

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Murilo Henrique de Andrade

**IMPACTOS DA PRODUÇÃO DO ARROZ
INUNDADO SOB A QUALIDADE DA ÁGUA DO
RIO PARAIBA DO SUL - TRECHO TAUBATÉ**

TAUBATÉ - SP
2010

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Murilo Henrique de Andrade

**IMPACTOS DA PRODUÇÃO DO ARROZ
INUNDADO SOB A QUALIDADE DA ÁGUA DO
RIO PARAIBA DO SUL - TRECHO TAUBATÉ**

Dissertação apresentada para
obtenção do Título de Mestre pelo
curso do Programa de Pós-Graduação
em Ciências Ambientais da
Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Ciências
Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Claudinei
Fonseca Souza

TAUBATÉ - SP
2010

**Ficha catalográfica elaborada pelo
SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

A553i Andrade, Murilo Henrique de
Impactos da produção do arroz inundado sob a qualidade da água do
Rio Paraíba do Sul – trecho Taubaté / Murilo Henrique de Andrade. -
2010.
88 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Taubaté, Programa de Pós-
graduação em Ciências Ambientais, 2010.

Orientação: Prof. Dr. Claudinei Fonseca Souza, Departamento de
Ciências Agrárias (UFSCar).

1. Controle de poluição. 2. Inundação. 3. Recursos hídricos.
I. Título.

MURILO HENRIQUE DE ANDRADE

**IMPACTOS DA PRODUÇÃO DO ARROZ INUNDADO SOB A QUALIDADE
DA ÁGUA DO RIO PARAÍBA DO SUL – TRECHO TAUBATÉ**

Dissertação apresentada para obtenção do
Título de Mestre pelo curso do Programa de
Pós-Graduação em Ciências Ambientais da
Universidade de Taubaté.
Área de Concentração: Ciências Ambientais

Data: 10 de fevereiro de 2010.

Resultado: Aprovado

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo dos Santos Targa

Universidade: UNITAU

Prof. Dr. Claudinei Fonseca Souza

Universidade: UFSCar

Prof^ª Dra. Regina Célia de Matos Pires

Universidade: IAC

A mim mesmo.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais pelo amor, educação e caráter sempre demonstrados, que serviram de base para grande parte da personalidade que tenho hoje e, principalmente, pelo homem que sou.

A minha namorada pelo incentivo, companheirismo e compreensão da minha ausência no período de desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus colegas, pela torcida e pelo apoio.

A Engenheira Carolina Valério, que muito contribuiu compartilhando suas experiências e análises práticas.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Claudinei Fonseca Souza, pelo conhecimento passado, paciência, orientação e apoio na realização deste trabalho.

Aos professores pelo conhecimento compartilhado.

A Universidade de Taubaté, pela oportunidade de estudos e utilização de suas instalações.

IMPACTOS DA PRODUÇÃO DO ARROZ INUNDADO SOB A QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PARAÍBA DO SUL – TRECHO TAUBATÉ

Resumo: O grande crescimento urbano, industrial e agrícola das cidades em toda a região de Taubaté, influi na qualidade da água do rio Paraíba do Sul. Considerando sua importância na qualidade de vida da população, no desenvolvimento econômico e na sustentabilidade ambiental, se faz necessário manter controle mais rígido da qualidade da água do rio. Neste estudo, foram analisados atributos físico-químicos da água utilizada pela cultura do arroz e da água do rio Paraíba do Sul na região. As análises foram feitas durante o cultivo do arroz. Os resultados mostraram que a prática do cultivo do arroz favoreceu o aumento do nível de poluição do rio Paraíba do Sul. O cultivo de arroz carregou fertilizante e matéria orgânica para dentro do rio evidenciando a necessidade da adequação da adubação para produção sob inundação.

Palavras-chave: inundação, controle de poluição, recursos hídricos.

IMPACTS OF WETLAND RICE PRODUCTION UNDER THE WATER QUALITY OF THE PARAÍBA DO SUL RIVER – TAUBATÉ REGION

Abstract: The great urban, industrial and agricultural growth of the cities across Taubaté region influences water quality of Paraíba do Sul river. It is necessary to keep more rigid river water quality control, considering its importance in healthy quality life of the population, economic development and environmental sustainability. In this study, we analyzed physical and chemical attributes of rice cultivation water and Paraíba do Sul river water from Taubaté region. The analysis was made during the rice cultivation. The results showed that the practice of rice cultivation favored the increase pollution level of Paraíba do Sul river. The rice cultivation adduced fertilizer and organic matter into the river showing that the fertilization needs to be adjusted to production under flooding.

Keywords: Flooding, pollution control, water resources.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Intensidade de chuva mensais e anuais na UGRHI (CETESB, 2008).	19
Figura 2. Concentrações médias do oxigênio dissolvido em 2008 e no período 2003 a 2007, ao longo do rio Paraíba do Sul (CETESB, 2008).	20
Figura 3. Concentrações médias de coliformes termotolerantes em 2008 e no período 2003 a 2007, ao longo do rio Paraíba do Sul (CETESB, 2008).	21
Figura 4. Concentrações médias de fósforo total em 2008 e no período 2003 a 2007, ao longo do rio Paraíba do Sul (CETESB, 2008).	21
Figura 5. Gráfico – percentual de ocorrência das variáveis que influenciaram o IVA (CETESB, 2008).	24
Figura 6. Imagem de Satélite dos Pontos 1 (entrada de água na cultura) e 2 (saída de água da cultura para despejo no rio Paraíba).	46
Figura 7. Imagem de Satélite da região em estudo e dos pontos de amostragem para a análise da qualidade da água.	49
Figura 8. Ponto 1 para amostragem da qualidade da água.	50
Figura 9. Ponto 2 para amostragem da qualidade da água.	50
Figura 10. Ponto 3 para amostragem da qualidade da água.	51
Figura 11. Ponto 4 para amostragem da qualidade da água.	51
Figura 12. Ponto 5 para amostragem da qualidade da água.	52
Figura 13. Ponto 6 para amostragem da qualidade da água.	52
Figura 14. Evolução da CE da água ao longo do período de monitoramento do rio Paraíba do Sul.	56
Figura 15. Evolução da CE da água ao longo do período de monitoramento para os pontos de entrada e saída da área de cultivo do arroz.	57
Figura 16. Evolução do OD na água ao longo do período de monitoramento do rio Paraíba do Sul.	58
Figura 17. Evolução do OD na água ao longo do período de monitoramento para os pontos de entrada e saída da área de cultivo do arroz.	59
Figura 18. Evolução da DBO ao longo do período de monitoramento do rio Paraíba do Sul.	61
Figura 19. Evolução da DBO ao longo do período de monitoramento para os pontos de entrada e saída da área de cultivo do arroz.	62
Figura 20. Evolução dos teores de fósforo total ao longo do período de monitoramento do rio Paraíba do Sul.	63
Figura 21. Evolução dos teores de fósforo total ao longo do período de monitoramento para os pontos de entrada e saída da área de cultivo do arroz.	64
Figura 22. Evolução dos teores de nitrogênio total ao longo do período de monitoramento do rio Paraíba do Sul.	65
Figura 23. Evolução dos teores de nitrogênio total ao longo do período de monitoramento para os pontos de entrada e saída da área de cultivo do arroz.	66
Figura 24. Evolução do pH ao longo do período de monitoramento.	

do rio Paraíba do Sul.....	67
Figura 25. Evolução do pH ao longo do período de monitoramento para os pontos de entrada e saída da área de cultivo do arroz.....	68
Figura 26. Evolução da turbidez ao longo do período de monitoramento do rio Paraíba do Sul.....	69
Figura 27. Evolução da turbidez ao longo do período de monitoramento para os pontos de entrada e saída da área de cultivo do arroz.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais formas de agricultura alternativa.....	7
Tabela 2. Produção de arroz de sequeiro e várzea na região de estudo no últimos 3 anos.....	13
Tabela 3. Produção de arroz irrigado na região de estudo nos últimos 3 anos.....	14
Tabela 4. Características da UGRHI PARAÍBA DO SUL.....	17
Tabela 5. Descrição dos pontos de amostragem.....	18
Tabela 6. Recursos hídricos – aspectos quali-quantitativos da bacia do rio Uma (UNITAU, 2006).....	29
Tabela 7. Pontos de captação e lançamentos particulares localizados na bacia Do rio Una (UNITAU, 2006).....	30
Tabela 7 Continuação. Pontos de captação e lançamentos particulares localizados na bacia do rio Una (UNITAU, 2006).....	31
Tabela 8. Análise prévia de macro e micronutrientes do solo.....	47
Tabela 9. Relação das datas e quantidades de adubo utilizados na cultura.....	48
Tabela 10. Fases do cultivo do arroz e aplicação de nutrientes (ano de 2008 e 2009).....	55
Tabela 11. Condutividade Elétrica (dS.m^{-1}).....	78
Tabela 12. Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L).....	79
Tabela 13. Fósforo Total (mg/L).....	80
Tabela 14. Nitrogênio Total (mg/L).....	81
Tabela 15. Oxigênio Dissolvido (mg/L).....	82
Tabela 16. pH.....	83
Tabela 17. Turbidez (UNT).....	84

SUMÁRIO

1. Introdução.	1
1.1. Objetivo.	3
2. Revisão de literatura.	4
2.1. Agricultura e meio ambiente.	4
2.1.1. Agricultura Sustentável.	5
2.2. Orizicultura no mundo.	8
2.2.1. Orizicultura no Brasil.	10
2.2.2. Orizicultura no Vale do Paraíba.	13
2.3. Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul.	14
2.3.1. Relatório de qualidade das águas Interiores no estado de São Paulo - UGRHI PARAÍBA DO SUL (CETESB, 2008).	16
2.3.1.1. Disponibilidade hídrica.	19
2.3.1.2. Qualidade das águas (CETESB, 2008).	19
2.3.1.3. Abastecimento público.	22
2.3.1.4. Proteção da vida aquática.	23
2.3.1.5. Conclusões e recomendações.	24
2.4. Bacia hidrográfica do rio Una – Projeto Banco de Dados Ambientais da Bacia do Rio Uma. Departamento de Ciências Agrárias, UNITAU 2006.	25
2.4.1. Aspectos do meio físico e ambientais.	26
2.4.2. Estrutura urbana e uso e ocupação do solo.	26
2.4.3. Unidades de conservação ambiental.	28
2.4.4. Recursos hídricos.	28
2.4.5. Esgotos e lançamentos.	31
2.5. Legislação.	32
2.5.1. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 (art. 15).	32
2.6. Água: Aspectos gerais.	34
2.6.1. Qualidade da água.	35
2.6.2. Monitoramento da água.	36
2.6.3. Variáveis de qualidade das águas.	37
3. Material e métodos.	46
4. Resultados e discussão.	55
5. Conclusões.	71
6. Referências bibliográficas.	72
7. Anexos.	78
7.1. Tabelas de resultados.	78
7.2. Art. 14. As águas doces de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:	84

1. Introdução.

A água é o componente mais abundante encontrado na natureza cobrindo aproximadamente $\frac{3}{4}$ da superfície da terra. Porém, alguns fatores limitam a quantidade de água disponível para o consumo humano tais como, falta de planejamento dos espaços urbanos, industriais e agrícolas, o uso inadequado da água e a poluição.

O início do crescimento industrial no Vale do Paraíba foi de grande importância para o crescimento regional, assim como também foi responsável por grandes impactos no Rio Paraíba do Sul. O crescimento, além de ocorrer rapidamente, localizou-se principalmente ao longo do eixo do rio, o que facilitou a utilização inadequada e abundante da água e o despejo de esgotos e efluentes. De acordo com a CETESB (2009), a poluição das águas é gerada por três fatores:

- efluentes domésticos (poluentes orgânicos biodegradáveis, nutrientes e bactérias);
- efluentes industriais (poluentes orgânicos e inorgânicos, dependendo da atividade industrial);
- carga difusa agrícola e urbana (poluentes advindos da drenagem destas áreas: fertilizantes, defensivos agrícolas, fezes de animais e material em suspensão).

Segundo dados do IBGE (2000), dentre os 948 distritos do estado de São Paulo apenas 561 possuem tratamento de esgoto sanitário e 466 deles se utilizam de rios como corpo receptor. Além disso, os demais 345 distritos

dos 387 que não possuem tratamento de esgoto sanitário também se utilizam de rios como corpo receptor.

Como consequência desses fatos, a qualidade da água do Rio Paraíba do Sul pode estar inadequada para utilização, não se limitando ao setor de abastecimento urbano e industrial, mas também no setor de irrigação e pecuária.

O setor de irrigação atua em conjunto com a agricultura, onde o uso descontrolado de fertilizantes e agrotóxicos colaboram para a poluição não somente dos solos como também de lençóis freáticos.

Especificamente na região de Taubaté, dentre os usos e ocupação do solo que são potenciais causadores de impacto ao rio Paraíba, está a orizicultura. A lavoura arrozeira irrigada é citada como grande consumidora de água, e de acordo com BELTRAME & LOUZADA (1991) o volume aplicado chega a ultrapassar $15.000\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ por ano agrícola.

De acordo com LICHTENBERG & SHAPIRO, 1997; WEBER et al., 2003, MACHADO et al., 2006, o volume de água usualmente drenado de uma área cultivada com arroz irrigado por inundação, considerando-se uma lâmina média de 10 cm de altura, atinge aproximadamente $1000 \text{ m}^3/\text{ha}$. Esta drenagem é prejudicial tanto para a rentabilidade do setor orizícola, quanto ao ambiente, pois, além da perda de água, pode-se contaminar os mananciais com nutrientes minerais e defensivos agrícolas. Tendo em vista a importância do rio Paraíba do Sul não só para região de estudo, mas para os três estados que compreende a bacia hidrográfica (São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro), faz-se necessário a manutenção da qualidade, pois

de acordo com LALONDE et al., (1996) os nutrientes, principalmente nitrogênio (N) e fósforo (P), presentes na água de drenagem provenientes de lavouras de arroz irrigado favorece a eutrofização dos mananciais e conseqüentemente o desenvolvimento de algas.

De acordo com o exposto, é de extrema importância realizar análises para a verificação de atributos físico-químicos da água do Rio Paraíba do Sul em pontos estratégicos da área de influência da orizicultura, avaliando-se os impactos da produção do arroz inundado sob a qualidade da água.

Através destas análises, além de se conhecer os efeitos do despejo na qualidade da água e o que esta causando poluição, pode-se utilizar estas informações como um indicador da qualidade de vida da população.

1.1. Objetivo.

O objetivo deste trabalho é avaliar alguns atributos físico-químicos da água do Rio Paraíba do Sul em pontos estratégicos da área de influência da orizicultura, em especial na cidade de Taubaté, e os impactos da produção do arroz inundado sob a qualidade da água.

2. Revisão de literatura.

2.1. Agricultura e meio ambiente.

De acordo com EHLERS, (1999) a Primeira Revolução Agrícola se deu nos séculos XVIII e XIX, sendo chamada de agricultura moderna, baseada na introdução de plantas forrageiras e leguminosas para melhoramento do solo e a rotação da pecuária e da agricultura, resultando em um grande salto na produção encerrando um longo período de escassez crônica de alimentos.

A descoberta de produtos químicos para fertilização do solo, a utilização de motores de combustão interna e o fim da rotação de culturas, destacaram a que seria chamada de Segunda Revolução Agrícola, que ocorreu no final do século XIX e início do século XX (EHLERS, 1999).

No fim dos anos 60 e início dos 70 surge a “Revolução Verde” proporcionando aumentos de produtividade na agricultura (AVERY, 1995). Os incrementos conseguidos baseavam-se, principalmente, na adoção de novas variedades altamente produtivas, fertilizantes químicos, pesticidas e na intensa mecanização da lavoura (ALTIERI, 1997; CORDEIRO, 1996; ESCOSTEGUY, 1997). Esse padrão foi responsável pelo grande crescimento da produção de alimentos na década de 80; mas também despertou preocupação em virtude dos seus efeitos socioeconômicos e ambientais (EHLERS, 1999).

De acordo com PRIMEL (2005), desde o início de seu desenvolvimento, a produção agrícola esta diretamente relacionada com a

aplicação de defensivos agrícolas para controlar as pragas e doenças e as plantas infestantes respectivamente. A aplicação de defensivos gera, comumente, grandes problemas: os defensivos muitas vezes são tóxicos, podendo ser cancerígenos, mutagênicos, teratogênicos, e mimetizadores de hormônios; são aplicados em grande quantidade, em áreas bastante extensas e, geralmente, possuem grande persistência no meio ambiente, além de gerar sérios problemas de qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

2.1.1. Agricultura Sustentável.

A busca por uma vida saudável pressupõe, entre outras condições, o consumo de produtos de boa qualidade. Essa constatação aliada a consciência ecológica, a crescente discussão sobre sistemas de produção de alimentos convencionais (em decorrência de vários problemas ocorridos recentemente, como a doença da vaca louca, a contaminação de alimentos, o ressurgimento da febre aftosa e a expansão da gripe aviária) e as muitas dúvidas que ainda cercam os produtos transgênicos, tem levado à expansão do consumo de alimentos produzidos sem o emprego de agrotóxicos (HESPANHOL, 2008).

De acordo com LEMOS (1998), existe um fato preocupante, com relação a agricultura e o meio ambiente: “Precisa-se responder às demandas crescentes por alimentos no mundo, tendo em vista o acréscimo anual de 88 milhões de pessoas à população mundial (SANINT, 1997). Entretanto, isto deve ser feito utilizando-se de técnicas que tenham baixo impacto ambiental.

As novas tecnologias devem alcançar maior eficiência no manejo, para ter-se produção intensiva, mas com baixo impacto ambiental, e que seja rentável e assegure a competitividade nos mercados internacionais (SANINT, 1997).”

Também de acordo com LEMOS (1998), Com o passar dos anos, entretanto, percebeu-se que a atividade primária (agricultura e pecuária) era tão poluidora quanto a atividade industrial, principalmente se os seus métodos produtivos tivessem por base o modelo “Revolução Verde”.

Problemas de degradação ambiental, tais como, erosão; contaminação por inseticidas; salinização; desertificação; uso indiscriminado de agrotóxicos; comprometimento do solo, dos recursos hídricos e da atmosfera; redução da biodiversidade (AMBROS e KLERING, 1995; CARRIERI e MONTEIRO, 1996; LIVERNASH, 1992), além do uso excessivo dos recursos naturais (ALTIERI, 1997) foram disseminados pelos continentes.

Conforme CORDEIRO (1996), a Revolução Verde, no Brasil, propiciou uma agricultura de elevado “input” que contribuiu de forma significativa para diminuir a biodiversidade, além de causar impactos negativos em fatores sociais e econômicos. No final da década de 80 e início de 90, cresceu entre cientistas, economistas e produtores primários, a consciência de que as atuais práticas agrícolas não são sustentáveis (LIVERNASH, 1992). Isto fez surgir entre os mesmos o “interesse por buscar caminhos mais sustentáveis para a produção de alimentos” (ALTIERI, 1997). Estes novos caminhos levam à formas de agricultura alternativa (Tabela 1),

posteriormente “agricultura sustentável” que, em síntese, significa produzir alimentos em quantidades suficientes, mas sem exaurir a terra (TIME, 1997).

Tabela 1. Principais Formas de Agricultura Alternativa (protagonistas e princípios básicos):

Tipo	Principais protagonistas e seguidores	Princípios básicos e alcance
Agricultura Orgânica	Albert Howard: desenvolve pesquisas na Índia (anos vinte); publica <i>An agricultural testament</i> na Inglaterra (1940). Técnicas aprimoradas por L.E. Balfour (Método Howard-Balfour). Introduzida nos EUA por J.I. Rodale (anos trinta). Outros: N. Lampkin (1990).	Princípios: uso de composto, plantas de raízes profundas, atuação de micorrizas na saúde dos cultivos. Difundida em vários continentes. O IFOAM – International Federation of Organic Agriculture Movements - atua na harmonização de normas técnicas, certificação de produtos e intercâmbio de informações e experiências.
Agricultura Biodinâmica	Rudolf Steiner desenvolve uma série de conferências para agricultores na Alemanha (anos vinte) e estabelece os fundamentos básicos da <i>biodinâmica</i> . Pesquisas práticas realizadas nos EUA, Alemanha e Suíça (p.e. Pfeiffer, 1938; Koepf, Shaumann & Petterson, 1974).	Princípios: Antroposofia (ciência espiritual), preparados biodinâmicos, calendário astrológico; possui marcas registradas (Demeter y Biodyn). Muito difundida na Europa. Presente no Brasil: Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento Rural, Estância Demétria e Instituto Verde Vida.
Agricultura Natural	Mokiti Okada: funda a Igreja Messiânica e estabelece as bases da agricultura natural; M. Fukuoka: método semelhante, porém afastado do caráter religioso (Japão-anos trinta). As idéias de Fukuoka se difundiram na Austrália como <i>Permacultura</i> através de B. Mollison (1978).	Princípios: composto com vegetais (inoculados com ‘microorganismos eficientes’), valores religiosos e filosófico-éticos. Movimento organizado pela MOA-International e WSAA (EUA). Shiro Miyasaka dirige a atuação da MOA no Brasil.
Agricultura Biológica	Inicia com o método de Lemaire-Boucher (França - anos sessenta). Grupo dissidente funda a ‘Nature et Progrès’. Grande influência do investigador francês Claude Aubert, que critica o modelo convencional e apresenta os fundamentos básicos de <i>L’agriculture biologique</i> (1974).	Princípios: a saúde dos cultivos e alimentos depende da saúde dos solos; ênfase no manejo de solos e na rotação de cultivos. Influenciada pelas idéias de A. Voisin e pela <i>Teoria da Trofobiose</i> (Chaboussou, 1980). Difundida na França, Suíça, Bélgica e Itália.
Agricultura Ecológica	Surge nos EUA (anos setenta), estimulada pelo movimento ecológico e influenciada por trabalhos de Rachel Carson, W.A. Albrecht, S.B. Hill, E.F. Schumacher. Na Alemanha recebeu importante contribuição teórico-filosófica e prática do professor H. Vogtmann (Universidade de Kassel): <i>Ökologisches Landbau</i> (1992).	Princípios: conceito de agroecossistema, métodos ecológicos de análise de sistemas; tecnologias suaves, fontes alternativas de energia. Está difundida em vários países. Sua introdução no Brasil está ligada a J.A. Lutzenberger, L.C. Pinheiro Machado, A.M. Primavesi, A.D. Paschoal e S. Pinheiro, entre outros.

