



# fepam em revista



Revista da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler

volume 1 • número 1 • janeiro a julho de 2007

## fepam em revista

**FEPAM em Revista v. 1, n. 1, 2007**

Publicação periódica semestral de divulgação técnico-científica da Fundação  
Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler – FEPAM, RS.

### Missão

Estimular a documentação e a divulgação dos conhecimentos e informações produzidas na Fundação, divulgar estudos nos campos das ciências ambientais e ações de gestão ambiental, contribuindo para a atualização e o fortalecimento do setor ambiental, e o crescimento da consciência ambiental na Sociedade.

**FEPAM em Revista** é editada pela **Comissão Editorial** da FEPAM.  
Os artigos assinados são de responsabilidade de seus autores.

### Comissão Editorial

**Coordenadora** Kátia Helena Lipp Nissinen • **Secretária** Sílvia Maria Jungblut  
Artur Renato Albeche Cardoso, Carlos Eduardo Dorini, Carmem Lúcia Vicente Níquel, Clarice Torres de Lemos,  
Elba Calesso Teixeira, Iara Ferrugem Velasques, Maria Lúcia Bernardes Coelho Silva, Mário Eugênio Villas-Bôas da Rocha

### Colaboradores desta edição

Edimar Garcia Blazina (Estagiário), Shirlei Galarça Salort (Estagiário), Sidnei Carneiro e Silva (Fotos dos livros),  
Maria Mercedes Bendati (Parecerista *Ad hoc* – SMS-PMPA), Osmar Gustavo Coelho (Parecerista *Ad hoc* – UNISINOS)

### Projeto Gráfico e Diagramação

Letraria • [www.letrariadesign.com.br](http://www.letrariadesign.com.br)

### Impressão

Print Paper

### Tiragem

5000 exemplares

### Distribuição

Gratuita, com circulação dirigida

### Endereço Eletrônico

<http://www.fepam.rs.gov.br/Revista>

### Endereço para correspondência FEPAM em Revista

Coordenação da Comissão Editorial  
Rua Carlos Chagas, 55, sala 801 • CEP 90030-020 • Porto Alegre • RS • Brasil  
*e-mail:* [comissaoeditorial@fepam.rs.gov.br](mailto:comissaoeditorial@fepam.rs.gov.br)

**Impresso em papel reciclado 180g (capa) e 90g (miolo).**

### Capa

Figueira centenária (*Ficus sp.*) na localidade de Capão Grande, Glorinha, RS.  
A figueira é a árvore símbolo dos servidores da FEPAM. Fotos de Enio Henriques Leite e Clarice Torres de Lemos.

F383 Fepam em Revista: revista da Fundação Estadual de  
Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler /  
FEPAM. – vol. 1, n.1 (2007) - . Porto Alegre: FEPAM  
2007-

Semestral  
ISSN 1980-797X

1. Proteção Ambiental - Periódico 2. Meio Ambiente – Periódico  
I. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler.

Ficha catalográfica elaborada por Sílvia Maria Jungblut CRB 10/664

**A**o apresentarmos, com grande satisfação, o primeiro número do primeiro periódico de divulgação técnico-científica da FEPAM, vemos concretizar-se um projeto de longa data já idealizado e esperado. *FEPAM em Revista* pretende atender, mais do que a vontade, a necessidade de compartilhar com a sociedade, de uma forma ampla e acessível, informações produzidas pela nossa Instituição ao longo de mais de três décadas de experiências e pesquisas, desenvolvidas a campo, em laboratórios e gabinetes, e voltadas às ações de regulamentação, licenciamento, planejamento, educação, controle, monitoramento, preservação, recuperação e, por todos esses meios, a **proteção ambiental**. Essas informações geradas são resultados de esforços multidisciplinares que têm sido imprescindíveis para a tomada de decisão na análise e condução dos instrumentos de gestão ambiental no nosso Estado. As possibilidades que se abrem, com o acesso e o intercâmbio pretendidos com *FEPAM em Revista*, são inúmeras e nos cabe apenas tentar projetá-las em termos de contribuições para o avanço das áreas ambiental e social. *FEPAM em Revista* objetiva receber contribuições de autores e

