

# **Caracterização do efluente do Centro de Pesquisas Químicas do Instituto de Pesquisas e Estudos Industriais da FEI: avaliação de impacto ambiental**

CRISTIANE CAMPOS DE SOUSA

Instituto de Pesquisas e Estudos Industriais – FEI – Programa de Pós-Graduação  
Gestão, Desenvolvimento e Formação – CEETEPS – São Paulo – Brasil  
criscampos@fei.edu.br

SILVIA PIERRE IRAZUSTA

Faculdade de Tecnologia de Sorocaba – Programa de Pós-Graduação Gestão,  
Desenvolvimento e Formação – CEETEPS – SP – Brasil  
silvia.pierre@hotmail.com

## **Resumo**

Este trabalho descreve a caracterização do efluente gerado no Centro de Pesquisas Químicas do Instituto de Pesquisas e Estudos Industriais da FEI para determinação de suas principais características químicas, físico-químicas e toxicológicas. Os resultados das análises químicas e físico-químicas apresentaram alterações importantes dos parâmetros avaliados e os bioensaios de toxicidade crônica para mutagenicidade mostraram índices de alterações genéticas que foram significativamente mais elevados que os controles. Estes resultados em conjunto apontam para a necessidade de realização de um tratamento consistente deste efluente antes de seu descarte.

## **Abstract**

The present work describes the determination of the main chemical, physicochemical and toxicological characteristics of the effluent produced at “Centro de Pesquisas Químicas - Instituto de Pesquisas e Estudos Industriais - FEI”. The results of chemical and physicochemical analysis were significantly altered in relation to the legal limits and the mutagenicity bioassay shows us that the genetic alterations (% micronuclei) were significantly higher than the controls. Taken together these results indicate the necessity of an urgent and appropriate treatment of the effluent before its emission.

Palavras-chave: efluente de laboratório, caracterização, mutagenicidade, metais pesados.

## **Introdução**

### **1. Impactos ambientais sobre recursos hídricos**

Atualmente, os recursos hídricos tem sido tema de constante discussão devido a problemas ambientais que fazem parte da rotina de qualquer grande cidade do mundo. Entre os principais problemas que devem ser enfrentados em relação aos recursos hídricos estão a escassez devido ao consumo irracional e à alta demanda (proveniente do aumento acelerado da população) e à poluição que afeta os mananciais e torna o tratamento de esgotos e águas de abastecimento cada vez mais difícil. Além dos esgotos domésticos, uma grande preocupação é com as características das emissões de efluentes industriais e/ou de laboratórios químicos e físico-químicos, geradores de resíduos líquidos poluidores.

Por esta razão, é cada vez mais necessário um estudo cuidadoso da composição dos efluentes para que os tratamentos se tornem mais eficientes e as emissões sejam mais seguras e menos impactantes aos corpos receptores.

## **2. Principais características dos efluentes, normatização e monitorização**

Algumas características inorgânicas dos efluentes são importantes e constituem alvo de monitoramento e estabelecimento de limites previstos em normas como a Resolução CONAMA n° 357/2005 [1] e o Decreto n° 8468/1976 [2]. Compostos de cromo por exemplo, são conhecidos por seu efeito tóxico, genotóxico, mutagênico e carcinogênico sobre homens e animais [3].

Os metais pesados não são biodegradáveis e tendem a acumular-se nos organismos vivos provocando distúrbios e doenças variadas. O cádmio concentra-se nos rins e fígado no organismo humano, podendo afetar também o sistema nervoso e células vermelhas do sangue. O cobre afeta intestinos e causa queimações gástricas, níquel pode levar a vários tipos de dermatoses, havendo evidências que pode ser carcinogênico; intoxicações agudas causadas por zinco conduzem a febre, diarreia e problemas gastro-intestinais; zinco, cobre, níquel e cromo são extremamente fitotóxicos quando em excesso no solo. O chumbo causa fadiga, anemia e problemas neurológicos [4].

