da qualidade de água e do manejo alimentar, principalmente na época com menor renovação de água nas represas, são ações importantes para avaliar o comportamento do ambiente aquático frente à presença dos tanques-rede e, assim, evitar impactos negativos, conduzindo a atividade de forma ecologicamente correta. (Mallasen M.; Barros, H. P.; Yamashita E. Y., 2009)

Tabela 6: Comparativo entre resultados do trabalho e resultados do relato.

Parâmetros	Resultados Trabalho	Resultados relato
Ambiente		
1 - Físico	Min. – Max.	Min. – Max.
Cor	2,0 - 41 mg Pt/L	
Turbidez	0,77 - 8,32 UNT	
Temperatura	23 - 30 °C	
2 – Químico		
pH	6,27 - 7,77	
Nitrogênio Total	0,0 - 3,16 mg/L	0,59 a 0,75 mg/L
Fósforo Total	7,0 - 28,2 µg/L	0,02 a 0,04 mg/L
DBO	0,1 - 0,51 mg/L O ₂	
DQO	1 - 18 mg/L	
OD	5,38 - 11,0 mg/L O ₂	6,0 a 8,1 mg/L O ₂
Sólidos Suspensos	0,3 - 15 mg/L	
Sólidos Totais	13 - 79 mg/L	
3 – Biológicos		
Coliformes Fecais		
Coliformes Totais	0,0 - 50,0 UFC/100mL	

Observando os dados comparativos dos locais de estudo e os padrões da Resolução CONAMA n° 357/05, as diferenças de níveis entre os parâmetros não se torna significativa. A grande diferença entre os níveis está no parâmetro Nitrogênio Total apresentando nível máximo de 3,16 mg/L no resultado do trabalho. Ambas as áreas podem ser enquadradas nos Padrões da Resolução CONAMA n°. 357/05, águas doces classe 2.

CAPÍTULO 5

5 CONCLUSÕES

Os impactos causados pela produção em tanques-rede, nesse caso, não apresentaram tendências preocupantes, foram localizados e em curto prazo, pois o sistema possui capacidade de auto depuração.

Houve tendência de aumento nas taxas de sedimentação de fósforo total no ponto de coleta 1, onde se encontra instalada a piscicultura. Os aumentos significativos de nitrogênio total ocorreram no ponto de coleta 2, localizado a 200m da área de cultivo. Mesmo com o aumento, elas mantiveram-se relativamente baixas, apresentando como resultado mais elevado 28,2 µg/L para fósforo total.

Notaram-se mais padrões temporais (mudança nas variáveis ao longo do estudo) do que espaciais (entre os pontos). Esses padrões aparentemente estão mais relacionados com a sazonalidade do que a potencialidade de impactos da atividade.

Para os índices de IQA observados nos três pontos de estudo a água teve classificação entre aceitável e boa, o que indica que a atividade não provocou alterações durante o período de estudo.

Os efeitos dessa atividade em longo prazo e/ou aumento na produção são difíceis de serem previstos, recomenda-se a continuidade do monitoramento da qualidade da água e a implantação de estudos de taxas de sedimentação e ensaios de manejo de arraçoamento, de forma a otimizar a atividade de piscicultura e minimizar os impactos que esta possa gerar.

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.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

AMORIM, D. A. **Levantamento de áreas degradadas da bacia do Alto do Rio Jacareí-Guaçu: propostas para recuperação.** 1997, 121 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo ESC/CRHEA, Universidade de São Paulo.

ARANA, L. V. **Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões.** 2 ed. rev. e ampl., Florianópolis: Ed. da UFSC, 2004. 231p.

BECKER, K.; FISHELSON, L. Standard and routine metabolic rate, critical oxygen tension and spontaneous scope for activity of tilápias. 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.

BERG,H., MICHELSEN, P., TROELL, M., FOLKE, C. & KAUTSKY,N. Managing aquaculture for sustainability in tropical Lake kariba, Zimbabwe. **Ecological Economics**, Amsterdam, v.18, p.141-159, 1996.