colaboradores externos e internos. Sua publicação será semestral e a distribuição gratuita, com abrangência nacional e internacional, pois pretendemos também efetivar a indexação dos artigos em bancos de dados de bibliografia técnico-científica. O mesmo conteúdo do exemplar impresso poderá ser acessado eletronicamente em <http://www.fepam.rs.gov.br/revista>. Informações sobre seu projeto e linha editoriais, bem como orientações de como contribuir, estão à disposição do leitor nas páginas finais deste exemplar. Agradecemos a todos que colaboraram para a criação desta publicação, com idéias, textos e arte, bem como com trabalho dedicado e estímulo, a fim de que pudéssemos persistir na sua concretização, diante de dificuldades e limitações que se apresentaram durante o período de geração da revista. Esperamos poder atingir os objetivos propostos e que esta seja a primeira de uma série de publicações que virão auxiliar a conscientizar a sociedade na busca de uma melhor qualidade de vida ao nosso planeta. Desejamos uma proveitosa leitura e aguardamos por suas contribuições.

**A Comissão Editorial**

## Atividade mutagênica como parâmetro ambiental para avaliar a qualidade em bacias hidrográficas

Vera Maria Ferrão Vargas<sup>1,2,3</sup>, Danielle Pereira Rosa<sup>1</sup>,  
Eliana Casco Sarmiento<sup>1</sup>, Jocelita Aparecida Vaz Rocha<sup>1</sup>,  
Kelly Cristina Tagliari<sup>1,2</sup>, Rubem Cesar Horn<sup>1,3</sup>,  
Tatiane Rocha Cardozo<sup>1</sup>, Tatiana Silva Pereira<sup>1,3</sup>,  
Thienne Flores Pastoriza<sup>1</sup> e Carlos Alberto dos Santos<sup>1</sup>

### Resumo

Compostos químicos de origem urbana e industrial têm contribuído para a contaminação de corpos hídricos, tanto na coluna de água como nos sedimentos. Trabalhos estudando águas superficiais constataram a contaminação desses mananciais com substâncias tóxicas e indutoras de dano genético. O teste *Salmonella*/microsoma tem sido utilizado como metodologia básica nesses estudos devido ao seu amplo uso e contínuo aprimoramento. No presente trabalho, as áreas de amostragem foram selecionadas segundo a natureza de ocupação do solo. Foram analisadas amostras de água e/ou sedimentos através da metodologia clássica e de variações do ensaio *Salmonella*/microsoma, empregando as linhagens que medem mutações por erro no quadro de leitura e substituição de pares de bases do DNA, em presença ou ausência de fração *in vitro*, preparada a partir de sistema metabólico de mamíferos. Paralelamente, foi realizado ensaio de citotoxicidade. Os resultados permitiram delimitar áreas impactadas, demarcando as possíveis fontes de compostos mutagênicos e/ou citotóxicos nas regiões com diferentes graus de urbanização, de influência rural, agrícola ou industrial. Evidenciaram, também, a sensibilidade dos ensaios como metodologias para diagnóstico da qualidade ambiental de mananciais hídricos em áreas sob impacto industrial, favorecendo a adoção de medidas mitigadoras para a proteção da biota e da saúde humana.

**Palavras-chave:** amostras ambientais, mutagênese, citotoxicidade, bacias hidrográficas, Lago Guaíba, poluição hídrica, qualidade ambiental.

<sup>1</sup>Divisão de Biologia - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler - FEPAM, <sup>2</sup>Curso de Pós-Graduação em Biociências - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS, <sup>3</sup>Curso de Pós-Graduação em Ecologia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Endereço para correspondência: FEPAM, Divisão de Biologia, Av. Salvador França 1707, Bairro Jardim Botânico, CEP 90.690-000, Porto Alegre, RS, Brasil. Tel/Fax: (51) 3334-6765, E-mail: ecorisco@fepam.rs.gov.br