Bioensaios realizados com organismos simples, como algas, mostraram os efeitos de diferentes metais como cádmio, cobalto, cobre, ferro, manganês, níquel, chumbo e zinco em quatro espécies destes organismos. Neste estudo observou-se que o cádmio e o cobre foram os metais que apresentaram a toxicidade mais elevada. O grupo que apresentou a toxicidade mais baixa foi formado pelo manganês e ferro, que em nenhum momento causaram a redução do crescimento algal, desde que em concentração de 10 mg/dm<sup>3</sup> [5]. De fato, a presença de ferro não costuma causar problemas ao ser humano, porém quando oxidado, traz inconvenientes sérios provocando manchas em sanitários e roupas e favorecendo o crescimento de bactérias. O manganês causa problemas semelhantes ao do ferro, porém é mais difícil de ser removido [6].

Os limites de emissão destes compostos estão previstos na legislação [1,2] e se referem às máximas concentrações permitidas de determinadas substâncias presentes em efluentes líquidos lançados em corpos d'água superficiais [5].

De acordo com Di Bernardo [6], as metodologias analíticas para determinação dos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e de radioatividade devem atender às especificações das normas nacionais que disciplinam a matéria, da edição mais recente da publicação "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" [7] de autoria das instituições American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF) ou das normas publicadas pela ISO (International Standardization Organization).

A variedade de composição dos efluentes industriais é muito grande, já que depende das características de cada indústria e é ainda maior em efluentes de laboratórios acadêmicos e de prestação de serviços em análises químicas, pois são efluentes gerados basicamente por pequenas quantidades de resíduos diferentes, que são constituídos por uma grande diversidade de substâncias, incluindo compostos de toxicidade desconhecida. Esta composição complexa e variável torna difícil seu tratamento. Como consequência, os tratamentos utilizados são químicos ou incineração [8].

No caso do laboratório em estudo neste trabalho, o efluente é basicamente composto de soluções ácidas inorgânicas provenientes de ataque de ligas metálicas ferrosas e não ferrosas para determinação de sua composição química.

Por isso, o foco do trabalho foi a análise dos elementos metálicos e sua possível correlação com as suas características toxicológicas e seu potencial impacto ambiental.

### 3. Ensaio toxicológicos

Ainda que os ecossistemas aquáticos tenham a capacidade de assimilar as mudanças físicas e químicas causadas pelo lançamento de poluentes no meio, a locomoção, reprodução, sobrevivência e crescimento dos organismos aquáticos podem ser afetados [9].

A poluição ambiental e a crescente preocupação com o bem-estar social têm levado pesquisadores a desenvolverem testes biológicos eficientes para a avaliação de reações de organismos vivos frente à contaminação ambiental complexa. Desta forma, a garantia e manutenção de ambientes seguros requerem testes padrões para avaliação de agentes genotóxicos e/ou mutagênicos de fácil execução e de rápida obtenção de resultados, além de serem facilmente reprodutíveis [10].

Os vegetais superiores apresentam características que os tornam excelentes modelos genéticos para avaliação de poluentes ambientais, por isso têm sido utilizados com muita frequência em estudos de monitoramento. Contudo, este destaque não se deve, apenas, à sensibilidade de detecção de mutágenos em diferentes ambientes, mas também à possibilidade de utilização de diferentes células e órgãos como biomarcadores genéticos, capazes de detectar desde mutações pontuais até as aberrações cromossômicas [11].

A *Allium cepa* tem sido indicada como um eficiente organismo-teste de citotoxicidade e genotoxicidade, devido às características que possui na sua cinética de proliferação, pelo crescimento rápido de suas raízes, pelo grande número de células em divisão, pela sua alta tolerância a diferentes condições de cultivo, pela sua disponibilidade durante o ano todo, seu fácil manuseio e por possuir cromossomos em número reduzido e de grande tamanho [11,12,3].

