

AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS EM CURSOS D'ÁGUA

Edson Luís Tocaia dos Reis¹, Marycel Elena Barbosa Cotrim², Osvaldo Beltrame Filho³, Cláudio Rodrigues⁴, Maria Aparecida Faustino Pires⁵

Abstract — *The growing concern of environmental and sanitary surveillance about the safety and the quality in the hydric resources, guides the development of many researches to a revision of the current technological pattern, related to the administration of residues generated in the water treatment plants (WTP). This work evaluated physical-chemical effects of the residues generated in a WTP complete cycle in the Registro town (SP) and discharged at Ribeira de Iguape River Basin. A monitoring program was established, verifying the attendance of the environmental parameters analyzed to the demands of federal legislations, such as Resolução CONAMA 357/2005.*

Index Terms — *Environmental Impact, Ribeira de Iguape, Sludge, WTP.*

INTRODUÇÃO

A indústria da água de abastecimento, quando utiliza o tratamento completo ou convencional (coagulação, floculação, decantação e filtração), transforma a água inadequada para consumo humano em um produto que esteja de acordo com padrões de potabilidade, utilizando para isso, processos e operações como a introdução de produtos químicos, gerando resíduos. Estes efluentes têm origem nos decantadores, na lavagem dos filtros e na lavagem dos tanques de preparação de soluções e suspensões de produtos químicos. De acordo com o Programa de Pesquisa em Saneamento Básico [1], vários questionamentos têm sido feitos com relação aos impactos ambientais provenientes do descarte inadequado desses resíduos, que pode causar alterações consideráveis no corpo d'água receptor e conseqüentemente na bacia hidrográfica. Os fatores químicos, biológicos e físicos que alteram as condições

ambientais podem causar enfermidades ecológicas, agindo de maneira a interferir negativamente no meio ambiente, além de inferir em problemas quanto à legislação ambiental vigente.

Nos últimos cinco anos, a CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, tem intensificado a fiscalização sobre o lançamento de lodos gerados em estações de tratamento de água (ETAs) em corpos d'água, o que tem exigido das concessionárias de saneamento a busca de alternativas para a solução desse problema. A SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, vem realizando estudos visando à viabilização de alguns usos benéficos do lodo gerado em suas ETAs, tais como a incorporação na fabricação de cerâmica vermelha (tijolos, telhas e manilhas) e incorporação na selagem de células de aterro sanitário, obtendo resultados bastante promissores [2]. Estratégias alternativas de descarte adequado também têm sido desenvolvidas para disposição final do lodo de ETA's, como disposição em aterros sanitários, disposição em aterros exclusivos, gerenciamento conjunto com lodo de tratamento de esgoto e co-disposição com biosólido, aplicação controlada em certos tipos de solo; aplicações industriais diversas (na indústria cerâmica, incorporação em materiais da construção civil), regeneração do coagulante, entre outras [3]. O tratamento e disposição final desses lodos vêm se tornando, portanto, uma meta crucial no processo de gerenciamento das ETAs, consumindo uma significativa parcela orçamentária da produção de água para abastecimento público. Uma avaliação preliminar da concentração de metais presentes na fase sólida nos lodos de ETAs permitiu perceber que a concentração de metais predomina na fase sólida do lodo e que existe a necessidade de se equacionar o problema quase de forma individualizada.

¹ Edson Luís Tocaia dos Reis, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Avenida Prof. Lineu Prestes, 2242. Caixa Postal 11049, 05508-900, São Paulo, SP, Brazil, eltreis@ipen.br

² Marycel Elena Barbosa Cotrim, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Avenida Prof. Lineu Prestes, 2242. Caixa Postal 11049, 05508-900, São Paulo, SP, Brazil, mecotrim@ipen.br

³ Osvaldo Beltrame Filho, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, Setor de Controle Sanitário, LRTC1, Rua Joaquim M. Alves, 1002, Jd Valeri, 11900-000, Registro, São Paulo, Brazil, obeltrame@sabesp.com.br

⁴ Cláudio Rodrigues, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Avenida Prof. Lineu Prestes, 2242. Caixa Postal 11049, 05508-900, São Paulo, SP, Brazil, claudio@ipen.br

⁵ Maria Aparecida Faustino Pires, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Avenida Prof. Lineu Prestes, 2242. Caixa Postal 11049, 05508-900, São Paulo, SP, Brazil, mapires@ipen.br

No Brasil, é insuficiente o estudo sobre o impacto e a toxicidade desses resíduos em bacias hidrográficas, além da influência da aplicabilidade dos produtos químicos no entorno da bacia [1].