Fonte: Elaborado por CAPORAL (1998, p. 47).

Nesse contexto, se abriram novas perspectivas em termos de expansão das formas alternativas de agricultura que, a partir dos anos 1980, com o fortalecimento da noção de desenvolvimento sustentável, passaram a ser agrupadas sob a denominação de agricultura sustentável (EHLERS, 1999).

Vale considerar, entretanto, que embora inicialmente os grupos defensores e praticantes da agricultura alternativa estivessem mais centrados na preservação dos recursos naturais e na qualidade dos alimentos e da vida humana, houve progressivamente a incorporação e a ampliação de suas preocupações em termos de sustentabilidade, enfatizando-se, por exemplo, a importância dos aspectos sociais e culturais (HESPANHOL, 2008).

2.2. Orizicultura no mundo.

O arroz é uma planta da família das gramíneas, com numerosas variedades (*Oryza barthii*, *Oryza glaberrima*, *Oryza latifolia*, *Oryza longistaminata*, *Oryza punctata*, *Oryza rufipogon* e *Oryza sativa*), é próprio de terrenos alagadiços, muito utilizado na alimentação humana pois é rico em hidrato de carbono. É a terceira maior cultura cerealífera do mundo, apenas ultrapassado pelo milho e trigo. (WIKIPÉDIA, 2007).

Cultivado e consumido em todos os continentes, o arroz destaca-se pela produção e área de cultivo, desempenhando papel estratégico tanto no aspecto econômico quanto social. Cerca de 150 milhões de hectares de arroz são cultivados anualmente no mundo, produzindo 590 milhões de

toneladas, sendo que mais de 75% desta produção é oriunda do sistema de cultivo irrigado. O arroz é um dos mais importantes grãos em termos de valor econômico. É considerado o cultivo alimentar de maior importância em muitos países em desenvolvimento, principalmente na Ásia e Oceania, onde vivem 70% da população total dos países em desenvolvimento e cerca de dois terços da população subnutrida mundial. É alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas e, segundo estimativas, até 2050, haverá uma demanda para atender ao dobro desta população. O arroz é um dos alimentos com melhor balanceamento nutricional, fornecendo 20% da energia e 15% da proteína per capita necessária ao homem (EMBRAPA, 2005). Dos minerais destacam-se o cálcio, o magnésio e o fósforo. As vitaminas são, principalmente, as do complexo B (Niacina e Tiamina) (COOLMÉIA, 1996). Contudo, estes elementos aparecem no grão integral, ou seja, aquele que não é polido. No arroz polido, privilegiam-se os carboidratos (amido), eliminando-se no farelo, o gérmen e a película, que é onde se localizam as fibras, as vitaminas e outros elementos nutritivos. Desta forma, o grão integral ou semi-polido é mais rico e saudável (COOLMÉIA, 1996).

E sendo uma cultura extremamente versátil, que se adapta a diferentes condições de solo e clima, é considerada a espécie que apresenta maior potencial para o combate a fome no mundo. Aproximadamente 90% de todo o arroz do mundo é cultivado e consumido na Ásia. A América Latina ocupa o segundo lugar em produção e o terceiro em consumo. Assim como na Ásia, o arroz é um produto importante na economia de muitos dos países

latino-americanos pelo fato de ser item básico na dieta da população, como nos casos do Brasil, Colômbia e Peru, ou por ser um produto importante no comércio internacional, como no de Uruguai, Argentina e Guiana, como exportadores, e de Brasil, México e Cuba, entre outros, como importadores. A produção mundial de arroz não vem acompanhando o crescimento do consumo. Nos últimos seis anos, a produção mundial aumentou cerca de 1,09% ao ano, enquanto a população cresceu 1,32% e o consumo 1,27%, havendo grande preocupação em relação a estabilização da produção mundial (EMBRAPA, 2005). A média per capita de consumo mundial é de 60 kg base casca/ano (SANINT, 1997). No Brasil esse índice é de 59 kg, na China é de 133 kg e nos Estados Unidos é de 12,5 kg per capita/ano (SANINT, 1997). O IRRI estima que as necessidades futuras de arroz no mundo para o ano de 2025 será de 400 milhões de toneladas adicionais sobre a produção já existente (SANINT, 1997; VALENTE, 1997). Alcançando a cifra de 970 milhões de t/ano, em 2025 (SANINT, 1997).

2.2.1. Orizicultura no Brasil

A agricultura desempenha ainda hoje no Brasil um papel muito importante na economia, sendo a cultura do arroz uma das mais significativas no cenário agrícola. Este cereal encontrou solo e condições ideais para o seu cultivo no Sul do país e é hoje a terceira maior produção entre os vários grãos, perdendo apenas para a soja e o milho, ocupando

uma área de 3.710.164 hectares tornando-se assim uma das principais culturas agrícolas do Brasil (ANACLETO, 2006).

O Brasil se destaca como o maior produtor de fora do continente Asiático. Em 2001, a produção Brasileira representou 1,8% do total mundial, e cerca de 50% da América Latina (EMBRAPA, 2005).

No Brasil, o processo de produção de arroz realiza-se pelos cultivo irrigado e de sequeiro. A área cultivada com arroz irrigado no Brasil atinge aproximadamente 1,3 milhões de hectares por ano, com uma produtividade média de 5200 kg/ha, perfazendo uma produção de 6,7 milhões de toneladas de arroz em casca. Na região subtropical do Brasil, na qual se localizam os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, nas safras de 1997/98 à 2000/01, foi de cerca de um milhão e duzentos mil hectares por ano. Em 2001/02, estes dois Estados contribuíram em mais de 50% para a formação do estoque nacional de arroz, algo ao redor de 10,5 milhões de toneladas, considerando-se o somatório do arroz irrigado tradicional e do arroz de terras altas (sequeiro). Tal produção se deve ao uso de técnicas modernas; às condições edafoclimáticas favoráveis da região Sul; ao emprego da técnica de irrigação por inundação contínua com lâmina d'água. Resultando daí, uma produtividade média de 5500 kg/ha no RS e de 7000 kg/ha em SC e, conseqüentemente, em uma estabilidade anual de produção. O conhecimento e o espírito empreendedor do orizicultor na utilização de tecnologias mais apuradas de cultivo e a disponibilidade, por parte da pesquisa do RS, SC e MS, de cultivares de alto potencial produtivo, com características que atendem as exigências da cadeia agroindustrial do

cereal, têm contribuído também significativamente para aquela produtividade média e, logicamente, para a produção global brasileira de arroz (EMBRAPA, 2005).

As constantes mudanças nas condições edafoclimáticas, na preferência de mercado e na própria lavoura orizícola têm exigido criatividade e dinamismo no desenvolvimento de novas cultivares que atendam os anseios do arroz. No ambiente natural, tem sido cada vez mais freqüente o aparecimento de novas pragas e doenças e de alterações no clima, fatores que prejudicam o desempenho das cultivares nas várias regiões orizícolas. No mercado, tem sido comum ainda, mudanças na preferência do consumidor brasileiro, por outros tipos de grãos de arroz tipo japônicos, aromático, risoto, saquê ou glutinoso. Na lavoura, a alta infestação de sementes arroz daninho (arroz vermelho-preto), tem requerido trocas nos sistemas de implantação por outros mais eficazes que o convencional (lavração, gradagem e semeadura direta em solo seco) no balanço da ralação arroz doméstico/invasora (EMBRAPA, 2005).

Em vista disso, os programas de pesquisa em melhoramento genético de arroz irrigado conduzidos no Brasil, estão com estratégias metodológicas que visam desenvolver genótipos comerciais de alta e estável (adaptadas aos sistemas de cultivo; resistentes as doenças e pragas; tolerantes ao frio, à salinidade ou toxicidade por Ferro) produtividade e com qualidade de grãos que atenda a preferência, inicialmente do mercado interno e posteriormente, do comércio externo. A liberação de cultivares que apresentem melhoria genética de grão, principalmente em termos de

qualidade nutricional, tornando o arroz um alimento funcional e de conteúdo de óleo no germe, que permite maior extração, também são metas da pesquisa em arroz irrigado (EMBRAPA, 2005).

2.2.2. Orizicultura no Vale do Paraíba.

De acordo com dados do Instituto de Economia Agrícola (IEA), a região do Vale do Paraíba possui 45.000 hectares de várzeas com terras planas e férteis disponíveis e sua produção de arroz ultrapassa as 790.000 sacas, o que é referente a 50% da produção estadual, sendo que no Estado de São Paulo, maior consumidor do país, o sistema de cultivo irrigado, que ocupa cerca de 1/3 da área plantada no Estado, responde por 2/3 da produção total, cerca de 100 mil toneladas (VALÉRIO, 2009).

O cultivo de arroz na região do Vale do Paraíba é feito por cerca de 200 produtores de Jacareí até Cruzeiro e predomina o cultivo irrigado, demandando grande necessidade de utilização de água (VALÉRIO, 2009).

Tabela 2. Produção de Arroz de sequeiro e várzea na região de estudo nos últimos três anos:

Região	Ano	Área/produção (ha)	Produção (sc.60kg.)
CAÇAPAVA	2006	900	54.000
CAÇAPAVA	2007	900	54.000
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	2006	150	6.750
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	2007	150	6.750
TREMEMBÉ	2006	2.100	147.280
TREMEMBÉ	2007	2.100	147.280

Fonte: banco de dados do Instituto de Economia Agrícola.

Tabela 3. Produção de Arroz irrigado na região de estudo nos últimos três anos:

Região	Ano	Área/produção (ha)	Produção (sc.60kg.)
CAÇAPAVA	2008	900	54.000
GUARATINGUETÁ	2006	2.500	200.000
GUARATINGUETÁ	2007	2.400	192.000
GUARATINGUETÁ	2008	3.000	240.000
LORENA	2008	120	9.600
PINDAMONHANGABA	2006	2.700	189.000
PINDAMONHANGABA	2007	2.900	203.000
PINDAMONHANGABA	2008	2.900	203.000
POTIM	2006	424	42.400
POTIM	2007	430	43.000
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	2006	150	9.000
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	2008	200	12.000
TAUBATÉ	2006	1.000	70.000
TAUBATÉ	2007	1.000	70.000
TAUBATÉ	2008	1.000	70.000

Fonte: banco de dados do Instituto de Economia Agrícola.

2.3. Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

Com uma superfície de 55.400 Km², a bacia ocupa uma área densamente povoada e urbanizada nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Sua população em 2000 atingia cerca de 5,5 milhões de habitantes, com um elevado índice de urbanização (próximo a 90%) e um parque industrial diversificado. Em termos de uso do solo, pouco resta da cobertura florestal original. Atualmente o predomínio é de campos/pastagens, que ocupa geralmente áreas de relevo movimentado e com altas declividades, o que favorece os processos erosivos. O rio Paraíba do Sul e seus afluentes têm grande relevância quanto ao suprimento de variadas demandas por recursos hídricos. O consumo de água para irrigação é a mais representativa no norte fluminense, com a cana-de-

açúcar, mas existe de forma pulverizada por toda a Bacia (IBGE, 2000).

De acordo MARENGO & ALVES, (2005) esta bacia abrange uma das mais desenvolvidas áreas industriais do País, arrecada cerca de 10% do PIB nacional e tem um papel de destaque na implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos. É importante salientar que, em geral, as vazões fluviais apresentam grande variabilidade sazonal. Entretanto, no Vale do Paraíba, região que usufrui os recursos do rio Paraíba do Sul, as vazões apresentam certa regularidade, garantida pelos reservatórios de cabeceira (dos rios Paraitinga/Paraibuna e Jaguari). Esta situação é pouco alterada pelos afluentes do Paraíba, a jusante destes reservatórios. Porém segundo a ANA (Agência Nacional de Águas, 2003), citado por MARENGO & ALVES, (2005) o intenso uso urbano, industrial e energético que se faz dos recursos hídricos desta bacia contribuíram para o aumento da demanda de água, com sérios indícios de comprometimento da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos hoje observados.

A evolução e diversificação das atividades produtivas na bacia do rio Paraíba do Sul estabeleceu uma situação de conflitos entre os usuários da água. Os reservatórios representam o elemento fundamental do sistema hídrico, enquanto regularizador da vazão do rio para a produção de hidroeletricidade e fonte de água. Entretanto, quando os recursos hídricos eram abundantes em relação às demandas, mesmo com prioridade de uso para produção de energia elétrica, não se registraram conflitos pelo uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul, situação que mudou com o desenvolvimento e a necessidade de atender aos múltiplos usuários da

água, tornando a gestão mais complexa diante dos diferentes atores sociais envolvidos. A vegetação da bacia do rio Paraíba do Sul encontra-se bastante alterada devido às diversas formas de ocupação e uso do solo, que resultaram em processos de erosão e assoreamento do rio. Contudo, atualmente, a mais notória e prejudicial fonte de poluição da bacia do rio Paraíba do Sul são os efluentes domésticos e os resíduos sólidos oriundos das cidades de médio e grande porte localizadas às margens do rio. A única ação capaz de reverter esta situação é a implantação de estações de tratamento de esgotos e construção de aterros sanitários e usinas de beneficiamento de lixo domiciliar (FEEMA, 2000).

2.3.1. Relatório de qualidade das águas Interiores no estado de São Paulo - UGRHI PARAÍBA DO SUL - (CETESB, 2008).

A unidade de gerenciamento de recursos hídricos (UGRHI) do rio Paraíba do Sul é composta por 34 municípios, abrigando 5% da população paulista e, de acordo com dados do Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004-2007, 91% da população vive em áreas urbanas, onde apenas 89% do esgoto produzido é coletado, e o índice de tratamento é da ordem de 34%.

Outras características importantes como: disponibilidade hídrica, usos da água, principais atividades econômicas, vegetação remanescente, unidades de conservação e principais rodovias, estão dispostas na Tabela 4.

Na tabela 5 estão discriminados os pontos de amostragem.

Tabela 4. Características da UGRHI PARAÍBA DO SUL.

Municípios (34)	Aparecida; Arapeí; Areias; Bananal; Caçapava; Cachoeira Paulista; Canas; Cruzeiro; Cunha; Guararema; Guaratinguetá; Igaratá; Jacareí; Jambeiro; Lagoinha; Lavrinhas; Lorena; Monteiro Lobato; Natividade da Serra; Paraibuna; Pindamonhangaba; Piquete; Potim; Queluz; Redenção da Serra; Roseira; Santa Branca; Santa Isabel; São José do Barreiro; São José dos Campos; São Luís do Paraitinga; Silveiras; Taubaté; Tremembé.		
População (projeção SEADE 2007)	1.972.745 habitantes		
Disponibilidade Hídrica (PERH 2004-2007)	Área de drenagem (km ²)	Vazão média (m ³ /s)	Vazão mínima (m ³ /s)
	14.444	216	72
Principais rios e reservatórios	Rios Paraibuna e Paraitinga, formadores do Paraíba do Sul e os rios Parateí, Jaguari e Una. Reservatórios de Paraibuna, Paraitinga, Santa Branca e Jaguari.		
Usos da água (PERH 2004-2007)	Categoria de uso		Demanda (m ³ /s)
	Urbano		5,39
	Industrial		8,72
	Irrigação		5,52
	Total		19,63
Principais atividades econômicas	Inserida no principal eixo econômico do país, destaca-se pela diversidade de seu parque industrial, sobressaindo-se a indústria aeronáutica, automobilística, papel e celulose, química, mecânica, eletroeletrônica e extrativista, além de centros de pesquisa tecnológica com mão-de-obra especializada. Em relação às atividades não industriais observa-se a existência crescente de loteamentos. Na agricultura predominam as culturas destinadas à pecuária. Verifica-se, também, extensas áreas com o cultivo de eucalipto, além da presença de culturas de arroz, feijão e milho.		
Vegetação remanescente, Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Uso Sustentável	A vegetação natural remanescente cobre 20,6% do total da UGRHI e encontra-se bastante fragmentada, com predominância de remanescentes da Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, além da Floresta Estacional Semidecídua e Campos de Altitude. O território desta UGRHI engloba três Unidades de Conservação de Proteção Integral e onze de Uso Sustentável. Somam-se a estes dois grupos quatro áreas especialmente protegidas. Seis municípios recebem compensação financeira (ICMS Ecológico).		
Principais rodovias	Rodovia Ayrton Senna da Silva (SP-070) Rodovia Carvalho Pinto (SP-070) Rodovia Dom Pedro I (SP-065) Rodovia dos Tamoios (SP-099) Rodovia Oswaldo Cruz -Taubaté-Ubatuba (SP-125) Rodovia Presidente Dutra (BR-116)		

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Metodologia das estimativas das populações residentes nos municípios brasileiros para 1º de julho de 2008.

PERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos (CETESB, 2008).

Tabela 5. Descrição dos pontos de amostragem (CETESB,2008).

Código CETESB	Latitude	Longitude	Projeto	Corpo Hídrico	Local de amostragem	Município
BPAL 00011	23 16 38	45 32 08	Balneabilidade	Braço do Rio Palmital	Na Prainha de Redenção da Serra.	Redenção Da Serra
INGA 00850	23 21 56	45 36 45	Rede Básica	Braço do Paraitinga	Próximo a área de lazer da CESP	Paraibuna
IUNA 00950	23 25 06	45 34 17	Rede Básica	Braço do Paraibuna	Na junção dos braços do Rio Paraibuna e dos rios da serra.	Paraibuna
JAGI 02900	23 10 21	45 54 49	Rede Básica	Rio Jaguari - UGRHI 02	Próximo à foz no rio Paraiba, no município de São José dos Campos.	São José Dos Campos
JAGJ 00200	23 17 38	46 14 02	Rede Básica	Rio Jaguari - UGRHI 02	Ponte na rodovia SP 056 que liga Santa Isabel a Igaratá, no município de Santa Isabel.	Santa Isabel
JAGJ 00900	23 11 37	46 01 39	Rede Básica	Rio Jaguari - UGRHI 02	Na tomada d'água do Reservatório Jaguari.	São José Dos Campos
PARB 02050	23 22 32	45 53 12	Rede Básica	Rio Paraíba	Captação de Santa Branca, no bairro Angola de Cima.	Santa Branca
PARB 02100	23 22 05	45 53 59	Rede Básica	Rio Paraíba	Ponte na rodovia SP-77, no trecho que liga Jacareí a Santa Branca.	Santa Branca
PARB 02200	23 18 48	45 58 20	Rede Básica	Rio Paraíba	Junto à captação do município de Jacareí	Jacareí
PARB 02300	23 11 42	45 55 48	Rede Básica	Rio Paraíba	Ponte de acesso ao loteamento Urbanova, em São José dos Campos.	São José Dos Campos
PARB 02310	23 11 16	45 55 04	Rede Básica	Rio Paraíba	Na captação de São José dos Campos, no canal de adução com extensão de 750m	São José Dos Campos
PARB 02400	23 04 54	45 42 40	Rede Básica	Rio Paraíba	Ponte na rua do Porto, no trecho que liga Caçapava ao bairro Menino Jesus.	Cacapava
PARB 02490	22 57 40	45 33 10	Rede Básica	Rio Paraíba	Na captação da SABESP em Taubaté que abastece Tremembé	Tremembé
PARB 02530	22 54 42	45 28 13	Rede Básica	Rio Paraíba	Na captação da SABESP de Pindamonhangaba	Pindamonhangaba
PARB 02600	22 50 40	45 14 04	Rede Básica	Rio Paraíba	Na captação de Aparecida	Aparecida
PARB 02680	22 44 44	45 08 49	Rede de sedimentos	Rio Paraíba	A cerca de 2 km a jusante da BASF, antes do antigo Porto de areia Luciano.	Lorena
PARB 02700	22 42 12	45 07 10	Rede Básica	Rio Paraíba	Ponte na rodovia BR-459, no trecho que liga Lorena a Piquete.	Lorena
PARB 02900	22 32 32	44 46 26	Rede Básica	Rio Paraíba	Ponte na cidade de Queluz.	Queluz
PTEI 02900	23 12 14	46 00 50	Rede Básica	Rio Paratei	Ponte na estrada de acesso ao Res. Jaguari, próximo à cervejaria Brahma, em Jacareí.	Jacareí
SANT 00100	23 20 05	45 47 43	Rede Básica	Reserv. Santa Branca	No meio do corpo central, na junção dos braços Capivari e Paraibuna.	Jambeiro
UAMA 00601	22 52 31	45 34 56	Balneabilidade	Rio Piracuama	No Balneário de Piracuama - Reino das Águas Claras	Pindamonhangaba

2.3.1.1. Disponibilidade hídrica.

Como podemos ver na Figura 1 a intensidade de chuvas em 2008 apresentou um aumento de 19% em relação a média histórica, com destaque para março, abril, junho e agosto. Já a estiagem foi bem mais severa do que o normal em maio e julho, apresentando apenas 3 mm de chuva no mês de julho (CETESB, 2008).

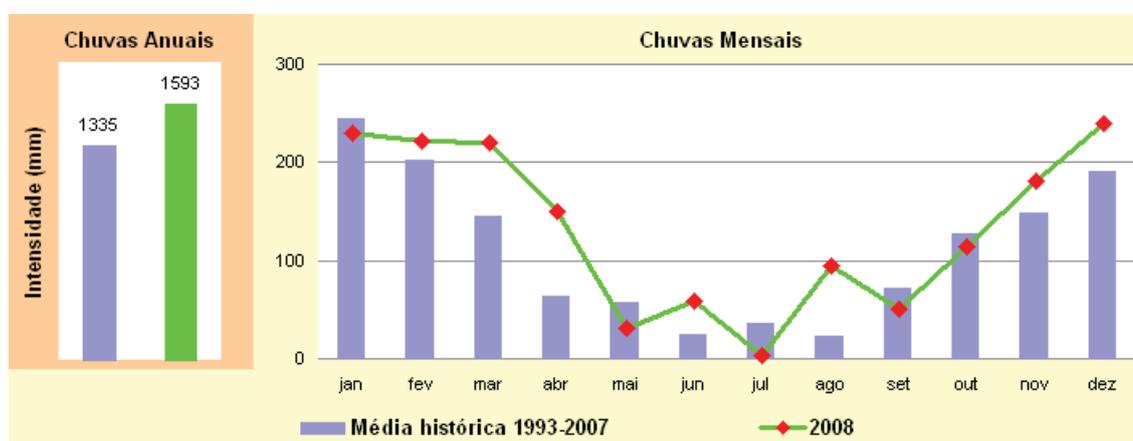


Figura 1. Intensidades de chuva mensais e anuais na UGRHI (CETESB, 2008).