O teste de *Allium cepa*, além de todas as vantagens mencionadas acima, tem mostrado alta sensibilidade e boa correlação quando comparado com outros sistemas-teste, principalmente com os de mamíferos. Muitos trabalhos de comparação entre sistemas-teste vegetais vêm sendo realizados por diversos autores e a maioria tem mostrado uma maior sensibilidade de *Allium cepa* em relação a outras plantas superiores utilizadas como organismos-teste, como, por exemplo, a espécie *Vicia faba* [13,14].

A espécie *Allium cepa* tem sido utilizada, com sucesso, na avaliação de químicos, sendo eles substâncias puras ou misturas complexas, como é o caso de grande parte das amostras ambientais [12,13,15].

O teste do micronúcleo (MNC) é considerado, por muitos autores, como uma das mais promissoras técnicas de avaliação de efeitos mutagênicos induzidos por agentes químicos [16,3]. Tal fato se deve aos MNC serem resultantes de danos, reparados erroneamente, nas células parentais [17], sendo facilmente visualizados nas células falhas com uma estrutura similar ao núcleo principal, porém, de tamanho reduzido.

Este artigo tem como objetivo caracterizar o efluente gerado no Centro de Pesquisas Químicas do Instituto de Pesquisas e Estudos Industriais da FEI, avaliando a possível contribuição desta emissão na rede coletora. Esta caracterização foi feita através do volume de efluente gerado mensalmente, de suas características químicas, físico-químicas e toxicológicas. Com estes dados, pretende-se estabelecer os potenciais impactos ocupacionais e ambientais desta emissão, com sugestão de minimização destes impactos.

## **Metodologia**

### **1. Coleta e Preparo de Amostras**

A amostra foi coletada durante um mês em galão de plástico previamente lavado com ácido nítrico 1:1 (sem lavagem prévia com a amostra para não alterar os dados através da possível aderência de alguns componentes à parede do frasco) [7].

Durante o período de coleta, a amostra foi mantida refrigerada a aproximadamente 4°C. Ao final de um mês, seu volume foi medido e suas características químicas, físico-químicas e toxicológicas foram determinadas.

### **2. Análises Físico-Químicas**

#### **2.1 pH**

O pHmetro foi calibrado com soluções-tampão 4 e 7, recentemente preparadas, levadas à temperatura de 20°C.

Após limpeza e secagem, o eletrodo foi condicionado à amostra através de imersão por um minuto. Após este tempo, o eletrodo foi imerso em uma nova porção de amostra e o pH foi medido [7].

#### **2.2 Condutividade**

O eletrodo do condutivímetro foi lavado três vezes com solução de KCl 1M e foi calibrado com solução de 146,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Após calibração, limpeza e secagem, o eletrodo foi lavado com três porções da amostra. A temperatura de uma porção de amostra foi ajustada a 25°C e sua condutividade foi medida através de leitura direta [7].

### **3. Análises Químicas**

Foram determinados 30 elementos químicos através de leitura direta em espectrômetro de emissão atômica – plasma acoplado indutivamente, calibrado com padrões Merck de 1000 mg/L (foram feitas diluições apropriadas para preparação da curva de calibração).

Por se tratar de amostra incolor, com baixa turbidez e com uma única fase, foi analisada diretamente, sem necessidade de digestão ácida [6], especialmente porque já são resíduos gerados em processos de dissolução ácida (ácidos clorídrico e nítrico) de ligas metálicas ferrosas e não ferrosas.

A dureza foi determinada através de cálculo a partir dos resultados de cálcio e magnésio [7].

### **4. Análises de Toxicidade Crônica (Mutagenicidade)**

Foram cortadas raízes secas do bulbo de cebola a partir de sua origem e os bulbos foram então lavados com água limpa e colocados em um recipiente de água limpa aerada a  $22 \pm 2^\circ\text{C}$ . Após dois dias foram obtidas aproximadamente 20 raízes, de comprimento uniforme de cerca de 2 cm (raízes mais longas foram removidas).