BEVERIDGE, M.C.M. **Cage aquaculture.** 2.ed. Oxford: Fishing News Book, 1996. 346p.

BORGHETTI, J. R.; OSTRENSKY, A. **Pesca e aquicultura de água doce no Brasil**. In: REBOUÇAS, A.C.; BORGHETTI, N.R.B.; OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R. **Aquicultura: uma visão geral sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no mundo**. Curitiba: Grupo Integrado de aquicultura e estudos ambientais (GIA), 2003. 128p.

BRAGA, B. & TUNDISI, J. G. (Org. e Coord.) **Águas doces do Brasil**. São Paulo: Escrituras Editora, 1999.

BOYD, C.E.; QUEIROZ, J. Feasibility of retention structure, settling basins and Best management practices in effluent regulation for Alabama channel catfish farming. **Reviews in Fisheries Science**, Boca Raton, v.9, n.2, p.43-67, 2001.

BOYD, C.E. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. **Aquaculture**, v.226. 2003. P. 101-112

BOYD, C.E.; SCHIMITTOU, H.R.. Achievement of sustainable aquaculture through environmental management. **Aquaculture Economics & Management**, v.3, n.1. 1999. p59-69

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Pond aquaculture water quality management**. Boston: Kluwer Academic, 1998. 700p.

CALIJURI, M.C. OLIVEIRA, Manejo da Qualidade da Água: Uma Abordagem Metodológica. In: CASTRO et. al. **Desenvolvimento sustentado: Problemas e Estratégias**. São Carlos: EESC-USP, 2000. p. 39-58

CALIJURI, M.C., ALVES, M.S.A & SANTOS, A.C.A. **Cianobacterias e cianotoxinas em águas continentais**. Rima, São Carlos. 2006. P. 118

CARMOUZE, J.P. 1994 *O metabolismo dos ecossistemas aquáticos*. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher /Fapesp. 253p.

CARVALHO, S.L., Departamento de Biologia e Zootecnia da UNESP - Ilha Solteira
EUTROFIZAÇÃO ARTIFICIAL: Um Problema em Rios, Lagos e Represas. Disponível em:
<http://www.agr.feis.unesp.br/ctl28082004.php>. Acesso em 20/06/2009

CAVALCANTI, C. **Política de governo para o desenvolvimento sustentável** : uma introdução ao tema e a esta obra coletiva. Sao Paulo : Cortez, 1997.

CAVERO, B.A.S.; PEREIRA-FILHO, M.; BORDINHON, A.M.; FONSECA, F.A.L.;
ITUASSU, D.R.; ROUBACH, R.; ONO, E.A. Tolerancia de juvenis de pirarucu ao
aumento da concentracao de amonia em ambiente confinado. **Pesquisa Agropecuária
Brasileira**, Brasilia, v.39, n.5, p.513-516. Disponivel em: [ttp://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2004000500015&Ing=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2004000500015&Ing=pt&nrm=iso). Acesso em: 15
set. 2004.

COCHAVA, M.; DIAB, S.; AVNIMELECH, Y. MIREN, D.; AMIT, Y. Intensive growth of
fish with minimal water exchange. **Fish. Fishbreeding Israel**, 34(4). 1990. p. 174-181.

Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio são José dos Dourados. Disponível em:
<http://www.comitesjd.sp.gov.br/apresentacao.htm> Acesso em 16/07/2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **CONAMA 003** : 16 de Março de 1988.

CORDEIRO N., O e BARRAQUÉ, B. **Evaluation des politiques publiques de l'environnement : aspects méthodologiques**. Etude pour le Groupe de Prospective du Ministère de l'Environnement. Cergrene et Lattis, Noisy-le-Grand, França, 1997

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.