Neste sentido, este trabalho tem por objetivo avaliar os principais efeitos físico-químicos do descarte dos resíduos gerados por uma ETA na qualidade da água e sedimento da Bacia Hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, utilizando como critérios o CONAMA 357/05, ampliando as informações existentes voltadas para o cenário regional fundamentado no uso múltiplo e na sustentabilidade dos recursos naturais. No contexto de política estadual de controle da qualidade da água das bacias hidrográficas este trabalho também fornece subsídios ao projeto FAPESP 03/01694-1: “Gerenciamento de Lodos de ETAs. Influência do lançamento do lodo de ETA no processo de tratamento de esgotos por lagoas de estabilização em cidades de pequeno/médio porte”, realizado em parceria com a SABESP e com a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli/USP).

PARTE EXPERIMENTAL

1. Caracterização da área de estudo

O estudo da avaliação do impacto de descarga de resíduos de ETA foi iniciado na Bacia Hidrográfica do rio Ribeira de Iguape pela ETA da cidade de Registro, São Paulo, em razão do volume representativo de descarga de resíduos quando comparado com as outras ETAs da região [3]. Como esquematizado na Figura 1, o lodo da ETA é despejado por gravidade em um pequeno córrego (rio Sem Nome), a 200 m da própria ETA. Este córrego percorre aproximadamente 3 km a montante do ponto de descarte, cruzando um bairro periférico de Registro, o qual é o responsável por grande parte do despejo de esgoto *in natura*.

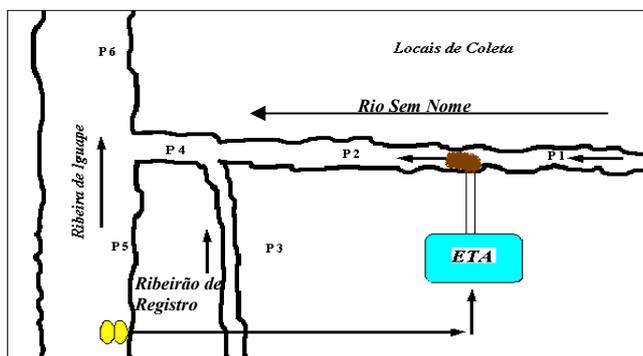


FIGURA 1 – Localização dos pontos de coleta.

Foram definidos o ponto P1, localizado a montante do despejo do lodo e o ponto P2, a 50 m a jusante do ponto da

descarga do lodo. O fato de haver um ribeirão afluente do córrego estudado (Ribeirão de Registro) antes do seu deságüe no rio Ribeira de Iguape, resultou em mais dois locais de coleta, correspondentes à montante (P3) e a jusante (P4) da contribuição deste outro ribeirão. Foram também definidos mais dois pontos no Rio Ribeira de Iguape, os pontos P5 e P6. O ponto P5 corresponde à captação de água para a ETA e o ponto P6 localiza-se à jusante da foz do rio Sem Nome, no rio Ribeira de Iguape. Foram coletadas 1 vez ao mês, amostras de água e sedimento recolhidas 24h após o descarte do lodo, no período entre dezembro de 2003 e agosto de 2004, abrangendo o período de chuvas e estiagem, conforme recomendação do guia de coletas da CETESB [4] e do *Standard Methods* [5]. O procedimento utilizado para a preservação de amostras de água foi sob refrigeração à temperatura de 4°C. Para a determinação de metais, as amostras foram filtradas e preservadas com a adição de solução de HNO₃ 1:1 até pH <2. As amostras de água bruta foram coletadas a aproximadamente 10 cm da superfície em frascos de polietileno. As amostras de sedimento foram coletadas em aproximadamente 30-50 cm de profundidade utilizando-se uma draga do tipo Ekman-Birge, com área igual a 22,5 cm². Em alguns casos, devido à dificuldade de coleta, utilizou-se de um coletor de cereal ou uma enxada.