As raízes foram então suspensas na amostra por 48 horas e após este período foram colocadas em água destilada por 36 horas para recuperação. A coifa da raiz e o primeiro milímetro da região meristemática da ponta da raiz, foram removidos com uma lâmina e os próximos 2 mm da ponta da raiz foram cortados e fixados em ácido acético-etanol (1:3) por 24 horas. As raízes foram em seguida, estocadas em etanol 70%.

A seguir, as raízes foram lavadas com água destilada por 10 minutos, hidrolisadas em HCl 5N por 15 minutos e então colocadas sobre uma lâmina com algumas gotas de aceto-orceína e depois de um minuto foi colocada uma lamínula para que o tecido fosse triturado com a borracha de um lápis. Neste passo foi importante garantir que as células estivessem bem espalhadas na lâmina para permitir sua avaliação adequadamente.

Foi realizada a contagem de MNC sob objetiva de 400x. A análise estatística foi realizada por comparação das médias pelo teste “t” de Student, com  $p < 0,05$ .

## Resultados

**Tabela 1 – Resultados das análises físico-químicas e vazão mensal**

| Condutividade (mS/cm) a 25°C | pH a 20°C | Volume (L) |
|------------------------------|-----------|------------|
| 128,6                        | <1        | 9,2        |

A vazão diária foi estimada em aproximadamente 500 mL.

**Tabela 2 – Resultados da análise química e comparação com especificações**

| Elementos | Resultados efluente | Especificação                |                              |
|-----------|---------------------|------------------------------|------------------------------|
|           |                     | Resolução CONAMA nº 357/2005 | Decreto nº 8468/76 (art.19A) |
| Bário     | 0,41 mg/L           | 5,0 mg/L                     | Não especificado             |
| Boro      | 0,23 mg/L           | 5,0 mg/L                     | Não especificado             |
| Cádmio    | 0,18 mg/L           | 0,2 mg/L                     | 1,5 mg/L                     |
| Chumbo    | 31,71 mg/L          | 0,5 mg/L                     | Não especificado             |
| Cobre     | 927,00 mg/L         | 1,0 mg/L (dissolvido)        | Não especificado             |
| Cromo     | 89,00 mg/L          | 0,5 mg/L                     | 5,0 mg/L                     |
| Estanho   | 21,50 mg/L          | 4,0 mg/L                     | 4,0 mg/L                     |
| Ferro     | 1251,00 mg/L        | 15,0 mg/L (dissolvido)       | 15,0 mg/L (dissolvido)       |
| Manganês  | 34,10 mg/L          | 1,0 mg/L (dissolvido)        | Não especificado             |
| Níquel    | 55,80 mg/L          | 2,0 mg/L                     | 2,0 mg/L                     |
| Prata     | 2,56 mg/L           | 0,1 mg/L                     | 1,5 mg/L                     |
| Zinco     | 247,60 mg/L         | 5,0 mg/L                     | 5,0 mg/L                     |

As figuras 1, 2 e 3 abaixo demonstram que o bário e o boro encontram-se bem abaixo dos limites especificados. O cádmio está bem próximo do limite e os outros elementos estão em níveis bem acima do especificado na Resolução Conama 357/2005 [1]. Em alguns deles, fica difícil a visualização do limite especificado, devido à grande diferença entre o resultado e a especificação.