### Mutagenic activity as an environmental parameter to evaluate river basin quality

#### Abstract

Urban and industrial chemical compounds provide major sources of contamination to bodies of water, in both the water column and the sediments. Surface water studies have found contamination of these sources with toxic substances inducing genetic damage. The *Salmonella*/microsome test is used as a basic methodology for these studies, due to its wide use and continuous improvement. Sampling areas were selected according to land type and use. Water and sediment samples were analyzed with the classical methodology and

variations of the *Salmonella*/microsome assay, using the frameshift and base pair substitution mutation strains in the presence and absence of an *in vitro* fraction, prepared from a mammalian metabolic system, enabling evaluation of reverse mutations in the DNA. At the same time, a cytotoxicity assay was performed. The results allowed the delimitation of areas that were impacted, demarkating possible sources of compounds with mutagenic and/or cytotoxic activity in regions with different degrees of urbanization, under rural, agricultural or industrial influence. They also showed the sensitivity of the assays as methodologies to diagnose the environmental quality of water sources in areas under industrial impact, favoring the adoption of mitigating measures to protect the biota and human health.

**Keywords:** environmental samples, mutagenesis, cytotoxicity, river basins, Guaíba Lake, water pollution, water quality, environmental assessment.

## Introdução

Os rios e lagos são as principais reservas de água para serem utilizadas como fonte de alimento, água potável, ou mesmo com propósitos recreacionais e agrícolas. Compostos químicos de origem urbana, agrícola e industrial têm contribuído para a contaminação de corpos hídricos - tanto na coluna de água como nas interações com os sedimentos. Um grande número de trabalhos, estudando águas superficiais e sedimentos, em diversas abordagens, têm constatado a contaminação desses mananciais com substâncias tóxicas e indutoras de dano genético (Meier, 1988; Valent, *et al.*, 1993; Houk, 1991; Stahl, 1991; Vargas *et al.*, 1993, 2001).

O ensaio *Salmonella*/microsossoma tem sido aconselhado por organizações nacionais e internacionais (*Canada*, 1986; USEPA - *United States Environmental Protection Agency*, 1989; 1998; UKEMS - *United Kingdom Environmental Mutagen Society*, 1990; FDA - *Food and Drug Administration*, 1993; ICH - *International Conference on Harmonisation*, 1995; OECD - *Organization for Economic Co-operation and Development*, 1997; CONSEMA, 2006) como metodologia básica para estudos de atividade mutagênica em amostras ambientais, fármacos, alimentos e diferentes grupos de substâncias químicas, devido ao seu amplo uso e contínuo aprimoramento. O acúmulo de mutações, alterações incorporadas ao patrimônio genético de células somáticas e germinais, pode causar redução de populações naturais que são críticas para a cadeia alimentar, pondo em risco sua sobrevivência e, conseqüentemente, levando ao decréscimo da diversidade de espécies. Já a exposição humana a esses agentes genotóxicos, através da ingestão, via respiratória ou pelo contato cutâneo, pode promover conhecidos efeitos à saúde, dentre esses a potencialidade carcinogênica e teratogênica.

Estudos realizados no Rio Grande do Sul utilizando múltiplas abordagens têm ressaltado a validade desse ensaio na delimitação de áreas de risco em recursos hídricos incluindo amostras de água e sedimento contaminadas por metais pesados (Vargas *et al.*, 2001, Tagliari *et al.*, 2004) e impactadas por contaminantes orgânicos (Vargas *et al.*, 1988; 1992; 2001; Horn *et al.*, 2004; Cardozo *et al.*, 2006).

A bacia hidrográfica do rio Caí, em especial, tem um importante conjunto de dados temporais (1988-2004) em áreas sob influência do Complexo Industrial Petroquímico, abrangendo desde efluentes industriais a amostras do rio Caí e arroio Bom Jardim, em pontos sob influência dos dejetos desse Parque Industrial

