

## **Impactos da produção do arroz inundado sob a qualidade da água do Rio Paraíba do Sul - trecho Taubaté**

Murilo Henrique Andrade<sup>1</sup>  
Carolina Valério<sup>2</sup>  
Simone Sano Russi de Resende<sup>2</sup>  
Antonio Claudio Testa Varallo<sup>2</sup>  
Claudinei Fonseca Souza<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Taubaté – UNITAU  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais  
Estrada Mun. Dr. José Luiz Cembranelli, 5.000- 12080-010 - Taubaté - SP, Brasil  
murilo.andrade@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidade de Taubaté – UNITAU  
Departamento de Engenharia Civil  
Rua Exp. Ernesto Pereira, 99 - 12020-330 - Taubaté - SP, Brasil  
Antonio.varallo@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Universidade Federal de São Carlos - UFSCar  
Rodovia Anhanguera, km 174 - SP-330 - 13600-970 - Araras - SP, Brasil  
cfsouza@cca.ufscar.br

**Abstract.** The great urban, industrial and agricultural growth of the cities across the Paraíba do Sul river region collaborates to river contamination. Then it is necessary keeping a more rigid river water quality control, considering its importance for the regional economic development. In this study the spatial and temporal water quality and pollution level were characterized. The evaluation was based on water collects from Taubaté region during rice cultivation. The results showed that the practice of rice cultivation favored the increase pollution level of the Paraíba do Sul river. The rice cultivation adduced fertilizer and organic matter into the river showing the need for a water rational management depending on fertilization conduct.

**Palavras-chave:** qualidade da água, nitrogênio, fósforo, controle de poluição, cultura do arroz inundado.

### **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 e industriais, 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 dos fatos levantados, a qualidade da água do Rio Paraíba do Sul encontra-se em estado duvidoso para sua utilização que não se limita ao setor industrial e abastecimento urbano, mas também no setor de irrigação e pecuária que por sua vez também contribuem para a poluição do rio.

O setor de irrigação atua em paralelo à agricultura, que com 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 e Louzada (1991) o volume aplicado chega a ultrapassar  $15.000\text{m}^3\text{ ha}^{-1}$  por ano agrícola. De acordo com Lichtenberg e Shapiro, 1997; Weber et al., 2003 citado por Machado (2006) a drenagem inicial após o preparo do solo é prejudicial tanto para rentabilidade do setor orizícola, quanto para o ambiente, pois, além da perda de considerável volume de água, recurso limitante em algumas regiões produtoras e principal item na composição do custo de produção, participando com cerca de 11,5%, são carregados sedimentos em suspensão na água e, por consequência, são perdidos os nutrientes adsorvidos a estes ou presentes na solução. Tendo em vista a importância do rio Paraíba não só para região como para todo o Vale do Paraíba, faz-se necessário a manutenção de sua 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 provocam eutrofização da água favorecendo o desenvolvimento de algas, porém quando se utiliza um sistema de drenagem controlada com redução do fluxo pode-se minimizar os problemas ambientais.

Com todos esses agravantes, 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, em especial na cidade de Taubaté, avaliando os impactos da produção do arroz inundado sob a qualidade da água.

Através desta avaliação, pode-se identificar o nível de poluição encontrada e saber se o despejo agrícola está alterando a qualidade da água e conseqüentemente a qualidade de vida da população. Desta forma, 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, avaliando os impactos da produção do arroz inundado sob a qualidade da água.

## **2. 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  $23^{\circ}02'S$ , longitude  $45^{\circ}63'W$  e altitude de 500 m, com uma área correspondente a 50 ha.

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

As descrições dos pontos de coleta se encontram descritos abaixo (Figura 1):



**Figura 1. Imagem de Satélite da região em estudo (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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Ponto 6: Amostragem retirada à montante da saída da área de cultivo de arroz. Localização: S 23° 00' 47" e W 45° 39' 58" Elevação: 542 m.