2. Abertura e análise

A avaliação das águas superficiais e sedimentos de fundo no entorno da ETA de Registro foi realizada comparando-se coletas a montante e a jusante do despejo, em consequência de alterações de parâmetros físico-químicos no próprio meio aquático. A qualidade das amostras de águas superficiais foi comparada com os limites estabelecidos pelo CONAMA 357 [6], enquanto os sedimentos coletados nos cursos d'água foram avaliados de acordo com os valores limites estabelecidos pelo Conselho Canadense de Ministros para o Meio Ambiente [7]. Os parâmetros adotados para sedimentos são também utilizados para a avaliação de sedimentos pela CETESB [8], onde são estabelecidos dois níveis de classificação: TEL (“Threshold Effect Level”), que representa a concentração abaixo da qual não se espera efeitos adversos sobre organismos aquáticos e PEL (“Probable Effect Level”), que descreve concentrações acima das quais são esperados efeitos adversos severos sobre organismos aquáticos. Para a maior parte dos metais analisados é esperado um background de concentração que seja normal e característico de toda a área de amostragem, decorrente do solo e das rochas da região, excluindo-se contribuições de fontes antropogênicas. A determinação dos elementos em amostras de sedimento foi realizada por meio do estudo da fração de elementos lixiviáveis, obtida em HCl 0,1M, utilizando agitação mecânica de 0,3 g de amostra por 2 horas a 150 RPM e com 50 mL de solução de HCl 0,1M, seguido de filtração em papel de filtração lenta e acondicionamento em frascos plásticos apropriados.

Este processo permite liberar elementos associados com as frações trocáveis, carbonatos, óxidos de ferro e manganês, além de matéria orgânica [9]. Todos os ácidos utilizados foram de grau analítico e as soluções padrão multi-elementares, contendo os elementos utilizados (com o propósito de padronização do método de análise por via instrumental), foram preparadas em meio 5% (v/v) HNO₃, de acordo com soluções padrão de referência com certificado de pureza (Merck) e concentração certificada de 1.000 mg.L⁻¹. As soluções padrão multi-elementares foram preparadas para concentrações apropriadas a partir de soluções de grau analítico dos seguintes analitos: Alumínio (Al), Bário (Ba), Boro (B), Cádmio (Cd), Cálcio (Ca), Chumbo (Pb), Cromo (Cr), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Estrôncio (Sr), Fósforo (P), Ferro (Fe), Magnésio (Mg), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni), Potássio (K), Prata (Ag), Sódio (Na), Vanádio (V) e Zinco (Zn).

As determinações dos analitos foram realizadas utilizando-se espectrometria de absorção atômica (forno de grafita) - Perkin Elmer Analyst 800 e espectrometria de emissão óptica com fonte de plasma de argônio induzido (ICP-OES), Espectro Flame M 120, Spectro Analytical Instruments, equipado com uma tocha axial, nebulizador concêntrico Meinhard e câmara de spray tipo Scott. O método da curva analítica foi utilizado na determinação dos elementos por meio do uso de soluções padrão multi-elementares diluídas em solução de ácido nítrico a 2%, a partir de soluções originais de 1000 mg.L⁻¹. O controle de qualidade analítico baseou-se em análises diárias de soluções padrão e análise em triplicata das amostras. A validação da metodologia analítica foi efetuada pela análise de material de referência certificado para a análise de água e para avaliação do procedimento de lixiviação em sedimentos [10,11].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas medidas de concentração dos elementos majoritários e em níveis de traços na fração solúvel de amostras de águas superficiais nos pontos de coleta (P1 a P6), no prazo de 24h após o descarte de lodo. Os analitos foram escolhidos baseando-se nos resultados prévios obtidos na caracterização do lodo por Fluorescência de Raios X [3]. Em uma primeira avaliação, verificou-se que para todos os elementos analisados foram encontrados níveis de concentração semelhantes nos pontos de coleta P1 e P2, respectivamente à montante e jusante do Rio Sem Nome, conforme exemplificado pelos resultados obtidos para o manganês, na Figura 2. Na avaliação da variação espacial e temporal do alumínio (Figura 3), no entanto, pôde-se notar o metal encontrado em teores muito acima do estabelecido pela legislação Federal [6], em todos os pontos de coleta e não apenas nos pontos à jusante do descarte, como seria esperado, mostrando que a sua presença não está associada a atividades antrópicas, como o descarte do lodo da ETA.

Apesar do lodo de ETA geralmente apresentar altas concentrações de alumínio [12], a influência do seu descarte não se evidencia nas amostras de águas superficiais recolhidas 24 horas depois do lançamento nos cursos d'água, em pontos de amostragem localizados à jusante da ETA (P2 e P6).