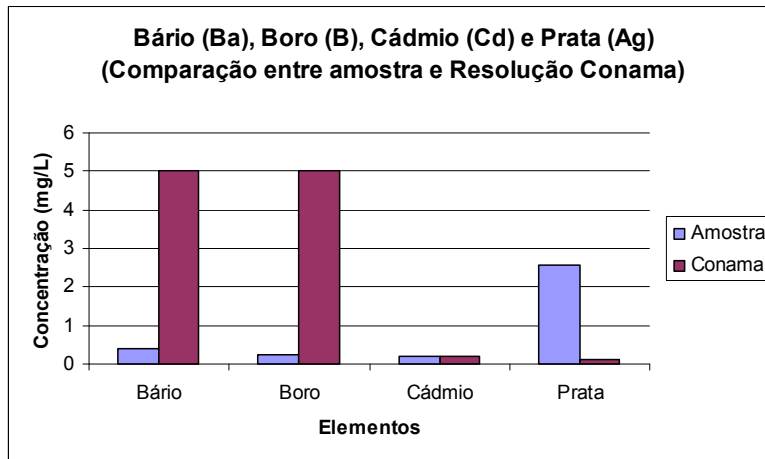


Figura 1 – Comparação entre os resultados da amostra e limites da Resolução Conama 357/2005 para Ba, B, Cd e Ag

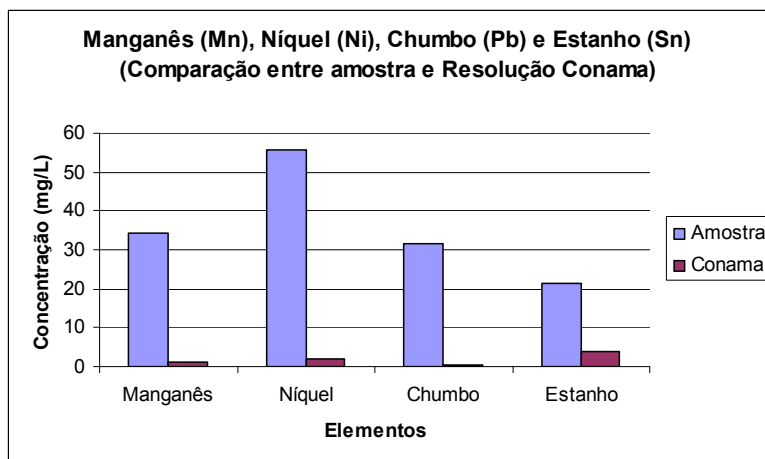


Figura 2 – Comparação entre os resultados da amostra e limites da Resolução Conama 357/2005 para Mn, Ni, Pb e Sn

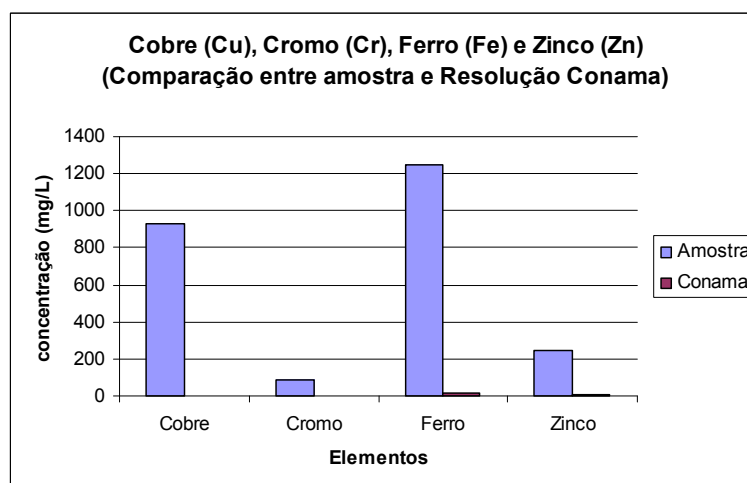


Figura 3 – Comparação entre os resultados da amostra e limites da Resolução Conama 357/2005 para Cu, Cr, Fe e Zn

**Tabela 3 – Resultados das análises toxicológicas**

| Amostras     | % de MCN |               |
|--------------|----------|---------------|
|              | Média    | Desvio Padrão |
| H2O          | 0,6      | 0,05          |
| Trifluralina | 1,8      | 1             |
| Amostra 100% | 6        | 2,3           |
| Amostra 50%  | 2,4      | 1,1           |
| Amostra 25%  | 2,4      | 1,6           |