Estas coletas foram realizadas sempre no período da manhã através de amostras em recipientes plásticos, os quais foram mantidos para posterior processamento e análises no Laboratório de Análises de Águas do Departamento de Engenharia Civil – UNITAU seguindo metodologias contidas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995).

As variáveis ambientais avaliadas foram Nitrogênio total (N), Fósforo total (P), Condutividade elétrica (CE), Oxigênio dissolvido (OD), Turbidez (UT), Demanda bioquímica de oxigênio (DBO). As coletas das amostras e análises foram feitas 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).

Os valores encontrados dos parâmetros avaliados nesse estudo foram comparados com os padrões da Resolução CONAMA nº 357/05, estabelecidos para águas doces da Classe 2.

### 3. Resultados e Discussão

Para auxiliar as discussões, Na Tabela 1 segue um esquema com as fases do cultivo do arroz (sementes pré-germinadas) e aplicação de nutrientes.

Em todos os pontos, durante todo o período estudado, os valores de fósforo total apresentaram-se superiores ao estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 para águas da

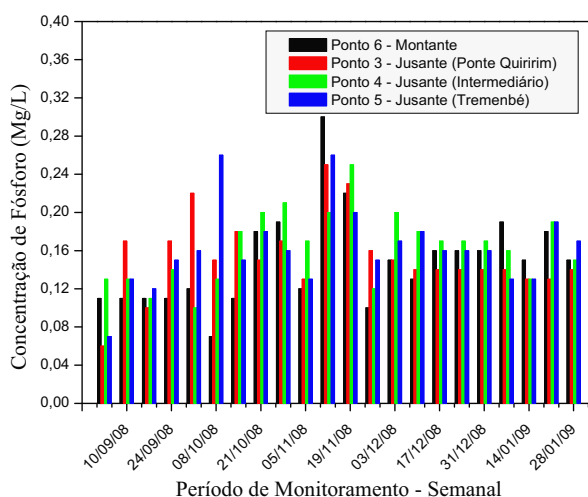
Classe 2 que é de 0,030 mg L<sup>-1</sup> para ambiente lântico (Figura 2). Segundo Sperling (1996), valores elevados de P total podem ser utilizados como indicadores do estado eutrófico de lagos, sendo valores acima de 0,05 mg L<sup>-1</sup> indicativo de eutrofização. No Brasil os esgotos sanitários apresentam concentrações de fósforo normalmente nas faixas de 6 a 10 mg L<sup>-1</sup> (Piveli e Kato, 2006).

**Tabela 1. Fases do Cultivo do Arroz e aplicação de nutrientes (Ano de 2008)**

AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV
Preparo do Solo						
Inundação para semeadura						
Drenagem/Germinação						
1° Adubação (Uréia)		2° Adubação (20-00-20)	3° Adubação (20-00-20)			
Inundação						
Drenagem						
Colheita						

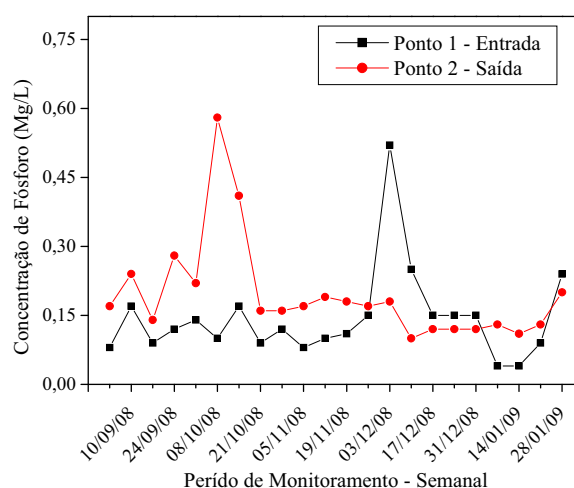
Foram observados picos de fósforo total nos meses de novembro (0,30 e 0,26 mg L<sup>-1</sup>) respectivamente, nos pontos 6 e 5. Esses valores foram obtidos em períodos de maiores quantidades de chuvas, correspondendo a média mensal de 59 mm. Esses pontos são caracterizados por receberem maior contribuição de carga orgânica oriundas de esgoto doméstico.