Concentração de Manganês por Período e Local de Coleta

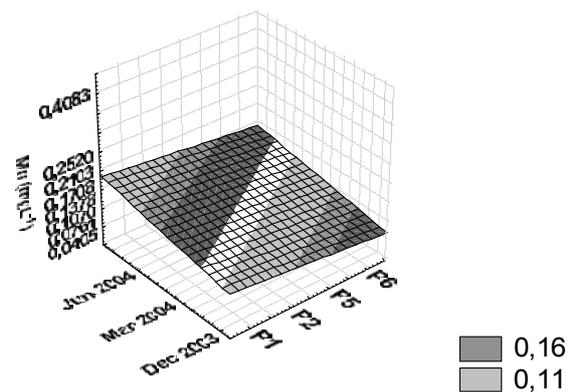


FIGURA 2 – Resultados do manganês em águas superficiais, 24h após o descarte de lodo da ETA.

Teores de Alumínio em Amostras de Águas Superficiais, 24h após Descarte de Lodo de ETA

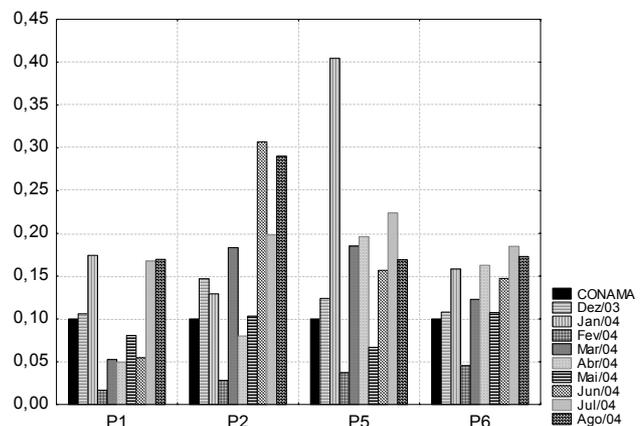


FIGURA 3 – Teores de alumínio em águas superficiais.

Por outro lado, uma avaliação realizada bimestralmente em 50 variáveis de qualidade de recursos hídricos, em diversas regiões do estado de São Paulo pela CETESB no ano de 2004, demonstrou que algumas substâncias químicas, como o alumínio, ferro e manganês, ocorrem naturalmente em quantidade significativa nos solos paulistas (Figura 4) [13].



FIGURA 4 - Porcentagem de resultados não conformes com a Classe 2.

A similaridade encontrada entre os níveis de concentração dos elementos avaliados nos pontos de coleta P1 e P2, demonstra que não há evidência direta de impacto do despejo mensal da ETA no curso d'água receptor (Rio Sem Nome). O mesmo foi observado entre os pontos P5 e P6, indicando uma rápida dispersão do efluente da ETA. A avaliação destes dois pontos de coleta demonstra que, nas condições analisadas, o despejo da ETA recebido pelo curso d'água receptor (Rio Sem Nome) também não compromete diretamente a qualidade das águas superficiais do rio Ribeira de Iguape [3]. Com exceção do alumínio, a maioria dos elementos analisados apresentou concentrações inferiores aos níveis estabelecidos para amostras de águas denominadas Classe 2 [4]. Por outro lado, também não foram observadas variações significativas entre as coletas realizadas no decorrer do estudo, o que demonstra haver uma rápida dispersão dos resíduos da ETA, apesar de diferenças no clima observadas no período [3]. A constatação de que o despejo do lodo apresenta pouco impacto nas águas superficiais tanto em um rio com uma pequena vazão (Rio Sem Nome), quanto em um rio volumoso (Ribeira de Iguape), sugere que o efeito do lodo da ETA possa ser maior no sedimento e na biota. Por outro lado, o uso de sulfato de alumínio como agente coagulante pela ETA não apresentou influência nos parâmetros naturais de qualidade das águas nos pontos de coleta à jusante do despejo. Os parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de águas superficiais, como níveis de oxigênio dissolvido, turbidez, alcalinidade, dureza, sólidos totais, sólidos totais fixos, sólidos voláteis e pH, também se mostraram com características similares entre os pontos de coleta P1 e P2, quando submetidos à avaliação por box-plot (conforme exemplo na Figura 5) e à análise estatística multivariada por dendogramas (Statistica 7.0, Statsoft 2004), conforme Figura 6. Do mesmo modo, também foi observada uma similaridade entre P5 e P6 mostrando também que, para os parâmetros medidos, não se observa impacto do descarte

do lodo no deságüe do Rio Sem Nome no Rio Ribeira de Iguape [3].