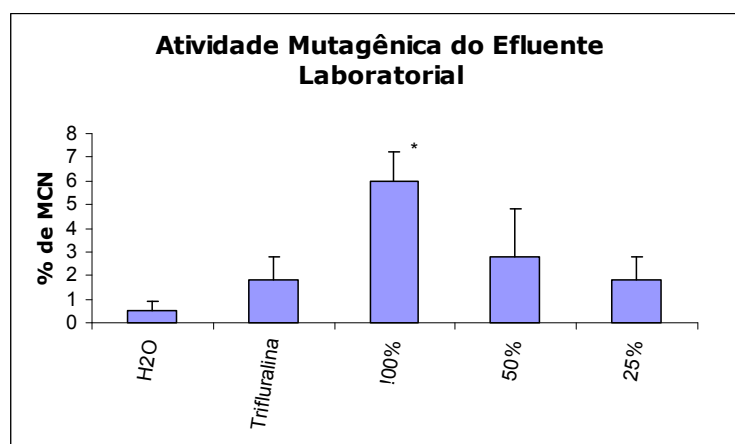


Figura 4 – Mutagenicidade do efluente

O gráfico da figura 4 mostra os índices de mutagenicidade avaliados por meio da quantificação da presença de micronúcleos em células de *Allium cepa*. O efluente, mesmo diluído 50% apresentou atividade mutagênica que foi significativamente maior que a do controle positivo com Trifluralina.

As raízes expostas apresentaram estruturas "quebradiças" com aspecto de "vassouras" desde a concentração de 100% até a de 25% com grau de danificação diretamente proporcional às suas concentrações.

### Discussão e Conclusões

Há várias razões para que se proteja o corpo receptor dos efeitos da poluição. A proteção da saúde pública é o principal alvo, por exemplo, adotando-se medidas para evitar que a população das regiões de jusante adquira doenças de veiculação hídrica, através de contaminação direta ou indireta. Não menos importantes, contudo, são as razões ecológicas, isto é, a manutenção do corpo receptor em condições favoráveis à vida animal e vegetal, evitando a sua degradação. De grande apelo são as razões econômicas, já que a água é um bem natural utilizado em inúmeras atividades econômicas e um elevado grau de poluição pode obrigar a um tratamento de água muito caro, ou razões legais, já que as autoridades sanitárias instituem padrões de qualidade de água e de lançamento de efluentes, que devem ser obedecidos. Finalmente, apontam-se as razões individuais, representadas por empresas ou instituições que pretendem se enquadrar dentro das normas da NBR/ISO 14001, e que para este objetivo, necessitam obrigatoriamente atender à legislação e promover a melhoria contínua de seus processos [18].

No caso do laboratório envolvido neste trabalho, todas as razões apresentadas acima devem ser consideradas importantes e uma outra ainda deve ser incluída, a conscientização sobre o papel de cada um na prevenção dos problemas ambientais. Por fazer parte de um Instituto de Pesquisas de uma instituição de ensino, o Centro de Pesquisas Químicas pode ser um veículo de conscientização ao mostrar preocupação com a destinação e tratamento adequado de seus efluentes. Para isso, todos os resultados devem ser cuidadosamente analisados e a partir desta análise, propostas para minimização dos impactos devem ser estudadas.

A amostra do efluente analisado apresentou teores de metais bem acima dos limites especificados na Resolução CONAMA n° 357/2005 [1] e no Decreto n° 8468/76 [2] para os elementos prata, chumbo, estanho, manganês, níquel e cromo, atingindo níveis quase 5 vezes superior para o elemento zinco, quase 100 vezes para o elemento ferro e quase 1000 vezes para o elemento cobre. Os elementos bário, boro e cádmio apresentaram teores dentro do limite aceitável para lançamento. Quanto ao parâmetro pH, o efluente coletado apresentou-se no limite de acidez (pH 0,6), característica que favorece a solubilização de metais.