Segundo Chapman (1992), citado por Peláez-Rodríguez (2001), as concentrações de fósforo, na maioria das águas naturais, encontram-se entre 0,005mg L<sup>-1</sup> e 0,020 mg L<sup>-1</sup>. O menor valor de fósforo total encontrado nas águas foi de 0,06 mg L<sup>-1</sup> no ponto 3, no mês de setembro.



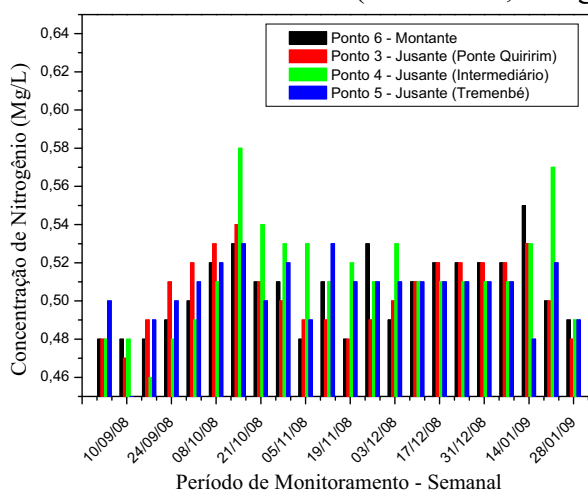
**Figura 2. Evolução dos teores de fósforo total ao longo do período de monitoramento.**

Observa-se na Figura 3 dois picos de teores de fósforo total, o primeiro no Ponto 2 (saída da área) e o segundo no Ponto 1 (entrada da área), os quais caracterizam, respectivamente, a falta de manejo na prática de adubação 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 do Rio Paraíba do Sul através do fenômeno de eutrofização e, também, demonstra o desperdício de fertilizantes fosfatado na condução da cultura do arroz inundado, resultando em uso irracional de recursos naturais.



**Figura 3. 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.**

Os maior valor de Nitrogênio total foi  $0,58 \text{ mg L}^{-1}$  observado no mês de outubro no ponto 4 (Figura 4). 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  $3,7 \text{ mg L}^{-1}$ . Entretanto, no período de adubação da cultura do arroz foi observado um pico no teor de nitrogênio total na saída da área (Figura 5), o qual novamente caracteriza uma fonte de contaminação e desperdício de recursos naturais por falta de manejo adequado da prática de adubação. Este pico no teor de nitrogênio total observado representa um aumento de 153% referente a média de mensurada na entrada da área ( $\text{N-total} = 0,52 \text{ mg L}^{-1}$ ).