(Vargas et al., 1988; 1993; 1995; Horn et al., 2004; FEPAM, FINEP/PADCT, 2004). Estudos comparativos realizados nesses mananciais, desde os descritos em Vargas et al. (1988) até os últimos, finalizados em 2004, permitem observar uma degradação no ambiente impactado pelo complexo industrial, com a presença de compostos mutagênicos e citotóxicos. Muitas vezes, a citotoxicidade intensa mascarou a resposta mutagênica, ressaltando a obrigatoriedade de uma avaliação segura desse parâmetro concomitante ao ensaio *Salmonella*/microsoma (Vargas et al., 2001; Horn et al., 2004). Ainda, Vargas et al. (1995), estudando essa mesma área, identificaram que amostras com atividade mutagênica em volumes de até 2 mL de água, perderam esta atividade após concentração e extração líquido-líquido com solventes específicos, a partir de grandes volumes de amostra (1800 mL de água). Esse fato foi relacionado com a presença de substâncias orgânicas que volatilizaram durante o processo.

Vários trabalhos têm relatado a contribuição de contaminantes de origem orgânica na atividade genotóxica. A análise química desses compostos nas amostras ambientais é complexa uma vez que pequenas concentrações podem somar em uma mistura altamente reativa com conseqüências biológicas importantes. Processos de extração de compostos orgânicos a partir de amostras de água, sedimento ou outra matriz ambiental permitem concentrar essas substâncias para análise. O fracionamento químico pela afinidade a diversos graus de polaridade dos solventes possibilita separar classes de compostos, simplificando a composição das amostras e diminuindo interferentes com possível ação citotóxica.

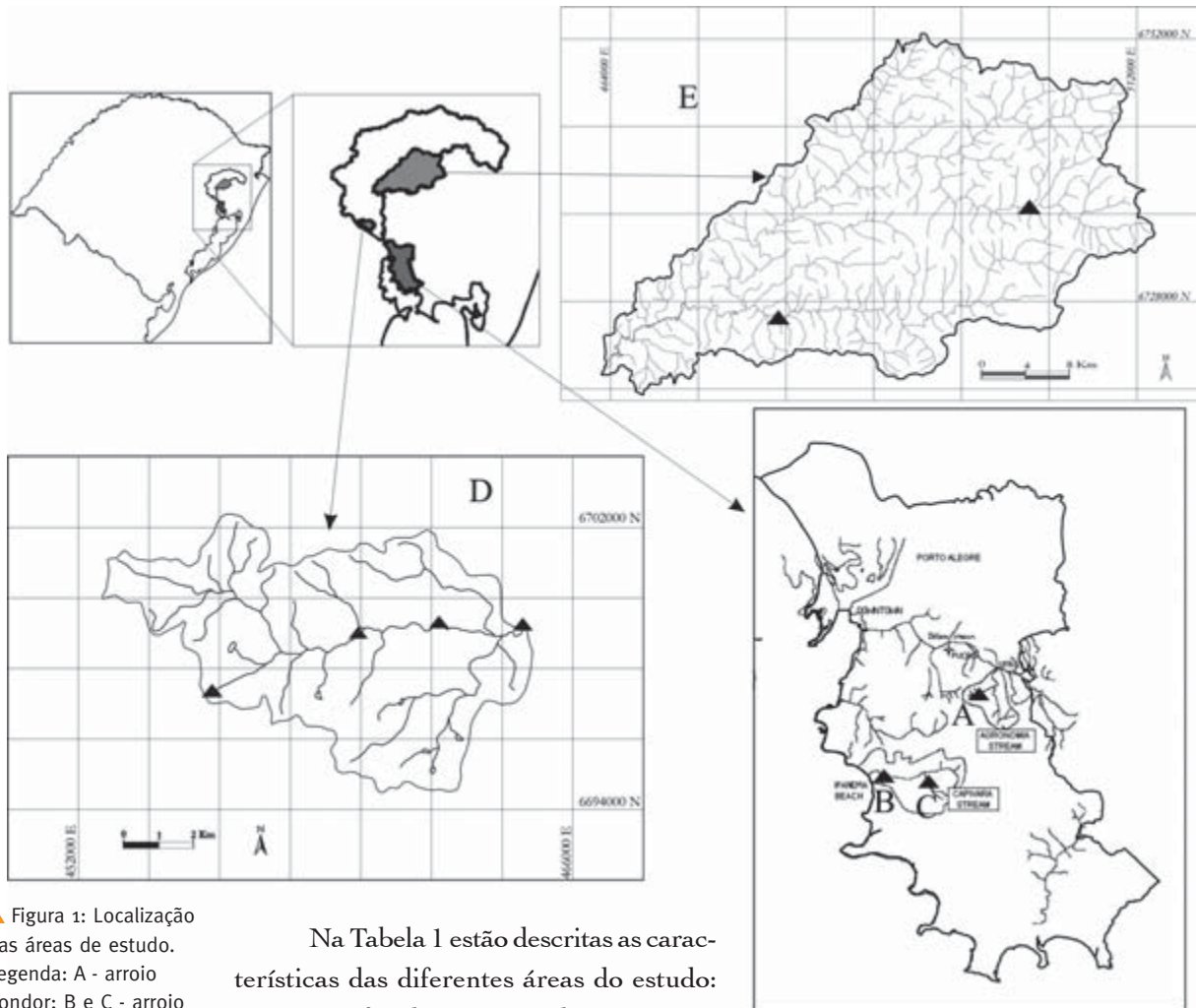
Entre os grupos de substâncias mutagênicas de origem inorgânica no ambiente, os metais pesados, em particular, são elementos químicos que ocorrem nos ambientes naturais em concentrações reduzidas. Alguns são essenciais aos seres vivos, mas, em quantidades excessivas, podem ser tóxicos, ou ainda, poderosos agentes mutagênicos, carcinogênicos e teratogênicos. Amostras de sedimento têm sido bastante empregadas na investigação da poluição por metais pesados em rios. Isso decorre da capacidade desse compartimento concentrar metais, atuando como um depósito ou como uma fonte secundária para a coluna de água e a biota (Salomons & Förstner, 1984; Vargas et al., 2001; Tagliari et al., 2004).