Não existem parâmetros previstos em normas para a toxicidade de efluentes, como existem para os parâmetros químicos e físico-químicos individuais. A análise dos efeitos tóxicos de uma amostra sobre um organismo permite contemplar a interação de seus componentes individuais em mistura. Desta forma, o efluente avaliado, submetido ao teste de mutagenicidade com *Allium cepa* mostrou atividade mutagênica significativamente maior do que o controle positivo realizado com Trifluralina, um conhecido pesticida com atividade mutagênica. Além disso, a amostra concentrada (100%) causou modificações tão profundas nas raízes que impossibilitou o aproveitamento da maioria delas, denotando sua toxicidade aguda.

Em conjunto, os dados apresentados apontam o alto grau de periculosidade do efluente gerado neste serviço. No que se refere à exposição ocupacional, cádmio e chumbo (entre os metais avaliados neste trabalho) devem ser monitorados periodicamente no sangue e urina dos trabalhadores expostos a estes metais, segundo a NR 7 do Ministério do Trabalho [19].

Quanto à periculosidade em relação a sua destinação, as informações não são consistentes o suficiente, já que não é possível se prever, neste momento, a sua diluição, quando incorporado à rede de esgoto da SABESP.

Os resultados mostram ainda, não ser possível o descarte deste efluente sem um tratamento prévio, que elimine ou reduza a quantidade destes agentes até níveis aceitáveis para seu lançamento, já que segundo o artigo 30 da Resolução Conama n°357/2005 [1], “no controle das condições de lançamento, é vedada, para fins de diluição antes do seu lançamento, a mistura de efluentes com águas de melhor qualidade, tais como as águas de abastecimento, do mar e de sistemas abertos de refrigeração sem recirculação”.

Quanto ao tratamento prévio, pode-se analisar algumas alternativas como processos químicos envolvendo acerto de pH para neutralização, precipitação dos metais mais críticos de modo a minimizar sua quantidade para níveis aceitáveis pela legislação e destinação do precipitado, ou mesmo algumas outras alternativas que já foram estudadas como a utilização de turfa como adsorvente de metais pesados [4], resinas de troca iônica [20] ou reatores sequenciais [8]. Todos estes métodos são apropriados a baixas vazões, restando somente um estudo para definição de qual seria o mais apropriado para as características dos efluentes produzidos, considerando também os custos.



## Agradecimentos

Agradeço a Profa. Dra. Silvia Pierre Irazusta pela dedicação na orientação deste trabalho e aos alunos de iniciação científica Lucas Fernandes da Silva e Laís Bregagnolo, alunos da FATEC Sorocaba, por tornar possível a realização dos testes de toxicidade.

## Referências

[1] BRASIL. (2005) Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

[2] SÃO PAULO. (1976) Decreto nº 8468 de 8 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente.

[3] MATSUMOTO, S. T. *et al.* (2006) “Genotoxicity and mutagenicity of water contaminated with tannery effluents, as evaluated by the micronucleus test and comet assay using the fish *Oreochromis niloticus* and chromosome aberrations in onion root-tips”. *Genetics and Molecular Biology*, Rio Claro, v.29, n.1, p.148-158.

[4] FRANCHI, J. G. (2004) *A utilização de turfa como adsorvente de metais pesados*, Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 198 p.

[5] HARTMANN, C. C. (2004) *Avaliação de um efluente industrial através de ensaios ecotoxicológicos e análises físicas e químicas*, Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 101 p.

[6] DI BERNARDO, L., DI BERNARDO, A., CENTURIONE FILHO, P. L. (2002) *Ensaio de Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água*, São Carlos: RiMa, p. 51.