2.3.1.2. Qualidade das águas.

De acordo com o relatório da CETESB (2008), o rio Paraíba do Sul apresentou, em 2008, média anual de qualidade na categoria BOA no trecho de Santa Branca (PARB 02050) até São José dos Campos (PARB 02310), em relação ao IQA (Índice de qualidade de água). Já no trecho de Caçapava (PARB 02400) até Aparecida (PARB 02600), o Rio Paraíba do Sul apresentou qualidade REGULAR, com exceção do Ponto PARB 02490, localizado em Tremembé, onde foi verificada qualidade BOA.

Ainda no relatório da Cetesb, analisando-se as Figuras 2, 3 e 4, identificam-se dois trechos críticos, um entre São José dos Campos (PARB 02300) e Caçapava (PARB 02400) e outro em Aparecida (PARB 02600).

Nesses trechos, o Oxigênio Dissolvido atingiu os menores valores e as concentrações de Fósforo Total e de Coliformes Termotolerantes foram maiores, indicando o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento (CETESB, 2008). A recuperação da qualidade, verificada no trecho entre Tremembé (PARB 02490) e Pindamonhangaba (PARB 02530) foi interrompida pelos lançamentos do município de Aparecida, bem como das obras em andamento da rede de esgotos de Taubaté e Tremembé; no entanto, o Rio Paraíba do Sul, em seu trecho final no Estado de São Paulo, retorna a recuperar sua qualidade (CETESB, 2008).

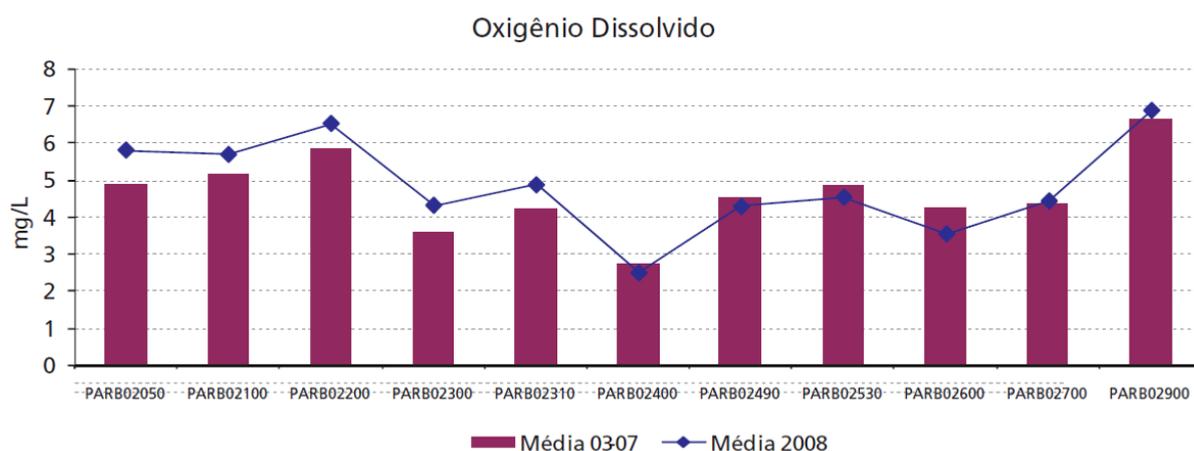


Figura 2. Concentrações médias do Oxigênio Dissolvido em 2008 e no período 2003 a 2007, ao longo do Rio Paraíba do Sul (CETESB, 2008).

Na Figura 2, nota-se que em relação ao período histórico os níveis de Oxigênio Dissolvido do trecho inicial do Rio Paraíba apresentaram melhoras (até o ponto PARB 02310 - captação de São José dos Campos). Essa melhora está associada, principalmente, ao início de operação da elevatória de esgotos da bacia do Vidoca, cujo coletor-tronco vem captando os esgotos sanitários da parte sul de São José dos Campos e lançando a jusante do ponto de captação (CETESB, 2008).

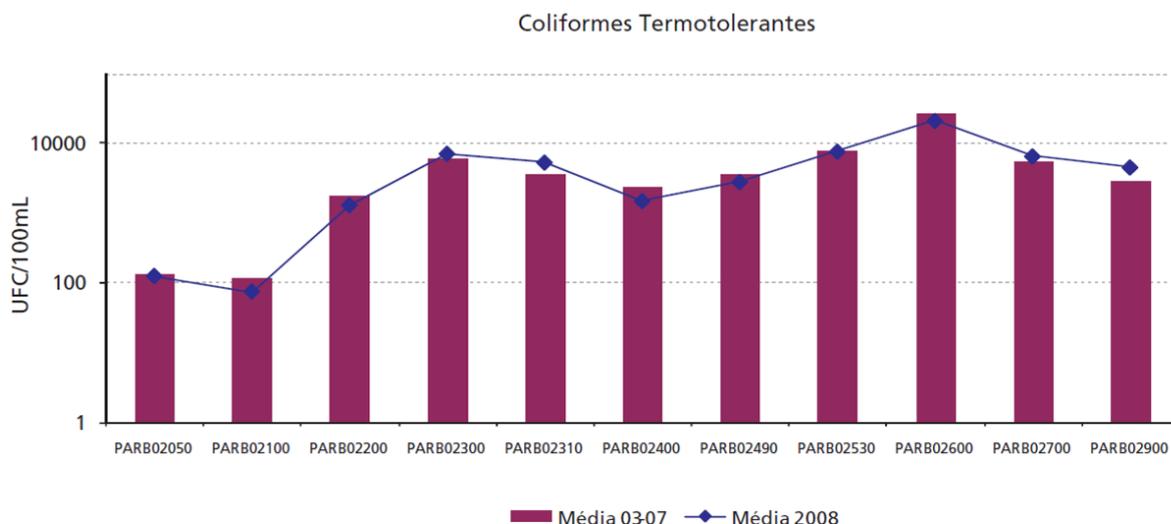


Figura 3. Concentrações médias de Coliformes Termotolerantes em 2008 e no período 2003 a 2007, ao longo do Rio Paraíba do Sul (CETESB, 2008).

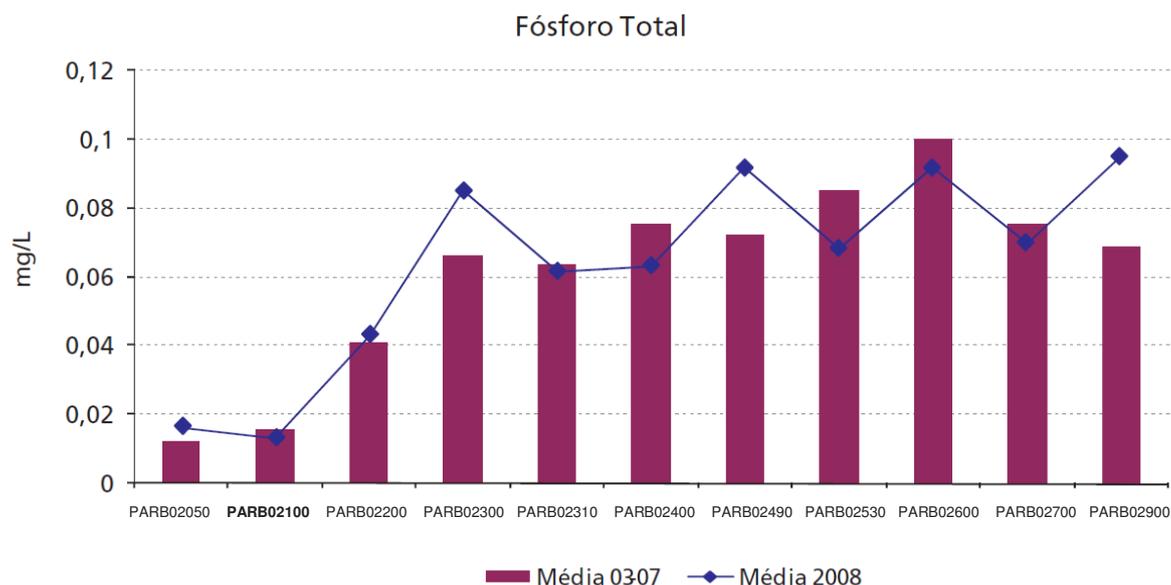


Figura 4. Concentrações médias de Fósforo Total em 2008 e no período 2003 a 2007, ao longo do Rio Paraíba do Sul (CETESB, 2008).

De acordo com a CETESB (2008), com relação ao esgoto doméstico, a remoção da carga orgânica gerada na bacia do Rio Paraíba do Sul passará de 34% para 61% nos próximos anos. Tremembé e Taubaté tratarão 100% dos esgotos gerados, São José dos Campos passará de 46%

para 75%, Guararema, iniciará seu tratamento com duas novas estações que tratarão 80% do esgoto gerado e Jacareí passará de 20% para 70% da população atendida pelo tratamento de esgotos.

2.3.1.3. Abastecimento público.

O relatório da CETESB (2008), informa que existem seis captações para abastecimento público no Rio Paraíba do Sul sendo que as captações de Santa Branca (PARB 02050), Jacareí (PARB 02200), São José dos Campos (PARB 02310) e Tremembé (PARB 02490) apresentaram, em 2008, média anual do IAP (índice de qualidade de água para fins de abastecimento público) na categoria BOA. Informa também que ao longo do ano, as captações de Jacareí e de São José dos Campos apresentaram, em fevereiro, IAP na categoria RUIM, devido, principalmente, ao Potencial de Formação de Trihalometanos. Quanto as captações de Pindamonhangaba (PARB 02530) e de Aparecida (PARB 02600), localizadas mais a jusante, o mesmo relatório apresenta que, em 2008, a média do IAP das duas captações apresentaram-se na categoria RUIM. Analisando-se os dados mensais, ao longo de 2008, ambos apresentaram IAP na categoria PÉSSIMA, em fevereiro, e na categoria RUIM, em agosto. Em dezembro, o Ponto PARB 02600 também apresentou IAP na categoria RUIM. Tais ocorrências devem-se, principalmente, aos maiores valores do Potencial de Formação de Trihalometanos (CETESB, 2008).

Ainda de acordo com relatório da CETESB (2008), o rio Una, que abastece Taubaté, apresentou média anual do IAP na categoria RUIM,

sendo que o IAP, ao longo do ano, enquadrou-se na categoria PÉSSIMA em fevereiro e dezembro, devido ao Potencial de Formação de Trihalometanos e ao Chumbo. Quanto ao Pb e ao uso do solo, o relatório da Cetesb informa respectivamente que: as maiores concentrações foram verificadas nos meses mais chuvosos, indicando uma possível fonte de contribuição difusa e que a bacia de drenagem do Rio Una é predominantemente agrícola, não havendo destaque para a atividade industrial. No entanto a Cetesb está atualizando o inventário de fontes de poluição e está investigando as possíveis causas.

2.3.1.4. Proteção da vida aquática.

O relatório da CETESB (2008), informa que o IVA (Índice de qualidade de água para proteção da Vida Aquática) médio anual nesta UGRHI variou entre ÓTIMO e RUIM. Semelhante a 2007, o oxigênio dissolvido, abaixo do limite para a proteção da vida aquática, foi o que mais negativamente influenciou o IVA. Esses eventos foram verificados, predominantemente, no início do ano (fevereiro) e em dezembro.

A Figura 6 contém o gráfico do percentual de ocorrência das variáveis que influenciaram o IVA quando classificado nas categorias REGULAR, RUIM ou PÉSSIMA.

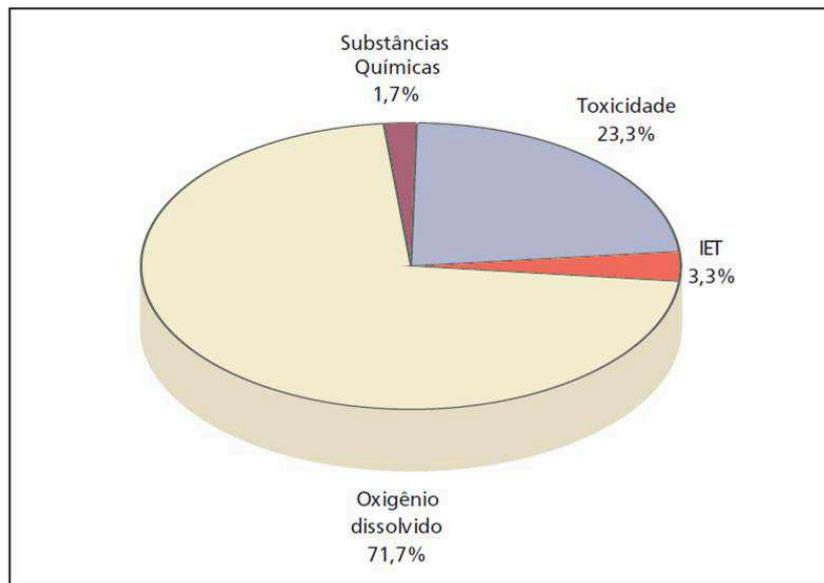


Figura 5. Gráfico - Percentual de ocorrência das variáveis que influenciaram o IVA (CETESB, 2008).

2.3.1.5. Conclusões e Recomendações.

O relatório da CETESB (2008), conclui e recomenda que:

I. A elevada carga orgânica de origem doméstica lançada no Rio Paraíba do Sul pelos municípios de Jacareí, São José dos Campos, com destaque para o trecho inicial de 70 quilômetros do curso d'água, que recebe mais da metade de toda a carga lançada na bacia, aliada às baixas vazões no período chuvoso, em consequência do regime de operação dos reservatórios de cabeceira, constitui-se na principal condicionante para a má qualidade da água do trecho de Caçapava, onde continua se constatando níveis do oxigênio dissolvido reduzidos.

II. Da mesma forma, os efluentes domésticos oriundos do Município de Santa Isabel contribuem para a degradação da qualidade das águas do Reservatório do Jaguari. Portanto, reforça-se a necessidade de serem concluídas as obras de coleta e tratamento dos esgotos domésticos pelas

empresas de saneamento na região, cujos cronogramas apontam para 2009, quando se atingirá uma elevação do nível atual de tratamento, de 25% para mais de 60%.

III. Em função dos elevados valores do potencial de formação de THMs (Trihalometanos) nas captações de Jacareí, São José dos Campos, Pindamonhangaba e Aparecida, no Rio Paraíba do Sul e de Taubaté no Rio Una, obtidos em fevereiro e dezembro, recomenda-se às empresas de saneamento, atenção especial no processo de tratamento da água bruta, principalmente na época de chuvas, bem como a adoção de medidas de proteção das captações.

2.4. Bacia hidrográfica do rio Una - Projeto Banco de Dados Ambientais da bacia do rio Una. Departamento de Ciências Agrárias, (UNITAU, 2006).

De acordo com o banco de dados ambientais da bacia do rio Una (UNITAU, 2006) a área da bacia rio Una é de aproximadamente 442,85 km². Deste total, pode-se afirmar que, a grosso modo, 8% pertencem a Tremembé, 8% estão inseridos em Pindamonhangaba e os restantes 84% são território de Taubaté. Geograficamente, a bacia do rio Una localiza-se na margem direita do rio Paraíba do Sul. As altitudes deste território hídrico oscilam entre 500 e 1.000 metros, sendo que a Serra do Quebra Cangalha encontra-se a nordeste e a Serra do Jambeiro a sudeste da referida sub-bacia.

2.4.1. Aspectos do meio físico e ambientais.

O banco de dados ambientais da UNITAU (2006), para análise da bacia hidrográfica considerou: baixo curso, a região da foz do rio Una e afluentes até a confluência do rio das Almas com o rio da Rocinha, médio curso, deste limite até a cota de 800 m, e alto curso, desta até as porções mais a montante. Também de acordo com o banco de dados ambientais (UNITAU, 2006) a bacia do rio Una possui terrenos que caracterizam-se desde por superfícies aplainadas, com interflúvios sem orientação, até morros de serras restritas, com topos arredondados. As vertentes em geral possuem perfis convexos e/ou retilíneos, cujas declividades variam de 20 a 60%. O clima da sub-bacia é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 21,4 ° C (Setzer, 1996; Sentelhas et al., 1999).

2.4.2. Estrutura Urbana e Uso e Ocupação do Solo.

Parcelas dos territórios administrativos dos municípios de Tremembé, Pindamonhangaba e Taubaté formam a unidade hídrica da bacia do rio Una. A soma das áreas dos três municípios juntos totaliza 1.540 km², o que significa que a bacia do rio Una representa 29% dos totais das municipalidades.

O uso e ocupação do solo, mostra que aproximadamente 70% da área total, ou seja, 310 Km², estão predominantemente, ocupados por matas e áreas destinadas à alimentação de bovinos, isto é, por pastos (UNITAU, 2006).

Esses usos são freqüentes, principalmente no curso médio e superior do rio Uma, valendo destacar a presença de algumas manchas esparsas de mata. Nessa porção da sub-bacia existem alguns núcleos de características nitidamente rurais, destacando-se os Bairros de: São João do Macuco; Pedra Negra; Registro; Ribeirão das Almas; Sete Voltas; Mato Dentro; Lagoinha; Pouso Frio; São Roque e Tabuão. Ao sul do núcleo de São João do Macuco e próximo ao limite da sub-bacia, que no caso coincide com o limite administrativo de Taubaté com o município de São Luís do Paraitinga, o uso e ocupação do solo, apresenta a existência de área destinada à extração de calcário dolomítico de propriedade da Mineração Caieiras (UNITAU, 2006).

Próximo ao núcleo da Pedra Negra encontra-se também a pedreira da Constroem S/A.

De acordo com o banco de dados ambientais (UNITAU, 2006), na bacia do Una, em território de Taubaté, verifica-se a presença de quatro empresas mineradoras, pois, somando-se as duas já apresentadas (Mineração Caieiras, Constroem S/A) surge na junção dos dois corpos d'água formadores do rio Una o primeiro porto de areia denominado WDC, em área contígua ao bairro do Registro, e antes do rio Una alcançar as áreas cobertas por mata de propriedade da Votorantin surge também o porto de areia Areuna.

2.4.3. Unidades de Conservação Ambiental.

O banco de dados ambientais (UNITAU, 2006), apresenta que a bacia do rio Una encontra-se ambientalmente protegida por vários diplomas federais, que em determinada porção do território se sobrepõem. Dentre tantos destacam-se:

- Áreas de Preservação Ambiental – Dispõe sobre as Áreas de Proteção Ambiental - APAs. Resolução Conama nº 10, de 14/12/88.
- Área de Preservação Permanente – Nascente dos Rios. Estabelece medidas para a proteção de florestas existentes nas nascentes dos rios e dá outras providencias. Lei n.º 7.754, de 14/04/1989.
- Rio Paraíba do Sul – Dispõe sobre medidas de recuperação e proteção ambiental da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul. Decreto n.º 87. 561, de 13/09/1982.

2.4.4. Recursos hídricos.

Formada pela união de dois rios principais (ribeirão das Almas com o rio da Rocinha) e seus afluentes (Itaim, das Pedras ou Ipiranga, das Sete Voltas, das Antas, do Registro, etc), a bacia do rio Una abrange uma área de 472,9 km². Na Tabela 6 estão dispostos aspectos quali-quantitativos como: concessionária, consumo público, pontos de captação, usos, esgotos, resíduos sólidos domésticos, resíduos sólidos industriais, qualidade das águas entre outros. E na Tabela 7 teremos dados técnicos de pontos de captação e Lançamento particulares localizados na sub-bacia do rio Una, municípios de Taubaté, Tremembé e Pindamonhangaba.

Tabela 6. Recursos Hídricos – aspectos quali-quantitativos da bacia do rio Una (UNITAU, 2006).

Disponibilidade hídrica	Área 472,9 km ²	P média 1257,6 mm	Q esp 10,1 L/s.km	Q média 4796,1 L/s	Q 7, 10 1594,8 L/s	
Usos da água e abastecimento	Concessionária – abastecimento público		SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo			
	Consumo público estimado (adotando 250L/hab.dia)		77,37 L/s ou 0,078 m ³ /s Obs.: segundo a SABESP, o consumo médio é de 188,08L/hab.dia, o que significa demanda de 60,95 L/s			
	Pontos de captação Importante: a sub-bacia praticamente não aproveita seus mananciais para abastecimento	Superficial (95,22% em Q)	Público	1 ponto	900,0 L/s	
			Particular	8 pontos	4,32 L/s	
			Total	1 ponto	904,32 L/s	
		Subterrâneo (4,78% em Q)	Público	- poço	- L/s	
			Particular	9 poços	45,31 L/s	
Total			9 poços	45,31 L/s		
Total	Público	94,77% (em Q)	900,0 L/s			
	Particular	5,23% (em Q)	49,63 L/s			
Denominação do(s) sistema(s) de abastecimento público		SABESP – Sistema Paraíba-Una				
Características do sistema (descrição, capacidade, índice de perdas, atendimento)		<ul style="list-style-type: none"> - Captações superficiais particulares: 8 pontos (Q = 4,32 L/s) - Duas captações superficiais públicas (Una e Paraíba do Sul), ETA na Bacia do Una (tratamento convencional, capacidade nominal de 530 L/s) - Lançamentos: 9 pontos particulares, totalizando 13,84L/s. Não há dados disponíveis sobre a rede pública. - Captações subterrâneas: 9 poços particulares – sistema aquífero Taubaté/aluviões recentes - dados de CPTI (2000). Provavelmente há mais poços tubulares e cacimbas, embora não cadastrados. - Índice de perdas: 37,87% (sistema Paraíba – Una) - Atendimento da população: 100% 				
Usos		Abastecimento público, indústrias e irrigação				
Importação (I) e exportação (E) de água		Importa-se água do rio Paraíba do Sul, exporta-se, a partir da captação no rio Una, para áreas urbanas em Taubaté e Tremembé.				
Fontes de poluição, qualidade das águas e saneamento	Esgoto (coleta e tratamento)		<ul style="list-style-type: none"> - Não há ETE - Atendimento da população: coleta = nd, tratamento = 0% - Lançamento = rios Paraíba do Sul, Una e afluentes 			
	Resíduos sólidos domésticos		Concessionária	Prefeitura Municipal		
			Coleta e atendimento	nd		
			Destinação	Aterro Sanitário – Bacia do Una		
	Resíduos sólidos industriais		Quantidade ton./mês = nd	Tipo (origem e classe) nd		
	Outras fontes de poluição	Pontuais	Esgoto doméstico lançado <i>in natura</i> ; cemitério, hospitais e postos de gasolina			
		Difusas	Cargas difusas teóricas definidas no “Relatório Zero” (CPTI (2000), com destaque para agrotóxicos na área de várzea (curso inferior)			
Qualidade das águas	Águas superficiais	Classe de qualidade (Decr. Est. 10755/1977)	Classe 2 para todos os trechos			
		IQA (CETESB)	Somente no rio Paraíba do Sul, em Tremembé			
		Demais dados	nd			
	Águas subterrâneas	Vulnerabilidade natural (IG <i>et al.</i> , 1997)	Predominantemente alto-baixa			
Rede de monitoramento - CETESB		nd				
		Demais dados	nd			

Tabela 7. Pontos de captação e lançamento particulares localizados na bacia do rio Una (UNITAU, 2006).