Utilizando o ensaio *Salmonella*/microsoma, este estudo compara respostas de atividade mutagênica e citotóxica em diferentes compartimentos ambientais, localizados em rios e arroios formadores da bacia hidrográfica do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil, sujeitos a vários tipos de contribuições antrópicas. Para o conhecimento das características da área, foi associado ao estudo o sistema de informação geográfica (SIG) que permitiu integrar diversas informações espaciais numa única base de dados, possibilitando a derivação de informações e sua visualização na forma de mapas (Burrough, 1992; Câmara, 1993).

## Metodologia

As áreas de amostragem foram especializadas nas bacias dos diferentes rios e arroios em estudo para analisar as relações com o meio físico no entorno, utilizando o sistema SIG. Os locais foram selecionados segundo a natureza de ocupação do

solo: A e B – regiões com diferentes níveis de urbanização, localizadas no arroio Condor (<2 hab/ha) e na foz do arroio Capivara, junto ao lago Guaíba (33 hab/ha), respectivamente, e C – região com características suburbanas, semi-rurais e agrícolas, localizada próximo às nascentes do arroio Capivara, com ocupação urbana menos densa (8 hab/ha) representando uma transição entre a região das nascentes e os primeiros loteamentos urbanizados; D – área industrial petroquímica situada no arroio Bom Jardim, bacia hidrográfica do rio Caí; E – área de influência de pólo coureiro-calçadista, localizada nos rios Cadeia e Feitoria, bacia hidrográfica do rio Caí (Figura 1). As amostragens foram realizadas durante as diferentes estações do ano.



▲ Figura 1: Localização das áreas de estudo. Legenda: A - arroio Condor; B e C - arroio Capivara; D - arroio Bom Jardim; E - rios Cadeia e Feitoria