[7] EATON, A. D. *et al* (2005) *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 21 ed. Washington, D. C.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.

[8] BENATTI, C. T. *et al.* (2003) “Sequencing batch reactor for treatment of chemical laboratory wastewater”. *Acta Scientiarum Technology*, Maringá, v. 25, no. 2, p. 141-145.

[9] GEORGETTI, M. S., ROCHA, O., SALVADOR, N. N. B. (2008) “Impactos tóxicos causados pelo lançamento de efluentes químicos em corpos d’água”. *III Workshop de Ecotoxicologia*, Rio Claro, v.8, n.2.

[10] LEME, D. M., MARIN-MORALES, M. A. (2007) “Avaliação da qualidade de águas impactadas por petróleo por meio de sistema-teste biológico (*Allium cepa*) - um estudo de caso”. *4º PDPetro*, Campinas.

[11] GRANT, W.F. (1994) "The present status of higher plant bioassays for detection of environmental mutagens". *Mutation Research*, v. 310, p. 175-185.

[12] FISKEJÖ, G. (1985) "The *Allium* test as a standard in the environmental monitoring". *Hereditas*, v. 102, p. 99-112.

[13] MA, T.-H.; XU, Z.; XU, C.; McCONNELL, H. (1995) "The improved *Allium/Vicia* root tip assay for clastogenicity of environmental pollutants". *Mutation Research*, v. 334, p. 185-195.

[14] MIGID, H.M.A.; AZAB, Y.A.; IBRAHIM, W.M. (2007) "Use of plant genotoxicity bioassay for the evaluation of efficiency of algal biofilters in bioremediation of toxic industrial effluent". *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 66, p. 57-64.

[15] RANK, J.; JENSEN, A.-G.; SKOV, B.; PEDERSEN, L.H.; JENSEN, K. (1993) "Genotoxicity testing of the herbicide Rondoup and its active ingredient glyphosate isopropylamine using the bone marrow micronucleus test, *Salmonella* mutagenicity test, and *Allium* anaphase-telophase test". *Mutation Research*, v. 300, p. 29-36, 1993.

[16] LANDOLT, M.L.; KOCAN, R.M. (1983) Fish cell cytogenetics: a measure of the genotoxic effects of environmental pollutants. In: NRIAGU, J.R. Aquatic Toxicology. New York: J. Wiley, p.336-353.

[17] RIBEIRO, L.R. (2003) Teste do micronúcleo em medula óssea de roedores *in vivo*. In: RIBEIRO, L.R.; SALVADORI, D.M.F.; MARQUES, E.K. (Org.). Mutagênese Ambiental. Canoas: Ulbra. p. 201-219.

[18] FERREIRA, J. A. M. Tratamento de efluentes, McLeod Ferreira Consultoria técnica e comercial S/C Ltda.

Disponível em: < <http://www.expolabor.com.br/upload/pages/File/tratamento-efluentes-laboratorios.pdf>> Acesso em: 02 jul 2009.

[19] BRASIL. (1998) NR 7 - Programa de controle médico de saúde ocupacional.

Disponível em:

<[http://www.mte.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentaDORAS/nr\\_07\\_at.pdf](http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentaDORAS/nr_07_at.pdf)>.

Acesso em: 03 jul 2009.

[20] RIANI, J. C. (2008) *Utilização de resinas de troca-iônica em efluentes de galvanoplastia*, Tese de Doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 117 p.

## Contato

Cristiane Campos de Sousa. Instituto de Pesquisas e Estudos Industriais - FEI – São Bernardo do Campo - SP. [criscampos@fei.edu.br](mailto:criscampos@fei.edu.br). Tel.: 11 4353-2900

Silvia Pierre Irazusta. Faculdade de Tecnologia de Sorocaba – CEETEPS – Sorocaba – SP. [silvia.pierre@hotmail.com](mailto:silvia.pierre@hotmail.com). Tel.: 19 91080373