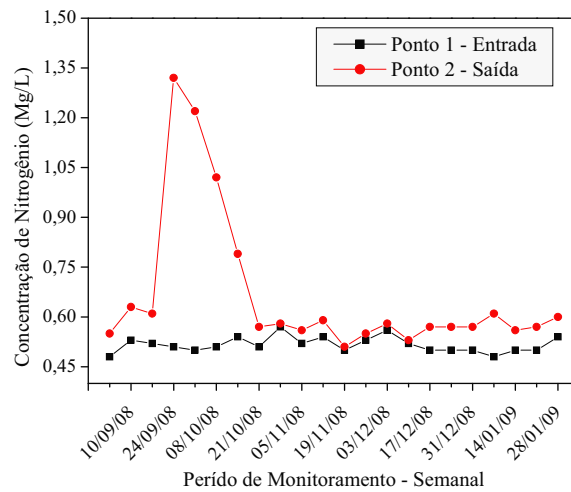


**Figura 4. Evolução dos teores de nitrogênio total ao longo do período de monitoramento.**

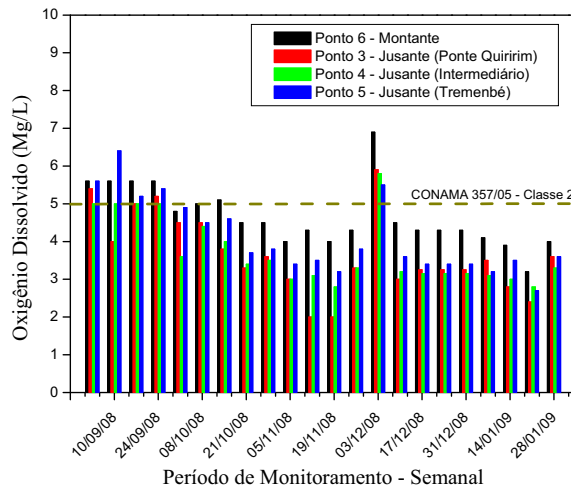
De acordo com a Figura 6, observa-se que os valores de Oxigênio Dissolvido (OD) só estão dentro do valor estipulado para rios de classe 2 nos meses de setembro e dezembro.

Os valores relativos ao período monitorado nos diferentes pontos durante o período de chuva mostraram-se elevados, porém na estiagem os valores são menores. Isto é explicado pela movimentação das águas causado pelo impacto das gotas de chuva, resultando numa maior alteração das mesmas e, conseqüentemente numa maior aeração do curso d'água.

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



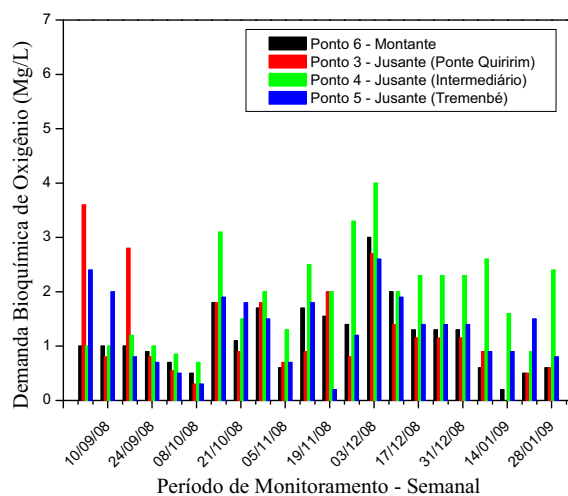
**Figura 5. Evolução dos teores de nitrogênio total ao longo do período de monitoramento para os pontos de entrada e saída da área de cultivo do arroz.**



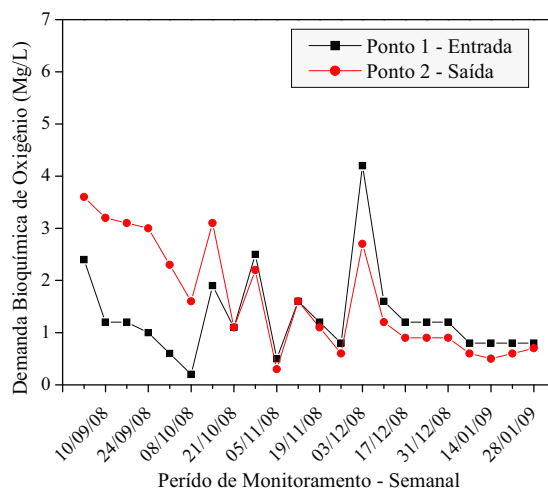
**Figura 6. Evolução do Oxigênio dissolvido na água ao longo do período de monitoramento.**