Na Tabela 1 estão descritas as características das diferentes áreas do estudo: água superficial e intersticial; extratos orgânicos obtidos a partir de amostras de água ou sedimento. Nas amostras de água foi utilizado o método direto de concentrações, que permitiu a análise de quantidades crescentes de amostras (1,0; 1,5 e 2,0 ml) através de variação da metodologia clássica do ensaio *Salmonella*/microsoma (Vargas *et al.* 1995). Foram preparados extratos orgânicos de água a partir de 20 L de amostra (Cardozo *et al.*, 2006). As amostras de sedimento foram centrifugadas a 10.000 x g, 4°C, por 10 min, em centrífuga refrigerada para retirada da água intersticial, sendo determinada a massa na fase anterior e posterior ao processo de centrifugação (Vargas *et al.*, 2001). Além da preparação da água intersticial para análise, as amostras de sedimentos foram sub-

metidas a extrações de compostos orgânicos utilizando o solvente Diclorometano grau pesticida, pela técnica de ultra-som. Os extratos pré-filtrados passaram em coluna cromatográfica sendo concentrados em rota-vapor. A determinação do extrato foi realizada em balança eletrônica analítica (Vargas *et al.*, 2001).

Na avaliação da atividade mutagênica das amostras de água superficial foi utilizado o ensaio *Salmonella*/microsoma clássico pelo método de pré-incubação (Maron & Ames, 1983) as amostras de água intersticial e extratos orgânicos de sedimentos foram analisadas utilizando a variação metodológica denominada ensaio de microssuspensão ou teste de Kado (Kado *et al.*, 1983). Os ensaios foram realizados em ausência e presença de fração de metabolização hepática de ratos, permitindo a identificação de metabólitos gerados pelo sistema P450 de mamíferos *in vitro* (Maron & Ames, 1983; Umbuzeiro & Vargas, 2003). Foram empregadas linhagens que permitem medir mutações reversas na molécula de DNA do tipo substituição de pares de bases (TA100 e TA1535) e erro no quadro de leitura (TA98 e TA97a) além de danos oxidativos (TA102). Paralelamente, foi realizada a avaliação da sobrevivência do organismo testado frente à toxicidade da amostra (Vargas *et al.*, 1993).

▼ Tabela 1:  
Caracterização das amostras das diferentes áreas de estudo.

Áreas	Arroio/rio	Características da área de estudo	Tipo de amostra estudada
A	Arroio Condor	Baixa urbanização	Água Extrato orgânico de água
B	Arroio Capivara	Alta urbanização	Água Extrato orgânico de água
C	Arroio Capivara	Transição rural, urbana e agrícola	Água Extrato orgânico de água
D	Arroio Bom Jardim	Industrial petroquímica	Água Extrato orgânico de sedimentos
E	Rios Cadeia e Feitoria	Industrial coureiro calçadista	Água Água intersticial Extrato orgânico de sedimentos

## Resultados e discussão

- Área de influência urbana e agrícola (A - C): Os resultados observados nas amostras de água evidenciaram a citotoxicidade como o efeito principal, sendo mais pronunciada na área de maior urbanização (B). A atividade mutagênica esteve presente e foi igualmente freqüente nos locais A e B com efeitos positivos e indicativos mais elevados em A, área com reduzida ocupação urbana, mas próxima à região utilizada para extração de materiais rochosos. No local C, as respostas foram inconclusivas para mutagenicidade (Tabela 2). Foram avaliados extratos orgânicos preparados a partir de 20 L de amostra de água, sendo evidente que o fracionamento diminuiu a complexidade das amostras, resultando em menor citotoxicidade. Nesses extratos foi possível detectar substâncias mutagênicas do tipo erro no quadro de leitura nos ensaios realizados com fração de metabolização hepática, ou seja, nos extratos metabolizados por enzimas de mamíferos. Essas respostas estiveram presentes nos três locais, sendo a intensidade proporcional ao nível de urbanização (Cardozo *et al.*, 2006).



- Área de influência industrial petroquímica (D): Nessa região foi evidente a sensibilidade do ensaio *Salmonella*/microsoma na avaliação das amostras de água, delimitando os locais de maior impacto dos dejetos industriais no ambiente, mesmo em presença de moderada citotoxicidade (Tabela 2). A avaliação dos dados permitiu observar constante atividade mutagênica nos locais de maior influência industrial, alcançando um percentual de mutagenicidade de 100% das amostras - considerando o resultado positivo frente a pelo menos uma das linhagens testadas. Foi possível identificar substâncias capazes de gerar mutagênese por substituição de pares de bases e erro no quadro de leitura tanto em ensaios diretos como após metabolização hepática *in vitro*. A maioria dos ensaios realizados com extratos orgânicos, obtidos a partir das amostras de sedimento desses locais (Horn *et al.*, 2004), mostraram resultados de natureza citotóxica, com menor número de respostas para atividade mutagênica. Porém, em ambas as respostas, observadas para as amostras de sedimento, houve uma predominância de positividade em frente e a jusante dos locais sujeitos a maiores despejos industriais. A resposta para mutagênese (10% dos ensaios) foi em sua maioria do tipo erro no quadro de leitura, linhagem TA97a, em ensaios em ausência de metabolização hepática.