N°	Município	UTM-N(km)	UTM-E(km)	Proprietário	Endereço	Tipo	Uso	Q(m³/h)	Funcionamento (h/dia)
246C	Taubaté	7.444,62	447,62	Jugo Augustinho	Fazenda Bussi	Captação	Nd	Nd	Nd
431L	Taubaté	7.448,75	443,50	coop. De Laticínios do	Rodovia Oswaldo Cruz, Km03-Catagua	Lançamento	Sanitário/Industrial	6,00	24
566L	Taubaté	7.451,30	446,60	Solazer Hotéis e Serviços	Estrada dos Remédios,238-Itaim	Lançamento	Sanitário	26,00	2
724L	Taubaté	7.456,95	447,40	Ctab Cerâmica Industrial	Av.Arsenio Riemma, 1600-Distrito Industrial do UMA	Lançamento	Industrial	4,30	24
771C	Taubaté	7.433,00	453,50	P. Pereira Lima	Faz. Morro Grande- Bairro da Pedra Negra	Captação	Industrial	1,00	24
957C	Taubaté	7.439,22	452,78	Flavio Barbosa de Moraes	Estr.Munic.De Santa Luzia e/ou do Pinga - Ribeirão das Almas	Captação	Irrigação/rural	4,00	24
958L	Taubaté	7.439,27	452,58	Flavio Barbosa de Moraes	Estr. Munic. De Santa Luzia e/ou do Pinga - Ribeirão das Almas	Lançamento	Irrigação/rural	4,00	24
995C	Taubaté	7.438,15	458,23	Demilson Gonçalves Vaz	Rod. Oswaldo Cruz Km 29- Bairro Carapeba/Pinhal	Captação	Irrigação/rural	1,61	24
996L	Taubaté	7.436,05	458,20	Demilson Gonçalves Vaz	Rod. Oswaldo Cruz Km 29- Bairro Carapeba/Pinhal	Lançamento	Irrigação/rural	1,61	24
1085C	Taubaté	7.442,93	446,56	Nicola Di Angels	Rod . Oswaldo Cruz Km11- Bairro Rio Comprido	Captação	Irrigação/rural	3,60	24
1086L	Taubaté	7.443,07	446,66	Nicolas Di Angels	Rod. Oswaldo Cruz Km11- Bairro Rio Comprido	Lançamento	Irrigação/rural	3,60	24
1095C	Taubaté	7.448,83	449,13	Roberto Masanubu	Estr.Munic. Dos Remédios, 3000- Bairro dos Remédios	Captação	Irrigação/rural	0,90	24

Fonte de dados: CPTI (2000).

Tabela 7 Continuação. Pontos de captação e lançamento particulares localizados na bacia do rio Uma (UNITAU, 2006).

N°	Município	UTM-N(km)	UTM-E(km)	Proprietário	Endereço	Tipo	Uso	Q(m³/h)	Funcionamento (h/dia)
1096L	Taubaté	7.449,10	448,40	Roberto Masanubu	Estr.Munic. Dos Remédios,3000-Bairro dos Remédios	Lançamento	Irrigação/rural	0,90	24
1149C	Taubaté	7.445,40	451,93	Eduardo Lopes	Estr. do Taboão, km 19-Bairro Taboão	Captação	Irrigação/rural	1,44	24
1150L	Taubaté	7.445,24	451,98	Eduardo Lopes	Estr. Do Taboão, Km 19-Bairro Taboão	Lançamento	Irrigação/rural	1,44	24
1255C	Taubaté	7.451,40	451,06	Donizete Bueno de Gouvea	Estr. Munic. Das Sete Voltas,8090 - Bairro Sete Voltas	Captação	Irrigação/rural	3,00	24
1256L	Taubaté	7.451,43	451,02	Donizete Bueno de Gouvea	Estr. Munic. Das Sete Voltas,8090 - Bairro Sete Voltas	Lançamento	Irrigação/rural	3,00	2

Fonte de dados: CPTI (2000).

2.4.5. Esgotos e Lançamentos.

O banco de dados ambientais (UNITAU, 2006), informa que apesar da coleta de esgoto atingir 90% da população, 0% é tratado. Informa também que existem dados de nove pontos de lançamentos particulares que juntos geram 49,8 m³/h (13,8 L/s). E ainda que os lançamentos são efetuados no rio Una e afluentes, tornando o lançamento in natura um dos principais problemas da bacia do rio Una.

2.5. Legislação.

A legislação ambiental foi criada, e vem sendo aperfeiçoada, para que o meio ambiente seja protegido visando qualidade de vida sadia para todos os seres humanos, e para que a população possa exigir atitudes tanto do poder público quanto de si mesma. Foram instituídas leis para proteger ambientes frágeis ou especiais, pelas suas características e sua importância ecológica, visando garantir o direito de todos ao ambiente saudável e equilibrado (JACOVINE, 2008).

Quando se trata especificamente de corpos d'água a legislação ambiental vigente é a resolução CONAMA 357/05, que por sua vez tem sido considerada de extrema importância para empresas e empreendimentos com potencial poluidor, pois dispõem sobre a classificação dos corpos de água, diretrizes ambientais para seu enquadramento, e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

No presente trabalho de acordo com a classificação do rio em questão, foram utilizados os parâmetros discriminados abaixo, constantes no artigo 15 da resolução CONAMA 357/05.

2.5.1. Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005 (Art. 15).

Art 15. Aplicam-se às águas doces de classe 2 as condições e padrões da classe 1 previstos no artigo anterior (Anexo 7.2), à exceção do seguinte:

I - não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

II - coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

III - cor verdadeira: até 75 mg Pt/L;

IV - turbidez: até 100 UNT;

V - DBO 5 dias a 20 °C até 5 mg/L O₂;

VI - OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂;

VII - clorofila a: até 30 µg/L;

VIII - densidade de cianobactérias: até 50000 cel/mL ou 5 mm/L; e,

IX - fósforo total:

a) até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; e,

b) até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico.

2.6. Água: aspectos gerais.

Já é de nosso conhecimento a importância da água na manutenção da vida na terra. Porém não menos importante é o conhecimento de que a quantidade de água disponível na terra para consumo humano é muito pequena em relação a proporção de água existente no planeta. Apenas 2,5% de toda água existente no planeta é água doce, onde deste total 68,9% estão nas calotas polares, geleiras e neves dos cumes das montanhas, 29% são águas subterrâneas doces e apenas 0,3% são rios e lagos. Excluindo-se a água contida nas calotas polares e nos aquíferos, a humanidade conta com pouco mais de 2.000 km³ das águas dos rios para suprir quase a totalidade de suas demandas, e destes recursos, quase metade (946 km³) encontra-se na América do Sul (REBOUÇAS, 2006).

Mas o que mais preocupa é a manutenção da qualidade desta água, embora seja um recurso renovável, sua capacidade é finita. Desse modo, deve ser utilizada de forma racional e a sua conservação deve ser constante, seja no meio rural ou urbano (SANTOS, 2005).

Elemento essencial para produção agrícola; o cultivo do arroz irrigado por inundação do solo, por exemplo, necessita em torno de 2000 L (2 m³) de água para produzir 1 kg de grãos com casca (EMBRAPA, 2005).

Mesmo tratando-se de um recurso reconhecidamente valioso, nas últimas décadas observou-se uma despreocupação quanto à crescente deterioração da qualidade das águas, devido principalmente à sua aparente abundância (SIMONASSI, 2001). E o seu reuso pode ser comprometido pela

qualidade, que se deteriora em função do grande aporte de resíduos e rejeitos oriundos das atividades antrópicas (LEMES, 2001).

2.6.1. Qualidade da água.

De acordo com BILICH E LACERDA (2005), a qualidade da água é um termo que não se restringe à determinação da pureza da mesma, mas às suas características desejadas para os seus diversos usos. Tanto as características físicas, químicas como as biológicas da água podem ser alteradas. Na maioria dos casos essa alteração é causada pela poluição, que pode ter diversas origens.

Entende-se por poluição das águas a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos (VON SPERLING, 1996).

As características físicas e químicas de todo corpo d'água são determinadas, em grande parte, pelo clima, geomorfologia e condições geoquímicas prevalentes na bacia de drenagem. O intemperismo de rochas é, geralmente, determinante das características químicas das águas, e essas variam com a geologia e com a intensidade das entradas por outras vias, incluindo a precipitação pluviométrica e a poluição (PELAEZ-RODRIGUEZ, 2001 & FIGUEIREDO, 2008), portanto a qualidade da água é reflexo do efeito combinado de muitos processos que ocorrem ao longo do curso d'água (PETERS e MEYBECK, 2000 & FIGUEIREDO, 2008). Ou seja, é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. De maneira

geral, pode-se dizer que a qualidade de uma determinada água é função do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica (VON SPERLING, 1996). Além das características e os diferentes usos de solos, os períodos de amostragens (seco ou chuvoso) influenciam na qualidade da água das microbacias (DONADIO et al., 2005).

2.6.2. Monitoramento da água.

O monitoramento de um recurso hídrico, como por exemplo, as redes de monitoramento através das quais se verificam as características qualitativas e quantitativas dos rios, lagos e águas subterrâneas, permite dispor informações necessárias para descrever o estado de qualidade do recurso hídrico, elaborar previsões e desenvolver instrumentos de gestão, fundamentais no processo decisório das políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos.

Proporciona um amplo campo de participação e divulgação de conhecimentos na sociedade, fornecendo ferramentas para a compreensão do meio ambiente e tomadas de decisões (CANADA, 1994).

Em outras palavras estas informações podem ser repassadas (de forma sintética e acessível) ao público para entendimento do ambiente local, como a situação de qualidade dos principais mananciais de abastecimento público ou as condições de proteção da biodiversidade dos ambientes aquáticos. Tornando a sociedade capaz de monitorar as mudanças ambientais provocadas por ações antropogênicas, identificar efeitos

positivos das medidas mitigadoras adotadas e identificar também os locais mais degradados com necessidade de remediação mais urgente.

A composição natural e a verificação de indícios de poluição ou contaminação das águas podem ser avaliadas por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Esta avaliação é fundamental para determinação da adequabilidade das águas em função do uso requerido (MAGALHÃES, 2006).

2.6.3. Variáveis de qualidade das águas.

Vários componentes estão presentes na água. Sua origem pode ser antrópica ou natural do ambiente. Os níveis encontrados de cada componente podem identificar as qualidades ou impurezas desta água de acordo com alguns parâmetros predeterminados para seu uso. Na realização deste trabalho adotou-se os parâmetros da Resolução CONAMA (nº 357/05, Art. 15) apresentados anteriormente no item 2.5.1.

Potencial Hidrogeniônico (pH).

Por influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas, o pH é um parâmetro importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental.

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante podendo, determinadas condições de pH contribuir para a precipitação de elementos químicos

tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes. Desta forma, as restrições de faixas de pH são estabelecidas para as diversas classes de águas naturais (CETESB, 2009).

Oxigênio Dissolvido.

O oxigênio proveniente da atmosfera se dissolve nas águas naturais, devido à diferença de pressão parcial. Este mecanismo é regido pela Lei de Henry:

$$C_{\text{sat}} = \alpha \cdot p_{\text{gás}}$$

A lei de Henry define que a concentração de saturação de um gás na água, em função da temperatura onde α é uma constante que varia inversamente proporcional à temperatura e $p_{\text{gás}}$ é a pressão exercida pelo gás sobre a superfície do líquido. No caso do oxigênio, considerando-se como constituinte de 21% da atmosfera, pela lei de Dalton, exerce uma pressão de 0,21 atm. Para 20°C, por exemplo, α é igual a 43,9 e, portanto, a concentração de saturação de oxigênio em uma água superficial é igual a $43,9 \times 0,21 = 9,2$ mg/L. É muito comum em livros de química, a apresentação de tabelas de concentrações de saturação de oxigênio em função da temperatura, da pressão e da salinidade da água.

A taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido em águas naturais através da superfície, depende das características hidráulicas e é proporcional à velocidade, sendo que a taxa de reaeração superficial em uma cascata é maior do que a de um rio de velocidade normal, que por sua

vez apresenta taxa superior à de uma represa, onde a velocidade normalmente é bastante baixa.

Outra fonte importante de oxigênio nas águas é a fotossíntese de algas. Este fenômeno ocorre em águas poluídas ou, mais propriamente, em águas eutrofizadas, ou seja, aquelas em que a decomposição dos compostos orgânicos lançados levou à liberação de sais minerais no meio, especialmente os de nitrogênio e fósforo, que são utilizados como nutrientes pelas algas.

Esta fonte, não é muito significativa nos trechos iniciais de rios à jusante de fortes lançamentos de esgotos, pois a turbidez e a cor elevada dificulta a penetração dos raios solares e apenas poucas espécies resistentes às condições severas de poluição conseguem sobreviver.

Este efeito pode "mascarar" a avaliação do grau de poluição de uma água, quando se toma por base apenas a concentração de oxigênio dissolvido. Sob este aspecto, águas poluídas são aquelas que apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido (devido ao seu consumo na decomposição de compostos orgânicos), enquanto que as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido elevadas, chegando até a um pouco abaixo da concentração de saturação. No entanto, uma água eutrofizada pode apresentar concentrações de oxigênio bem superiores a 10 mg/L, mesmo em temperaturas superiores a 20°C, caracterizando uma situação de supersaturação. Isto ocorre principalmente em lagos de baixa velocidade onde chegam a se formar crostas verdes de algas à superfície (CETESB, 2009).

Condutividade Elétrica.

A condutividade é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados (CETESB, 2009).

A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água (CETESB, 2009).

Demanda Bioquímica de Oxigênio ($\text{DBO}_{5,20}$).

A $\text{DBO}_{5,20}$ de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A $\text{DBO}_{5,20}$ é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20°C é freqüentemente usado e referido como $\text{DBO}_{5,20}$.

Pelo fato de a $\text{DBO}_{5,20}$ somente medir a quantidade de oxigênio consumido num teste padronizado, não indica a presença de matéria não

biodegradável, nem leva em consideração o efeito tóxico ou inibidor de materiais sobre a atividade microbiana.

Os maiores aumentos em termos de $DBO_{5,20}$, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática.

Um elevado valor da $DBO_{5,20}$ pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis (CETESB, 2009).

Série de Nitrogênio - (amônia, nitrato, nitrito e nitrogênio orgânico).

São diversas as fontes de nitrogênio nas águas naturais. Os esgotos sanitários constituem em geral a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico devido à presença de proteínas e nitrogênio amoniacal, devido à hidrólise sofrida pela uréia na água. Alguns efluentes industriais também concorrem para as descargas de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas, como algumas indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, de conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes. A atmosfera é outra fonte importante devido a diversos mecanismos: fixação biológica desempenhada por bactérias e algas, que incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos, contribuindo para a presença de nitrogênio orgânico nas águas, a fixação química, reação que depende da presença de luz, concorre para as presenças de amônia e

nitratos nas águas, as lavagens da atmosfera poluída pelas águas pluviais concorrem para as presenças de partículas contendo nitrogênio orgânico bem como para a dissolução de amônia e nitratos. Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio. Também nas áreas urbanas, as drenagens de águas pluviais associadas às deficiências do sistema de limpeza pública, constituem fonte difusa de difícil caracterização (CETESB, 2009).

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas e as duas últimas, formas oxidadas. Pode-se associar a idade da poluição com a relação entre as formas de nitrogênio. Ou seja, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo. Se prevalecer nitrito e nitrato, ao contrário, significa que as descargas de esgotos se encontram distantes. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas (CETESB, 2009).

Os compostos de nitrogênio são nutrientes para processos biológicos. São tidos como macronutrientes pois, depois do carbono, o nitrogênio é o elemento exigido em maior quantidade pelas células vivas. Quando descarregados nas águas naturais conjuntamente com o fósforo e outros

nutrientes presentes nos despejos, provocam o enriquecimento do meio tornando-o mais fértil e possibilitam o crescimento em maior extensão dos seres vivos que os utilizam, especialmente as algas, o que é chamado de eutrofização. Quando as descargas de nutrientes são muito fortes, dá-se o florescimento muito intenso de gêneros que predominam em cada situação em particular. Estas grandes concentrações de algas podem trazer prejuízos aos usos que se possam fazer dessas águas, prejudicando seriamente o abastecimento público ou causando poluição por morte e decomposição. O controle da eutrofização, através da redução do aporte de nitrogênio é comprometida pela multiplicidade de fontes, algumas muito difíceis de serem controladas como a fixação do nitrogênio atmosférico, por parte de alguns gêneros de algas. Por isso, deve-se investir preferencialmente no controle das fontes de fósforo (CETESB, 2009).

Fósforo Total.

O fósforo aparece em águas naturais devido principalmente às descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes superfosfatados empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem contribuir a presença excessiva de fósforo em águas naturais (CETESB, 2009).

O fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, por exemplo. Os ortofosfatos, por outro lado, são representados pelos radicais, que se combinam com cátions formando sais inorgânicos nas águas. Os polifosfatos ou fosfatos condensados são polímeros de ortofosfatos. No entanto, esta terceira forma não é muito importante nos estudos de controle de qualidade das águas, porque os polifosfatos sofrem hidrólise se convertendo rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais (CETESB, 2009).

Assim como o nitrogênio, o fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macro-nutrientes, por ser exigido também em grandes quantidades pelas células. Nesta qualidade, torna-se parâmetro imprescindível em programas de caracterização de efluentes industriais que se pretende tratar por processo biológico (CETESB, 2009).

Turbidez.

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (e esta redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral, etc. A erosão das margens dos rios em estações

chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas e que exigem manobras operacionais, como alterações nas dosagens de coagulantes e auxiliares, nas estações de tratamento de águas. A erosão do solo pode decorrer do mau uso do solo em que se impede a fixação da vegetação. Este exemplo, mostra também o caráter sistêmico da poluição, ocorrendo inter-relações ou transferência de problemas de um ambiente (água, ar ou solo) para outro (CETESB, 2009).

Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas. Um exemplo típico deste fato ocorre em consequência das atividades de mineração, onde os aumentos excessivos de turbidez têm provocado formação de grandes bancos de lodo em rios e alterações no ecossistema aquático (CETESB, 2009).

Alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de uma água (CETESB, 2009).

3. Material e Métodos.

A área de estudo está localizada dentro da sub-bacia hidrográfica do Rio Quiririm, um dos afluentes do Rio Paraíba do Sul, localiza-se no município de Taubaté entre as coordenadas geográficas latitude 23°02'S, longitude 45°63'W e altitude de 500 m, em uma área com aproximadamente 50 hectares (Figura 6). Nesta figura é possível visualizar os pontos de entrada e saída da água, (captação de água no Rio Quiririm para irrigar a cultura do arroz e seu despejo no Rio Paraíba do Sul após a irrigação). O clima da sub-bacia é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 21,4°C (Setzer, 1996; Sentelhas et al., 1999).



Figura 6. Imagem de Satélite dos Pontos 1 (entrada de água na cultura) e 2(saída de água da cultura para despejo no rio Paraíba). Fonte: Google Earth, 2009.

O arrozal em estudo utiliza a técnica de irrigação por inundação, onde a gravidade é responsável pela circulação da água e a lamina d'água mantida permanece entre 10 e 15 centímetros. O plantio é feito com

sementes pré-germinadas. A área é subdividida em talhões com dimensões variáveis de 6,8 a 13 ha. A água utilizada para irrigação é captada do rio Quiririm, sendo este formado pela junção do córrego da Boçoroca e do Ribeirão Piracangaguá.

Antes do início do plantio foi realizado uma análise das características do solo quanto aos teores de macro e micronutrientes (Tabela 9). Esta análise foi realizada pelo laboratório Unithal, Campinas/SP.

Tabela 8. Análise prévia de macro e micronutrientes do solo.

Cultura e/ou material		Arroz	Arroz	Arroz	Arroz	Arroz	Arroz
Talhão		T02	T03	T04	T05	T06	T07
Macronutrientes	Unidade						
pH (CaCl ₂)		4,50	4,40	4,40	4,30	4,50	4,30
pH (H ₂ O)		5,20	4,90	4,90	4,80	5,10	4,80
pH (SMP)		5,95	5,95	5,95	5,85	5,90	5,70
Hidrog. + Alum.	Cmol	4,50	4,50	4,50	5,00	4,70	5,80
Alumínio	Cmol	0,30	0,80	0,90	0,90	0,50	0,70
Cálcio	Cmol	2,40	5,30	6,90	2,70	2,60	3,40
Magnésio	Cmol	1,00	2,10	2,50	1,20	1,00	1,40
Potássio	Cmol	0,10	0,22	0,27	0,15	0,13	0,24
Fósforo (mehlich)	mg/dm ³	29,00	24,00	35,00	18,00	38,00	27,00
Fósforo (resina)	mg/dm ³	56,00	51,00	72,00	37,00	74,00	56,00
Carbono	g/dm ³	16,00	25,00	30,00	20,00	18,00	22,00
Matéria Orgânica	%	2,80	4,30	5,20	3,40	3,10	3,80
Soma de bases (SB)	Cmol	3,50	7,62	9,67	4,05	3,73	5,04
Capac. Troca (CTC)	Cmol	8,00	12,12	14,17	9,05	8,43	10,84
Saturação Bases (V)	%	43,75	62,87	68,24	44,75	44,25	46,49
Micronutrientes	Unidade						
Enxofre	mg/dm ³	11,40	17,20	34,00	9,00	9,90	18,20
Sódio	mg/dm ³	10,00	21,00	28,50	14,00	11,00	22,00
Boro	mg/dm ³	0,50	0,40	0,30	0,20	0,30	0,40
Ferro	mg/dm ³	980,00	880,00	532,00	938,00	869,00	970,00
Manganês	mg/dm ³	5,50	4,20	2,50	3,50	5,00	4,50
Cobre	mg/dm ³	3,50	5,00	3,50	3,80	5,30	4,80
Zinco	mg/dm ³	16,50	7,00	21,00	15,50	4,50	7,30

Durante o ciclo da cultura de arroz foram utilizados adubos para favorecer a produtividade, sendo eles, uréia e NPK na relação 20-00-20 (Tabela 10). Nesta tabela podemos visualizar as datas, quantidades e repetições adotadas. A adubação foi feita a lanço, utilizando máquina. Para isso, fecha-se a saída e a entrada de água da quadra, em seguida é feita a adubação, posteriormente é dado um tempo de descanso entre 4 e 5 dias para que o nível de água baixe, e para finalizar é liberada novamente a entrada de água na quadra. Lembrando que a irrigação é feita por gravidade e a lamina d'água varia entre 10 e 15 centímetros. Além disso, ressalta-se que todas as práticas culturais foram realizadas pelo agricultor sem a interferência do estudo realizado.

