

**AVALIAÇÃO SAZONAL DE ALGUNS PARÂMETROS INDICADORES DA QUALIDADE DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE ILHA SOLTEIRA-SP, BRASIL**

Maria Clara da Silva Minello<sup>1</sup>; Ana Luisa Paçó<sup>1</sup>; Laercio Caetano<sup>1</sup>; Renata Saad Diniz de Castro<sup>2</sup>; Guilherme Ferreira<sup>3</sup>; Adriano da Silva Pereira<sup>1</sup>; Pedro de Magalhães Padilha<sup>3</sup>; Gustavo Rocha de Castro<sup>3\*</sup>

**Resumo:** O presente trabalho apresenta o resultado da avaliação de alguns parâmetros indicadores da qualidade de água nas praias Catarina e Marina, localizadas no município de Ilha Solteira-SP, Brasil. As medidas de oxigênio dissolvido (OD), condutividade e temperatura foram efetuadas on-site através de equipamentos portáteis e as medidas dos outros parâmetros estudados, cloreto (Cl<sup>-</sup>) e pH, foram efetuadas no laboratório. Estes parâmetros foram estudados durante o período de outubro/2007 a outubro/2008 para avaliar a influência sazonal na qualidade da água. De acordo com os resultados os valores dos parâmetros encontram-se abaixo do valor máximo permitido, exceto a concentração de oxigênio dissolvido no período de outubro/2008, a qual atingiu 16 mg L<sup>-1</sup>. A presente investigação mostra que apesar de todos os parâmetros se encontrarem em níveis aceitáveis algumas variações podem ser atribuídas a influencia antrópica.

**Palavras-chave:** indicadores de qualidade de água, balneabilidade, Rio Paraná

**SEASONAL EVALUATION OF SOME WATER QUALITY INDICATORS ON A HYDROELECTRIC POWER PLANT RESERVOIR IN ILHA SOLTEIRA-SP, BRAZIL**

**Abstract:** The present work reports on a evaluation of some water quality indicator parameters from Catarina and Marina beach, located at Ilha Solteira town, SP, Brazil. The dissolved oxygen (DO), conductivity and temperature measures were performed on-site through the use of portable equipments and the measures of other parameters such as chlorine (Cl<sup>-</sup>) and pH were performed on the laboratory. These parameters were monitored from october/2007 to october 2008 in order to investigate the seasonal influence on the water quality. According to the results the parameters investigated are above critical levels except the DO, which attained 16 mg L<sup>-1</sup> in october/2008. The present investigation showed that all parameters are in acceptable levels despite the anthropic influence.

**Keywords:** water quality indicator parameters, balneability, Paraná River

---

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP) - Campus de Ilha Solteira, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Departamento de Física e Química, Avenida Brasil, 56, Centro, Ilha Solteira (SP) – CEP.: CEP.: 15385-000.

<sup>2</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP) - Campus de Ilha Solteira, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Avenida Brasil, 56, Centro, Ilha Solteira (SP) – CEP.: CEP.: 15385-000

<sup>3</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Instituto de Biociências de Botucatu, Departamento de Química e Bioquímica, Botucatu (SP) – CEP.: 18618-970. \*E-mail: castrogr@ibb.unesp.br. Autor para correspondência

Recebido em: 04/05/2010. Aprovado em: 08/07/2010

## INTRODUÇÃO

Ao lado dos crescentes problemas que acompanham o desenvolvimento da humanidade provocados pela contaminação ambiental, estão os processos de produção utilizados para extração e/ou transformação de matéria para atender a demanda mundial (MANAHAN, 1997; RIMMER et al., 2006). Mesmo sendo conhecidos processos de controle da poluição causada por resíduos industriais, ainda não se chegou a métodos que atinjam um controle absoluto, assim, os recursos hídricos naturais, nos últimos anos, vêm sendo depositários de uma variedade de subprodutos, provenientes de atividades antrópicas (ROCHA & HIRCHE, 1994; BRANCO, 1978).