CORSE, W.H. **Manual global de ecologia**: O que você pode fazer a respeito da crise do meio Ambiente. Cap. 9, 1992

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>

CRIPPS, S.J., BERGHEIM, A. Solids management and removal for intensive landbased aquaculture systems. **Aquacultural Engineering**, Essex, England, GB, v.22, n. 1-2. 2000. p.33-56

ELER, MARCIA – GAETA ESPINDOLA, EVALDO LUIZ. **Avaliação dos impactos de pesque pague**: Uma análise da atividade na bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu. São Carlos, S.P. Ed. Rima. 2006. P. 312

ESPEJO G. C. In: **SEMINARIO NACIONAL DE INGENIERIA EN PRODUCCION ACUICOLA**, 3, 2006, San Juan de Pasto, Colômbia, 2006

ESTEVEZ, F.A. **Fundamentos de limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.602p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. The State of World Fisheries and Aquaculture Department-FAO, 2006. 162p

FAO – Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação
<www.incra.gov.br/fao/> acesso em 12/07/2005.

FERRER, J. T. V. et al. **Casos de gestão ambiental**. São Paulo: Cetesb: SMA, Campinas: UNICAMP, 1998. 160p.

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

GRAF, W. H. The hydraulics of reservoir sedimentation. **International Water Power & Dam Construction**. v.2, p.45-52, 1983

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.

GURGEL, J. J. S. **Apostilas de limnologia**. Fortaleza: UFC/CCA/DEP, 2003. (Apostila).

IFPRI e IWMI. In: Lista Fonte d'água. Florida Center for Environmental Studies. Relatório "Global Water Outlook to 2025: Averting an Impending Crises". Publicação no Dia Mundial do Alimento. Washington D.C., 16 Out. 2002. Disponível na Internet: <<http://archives.ces.fau.edu/fontedagua.html>>. Citado: 22 Nov. 2002.

KIMMEL, B. L.; PAYNE, F. E. (Eds). **Reservoir limnology: ecological perspectives**. New York. John Wiley & Sons, Inc., 1990.

KLAVER, A.L. & MATHEWS, R.A. Effects of oxytetracycline on nitrification in a model aquatic system. **Aquaculture**, Amsterdam, v.123, p.237-247, 1994.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial** / Fernando Kubitza. Jundiaí: F.Kubitza, 2000. 285p Il

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes – Parte II. Revista Panorama da **Aquicultura**. Rio de Janeiro, vol. 8, n.º 46, p. 35-41, março/abril 1998.

KUBITZA, F. 1999 *Qualidade da água na produção de peixes*. 3. ed. Jundiaí: Degaspari. 97p.

Kubitza, F. 2000. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí: F. Kubitza, 2000. 285p.

LEAL, M.S. **Gestão ambiental de recursos hídricos por bacias hidrográficas** : Sugestões para o modelo Brasileiro. UFRJ. Curso de Pós Graduação em Engenharia. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro, 1997

LEITÃO, A.G. (1998) – “**Turismo nas Áreas Protegidas**”. Primeiro Congresso de Áreas Protegidas – SNPRCN, pp. 717-720.

LEVINGS, C.D. Some ecological for net-pen culture of salmon on the coasts of the Northeast Pacific and Atlantic Oceans, with special reference to British Columbia. **Journal Applied Aquaculture**, New York, v.4, n.1, p.65-141, 1994.

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, CEPTA, 2000.

Mallasen M.; Barros, H. P.; Yamashita E. Y.; PRODUCAO DE PEIXES EM TANQUES-REDE E A QUALIDADE DE ÁGUA Disponível em: < www.apta.sp.gov.br > Acesso em: 15/JUL./2009.

MOURA, L.A A. **Qualidade e gestão ambiental** : sugestões para a implantação das normas ISO 14000 nas empresas, 2 ed, São Paulo : Ed. Juarez de Oliveira, 2000

ODUM, E.P. **Ecology**: our endangered life-support systems. Massachusetts: Sinauer Associates. 1993

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 36-42, 1999.

PAULI, G. **Upsizing** : Como gerar mais renda e criar mais postos de trabalho e eliminar a poluição, 3.ed. Florianópolis: Fundação Zeri Brasil, 1999

PIEDRAHITA, R.H. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. **Aquaculture** v.226, p. 35-44, 2003.

PIELOU, E.C. **Freshwater**. Chicago: The University of Chicago Press, 1988. 275 p.