Na Figura 7 é possível observar que ocorreram variações significativas das leituras de DBO entre os meses monitorados, entretanto a maior variação encontrada foi a do mês de dezembro. No entanto, pode-se observar que os valores encontrados foram todos inferiores a  $5 \text{ mg L}^{-1}$ , estando assim, abaixo do que é exigido para a classificação de 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  $5 \text{ mg L}^{-1}$  são considerados elevados em se tratando de água para o consumo humano. Outra observação é referente ao ponto 4, o qual retrata o lançamento de efluentes líquidos sem o devido tratamento (estabilização da matéria orgânica) oriunda da cidade de Taubaté. As leituras de DBO para este ponto sempre estão acima dos demais pontos, principalmente do ponto 5, revelando o poder de autodepuração do rio.

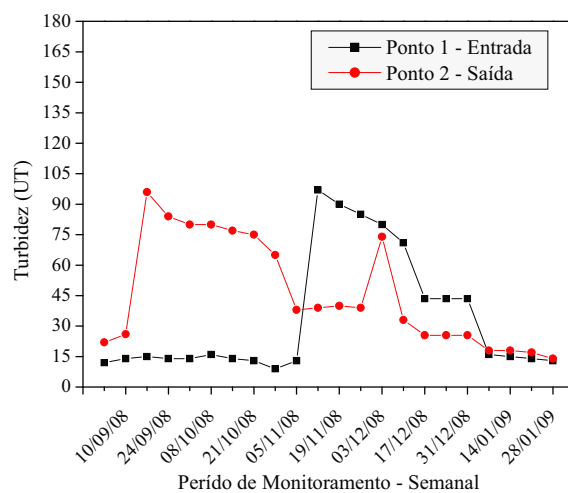
A Figura 8 apresenta uma comparação entre os valores de DBO na entrada e saída da área de cultivo do arroz. Nesta é possível observar que no início do ciclo a prática do cultivo do arroz contribui com a contaminação do Rio Paraíba do Sul, onde é lançado um afluente com carga orgânica proveniente do manejo inadequado da cultura até o mês de outubro.



**Figura 7. Evolução da DBO ao longo do período de monitoramento.**



**Figura 8. Evolução da DBO ao longo do período de monitoramento para os pontos de entrada e saída da área de cultivo do arroz.**



**Figura 9. Evolução da turbidez 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 Figura 9 é notado, mais uma vez, que a prática inadequada 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, por que não, de nutrientes oriundos da adubação.

#### 4. 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 evidenciando a necessidade de um manejo racional da água em função da condução da adubação.

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

#### 5. Referências

- APHA. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 19th ed. Washington, DC: American Public Health Association, 1995.
- Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB). **Água – rios e reservatórios**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/informacoes.asp>>. Acesso em: 20 jul. 2009.
- Conselho Nacional Do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução Conama no 357. Disponível em: <[www.mma.conama.gov.br/conama](http://www.mma.conama.gov.br/conama)>. Acesso em: 20 jul. 2009.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/pnsb/esgotamento\\_sanitario/esg\\_sanitario50.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/pnsb/esgotamento_sanitario/esg_sanitario50.shtm)>. Acesso em: 21 jul. 2009.
- 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.
- Lichtenberger, E.; Shapiro, L. K. Agriculture and nitrate concentrations in Maryland Community water system wells. **Journal Environmental Quality**, v. 26, n.1, p.145–152, 1997.
- Machado, S. L. O. et. Al. Consumo de água e perdas de nutrientes e de sedimentos na água de drenagem inicial do arroz irrigado. **Ciência Rural**, v.36, n.1, p.65-71, 2006.
- Lalonde, V.; Madramootoo, C. A.; Trenholm, L.; Broughton, R. S. Effects of controlled drainage on nitrate concentrations in subsurface drain discharge. **Agricultural Water Management**, v.29, p.187-199, 1996.
- Sperling, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: UFMG, 1996. 243p.
- Piveli, R.P.; Kato, M.T. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**. São Paulo: ABES, 2005. 285p.
- 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. 147p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2001.