Tabela 9. Relação das datas e quantidades de adubo utilizados na cultura.

Talhão	Área (ha)	1ª adubação (Uréia)		2ª adubação (20-00-20)		3ª adubação (20-00-20)	
		Data da aplicação	Quantidade (kg/ha)	Data da aplicação	Quantidade (kg/ha)	Data da aplicação	Quantidade (kg/ha)
nº 2	7,6	20/09/08	123	27/10/08	181	24/11/08	80
nº 3	6,8	20/09/08	115	27/10/08	281	-----	-----
nº 4	7,0	22/09/08	117	27/10/08	181	-----	-----
nº 5	9,0	24/11/08	144	23/12/08	185	-----	-----
nº 6	6,0	03/11/08	143	24/11/08	192	-----	-----
nº 7	13,0	03/11/08	127	24/11/08	193	-----	-----

O trabalho exploratório consistiu em reconhecimento da área, utilizando GPS de navegação e câmera digital. Foi realizado caminhamento por toda a área, onde foram observados e registrados os pontos de amostragem para o estudo da qualidade de água. Para isto, levou-se em consideração a saída do afluente da área do cultivo de arroz.

A localização e a descrição dos pontos de coleta se encontram na Figura 7.

Os dois primeiros pontos de amostragem localizaram-se respectivamente na captação e despejo da água do arrozal, e os quatro pontos de amostragem seguintes localizaram-se no Rio Paraíba do Sul. Sendo um ponto a montante e os demais pontos a jusante do ponto de despejo da água do arrozal, distanciados aproximadamente por 1 km.

Os locais das coletas foram georeferenciados com o propósito de dar precisão a localização para futuras análises e comparações.



Figura 7. Imagem de Satélite da região em estudo e dos pontos de amostragem para a análise da qualidade da água. (Fonte: Google Earth, 2009).

- Ponto 1: Amostragem retirada na entrada da área de cultivo do arroz, no Distrito de Quiririm. Localização: S 23° 01' 35" e W 45° 38' 14" Elevação: 544 m (Figura 8).



Figura 8. Ponto 1 para amostragem da qualidade da água.

- Ponto 2: Amostragem retirada na saída da área de cultivo do arroz, no Distrito de Quiririm. Localização: S 23° 00' 57" e W 45° 38' 41" Elevação: 539 m (Figura 9).



Figura 9. Ponto 2 para amostragem da qualidade da água.

- Ponto 3: Amostragem retirada a aproximadamente 200 metros da Rodovia Floriano Rodrigues Pinheiros (SP-123), no Distrito de Quiririm. Localização: S 22° 59' 53" e W 45° 38' 22" Elevação: 540 m (Figura 10).

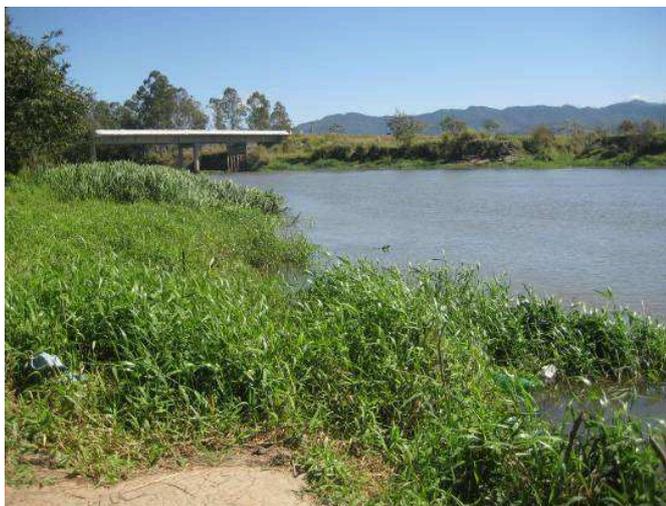


Figura 10. Ponto 3 para amostragem da qualidade da água.

- Ponto 4: Amostragem retirada próximo a obra da estação de tratamento de Taubaté – Tremembé. Localização: S 22° 58' 03" e W 45° 35' 16" Elevação: 539 m (Figura 11).



Figura 11. Ponto 4 para amostragem da qualidade da água.

- Ponto 5: Amostragem retirada ao lado esquerdo da ponte (jusante da cidade) de Tremembé. Localização: S 22° 57' 38" e W 45° 33' 18" Elevação: 537 m (Figura 12).

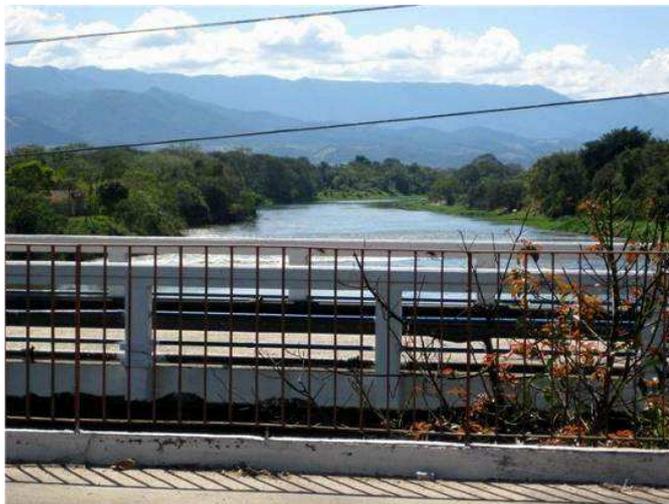


Figura 12. Ponto 5 para amostragem da qualidade da água.

- Ponto 6: Amostragem retirada à montante da saída da área de cultivo do arroz. Localização: S 23° 00' 47" e W 45° 39' 58" Elevação: 542 m (Figura 13).



Figura 13. Ponto 6 para amostragem da qualidade da água.

As amostras de água foram coletadas em recipientes de plástico de 5 litros e acondicionadas em caixa de isopor contendo gelo. Para as análises do oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) as amostras foram coletadas em frascos de vidro padrão para OD. Posteriormente, as mesmas foram transportadas ao Laboratório de Análises de Água e Efluentes Líquidos da Universidade de Taubaté, onde foram realizadas as análises físico-químicas da água.

As variáveis ambientais avaliadas foram as seguintes: condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total (P), nitrogênio total (N), potencial hidrogênico (pH), e turbidez (UT). As coletas das amostras e análises foram realizadas semanalmente durante cinco meses, correspondentes ao período de plantio até a colheita da cultura do arroz, entre os meses de outubro de 2008 e fevereiro de 2009. São seis pontos distintos de coleta, totalizando 18 amostras (3 em cada ponto escolhido).

Fósforo Total e Nitrogênio Total:

Os parâmetros fósforo total e nitrogênio total seguiram a metodologia proposta pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (1998) e pela Normatização técnica Cetesb, utilizando-se reagentes de grau analítico PA.

pH:

Os valores de pH foram determinados pelo método eletrométrico, utilizando-se um pHmetro digital da marca Digimed, modelo DM – 23.

Condutividade Elétrica:

Os valores da condutividade elétrica foram obtidos por meio de um condutivímetro da marca Digimed, modelo CD – 21.

Turbidez:

As medidas de turbidez foram realizadas utilizando-se turbidímetro da marca Micronal, modelo B250.

OD e $DBO_{5,20}$:

As determinações de oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio seguiram o método do eletro de membrana e foram determinados por um oxímetro digital da marca Digimed, modelo DM – 4P.

$DBO_{5,20}$ significa um período de tempo de 5 dias de incubação numa temperatura de 20 °C.

Os valores encontrados dos parâmetros avaliados nesse estudo foram comparados com os padrões da Resolução CONAMA (nº 357/05, Art.15) estabelecidos para águas doces da Classe 2, já visto no item 2.5.1.

4. Resultados e Discussão.

Para auxiliar as discussões, na Tabela 11 se apresenta um esquema com as fases do cultivo do arroz e aplicação de nutrientes.

Tabela 10. Fases do Cultivo do Arroz e aplicação de nutrientes (Ano de 2008 e 2009).

Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev
Preparo do Solo						
	Inundação para semeadura					
	Drenagem/Germinação					
	1º Adubação (Uréia)	2º Adubação (20-00-20)	3º Adubação (20-00-20)			
		Inundação				
				Drenagem		
					Colheita	

A condutividade elétrica depende das concentrações iônicas e da temperatura, e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados (CETESB, 2009). Como podemos ver na Figura 14 o rio Paraíba apresentou variações ao longo de todo o percurso e durante todo o período estudado, porém nada significativo em função da água de despejo que recebe da cultura do arroz. Apresentou no dia 21/10 seu maior pico e uma média mais alta no período das chuvas, evidenciando que o carregamento de substância para o rio é maior nos períodos de maior precipitação. Já em relação as alterações ocorridas entre o Ponto 1 (captação da água para a orizicultura) e o Ponto 2 (água de despejo da cultura no rio Paraíba) Figura 15, não se observa uma constante perda ou ganho de qualidade de água devido ao uso pela cultura, mas vale ressaltar que no dia 26/11 houve um aumento

significativo da condutividade elétrica de $87 \mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$ do Ponto 2 em relação ao Ponto 1, devido a introdução de NPK e Uréia feita dois dias antes (Tabela 9), e observa-se também que em oito datas distintas a condutividade elétrica no Ponto 2 está superior ao Ponto 1, em contra partida o Ponto 1 apresentou dois valores muito acima do Ponto 2, nos dias 24/09 e 29/10, evidenciando assim que a água captada (rio Quirim) para cultura recebe cargas poluidoras a montante de sua captação, que pode contribuir de forma negativa para qualidade da água do rio Paraíba.

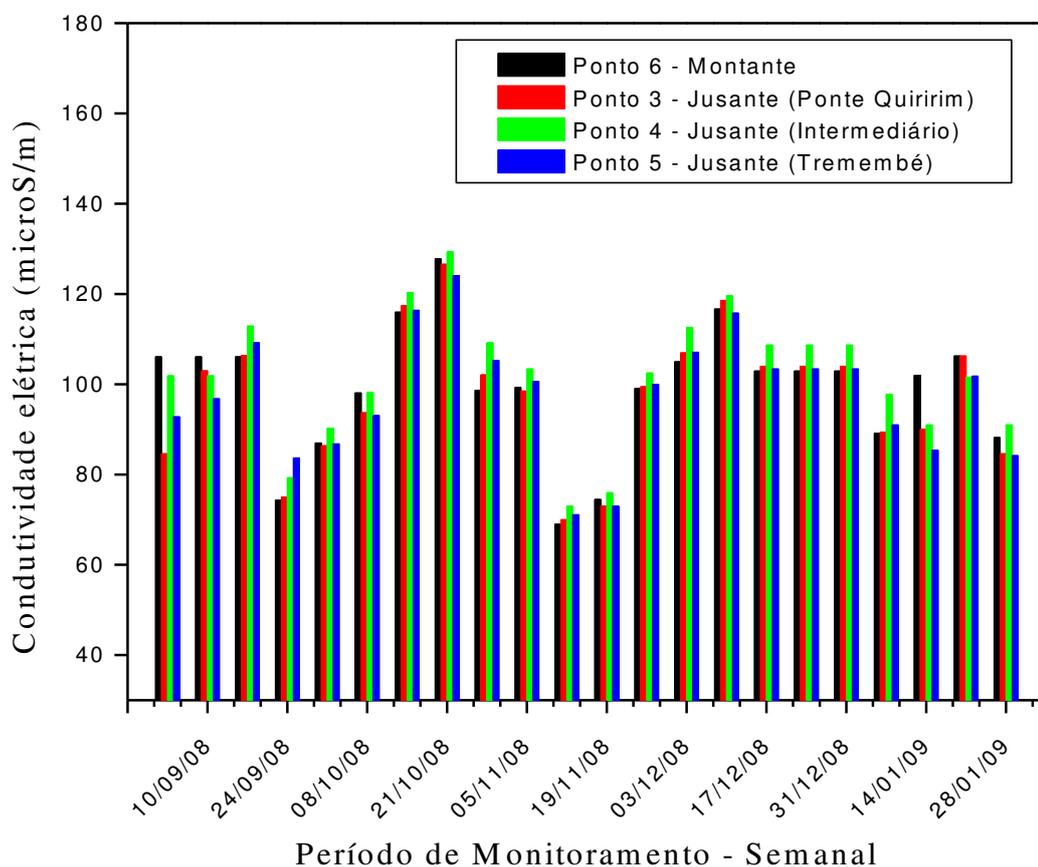
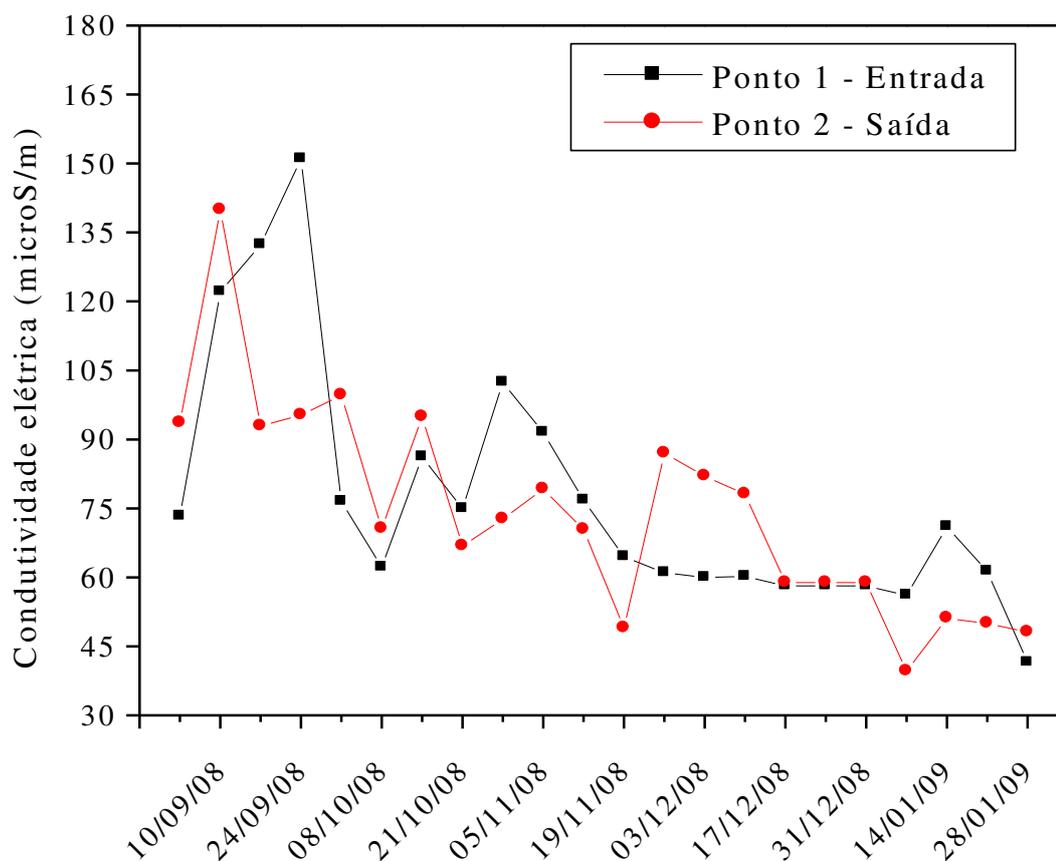


Figura 14. Evolução da CE da água ao longo do período de monitoramento no Rio Paraíba do Sul.



Período de Monitoramento - Semanal

Figura 15. Evolução da CE da água ao longo do período de monitoramento para os pontos de entrada e saída da área de cultivo do arroz.

O oxigênio dissolvido (OD) é indispensável à sobrevivência dos organismos aeróbios. A água, em condições normais contém oxigênio dissolvido cujo teor de saturação, pela lei de Henry, depende da pressão parcial de vapor do gás e da temperatura. Assim, águas com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam que receberam matéria orgânica; pois a decomposição da matéria orgânica pelas bactérias aeróbias é acompanhada pelo consumo e redução do oxigênio dissolvido da água e; dependendo da capacidade de autodepuração do manancial, o teor de oxigênio dissolvido

pode alcançar valores muito baixos, ou mesmo zero, extinguindo-se os organismos aquáticos aeróbios.

De acordo com a Figura 16, Segundo a resolução CONAMA, observa-se que os valores de oxigênio dissolvido (OD) só estão dentro do valor estipulado para rios de classe 2 nos meses de setembro e dezembro.

Observa-se também que durante todo período de monitoramento, sistematicamente os valores encontrados no Ponto 6 encontraram-se superiores aos demais, demonstrando que a água nos pontos a jusante tem sofrido maiores impactos. Em contrapartida os valores encontrados no Ponto 5 apresentam-se sempre acima dos valores dos Pontos 3 e 4, demonstrando por sua vez o poder de autodepuração do rio Paraíba.

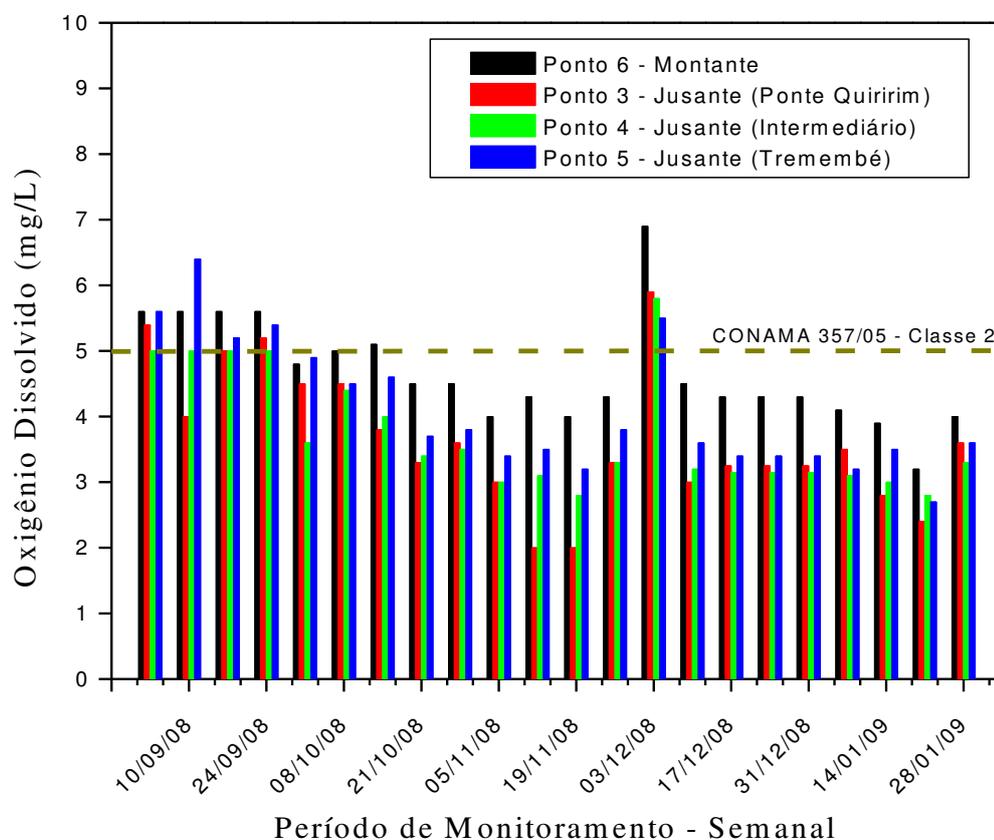


Figura 16. Evolução do OD na água ao longo do período de monitoramento do rio Paraíba do Sul.

Os resultados obtidos demonstram que o rio está em condições limitadas para a vida aquática e as irregularidades observadas acontecem devido à sensibilidade deste parâmetro em relação a interferências antrópicas.

Na Figura 17 pode ser observado uma diferença nos teores de OD entre os Pontos 1 e 2, a qual pode ser explicada pelo consumo de oxigênio por parte da cultura do arroz inundado.

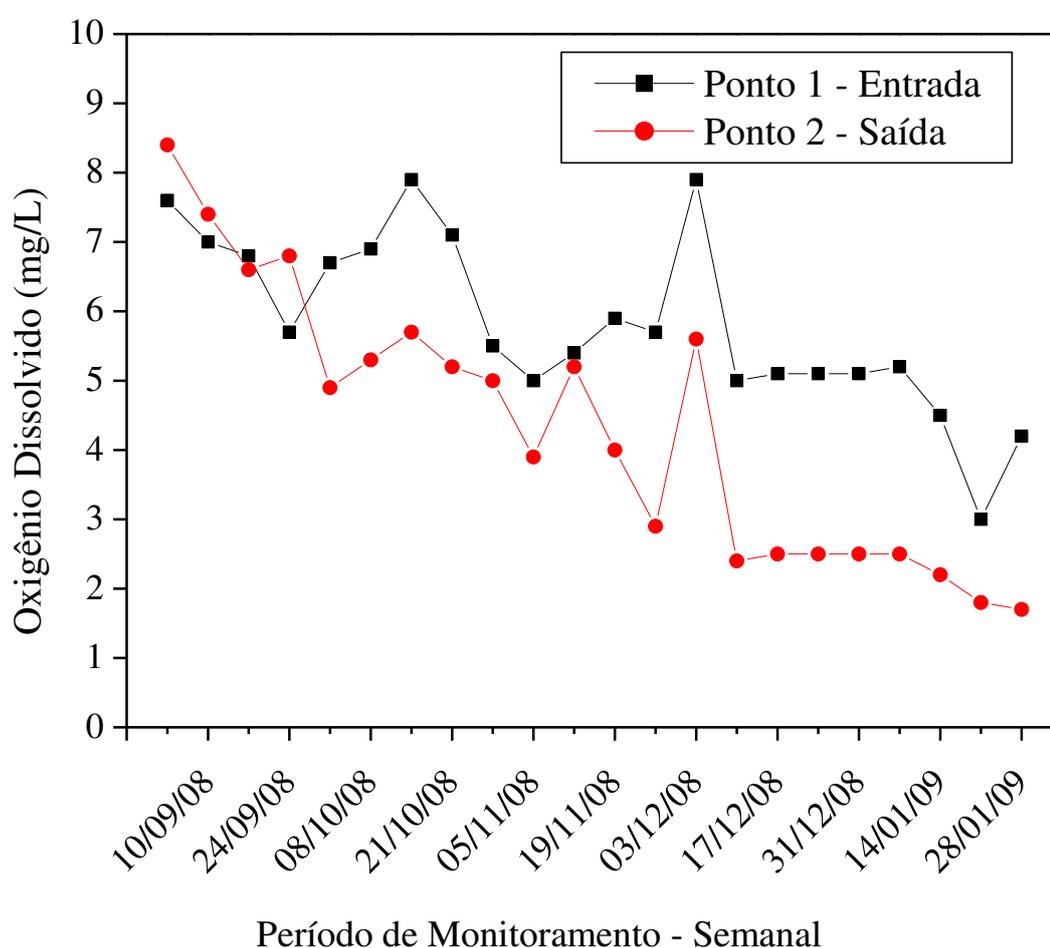


Figura 17. Evolução do OD na água ao longo do período de monitoramento para os pontos de entrada e saída da área de cultivo do arroz.