Muitos dos importantes fenômenos químicos associados com a água não ocorrem apenas em solução e sim através da interação dos solutos, presentes na água, com outras fases. Como por exemplo, as interações que envolvem a troca de espécies de soluto entre a água e o sedimento de superfície e as trocas gasosas entre a água e a atmosfera. Geralmente os fenômenos de ácido-base e de solubilidade controlam as concentrações dos íons inorgânicos dissolvidos na água, enquanto que o teor orgânico é dominado por reações redox. Neste sistema o pH e a concentração das espécies metálicas são controlados pela dissolução de CO<sub>2</sub> atmosférico e pelos íons carbonato vinculados ao solo (MANAHAN, 1997; KORFALI & DAVIES, 2004; HAN & LIU, 2004).

Outro parâmetro, como por exemplo, a concentração de oxigênio dissolvido em sistemas aquáticos naturais também é considerada uma variável altamente informativa, pois representa o comportamento e a funcionalidade do ecossistema (D'AUTILIA et al., 2004). O oxigênio dissolvido, juntamente com o ciclo de nutrientes e a produtividade biológica são alguns parâmetros de

qualidade de água severamente controlados por mudanças na temperatura (STEFAN et al., 1993).

Este trabalho descreve uma avaliação anual (2007-2008) de alguns parâmetros de qualidade de água nas praias do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, Ilha, Solteira-SP, Brasil. Através de alguns estudos realizados recentemente foi constatado que em alguns pontos os sedimentos de superfície desta região estão contaminados por algumas espécies metálicas (MINELLO et al., 2009), e devido a possibilidade de mobilização dessas espécies para a coluna d'água alguns parâmetros indicadores da qualidade de água foram monitorados por um período de doze meses (outubro/2007 a outubro/2008).

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Materiais

Antes dos experimentos todos os recipientes e vidrarias utilizados foram deixados em banho de imersão por 24 horas em solução de HNO<sub>3</sub> 0,3 mol L<sup>-1</sup>. Após esse período os materiais foram enxaguados três vezes com água desionizada (Millipore-Direct-Q) e secos em estufa de circulação de ar.

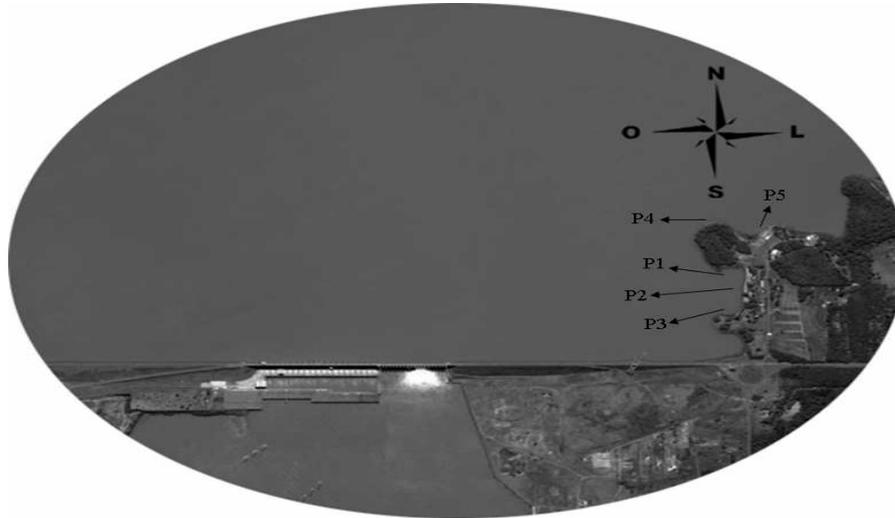
### Descrição da área de estudo

A área onde os estudos foram realizados esta situada na cidade de Ilha Solteira, localizada no noroeste do estado de São Paulo às margens do Rio Paraná. Com a construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira e o represamento das águas formaram-se as praias Catarina e Marina. Banhadas, pelo Rio Paraná, um dos mais importantes rios do país, suas águas são destinadas ao lazer, prática de esportes aquáticos e geração de energia elétrica.

As duas praias apresentam aproximadamente 320 m de comprimento

e características bem diferentes. A praia Catarina apresenta menor fluxo de água e sedimento com aspecto argiloso e a praia Marina apresenta maior movimentação das

águas e o sedimento é composto basicamente por pequenas rochas. A Figura 1 ilustra a localização dos pontos de amostragem/análise.



**Figura 1.** Representação esquemática dos pontos monitorados nas praias Catarina (P1, P2 e P3) e Marina (P4 e P5). Fonte: Google Earth, 2009.