QUEIROZ, J. F. A Relação do Uso de Rações com o Ambiente. **Alimentação Animal**. Sao Paulo, v.3, n.10, p. 108-111, 1998..

PILLARY, T.V.R. **Aquaculture fishing news books**. Oxford: Blackwell Science, 1992. 189p.

PROENÇA, C. E. M. de., BITTENCOURT, P. R. L. **Manual de piscicultura tropical**. Brasília: IBAMA 1994. 196p.

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. **International symposium on tilapia in aquaculture**. Tel Aviv: Tel Aviv University, 1983. p.134-143.

SANT'ANNA, C.L.; AZEVEDO, M.T.P.; AGUJARO, L.F.; CARVALHO, M.C.; CARVALHO, L.R.; SOUZA, R.C.R. **Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras**. Rio de Janeiro: Interciencia, 2006. 58p

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

SEAP- PRESIDÊNCIA da REPÚBLICA, Brasília, 2005 <www.presidencia.gov.br/seap/>acesso em 15/06/2008

SETTI, A A. **A necessidade do uso sustentável dos Recursos Hídricos**. Brasília : IBAMA, 1996

SILVER, W. Assessing environmental impact of finfish aquaculture in marine Waters. **Aquaculture**, Amsterdam, v.107, p.67-79, 1992.

THORTON, W. K. Perspectives on Reservoir Limnology. In: THORTON, W. K.,

TIBOR, T., FELDMAN, I. **ISO 14000** - Um Guia para as Novas Normas de Gestão Ambiental. São Paulo : Editora Futura, 1996. P. 23-27

TRUSSEL, R.P. 1972 The percent un-ionized ammonia in aqueous ammonia solutions at different pH level and temperatures. *J. Fish. Res. Board Can.*, 29:10

TUNDISI, J.G. **Água no Século XXI**: enfrentando a escassez. 2.ed. Sao Paulo; RIMA, 2003. 248 p.

VALENTI, W.C. Aquaculture for sustainable development. In: VALENTI, W. C.; POLI, C. R.; PEREIRA, J.A.; BORGHETTI, J.R. (Ed.) Aquicultura no Brasil, **bases para um desenvolvimento sustentável**. Brasilia: CNPQ/Ministerio da Ciencia e Tecnologia, 2000. p.17-24.

YIYONG, Z.; JIANQIU, L.; YONGQING, F.; MIN, Z. Kinetics of alkaline phosphatase in lake sediment associated with cage culture of *Oreochromis niloticus*. **Aqualculture**, Amsterdam, v.203, p.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. In: SEMINARIO NA EPAMIG – EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUARIA DE MINAS GERAIS, 2005, Belo Horizonte. Belo Horizonte: EPAMING, 2005. Disponível em: <http://www.epamig.br/seminario/Dr.%20Evoy%20Zaniboni%20Filho.pdf>

ZANIBONI-FILHO, E. 1997 O desenvolvimento da piscicultura brasileira sem a deterioração da qualidade da água. Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v.57, n.1, p.3-9, 1997.

ANEXO 1

ANEXO 1

RESOLUÇÃO N.º 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005:

CAPITULO III DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE QUALIDADE DAS AGUAS, Seção I Das Disposições Gerais.

Art. 7º Os padrões de qualidade das águas determinados nesta Resolução estabelecem limites individuais para cada substancia em cada classe.

§ 2o Os valores máximos admissíveis dos parâmetros relativos às formas químicas de nitrogênio e fósforo, nas condições de vazão de referencia, poderão ser alterados em decorrência de condições naturais, ou quando estudos ambientais específicos, que considerem também a poluição difusa, comprovem que esses novos limites não acarretarão prejuízos para os usos previstos no enquadramento do corpo de água.

§ 3o Para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor de nitrogênio total (apos oxidação) não devera ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos e 2,18 mg/L para ambientes lóticos, na vazão de referencia.

Para os parâmetros referenciados pela Resolução CONAMA no. 357/05, águas doces, classe 2, comparados com os resultados obtidos durante o trabalho na bacia Hidrográfica do Rio São Jose dos Dourados, a água do ambiente estudado se enquadra na classe 2.