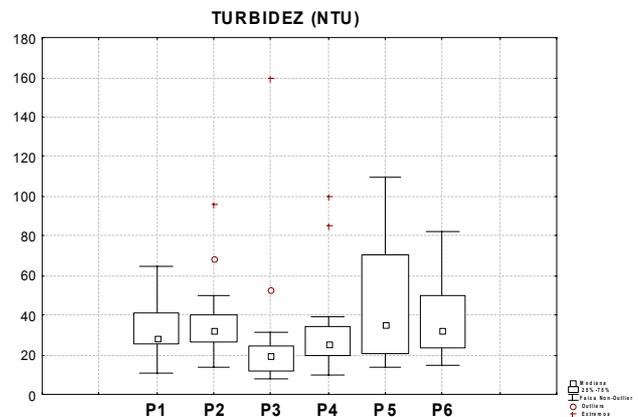


FIGURA 5 - Box plots de medidas de turbidez medidas em 1 dia após descarte do lodo.

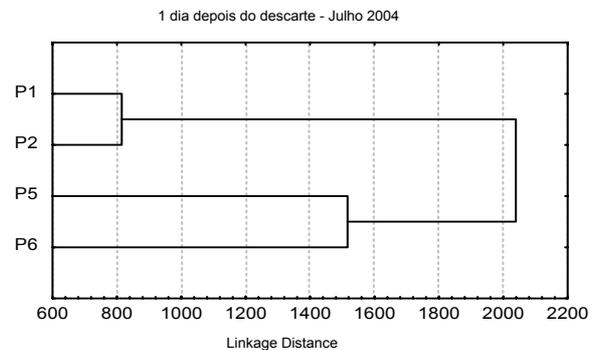


FIGURA 6 - Dendrograma representando a correlação entre pontos de coleta, por período de amostragem, a partir dos parâmetros como oxigênio dissolvido, turbidez, alcalinidade, dureza, sólidos totais, sólidos totais fixos e sólidos voláteis.

Apesar da aplicação de dendogramas apontar para a mesma conclusão daquela obtida quando se utiliza o método de box-plots, seu uso possibilita evidenciar a distribuição geográfica dos cursos d'água no entorno da ETA de Registro, quando se relaciona a similaridade observada entre os pontos de coleta. Os gráficos referentes aos meses de coleta realizados apresentaram a mesma distribuição dos pontos de coletas em períodos de um dia antes e um dia depois da descarga do lodo da ETA [3]. A avaliação do extrato lixiviado do sedimento coletado restringiu-se aos períodos de chuvas (Dezembro/2003 a Janeiro/2004) e estiagem (Junho a Agosto de 2004), em amostragens realizadas 24h após o descarte do lodo. Foram comparados os resultados obtidos aos valores de referência PEL, estabelecidos para amostras de sedimento.

Com a exceção do alumínio, os elementos determinados nas amostras de sedimentos não evidenciaram um impacto do despejo, especialmente aquelas coletadas no ponto de coleta P2, pois não se observou um aumento nos níveis de concentração em relação aos resultados obtidos no ponto de coleta P1, localizado a montante do despejo [3]. Alguns elementos, como Mg, Cu e Pb, apresentaram valores acima dos estabelecidos, porém sem associação direta com o despejo do lodo, como os valores observados no ponto P5 localizado próximo do ponto de captação da ETA, no rio Ribeira de Iguape, indicando que os valores obtidos são de origem natural [3]. No entanto, é nítido o incremento nos níveis detectados de alumínio em P2 em relação a P1, em praticamente todo o período de descarte avaliado (Figura 7).

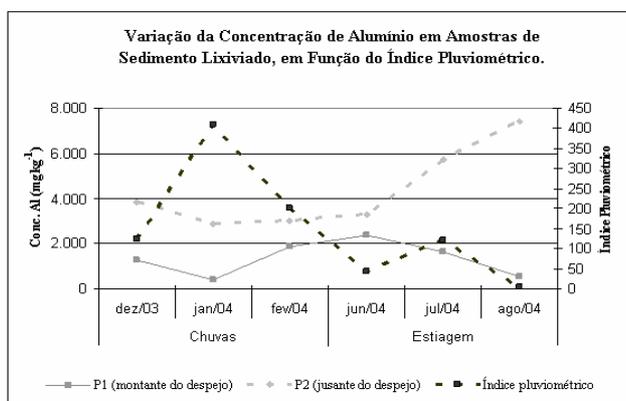


FIGURA 7 - Níveis de alumínio em amostras de sedimento, conforme o índice pluviométrico e período de coleta.