#### **Análise on-site e coleta das amostras**

Alguns parâmetros foram determinados on-site devido a possibilidade de alteração nas condições da amostra em função do transporte, como por exemplo, a temperatura e oxigênio dissolvido. Estes parâmetros são facilmente alterados uma vez que o transporte pode resultar em agitação e aumento da temperatura da amostra e, assim, diminuir a solubilidade do oxigênio. Por esta razão, foi utilizado um equipamento portátil, HANNA, modelo HI 9146. O pH foi determinado no laboratório aproximadamente 30 minutos após a coleta através de um pHmetro, PHTEK modelo PHS-3B. Alíquotas de 250 mL das amostras foram transferidas para béqueres de 600 mL e a medida foi efetuada após a calibração do pHmetro.

Para a determinação de íons  $\text{Cl}^-$  as amostras foram coletadas em frascos de polietileno de 1L e transportadas até o departamento, onde as determinações foram realizadas através de Espectrofotômetro SQ-118 – MERCK. No

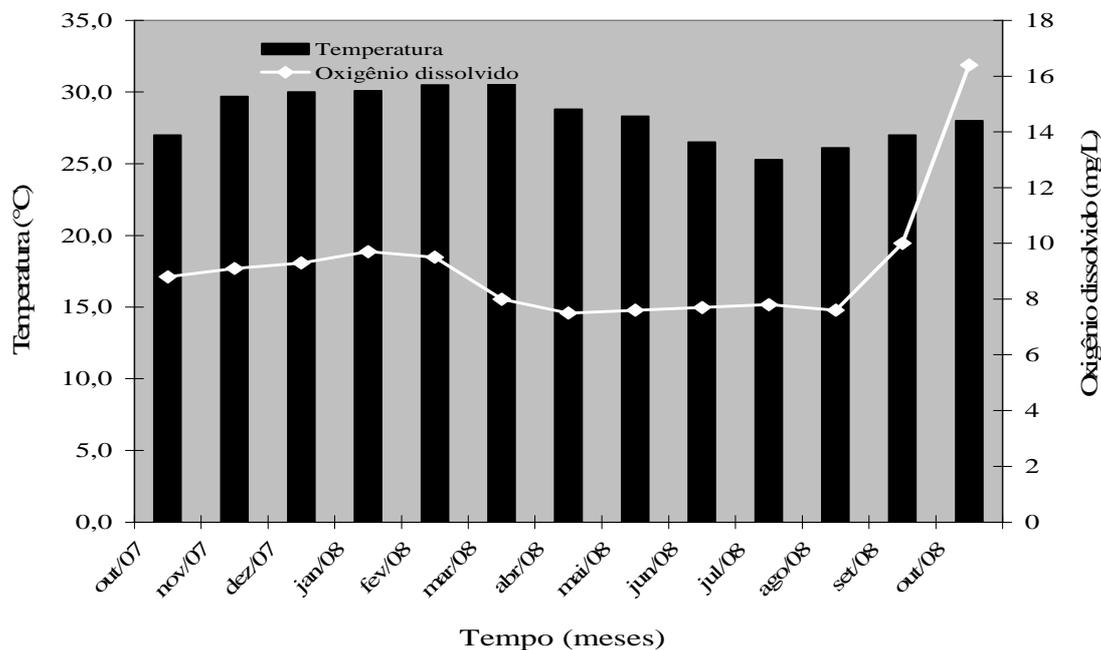
procedimento foi utilizado soluções fornecidas pelo fabricante (nitrato de ferro III,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  e tiocianato de mercúrio II,  $\text{Hg}(\text{SCN})_2$ ). A leitura foi realizada em cubeta de 20 mm e comprimento de onda de 450 a 580 nm.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **A relação do oxigênio dissolvido e da temperatura**

O oxigênio dissolvido ( $\text{O}_2$ ) é considerado o agente oxidante mais importante em águas naturais e a sua concentração esta relacionada com a temperatura através da Lei de Henry. Em águas naturais, a concentração de espécies  $\text{O}_2$  dissolvidas é relativamente baixa ( $\sim 8,7 \text{ mg L}^{-1}$ ), uma vez que estão envolvidas na respiração de algas e peixes, na oxidação da matéria orgânica, compostos contendo nitrogênio ( $\text{NH}_4^+$ ) e também na oxidação química ou bioquímica de agentes redutores como os íons  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{SO}_3^{2-}$  (MANAHAN, 1997; BIRD, 2002). Devido a sua grande importância, a

concentração de OD nas praias estudadas foi monitorada ao longo de 12 meses e os dados encontram-se ilustrados na Figura 2.