Os maiores aumentos em termos de $DBO_{5,20}$, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica, isto pode

induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática (CETESB, 2009).

Na Figura 18 pode se observar que ocorreram variações significativas das leituras de $DBO_{5,20}$ entre os meses monitorados, onde a maior variação encontrada foi a do mês de dezembro. No entanto, pode-se observar que os valores encontrados foram todos inferiores a 5 mg/L, estando, assim, dentro do que é exigido pela resolução (CONAMA 357) para rios de classe 2. O Rio Paraíba do Sul é considerado pela classificação de corpos hídricos um rio de classe 2 e, de acordo com o CONAMA e a CETESB, valores acima de 5 mg/L são considerados elevados quando se trata de água para o consumo humano. Outra observação é referente ao ponto de coleta 4, o qual retrata o lançamento de efluentes líquidos sem o devido tratamento oriundo da cidade de Taubaté. As leituras de $DBO_{5,20}$ para este ponto sempre estão acima dos demais pontos, principalmente em relação ao Ponto 5, revelando o poder de autodepuração do rio.

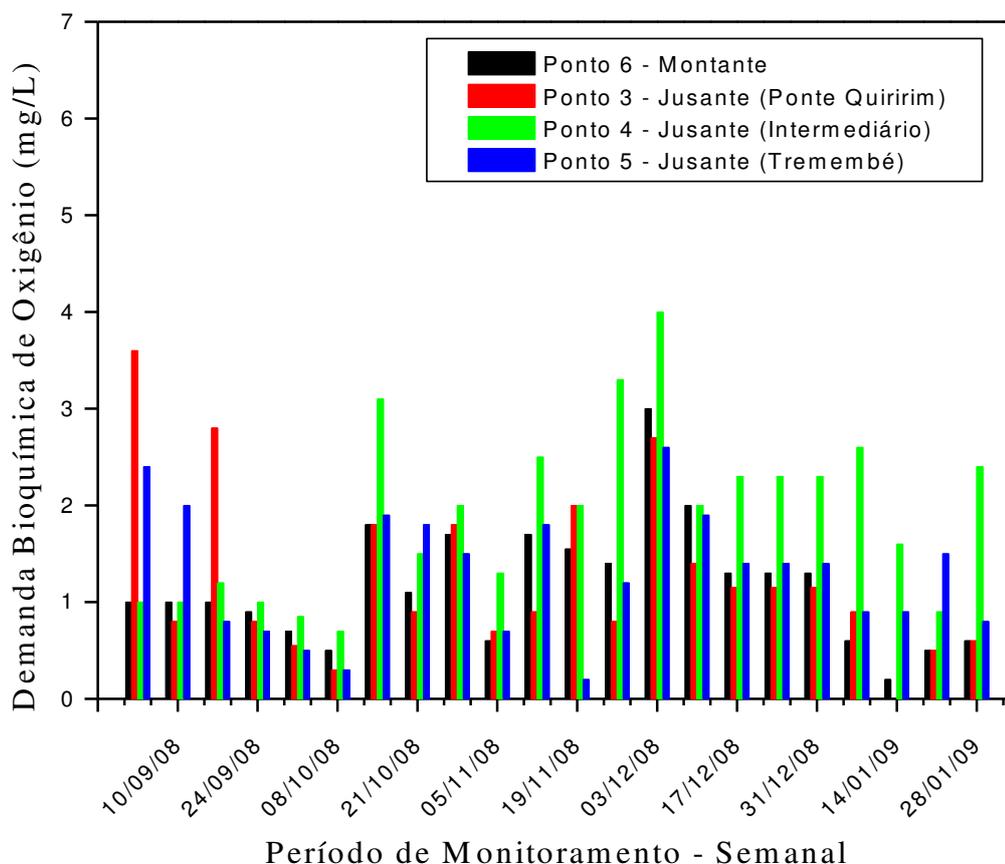


Figura 18. Evolução da DBO_{5,20} ao longo do período de monitoramento do rio Paraíba do Sul.

A Figura 19 apresenta uma comparação entre os valores de DBO_{5,20} nos Pontos 1 e 2 (entrada e saída de água da área de cultivo do arroz). Nela é possível se observar que no início do ciclo a prática do cultivo do arroz contribui com a poluição do Rio Paraíba do Sul, onde é lançado um efluente com carga orgânica proveniente da adubação e manejo da cultura até o mês de outubro.

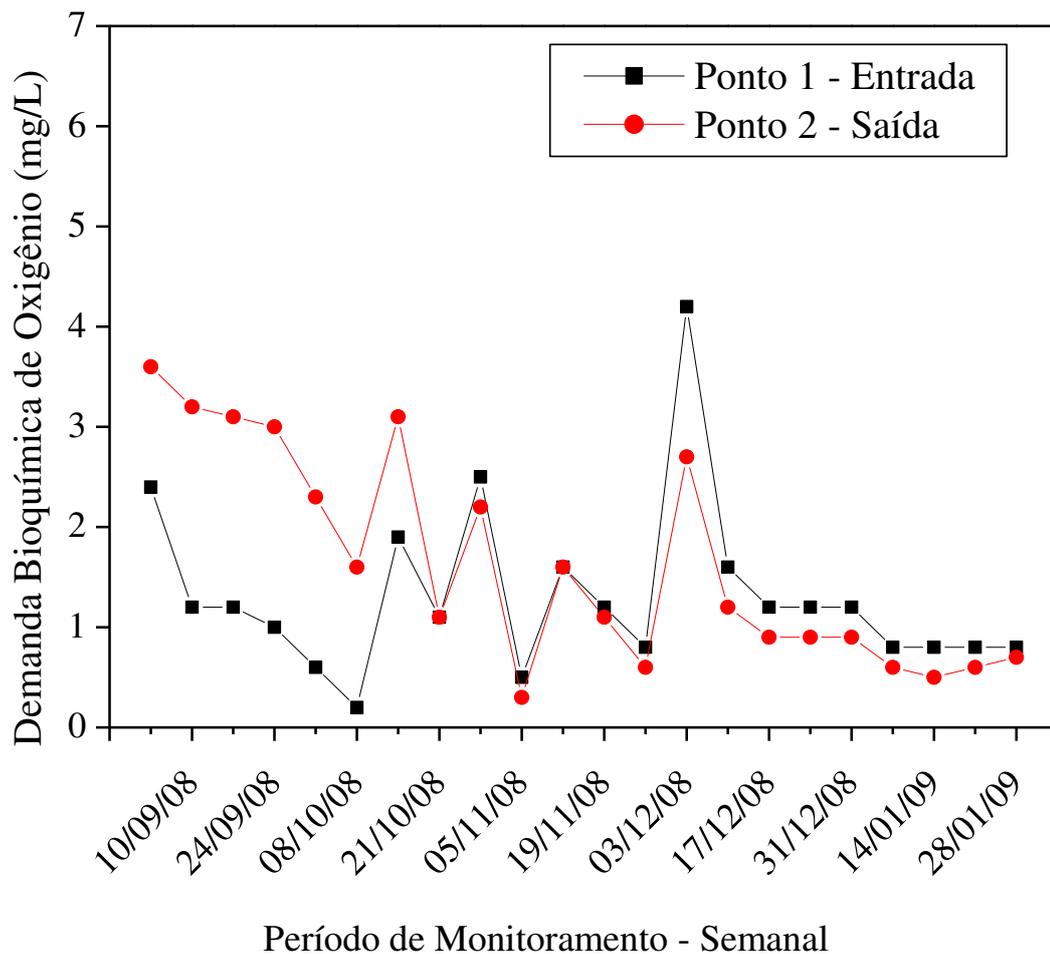


Figura 19. Evolução da DBO_{5,20} ao longo do período de monitoramento para os pontos de entrada e saída da área de cultivo do arroz.

Segundo SPERLING (1996), valores elevados de P total podem ser utilizados como indicadores do estado eutrófico de lagos, sendo valores acima de 0,05 mg/L indicativos de eutrofização. No Brasil os esgotos sanitários apresentam concentrações de fósforo normalmente nas faixas de 6 a 10 mg/L (PIVELI E KATO, 2006).

Na Figura 20 os valores de fósforo apresentados se mantiveram quase todos acima do valor permitido pela legislação (CONAMA 357/05), que é menor ou igual a 0,1 mg/L para rios “classe 2” em ambiente lótico, e observou-se que os valores mais altos foram registrados no mês de

novembro sendo 0,30 e 0,26 mg/L nos Pontos 6 e 5 respectivamente. Esses pontos se caracterizam por receber maior contribuição de carga orgânica oriundas do lançamento de esgoto doméstico.

Segundo CHAPMAN (1992), citado por PELÁEZ-RODRÍGUEZ (2001), as concentrações de fósforo, na maioria das águas naturais, encontram-se entre 0,005 mg/L e 0,020 mg/L. O menor valor de fósforo total encontrado nas águas foi de 0,06 mg/L no Ponto 3, no mês de setembro.

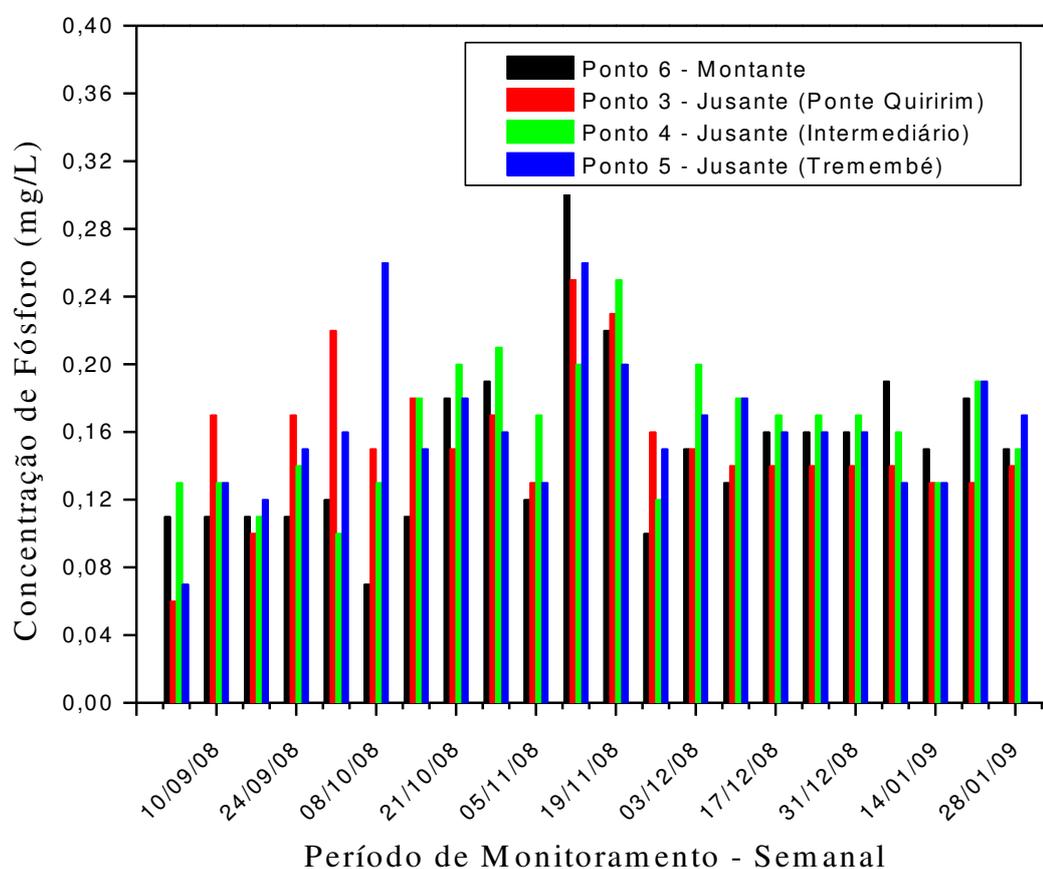


Figura 20. Evolução dos teores de fósforo total ao longo do período de monitoramento do rio Paraíba do Sul.

Observam-se na Figura 21 dois picos de teores de fósforo total, o primeiro no Ponto 2 (saída da área de cultivo) e o segundo no Ponto 1 (entrada da área de cultivo), os quais caracterizam, respectivamente, o

manejo inadequado da cultura em função dos valores de fósforo encontrados no solo (Tabela 9) e/ou a presença de esgoto doméstico na água de irrigação. Estas observações resultam no aumento do teor de fósforo total na água por diferentes fontes de contaminação prejudicando a qualidade da água do Rio Paraíba do Sul através do processo de eutrofização.

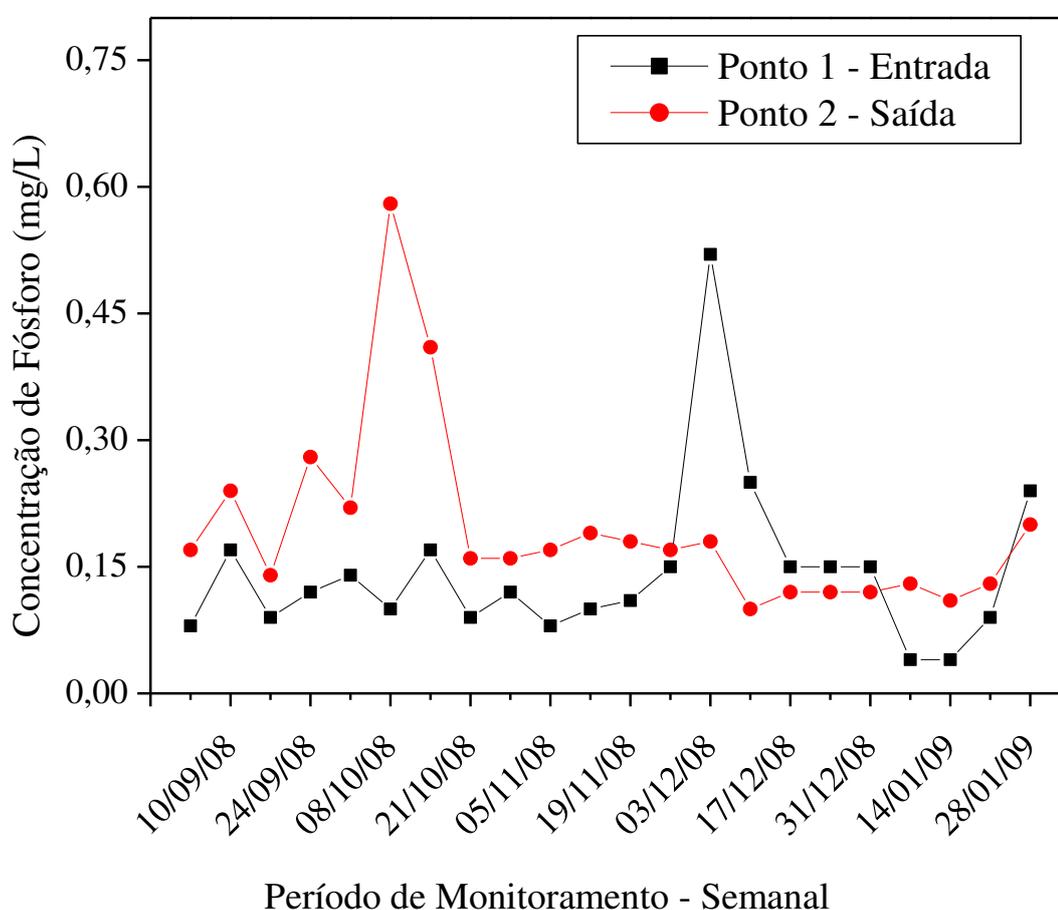


Figura 21. Evolução dos teores de fósforo total ao longo do período de monitoramento para os pontos de entrada e saída da área de cultivo do arroz.

O maior valor de nitrogênio total foi 0,58 mg/L observado no mês de outubro no Ponto 4 (Figura 22). De acordo com a resolução CONAMA 357/05 para valores de pH menores ou iguais a 7,5 não é aceitável valores

de nitrogênio amoniacal superiores a 3,7 mg/L. Entretanto, no período de adubação da cultura do arroz foi observado um pico no teor de nitrogênio total na saída da área (Figura 23), devido a adubação feita quatro dias antes (Tabela 9), onde foi acrescentado ao meio Uréia (composto rico em nitrogênio), na proporção de 115 kg/ha, o qual caracteriza uma fonte de contaminação e desperdício de recursos naturais. Este pico no teor de nitrogênio total observado representa um aumento de 153% em relação à média das coletas realizadas na entrada da área (N-total = 0,52 mg/L).

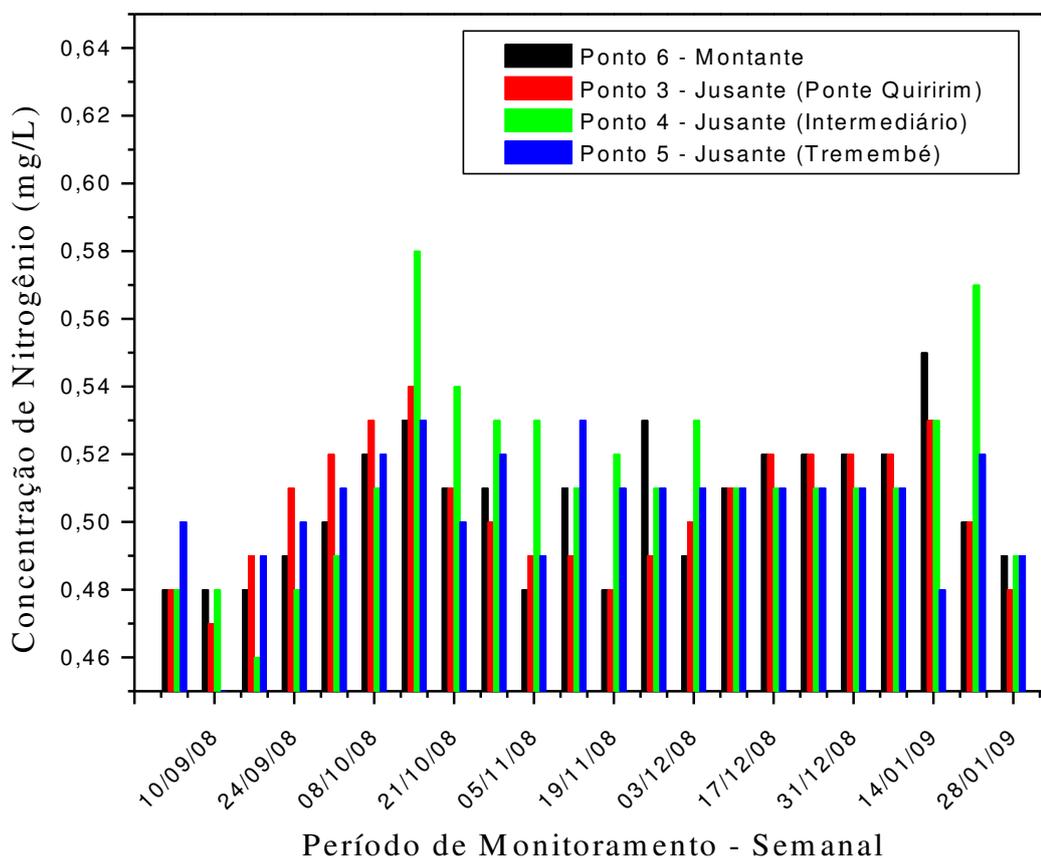


Figura 22. Evolução dos teores de nitrogênio total ao longo do período de monitoramento do rio Paraíba do Sul.

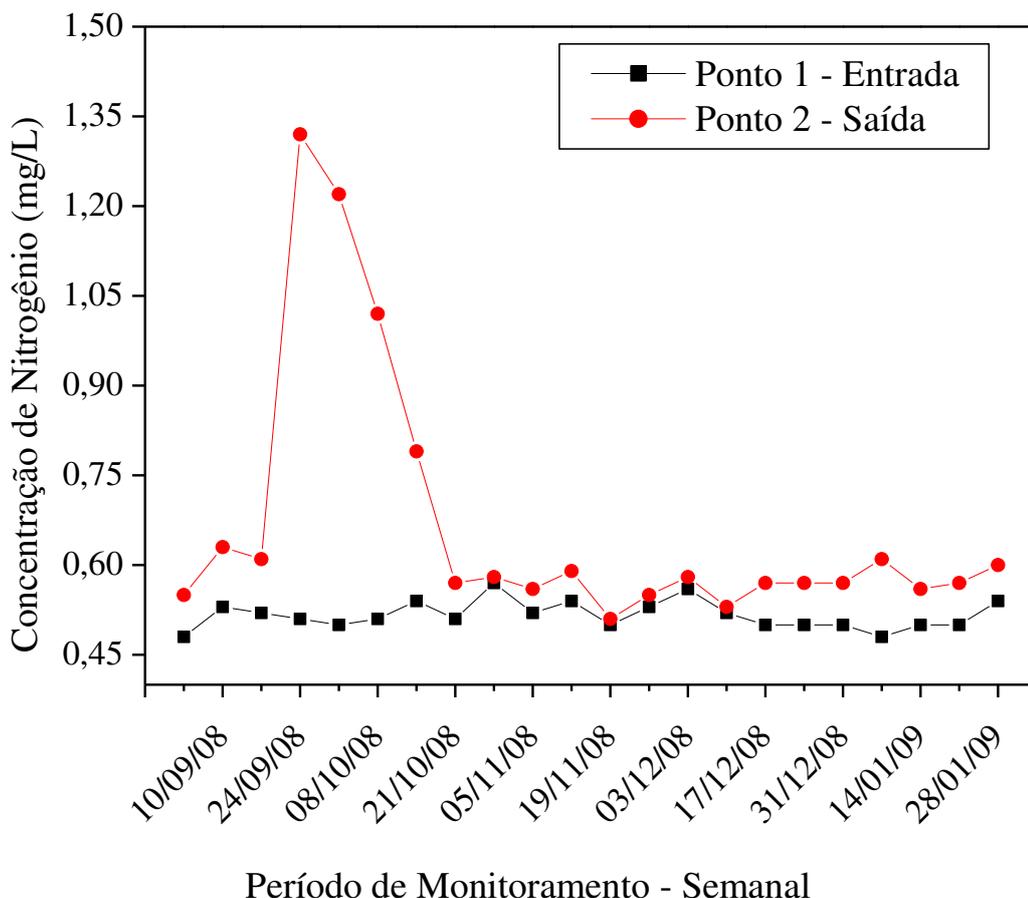


Figura 23. Evolução dos teores de nitrogênio total ao longo do período de monitoramento para os pontos de entrada e saída da área de cultivo do arroz.