O ponto P2 também apresentou níveis de alumínio superiores a todos os outros pontos de coleta avaliados, no período de estiagem e de chuvas, comprovando que o alumínio presente é oriundo de atividades antrópicas, no ponto de amostragem localizado próximo ao despejo do lodo pela ETA de Registro. Também foi observado que o índice pluviométrico durante um ciclo hídrico é fator importante na dispersão do resíduo descartado no corpo d'água receptor, já que podem contribuir para um maior arraste do lodo depositado, como verificado em janeiro de 2.004.

CONCLUSÕES

Os resíduos dispostos mensalmente pela ETA de Registro nos cursos d'água no seu entorno não demonstraram riscos imediatos quanto à possibilidade de alteração da qualidade das amostras de água superficial, quando comparados com valores estabelecidos pelo CONAMA 357 e uma vez que cada curso d'água analisado apresentou as mesmas características físico-químicas nas coletas de águas superficiais realizadas a montante e jusante da descarga do lodo da ETA, de acordo com as condições e parâmetros físico-químicos utilizados. O descarte dos resíduos provenientes da ETA de Registro pode, no entanto, impactar

o meio ambiente local em função dos níveis de alumínio encontrados em amostras de sedimento lixiviado no ponto de coleta logo após o descarte do lodo da ETA. Apesar da concentração média verificada para este elemento apresentar valores inferiores ao estabelecido de $58.030 \text{ mg.kg}^{-1}$ pelos níveis de referência PEL utilizados, a diferença de 1.000 mg.kg^{-1} observada entre os níveis de background natural e do detectado em função do descarte do lodo, representa por si só a capacidade potencial de deposição e contaminação do lodo da ETA. Quando se consideram os prováveis efeitos de sua toxicidade, torna-se preocupante o incremento de seus níveis de contaminação no meio ambiente, em função da projeção do descarte contínuo dos rejeitos da ETA. Programas que visem enquadrar os lançamentos de lodo de ETA às legislações vigentes devem ser implantados para colaborar com a proteção dos cursos d'água.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Guilherme da Silva, Ivon Villanova, Júlio César de Moraes e Diomedes de Almeida (Belo) da ETA de Registro, pelas informações técnicas, bem como ao CNPq e FAPESP pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- [1] PROSAB, "Noções gerais de tratamento e disposição final de estações de tratamento de água", ABES, 1999, 250.
- [2] SABESP, "Tratamento e Disposição Final do Lodo de Estação de Tratamento de Água". *Relatório Interno*, Abr., 2003.
- [3] Reis, E., L., T., et al., "Abordagem Sistemática do Sistema de Tratamento de Água de Registro, São Paulo, com Ênfase na Avaliação do Impacto do Descarte dos Resíduos na Bacia Hidrográfica do rio Ribeira de Iguape", *IPEN*, 2006, 166.
- [4] CETESB, "Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo", 1991.
- [5] APHA, AWWA, WEF, "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", *American Public Health Association*, 1998.
- [6] CONAMA nº 357, *Diário Oficial da União*, 2005.
- [7] CCME, "Protocol for the derivation of Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life", Environment Canada, Guidelines Division, Technical Secretariat of the CCME Task Group on Water Quality Guidelines, 1999.
- [8] CETESB, "Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo de 2004", 2004.
- [9] Rauret, G., "Extraction procedures for the determination of heavy metals in contaminated soil and sediment", *Talanta*, 46, 1998, 449.
- [10] Cotrim, M., et al., "Caracterização de sedimentos ativos de drenagem em áreas de captação". In: *AESABESP*, 2004.
- [11] Cotrim, M., et al., "Qualidade da água subterrânea utilizada para abastecimento público no Vale do Ribeira - SP", In: *ABES*, 2005.
- [12] Reis, E., et al., "Caracterização dos Resíduos Gerados em sistemas de Tratamento de Água", *Anais do XV Encontro Técnico AESABESP*, 2004.
- [13] CETESB, "Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo", 2005.