**Figura 2.** Variação da temperatura e da concentração de oxigênio dissolvido nas praias de Ilha Solteira-SP.

Como pode ser observada na Figura 2, a temperatura superficial da água varia de forma sazonal, com temperaturas mais elevadas no verão e menores no inverno, não ultrapassando 32 °C. Apesar das temperaturas elevadas a concentração de O<sub>2</sub> permaneceu entre 9,7 e 7,6 mg L<sup>-1</sup>. No entanto, nos meses de setembro e outubro de 2008 observou-se um aumento considerável, com a concentração máxima de 16,4 mg L<sup>-1</sup>. Elevadas concentrações de OD estão, geralmente, relacionadas a ambientes com grande quantidade de algas, assim, a fotossíntese também pode ser considerada uma fonte de oxigênio dissolvido. Isso sugere que algum fator externo tenha interferido no equilíbrio do sistema verificado nos meses anteriores e que isso seja resultado do lançamento de efluente com elevada carga de nutrientes, provavelmente esgoto doméstico oriundo dos restaurantes e bares existentes no local.

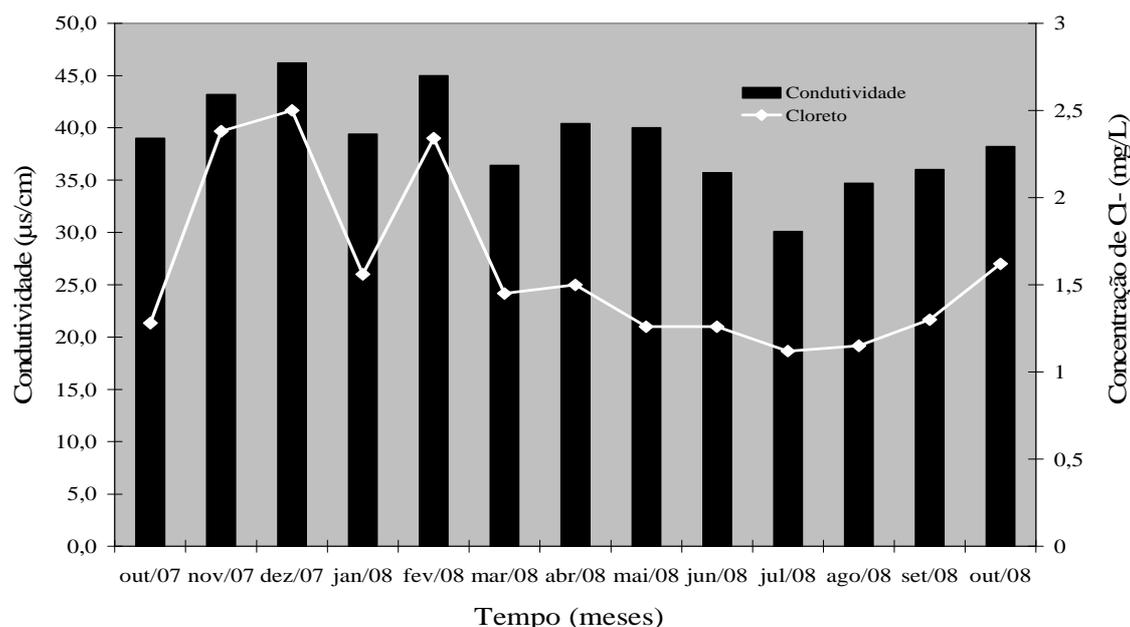
A importância do monitoramento da temperatura, além da estreita relação com a concentração de oxigênio

dissolvido, também se deve a influência que este parâmetro exerce na alimentação, desenvolvimento e metabolismo de certas espécies de peixes (OTTOLENGHI et al., 1995; FANG et al., 2004).

#### Condutividade e concentração de íons Cl<sup>-</sup>

A condutividade da água está relacionada com a sua habilidade em conduzir corrente elétrica, a qual está relacionada com a concentração de espécies iônicas dissolvidas e com a temperatura. A condutividade da água pode ser um fator importante no monitoramento da sua qualidade, uma vez que está relacionada diretamente com a quantidade de sólidos totais dissolvidos e também pode estar relacionada com efluentes domésticos e industriais (OBHAHIE et al., 2007).