Por influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas, o pH é um parâmetro importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental (CETESB, 2009). Na Figura 24 nota-se que os valores do pH do rio Paraíba (Pontos 3, 4, 5 e 6) se mantiveram aceitáveis porém bem próximos ao limite inferior da legislação (CANAMA 357/05) que é ≥ 6 e ≤ 9 . Isto, porém, não é visto no Ponto 2 (água de despejo da cultura no rio Paraíba) pois nos dias 10/09, 21/10, 19/11 a água apresentou valores de pH abaixo de 6, e no período final da cultura a partir do dia 12/12 devido a decomposição da matéria orgânica da orizicultura que libera CO_2 na água baixando os níveis

de pH, a água se manteve com valores de pH abaixo de 6 (Figura 25). Demonstrando que a água esta perdendo qualidade e conseqüentemente contribuído com a poluição do rio Paraíba.

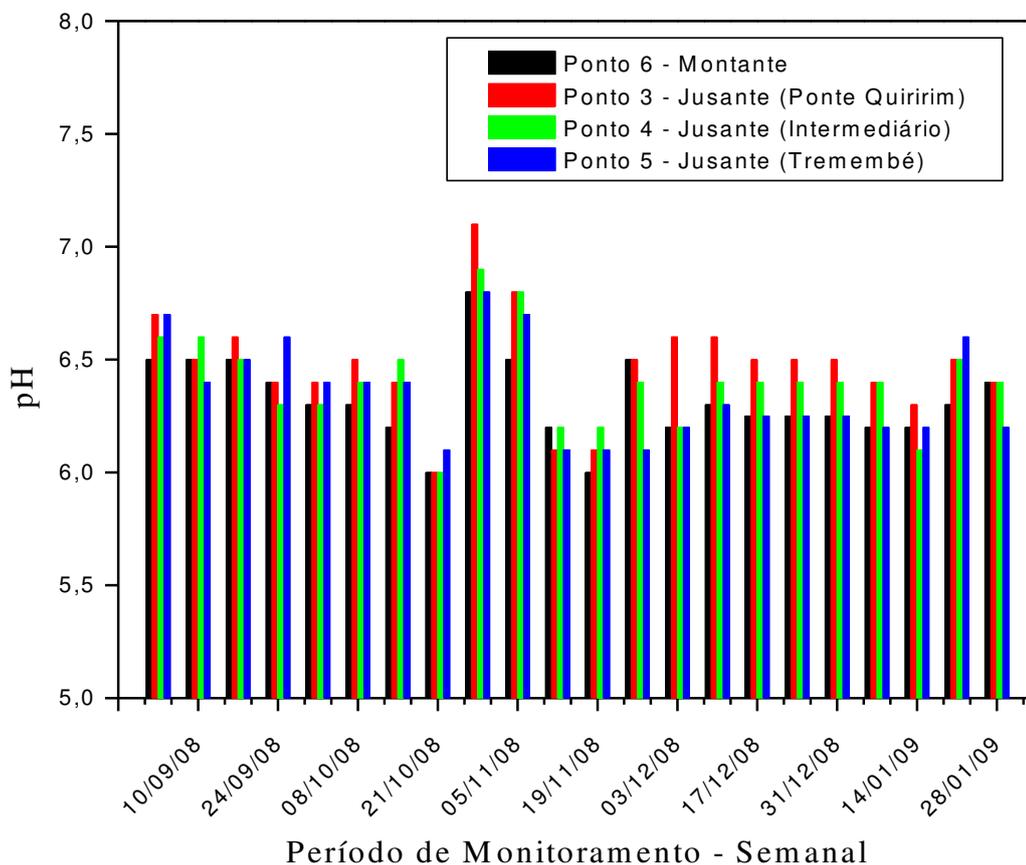
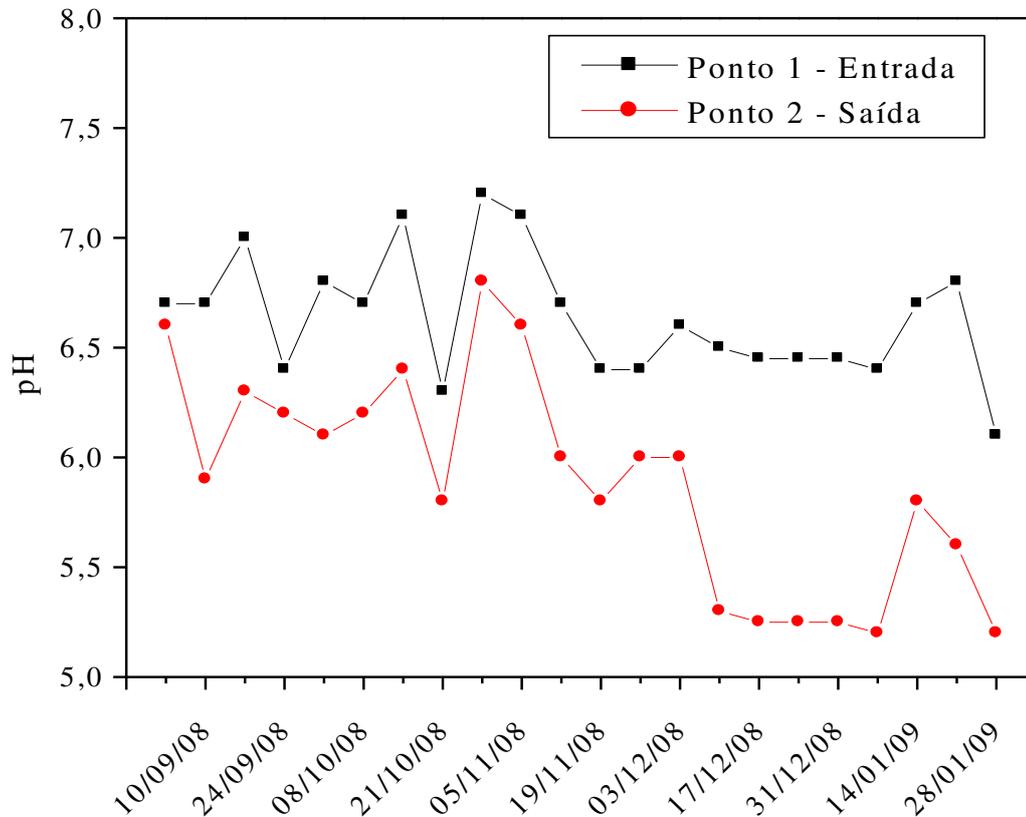


Figura 24. Evolução do pH ao longo do período de monitoramento do rio Paraíba do Sul.



Período de Monitoramento - Semanal

Figura 25. Evolução do pH ao longo do período de monitoramento para os pontos de entrada e saída da área de cultivo do arroz.

A turbidez é causada por matérias sólidas em suspensão (silte, argila, colóides, matéria orgânica, etc.) na água. A Figura 26 apresenta a variação deste parâmetro ao longo do monitoramento, na qual se observa que no período de setembro a novembro os sólidos presentes na água são menores e a partir da segunda quinzena de novembro um aumento é constatado devido à falta de manejo conservacionista dos solos na região que conseqüentemente promove o arrastamento de sedimentos para o rio com a intensificação do período chuvoso.

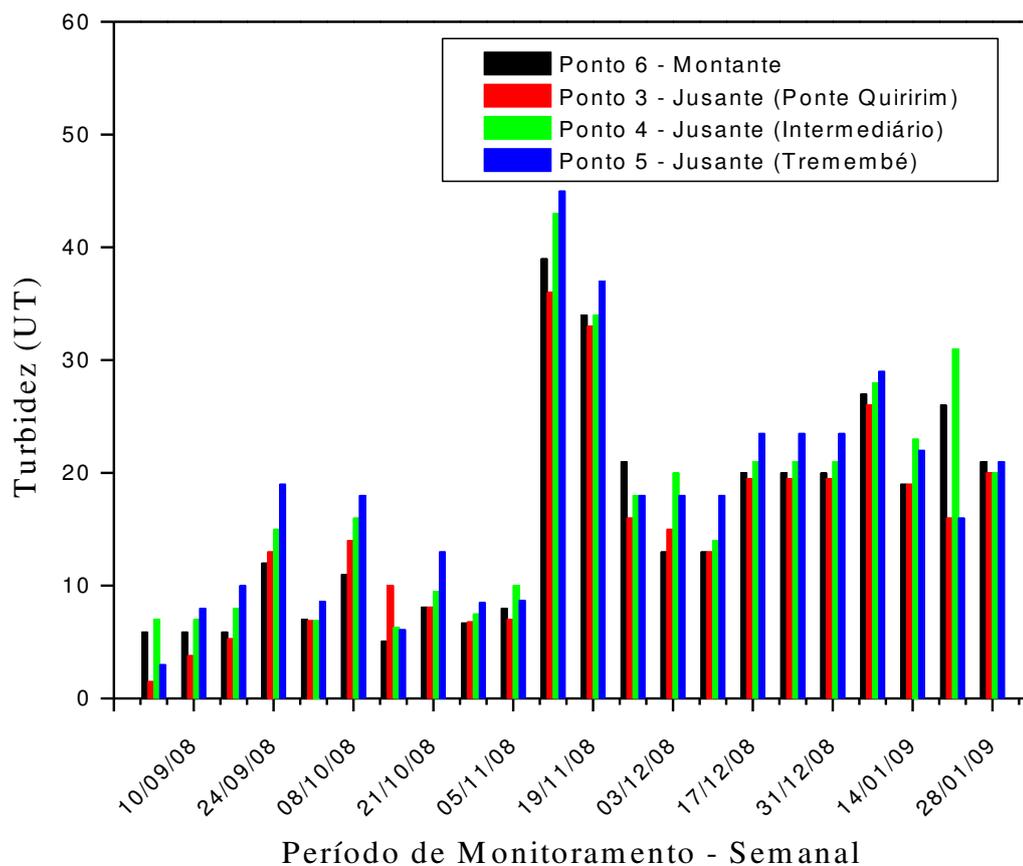


Figura 26. Evolução da turbidez ao longo do período de monitoramento do rio Paraíba do Sul.

Na Figura 27 é notado, mais uma vez, que a prática do cultivo da cultura de arroz pelo sistema de inundação está promovendo uma fonte de contaminação para o rio na forma de transporte de sedimentos e nutrientes oriundos da adubação visto na Tabela 10.

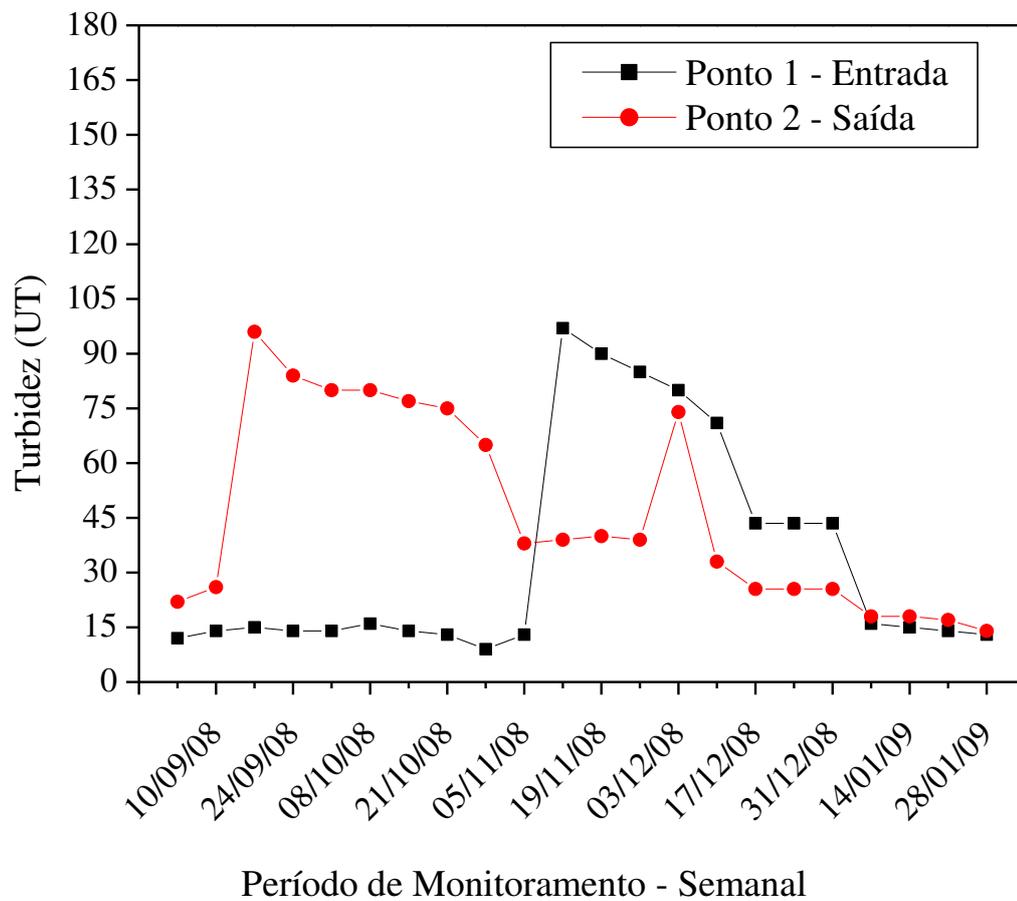


Figura 27. Evolução da turbidez ao longo do período de monitoramento para os pontos de entrada e saída da área de cultivo do arroz.

5. Conclusões.

A prática do cultivo da cultura do arroz inundado favoreceu o aumento da carga poluidora do Rio Paraíba do Sul. O cultivo de arroz inundado carregou fertilizante e matéria orgânica para dentro do rio principalmente no período inicial (setembro a outubro) evidenciando a necessidade de um manejo racional da água em função da condução da adubação.

Apesar dessa contribuição, a DBO (demanda bioquímica de oxigênio) foi observada dentro dos padrões exigidos pelos órgãos fiscais do Estado, o que mostra que a qualidade do rio, mesmo comprometida, ainda encontra-se em condições de ser recuperada. Para isso, torna-se essencial uma política rígida de tratamento dos efluentes industriais, domésticos e efluentes gerados pela agricultura e pecuária que são despejados diariamente no leito do rio.

6. Referências Bibliográficas

ALTIERI, M. A. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable . 3.ed. *La Habana, Cuba* : Clades, 1997.

AMORIM, D. D.; FERREIRA, M. E. Um estudo sobre a qualidade dá águas do Rio Paraíba do Sul no Vale do Paraíba do Sul no período de 1978 a 1994. Resumos do *XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos* (disponível em CD), Belo Horizonte, MG. 2000.

AMBROS, J. O.; KLERING, L. R. Diagnóstico Ambiental dos Municípios do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: *UFRGS, 1995, Documentos para estudo nº 19/95.*

ANACLETO, B. S. ; SANTOS, R. P.. Etnofísica na lavoura de arroz: um estudo preliminar. In: XIII SSBEC - Simpósio Sulbrasileiro de Ensino de Ciências, 2006, Blumenau, SC. Anais do XIII SSBEC - Simpósio Sulbrasileiro de Ensino de Ciências. Blumenau, SC : FURB, 2006. v. 1. p. 10-15.

APHA. *Standard methods for examination of water and wastewater*. 20th ed. Washington, DC: American Public Health Association/AWWA/WEF. 1998.

AVERY, D. Saving the planet with pesticides: Increasing food supplies while preserving the Earth's biodiversity. In: *BAILEY, Ronald (editor)*. The true state of the planet. New York : The Free Press, 1995.

BELTRAME, L. S.; LOUZADA, J. A. Water use rationalization in Rice irrigation by flooding. In: *International Seminar on Efficient Water use*, 1., 1991, Cidade do México. Anais... Cidade do Mexico: IWRA. 1991, p.337–345.

BILICH, M.R; LACERDA, M.P.C. Avaliação da qualidade da água do Distrito Federal (DF), por meio de geoprocessamento. Goiânia: INPE, 2005. p. 2059.

CANADA (New Brunswick Water/Economy Agreement). Monitoring Surface Water Quality – A guide for citizens, students and communities in Atlantic Canada. *New Brunswick*: Environment Canada, 1994. 76 p.

CAPORAL, F. R. La extensión agraria del sector público ante los desafíos del desarrollo sostenible: el caso de Rio Grande do Sul, Brasil. (*Tese de Doutorado*) Córdoba, 1998. 517p.

CARRIERI, A. P.; MONTEIRO, A. V. V. M. A agricultura sustentável e a biotecnologia: trajetórias tecnológicas e a (Neo) territorialização no campo. *Informações Econômicas, São Paulo, v.26, n.4, p.11-19, abr. 1996.*

CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. Água – rios e reservatórios. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/informacoes.asp>. Acesso em: 20 de julho de 2009.

CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. Água – rios e reservatórios. Variáveis de Qualidade das Águas. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#potencial>. Acesso em: 20 de julho de 2009.

CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/publicacoes.asp>. Acesso em: 20 de julho de 2009.

CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2003. (Série Relatórios/ Secretaria do Estado do Meio Ambiente), CETESB, São Paulo, 2004.

COOLMÉIA Cooperativa Ecológica. Alegrete - sem veneno: informativo ecológico. Alegrete: out. 1996.

CORDEIRO, A. Striving for agricultural diversity and food security in Brazil. *Focus on Food*, London, p. 18 – 19, Sep.1996.

Departamento de Ciências Agrárias. Projeto Banco de Dados Ambientais da Bacia do Rio Una, – UNITAU Taubaté. Disponível em: <http://www.agro.unitau.br/una/>. Acesso em 25 de novembro de 2009.

DONADIO, N.M.M.; GALBIATTI, J.A.; PAULA, R.C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.1, p.115-125, 2005.

EHLERS, E. Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma. 2ª ed. Guaíba: *Agropecuária*, 1999. 157 p.

EMPRAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), Cultivo do Arroz Irrigado no Brasil, *Sistema de Produção*, 3 ISSN 1806-9207 Versão Eletrônica, Nov. 2005. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrriga doBrasil/cap01.htm>. Acesso em 18 de agosto de 2009.

ESCOSTEGUY, A ; AUGSTBURGER, F. Agropecuária e Alimentação Mundial. In: ESCOSTEGUY, A. (coord.). *Queridos Animais*. Porto Alegre: L&PM,1997.

FEEMA (fundação estadual de engenharia do meio ambiente), Bacia do rio Paraíba do Sul. Disponível em: <http://www.feema.rj.gov.br/bacia-rio-paraiba-sul.asp?cat=75>. Acesso em: 10 de dezembro de 2008.

FIGUEIREDO, A. C. Avaliação e diagnóstico da qualidade da água do açude de Apipucos, Recife-PE. *Dissertação – Mestrado*, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife 2008.

HAHN, L.; CÂMARA, L.F.; REIS, R. & VOTTO, A. G. Monitoramento ictiofaunístico e limnológico no reservatório da Usina Hidrelétrica Passo Fundo, Gerasul, RS. In: *Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica, 2001, Brasília, DF*. Anais... Brasília: CITENEL, 2001. p. 1-4. CD-ROM.

HESPANHOL, R. A. M. Perspectivas da agricultura sustentável no Brasil, Confins [Online], 2 | 2008, posto online em 13 mars 2008. Disponível em: <http://confins.revues.org/index2353.html>. Acesso em 11 de agosto de 2009.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/esgotamento_sanitario/esg_sanitario50.shtm. Acesso em: 21 de julho de 2009.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) Saneamento Básico segundo bacia hidrográfica pag. 113. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/pdfs/mappag113.pdf. Acesso em 23 de julho de 2009.

JACOVINE. L. A. G.; CORRÊA, J. B. L.; SILVA, M. L.; VALVERDE, S. R.; FERNANDES FILHO; E. I.; COELHO, F. M. G.; PAIVA, H. N. Quantificação das áreas de preservação permanente e de reserva legal em propriedades da bacia do rio pomba – MG. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.32, n.2, p.269-278, 2008

LALONDE, V.; MADRAMOOTOO, C. A.; TRENHOLM, L.; BROUGHTON, R. S. Effects of controlled drainage on nitrate concentrations in subsurface drain discharge. *Agricultural Water Management*, Columbus, v. 29, p. 187-199, 1996.

LEMES, M.J.L. Avaliação de metais e elementos-traço em águas e sedimentos das bacias hidrográficas dos rios Mogiguaçu e Pardo, São Paulo. 2001. 248f. *Dissertação (Mestrado em Ciências)*. Instituto Energética e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo.

LE MOS, A. D. C. A produção mais limpa como geradora de inovação e competitividade: O caso da fazenda cerro do tigre. *Dissertação – Mestrado*.

Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. 1998.

LICHTENBERGER, E.; SHAPIRO, L. K. agriculture and nitrate concentrations in Maryland Community water system wells. *Journal Environmental Quality*, Madison, v. 26, n. 1, p. 145–152, 1997.

LIRA, M.M.P. Aspectos da gestão dos recursos hídricos na sub bacia do prata (bonito/PE) - estudo de qualidade da água. 2000. 113f. *Dissertação (Mestrado em Geografia)* - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

LIRA, J.B.M.L. Avaliação preliminar das concentrações de metais pesados nos sedimentos da Lagoa do Araçá, Recife - Pernambuco, Brasil. 2008. 79f *Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental)* - Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Recife.