Ao longo dos doze meses, as medidas de condutividade foram efetuadas in-situ e as médias dos pontos amostrados constam na Figura 3.



**Figura 3.** Variação da condutividade e da concentração de íons cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) ao longo do período estudado.

Com base no gráfico apresentado na Figura 3, pode ser observado que a condutividade foi maior nos meses de novembro a fevereiro. Como esse período também coincide com o período de chuvas esperava-se que o maior volume de água causasse um efeito de diluição nas espécies responsáveis pela condutividade, no entanto, com as chuvas também aumenta a quantidade de sólidos transportados para os reservatórios através do processo de lixiviação.

Uma outra informação, também relevante para a interpretação da condutividade está relacionado a concentração de íons cloretos ( $\text{Cl}^-$ ), a qual apresentou certa relação com a condutividade. Isso mostra que a condutividade pode estar relacionada com esgoto doméstico, uma vez que na alimentação humana grande quantidade de sal,  $\text{NaCl}$ , é utilizada na forma de tempero. Apesar da concentração de cloreto ser

maior nos períodos de chuva, aproximadamente 2,5, não implica em condições insatisfatórias para a utilização das praias, uma vez que para o consumo humano a concentração limite é de  $250 \text{ mg L}^{-1}$  (CONAMA, 2005).

### Potencial Hidrogeniônico

As análises do potencial hidrogeniônico (pH) foram realizadas no laboratório através de um pHmetro de bancada logo após a coleta. Para isso, as amostras relacionadas aos cinco pontos foram coletadas em frascos de polietileno de 1000 mL e levadas até o laboratório.

Alíquotas de 250 mL de cada amostra foram transferidas para béqueres de 600 mL e em seguida as medidas foram efetuadas. A Tabela 1 apresenta os valores médios das medidas de pH dos cinco pontos coletados e o desvio padrão (para os dozes meses estudados) de cada ponto.

**Tabela 1.** Valores das medidas de pH das amostras de água coletadas nos cinco pontos de amostragem.

	Ponto1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto5
pH	7,84 $\pm$ 0,25	7,81 $\pm$ 0,18	7,77 $\pm$ 0,26	7,79 $\pm$ 0,31	7,77 $\pm$ 0,24

Com base nos valores da Tabela 1, pode ser observado que os valores de pH não apresentaram variações consideráveis ao longo do período amostrado para o mesmo ponto, como pode ser verificado pelo baixo desvio padrão. E também não apresentou variações significativas em relação às médias dos pontos.

Segundo o CONAMA 357, as águas de rios de Classe 2, ou seja, aquelas destinadas á atividades de recreação aquática, irrigação de hortaliças, pesca, abastecimento público após tratamento adequado, devem apresentar valores de pH entre 6 e 9,5. De acordo com esta classificação os pontos amostrados encontram-se dentro dos limites estabelecidos, uma vez que o maior valor esta em torno de 8,0 e o menor de 7,5.

Apesar dos pontos estarem dentro dos valores permitidos pelo CONAMA, o monitoramento desse parâmetro é necessário, uma vez que o local encontra-se contaminado por espécies metálicas. De maneira geral as espécies metálicas encontram-se associadas com substâncias orgânicas, como ácidos húmicos e fúlvicos, óxidos de manganês e ferro ou ainda adsorvidas no material particulado em suspensão e, portanto, variações em alguns parâmetros como a concentração de oxigênio dissolvido e/ou pH pode resultar em reações que aumentam a biodisponibilidade das espécies metálicas na água. Em outras palavras, pode haver uma mobilização das espécies para a coluna d'água.

## CONCLUSÕES

A preocupação inicial com o monitoramento de alguns parâmetros indicadores da qualidade da água surgiu devido ao problema previamente constatado, sobre a contaminação do sedimento de superfície com espécies metálicas tóxicas, pois sabe-se que uma variação em alguns desses parâmetros

pode resultar na mobilização dos contaminantes para a coluna d'água.

Apesar da preocupação observou-se que os parâmetros importantes no tocante a mobilização se mantiveram dentro de níveis aceitáveis, como foi o caso do oxigênio dissolvido e o pH. Também foi possível concluir através das medidas de condutividade e concentração de íons Cl<sup>-</sup> que houve um aporte de esgoto nas praias, provavelmente, oriundo dos bares e restaurantes existentes nas proximidades do local de amostragem.

Mesmo não havendo alterações nos parâmetros físico-químicos para favorecer a mobilização das espécies metálicas, elas continuam representando um risco a saúde, pois, por estarem presentes nos sedimentos de superfície, podem ser ingeridas por espécies de peixes que retiram do sedimento o seu alimento (TELES et al., 2008) e por esta ser uma área de elevada concentração de pescadores e famílias ribeirinhas, que tiram o sustento da atividade pesqueira.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPESP pelo auxílio concedido a Gustavo R. Castro (Proc.2006/54946-9) e pela bolsa concedida a Maria Clara da Silva Minello (Proc.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIRD, C. **Química Ambiental**. Porto Alegre, Bookman, 2002.
- BRANCO, S.M. **Hidrologia aplicada à engenharia sanitária**. São Paulo, CETESB, 1978.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE –CONAMA – Resolução N° 357 de 17 de março de 2005.
- D'AUTILIA, R.; FALCUCCI, M.; HULL, V.; PARRELLA, L. Short time dissolved

- oxygen dynamics in shallow water ecosystems. *Ecological Modelling*, v.179, p.297-306, 2004.
- FANG, X.; STEFAN, H. G.; EATON, J. G.; McCORMICK, J. H.; ALAM, S. R. Simulation of thermal/dissolved oxygen habitat for fishes in lakes under different climate scenarios: Part 1. Cool-water fish in the contiguous US. *Ecological Modelling*, v.172, p.13-37, 2004.
- HAN, G. & LIU, C-Q. Water geochemistry controlled by carbonate dissolution: a study of the river waters draining karst-dominated terrain, Guizhou Province, China. *Geochemical Geology*, v.204, p.1-21, 2004.
- KORFALI, S. I. & DAVIES, B. E. Speciation of metals in sediments and water in a river underlain by limestone: role of carbonate species for purification capacity of rivers. *Advances in Environmental Research*, v.8, p.599-612, 2004.
- MANAHAN, S. E. **Environmental Science and Technology**. Boca Raton, CRC-PRESS, 1997.
- MINELLO, M. C. S.; PAÇÓ, A. L.; MARTINES, M. A. U.; CAETANO, L.; SANTOS, A.; PADILHA, P. M.; CASTRO, G. R. Sediment grain size distribution and heavy metals determination in a dam on the Paraná River at Ilha Solteira, Brasil. *Journal of Environmental Science and Health Part A*, v.44, p.861-865, 2009.
- OBHAHIE, A. I.; UGWAKA, K. A.; UGWU, L. L.; ADESIYAN, F. A. Effects of industrial effluents and municipal wastes on water conductivity and total dissolved solids, sulphate and phosphate ions concentration of Ogba river, Benin City, Nigeria. *Journal of Fisheries International*, v.2, p.277-283, 2007.
- OTTOLENGHI, C.; PUVIANI, A. C.; RICCI, D.; BRIGHENTI, L.; MORSIANIZI, E. The effect of high temperature on blood glucose level in two teleost fish (*Ictalurus melas* and *Ictalurus punctatus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A*, v.111, p.229-235, 1995.
- RIMMER, D. L.; VIZARD, C. G.; MULLOLI-PLESS, T.; SINGLETON, I.; AIR, V. S.; KEATINGE, Z. A. F. Metal contamination of urban soils in the vicinity of a municipal waste incinerator: One source among many. *Science of the Total Environment*, v.356, p.207-216, 2006.
- ROCHA, J. C. & HIRCHE, R. N. Determinação de metais totais e metais solúveis em amostras de água bruta e água tratada de represas de captação da estação de tratamento de águas (ETA) de Araraquara-SP. *Eclética Química*, v.19, p.105-117, 1994.
- STEFAN, H. C.; HONDZON, M.; FANG, X. Lake water quality modeling for projected future climate scenarios. *Journal of Environmental Quality*, v.22, p.417-431, 1993.
- TELES, L. T.; ZARA, L. F.; FURLANETO, U. L. R.; SILVA JR, N. J. Elementos traço em peixes de interesse comercial do rio Caiapó (Goiás, Brasil) em área sob impacto ambiental. *Estudos*, v.35, p.1055-1067, 2008.