LIVERNASH, R. Focus on agriculture in the industrialized world: toward sustainability. *World Resources*, Oxford, Oxford University Press, 1992.

MACHADO, S. L. O.; MARCHEZAN, E.; RIGHES, A. A.; CARLESSO, R.; VILLA, S. C. C.; CAMARGO, E. R.. Consumo de água e perdas de nutrientes e de sedimentos na água de drenagem inicial do arroz irrigado. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.36, n.1, p. 65-71, 2006.

MAGALHÃES, V.S. Hidroquímica e qualidade das águas superficiais e subterrâneas em áreas sob influência de lavras pegmatíticas nas bacias dos córregos Água Santa e Palmeiras, Município de Coronel Murta (MG). 2006. 109f. *Dissertação (Mestrado em Geologia)* – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M. Tendências hidrológicas da Bacia do rio Paraíba do Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, Cachoeira Paulista–SP. v.20, n.2, p. 215-226, 2005.

NAIME, R.; FAGUNDES, R.S. Controle da qualidade da água do arroio Portão, RS. *Pesquisas em Geociências*, Porto Alegre, v. 32, n1, p. 27-35, 2005.

PELÁEZ-RODRÍGUEZ, M. *Avaliação da qualidade da água da bacia do Alto Jacaré-Guaçu/SP (Ribeirão do Feijão e Rio do Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas*. 2001. 147f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

PETERS, N.E; MEYBECK, M. Water quality degradation effects on freshwater availability: impacts to human activities. *Water International*, Urbana, v.25, n.2, p.214-21, 2000.

PINTO, J.O.M.S; MARTINEZ, M.S.; PASCHOALATO, C.F.P.R. Avaliação das variáveis físico-químicas e microbiológicas do córrego Bebedouro da Bacia hidrográfica do Baixo Pardo/Grande, município de Bebedouro-SP. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23^o, 2005, Campo Grande - Mato Grosso*. Anais... Campo Grande: ABES, 2005. p. 1-7. CD-ROM.

PIVELI, R.P.; KATO, M.T. Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos. São Paulo: ABES, 2005. 285p.

PRIMEL, E. G.; ZANELLA, R.; KURS, M. H. S.; GONÇALVES, F. F.; MACHADO, S. O.; MARCHEZAN, E. Poluição das águas por herbicidas utilizados no cultivo do arroz irrigado na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil: Predição teórica e monitoramento. *Química Nova*, Vol. 28, No.4 , 605-609, 2005.

REBOUÇAS, A.C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Coord). *Águas doces no Brasil capital ecológico, uso e conservação*. 3. ed., São Paulo: Escrituras ed.,2006.

SANINT, L. R. Evolución tecnológica, perspectivas futuras y situación mundial del arroz. In: *22^a Reunión da cultura do arroz irrigado*, 1997, Balneário Camboriú, SC. Palestras... Itajaí: EPAGRI, 1997, 97p.

SANTOS, W.L. O processo de urbanização e impactos ambientais em bacias hidrográficas: o caso do Igarapé Judia-Acre-Brasil. 2005. 163f.

Sentelhas, P.C.; Pereira, A.R.; Marin, F.R.; Angelocci, L.R.; Alfonsi, R.R.; Caramori, P.H. & Swart, S. 1999. *Balancos hídricos climatológicos do Brasil – 500 balanços hídricos de localidades brasileiras*. <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/resultados/balanco.php?UF=sp&COD=450>. (Acesso em:10/outubro/2009).

Setzer, J. 1966. Atlas climatológico do Estado de São Paulo. *Comissão Interestadual da Bacia do Paraná-Paraguai*. São Paulo, CESP.

SILVA, F.J.A.S.; ALMEIDA, M.M.M.; SILVA, A.E.L. Comparação da qualidade de águas das Bacias cearenses. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 7^o, 2004, São Luiz - Maranhão. Anais... São Luiz: ABRH, 2004. CD-ROM.

SILVA, M.C.L. Avaliação de processos biológicos na melhoria da qualidade hídrica do canal Derby-Tacaruna. 2004. 122f. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife*.

SIMONASSI, J.C. Caracterização da Lagoa do Peri, através da análise de parâmetros físico-químicos e biológicos, como subsídio ao gerenciamento dos recursos hídricos da Ilha de Santa Satarina, SC, Brasil. 2001. 72f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

TIME. Our Precious Planet. Special Issue, Nov. 1997.

VALÉRIO, E. C.; CAVALHEIRO, D.; CURSINO, E.; BONÉSIO, H.; CAMONT, M.; BÜHLER, M.; SOUZA, M.; SILVEIRA, N.; ROMAN, P.; FORTES, R.; BARROS, R.; BONFIM, T.; SOARES, T. Sustentabilidade: Um Desafio aos Rizicultores do Vale do Paraíba. *Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação, XVI Prêmio Expocom 2009 – Exposição da Pesquisa Experimental em Comunicação*. Universidade de Taubaté, São Paulo, SP.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. ed. Local: UFMG, 1996.243p.

WEBER, L.; MARCHEZAN, E.; CARLESSO, R.; MARZARI, V. Cultivares de arroz irrigado e nutrientes na água de drenagem em diferentes sistemas de cultivos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.33, n.1, p. 27–33, 2003.

WIKIPÉDIA (a enciclopédia livre) Arroz. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Arroz>. Acesso em 18 de agosto de 2009.

7. Anexos.

7.1. Tabelas de resultados.

Tabela 11. Condutividade Elétrica (dS.m^{-1})

DATA	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6
03/09/08	73,30	93,60	84,60	101,90	92,80	106,10
10/09/08	122,10	139,90	103,00	101,90	96,80	106,10
17/09/08	132,30	92,90	106,40	112,90	109,20	106,10
24/09/08	151,00	95,30	75,00	79,30	83,70	74,30
01/10/08	76,50	99,60	86,40	90,30	86,80	87,00
08/10/08	62,20	70,60	93,70	98,20	93,10	98,10
16/10/08	86,20	94,90	117,40	120,30	116,40	116,00
21/10/08	74,90	66,80	126,60	129,40	124,10	127,80
29/10/08	102,40	72,70	102,10	109,20	105,30	98,70
05/11/08	91,50	79,20	98,50	103,40	100,60	99,30
12/11/08	76,80	70,40	70,00	73,00	71,10	69,00
19/11/08	64,50	49,00	73,00	76,00	73,00	74,50
26/11/08	61,00	87,00	99,50	102,50	100,00	99,10
03/12/08	82,00	50,00	107,00	112,60	107,10	105,00
12/12/08	60,20	78,10	118,60	119,60	115,80	116,70
17/12/08	58,15	58,85	104,00	108,70	103,40	102,95
24/12/08	58,15	58,85	104,00	108,70	103,40	102,95
31/12/08	58,15	58,85	104,00	108,70	103,40	102,95
07/01/09	56,10	39,60	89,40	97,80	91,00	89,20
14/01/09	71,00	51,10	90,00	91,00	85,40	102,00
21/01/09	61,30	50,00	106,30	101,60	101,80	106,30
28/01/09	41,50	48,10	84,60	91,00	84,20	88,20

Tabela 12. Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)

DATA	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6
03/09/08	2,40	3,60	3,60	1,00	2,40	1,00
10/09/08	1,20	3,20	0,80	1,00	2,00	1,00
17/09/08	1,20	3,10	2,80	1,20	0,80	1,00
24/09/08	1,00	3,00	0,80	1,00	0,70	0,90
01/10/08	0,60	2,30	0,55	0,85	0,50	0,70
08/10/08	0,20	1,60	0,30	0,70	0,30	0,50
16/10/08	1,90	3,10	1,80	3,10	1,90	1,80
21/10/08	1,10	1,10	0,90	1,50	1,80	1,10
29/10/08	2,50	2,20	1,80	2,00	1,50	1,70
05/11/08	0,50	0,30	0,70	1,30	0,70	0,60
12/11/08	1,60	1,60	0,90	2,50	1,80	1,70
19/11/08	1,20	1,10	2,00	2,00	0,20	1,55
26/11/08	0,80	0,60	0,80	3,30	1,20	1,40
03/12/08	4,20	2,70	2,70	4,00	2,60	3,00
12/12/08	1,60	1,20	1,40	2,00	1,90	2,00
17/12/08	1,20	0,90	1,15	2,30	1,40	1,30
24/12/08	1,20	0,90	1,15	2,30	1,40	1,30
31/12/08	1,20	0,90	1,15	2,30	1,40	1,30
07/01/09	0,80	0,60	0,90	2,60	0,90	0,60
14/01/09	0,80	0,50	0,00	1,60	0,90	0,20
21/01/09	0,80	0,60	0,50	0,90	1,50	0,50
28/01/09	0,80	0,70	0,60	2,40	0,80	0,60

Tabela 13. Fósforo Total (mg/L)

DATA	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6
03/09/08	0,08	0,17	0,06	0,13	0,07	0,11
10/09/08	0,17	0,24	0,17	0,13	0,13	0,11
17/09/08	0,09	0,14	0,10	0,11	0,12	0,11
24/09/08	0,12	0,28	0,17	0,14	0,15	0,11
01/10/08	0,14	0,22	0,22	0,10	0,16	0,12
08/10/08	0,10	0,58	0,15	0,13	0,26	0,07
16/10/08	0,17	0,41	0,18	0,18	0,15	0,11
21/10/08	0,09	0,16	0,15	0,20	0,18	0,18
29/10/08	0,12	0,16	0,17	0,21	0,16	0,19
05/11/08	0,08	0,17	0,13	0,17	0,13	0,12
12/11/08	0,29	0,19	0,25	0,20	0,26	0,30
19/11/08	0,11	0,18	0,23	0,25	0,20	0,22
26/11/08	0,15	0,05	0,16	0,12	0,15	0,10
03/12/08	0,52	0,18	0,15	0,20	0,17	0,15
12/12/08	0,25	0,10	0,14	0,18	0,18	0,13
17/12/08	0,15	0,12	0,14	0,17	0,16	0,16
24/12/08	0,15	0,12	0,14	0,17	0,16	0,16
31/12/08	0,15	0,12	0,14	0,17	0,16	0,16
07/01/09	0,04	0,13	0,14	0,16	0,13	0,19
14/01/09	0,04	0,11	0,13	0,13	0,13	0,15
21/01/09	0,09	0,13	0,13	0,19	0,19	0,18
28/01/09	0,24	0,20	0,14	0,15	0,17	0,15

Tabela 14. Nitrogênio Total (mg/L)

DATA	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6
03/09/08	0,48	0,55	0,48	0,48	0,50	0,48
10/09/08	0,53	0,63	0,47	0,48	0,44	0,48
17/09/08	0,52	0,61	0,49	0,46	0,49	0,48
24/09/08	0,51	1,32	0,51	0,49	0,50	0,49
01/10/08	0,50	1,22	0,46	0,48	0,47	0,47
08/10/08	0,51	1,02	0,51	0,50	0,50	0,50
16/10/08	0,54	0,79	0,54	0,58	0,53	0,56
21/10/08	0,51	0,57	0,51	0,54	0,50	0,51
29/10/08	0,57	0,58	0,50	0,53	0,52	0,51
05/11/08	0,52	0,56	0,49	0,53	0,49	0,48
12/11/08	0,59	0,54	0,49	0,51	0,53	0,51
19/11/08	0,50	0,51	0,48	0,45	0,51	0,48
26/11/08	0,53	0,16	0,49	0,51	0,51	0,53
03/12/08	0,58	0,56	0,50	0,53	0,51	0,49
12/12/08	0,52	0,53	0,51	0,51	0,51	0,51
17/12/08	0,50	0,57	0,52	0,51	0,51	0,52
24/12/08	0,50	0,57	0,52	0,51	0,51	0,52
31/12/08	0,50	0,57	0,52	0,51	0,51	0,52
07/01/09	0,48	0,61	0,52	0,51	0,51	0,52
14/01/09	0,50	0,56	0,53	0,53	0,48	0,55
21/01/09	0,50	0,57	0,50	0,57	0,52	0,50
28/01/09	0,54	0,60	0,48	0,49	0,49	0,49

Tabela 15. Oxigênio Dissolvido (mg/L)

DATA	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6
03/09/08	7,60	8,40	5,40	5,00	5,60	5,60
10/09/08	7,00	7,40	4,00	5,00	6,40	5,60
17/09/08	6,80	6,60	5,00	5,00	5,20	5,60
24/09/08	5,70	6,80	5,20	5,00	5,40	5,60
01/10/08	6,70	4,90	4,50	3,60	4,90	4,80
08/10/08	6,90	5,30	4,50	4,40	4,50	5,00
16/10/08	7,90	5,70	3,80	4,00	4,60	5,10
21/10/08	7,10	5,20	3,30	3,40	3,70	4,50
29/10/08	5,50	5,00	3,60	3,50	3,80	4,50
05/11/08	5,00	3,90	3,00	3,00	3,40	4,00
12/11/08	5,40	5,20	2,00	3,10	3,50	4,30
19/11/08	5,90	4,00	2,00	2,80	3,20	4,00
26/11/08	5,70	2,90	3,30	3,30	3,80	4,30
03/12/08	7,90	5,60	5,90	5,80	5,50	6,90
12/12/08	5,00	2,40	3,00	3,20	3,60	4,50
17/12/08	5,10	2,50	3,25	3,15	3,40	4,30
24/12/08	5,10	2,50	3,25	3,15	3,40	4,30
31/12/08	5,10	2,50	3,25	3,15	3,40	4,30
07/01/09	5,20	2,50	3,50	3,10	3,20	4,10
14/01/09	4,50	2,20	2,80	3,00	3,50	3,90
21/01/09	3,00	1,80	2,40	2,80	2,70	3,20
28/01/09	4,20	1,70	3,60	3,30	3,60	4,00

Tabela 16. Potencial hidrogeniônico (pH)

DATA	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6
03/09/08	6,70	6,60	6,70	6,60	6,70	6,50
10/09/08	6,70	5,90	6,50	6,60	6,40	6,50
17/09/08	7,00	6,30	6,60	6,50	6,50	6,50
24/09/08	6,40	6,20	6,40	6,30	6,60	6,40
01/10/08	6,80	6,10	6,40	6,30	6,40	6,30
08/10/08	6,70	6,20	6,50	6,40	6,40	6,30
16/10/08	7,10	6,40	6,40	6,50	6,40	6,20
21/10/08	6,30	5,80	6,00	6,00	6,10	6,00
29/10/08	7,20	6,80	7,10	6,90	6,80	6,80
05/11/08	7,10	6,60	6,80	6,80	6,70	6,50
12/11/08	6,70	6,00	6,10	6,20	6,10	6,20
19/11/08	6,40	5,80	6,10	6,20	6,10	6,00
26/11/08	6,40	6,00	6,50	6,40	6,10	6,50
03/12/08	6,60	6,00	6,60	6,20	6,20	6,20
12/12/08	6,50	5,30	6,60	6,40	6,30	6,30
17/12/08	6,45	5,25	6,50	6,40	6,25	6,25
24/12/08	6,45	5,25	6,50	6,40	6,25	6,25
31/12/08	6,45	5,25	6,50	6,40	6,25	6,25
07/01/09	6,40	5,20	6,40	6,40	6,20	6,20
14/01/09	6,70	5,80	6,30	6,10	6,20	6,20
21/01/09	6,80	5,60	6,50	6,50	6,60	6,30
28/01/09	6,10	5,20	6,40	6,40	6,20	6,40

Tabela 17. Turbidez (UNT)

DATA	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6
03/09/08	12,00	22,00	1,50	7,00	3,00	5,90
10/09/08	14,00	26,00	3,80	7,00	8,00	5,90
17/09/08	15,00	96,00	5,30	8,00	10,00	5,90
24/09/08	14,00	84,00	13,00	15,00	19,00	12,00
01/10/08	14,00	74,00	6,90	6,90	8,60	7,00
08/10/08	16,00	53,00	14,00	16,00	18,00	11,00
16/10/08	14,00	80,00	10,00	6,30	6,10	5,10
21/10/08	13,00	75,00	8,10	9,50	13,00	8,10
29/10/08	9,00	65,00	6,80	7,50	8,50	6,70
05/11/08	13,00	38,00	7,00	10,00	8,70	8,00
12/11/08	97,00	39,00	36,00	43,00	45,00	39,00
19/11/08	30,00	54,00	33,00	34,00	37,00	34,00
26/11/08	85,00	39,00	16,00	18,00	18,00	21,00
03/12/08	94,00	74,00	15,00	20,00	18,00	13,00
12/12/08	71,00	33,00	13,00	14,00	18,00	13,00
17/12/08	43,50	25,50	19,50	21,00	23,50	20,00
24/12/08	43,50	25,50	19,50	21,00	23,50	20,00
31/12/08	43,50	25,50	19,50	21,00	23,50	20,00
07/01/09	16,00	18,00	26,00	28,00	29,00	27,00
14/01/09	15,00	18,00	19,00	23,00	22,00	19,00
21/01/09	24,00	17,00	16,00	31,00	16,00	26,00
28/01/09	79,00	14,00	20,00	20,00	21,00	21,00

7.2. Art. 14. As águas doces de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios

estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela

realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido.

b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;

f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

g) coliformes termo tolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA no 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

h) DBO 5 dias a 20 °C até 3 mg/L O₂;

i) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂;

j) turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);

l) cor verdadeira: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/L; e

m) pH: 6,0 a 9,0.

II - Padrões de qualidade de água:

ÁGUAS DOÇES

PARÂMETROS - VALOR MÁXIMO

Clorofila *a* 10 µg/L

Densidade de cianobactérias 20.000 cel/mL ou 2 mm³/L

Sólidos dissolvidos totais 500 mg/L

PARÂMETROS INORGÂNICOS VALOR MÁXIMO

Alumínio dissolvido 0,1 mg/L Al

Antimônio 0,005mg/L Sb

Arsênio total 0,01 mg/L As

Bário total 0,7 mg/L Ba

Berílio total 0,04 mg/L Be

Boro total 0,5 mg/L B

Cádmio total 0,001 mg/L Cd

Chumbo total 0,01mg/L Pb

Cianeto livre 0,005 mg/L CN

Cloreto total 250 mg/L Cl

Cloro residual total (combinado + livre) 0,01 mg/L Cl

Cobalto total 0,05 mg/L Co

Cobre dissolvido 0,009 mg/L Cu

Cromo total 0,05 mg/L Cr

Ferro dissolvido 0,3 mg/L Fe

Fluoreto total 1,4 mg/L F

Fósforo total (ambiente lentic) 0,020 mg/L P

Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lentic)

0,025 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)
0,1 mg/L P
Lítio total 2,5 mg/L Li
Manganês total 0,1 mg/L Mn
Mercúrio total 0,0002 mg/L Hg
Níquel total 0,025 mg/L Ni
Nitrato 10,0 mg/L N
Nitrito 1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total
 3,7mg/L N, para pH £ 7,5
 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH £ 8,0
 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH £ 8,5
 0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total 0,01 mg/L Ag
Selênio total 0,01 mg/L Se
Sulfato total 250 mg/L SO₄
Sulfeto (H₂S não dissociado) 0,002 mg/L S
Urânio total 0,02 mg/L U
Vanádio total 0,1 mg/L V
Zinco total 0,18 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS VALOR MÁXIMO
Acrilamida 0,5 µg/L
Alacloro 20 µg/L
Aldrin + Dieldrin 0,005 µg/L
Atrazina 2 µg/L
Benzeno 0,005 mg/L
Benzidina 0,001 µg/L
Benzo(a)antraceno 0,05 µg/L
Benzo(a)pireno 0,05 µg/L
Benzo(b)fluoranteno 0,05 µg/L
Benzo(k)fluoranteno 0,05 µg/L
Carbaril 0,02 µg/L
Clordano (cis + trans) 0,04 µg/L
2-Clorofenol 0,1 µg/L
Criseno 0,05 µg/L
2,4-D 4,0 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S) 0,1 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno 0,05 µg/L
1,2-Dicloroetano 0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano 0,003 mg/L
2,4-Diclorofenol 0,3 µg/L
Diclorometano 0,02 mg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD) 0,002 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano 0,001 µg/L
Endossulfan (a + □ + sulfato) 0,056 µg/L

Endrin 0,004 µg/L
Estireno 0,02 mg/L
Etilbenzeno 90,0 µg/L
Fenois totais (substancias que reagem com 4-aminoantipirina) 0,003 mg/L C₆H₅OH
Glifosato 65 µg/L
Gution 0,005 µg/L
Heptacloro epoxido + Heptacloro 0,01 µg/L
Hexaclorobenzeno 0,0065 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno 0,05 µg/L
Lindano (g-HCH) 0,02 µg/L
Malation 0,1 µg/L
Metolacloro 10 µg/L
Metoxicloro 0,03 µg/L
Paration 0,04 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas 0,001 µg/L
Pentaclorofenol 0,009 mg/L
Simazina 2,0 µg/L
Substancias tensoativas que reagem com o azul de metileno 0,5 mg/L LAS
2,4,5-T 2,0 µg/L
Tetracloroeto de carbono 0,002 mg/L
Tetracloroeteno 0,01 mg/L
Tolueno 2,0 µg/L
Toxafeno 0,01 µg/L
2,4,5-TP 10,0 µg/L
Tributilestanho 0,063 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB) 0,02 mg/L
Tricloroeteno 0,03 mg/L
2,4,6-Triclorofenol 0,01 mg/L
Trifluralina 0,2 µg/L
Xileno 300 µg/L

III - Nas águas doces onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

CLASSE 1 (parte II)

ÁGUAS DOCES - PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO.

PARÂMETROS INORGÂNICOS VALOR MÁXIMO

Arsênio total 0,14 µg/L As

PARÂMETROS ORGÂNICOS VALOR MÁXIMO

Benzidina 0,0002 µg/L

Benzo(a)antraceno 0,018 µg/L

Benzo(a)pireno 0,018 µg/L

Benzo(b)fluoranteno 0,018 µg/L

Benzo(k)fluoranteno 0,018 µg/L

Criseno 0,018 µg/L

Dibenzo(a,h)antraceno 0,018 µg/L
3,3-Diclorobenzidina 0,028 µg/L
Heptacloro epoxido + Heptacloro 0,000039 µg/L
Hexaclorobenzeno 0,00029 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno 0,018 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas 0,000064 µg/L
Pentaclorofenol 3,0 µg/L
Tetracloruro de carbono 1,6 µg/L
Tetracloroetano 3,3 µg/L
Toxafeno 0,00028 µg/L
2,4,6-triclorofenol 2,4 µg/L