- Área de influência industrial coureiro-calçadista (E): Na região do pólo de curtumes o diagnóstico das amostras de água superficial dos rios Cadeia e Feitoria identificou áreas com elevada citotoxicidade (Tabela 2). No entanto, o estudo realizado nas amostras de sedimento (água intersticial e extratos orgânicos) de região altamente influenciada por curtumes no rio Feitoria permitiu identificar respostas de mutagenicidade importantes. O diagnóstico das amostras de água intersticial identificou a presença de substâncias indutoras de danos por erro no quadro de leitura e substituição de pares de bases do DNA, incluindo efeitos oxidativos, que, em geral, decrescem ou são bloqueadas em ensaios com metabolização hepática. A

▼ Tabela 2: Resumo dos resultados para atividade mutagênica e citotóxica nas diferentes áreas de estudo. Legenda: i – inconclusivo; - ausência de efeito; +, ++, +++ diferenças qualitativas na freqüência de efeitos.

Áreas	Tipo de amostra estudada	Resultados	
		Mutagênese	Citotoxicidez
A	Água	+	++
	Extrato orgânico de água	+	+
B	Água	+	+++
	Extrato orgânico de água	++	+
C	Água	i	++
	Extrato orgânico de água	+	+
D	Água	+++	++
	Extrato orgânico de sedimentos	+	+++
E	Água	i	++
	Água intersticial	++	-
	Extrato orgânico de sedimentos	++	-

esses resultados foi associada a presença de compostos orgânicos de ação direta nos extratos obtidos a partir das amostras de sedimento, sensíveis às linhagens TA97a, TA98 e TA100. As concentrações mais elevadas de cromo total nas amostras de água intersticial, além de cromo e mercúrio total na matriz do sedimento, quando comparadas com as concentrações observadas na área controle, podem explicar, pelo menos em parte, os resultados de mutagenicidade observados (Tagliari *et al.*, 2004).

## Conclusão

Os dados obtidos até o momento, enfocando mutagênese ambiental em bacias hidrográficas, permitiram delimitar áreas impactadas, demarcando as possíveis fontes das diferentes descargas rurais, urbanas e industriais. Foi possível observar elevada citotoxicidade na amostra de água superficial bruta com respostas esporádicas de mutagênese em áreas intensamente urbanizadas. No entanto, nos extratos orgânicos obtidos de amostras de água desses locais foi diagnosticada a presença de compostos com elevada atividade mutagênica em respostas crescentes, de acordo com o grau de urbanização. A atividade citotóxica diagnosticada em sedimentos na área industrial petroquímica (D) sugere a acumulação sucessiva de compostos químicos orgânicos potencialmente citotóxicos. Já a avaliação da água superficial mostra menor efeito tóxico e importante atividade mutagênica nessa mesma área. A citotoxicidade e mutagênese presentes nas amostras de água e extratos orgânicos de sedimento da área coureiro-calçadista (E) mostram a complexidade das interações dos diferentes grupos de compostos presentes nas amostras testadas. Este estudo permitiu evidenciar a sensibilidade do ensaio *Salmonella*/microsoma e suas variações metodológicas no diagnóstico da qualidade ambiental de mananciais hídricos em áreas sob impacto agrícola, urbano e industrial, favorecendo a adoção de medidas mitigadoras para a proteção da biota e da saúde humana.

## Referências bibliográficas

- BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. New York: Oxford University Press, 1992. 194p.
- CÂMARA, G. Anatomia de sistemas de informações geográficas: visão atual e perspectivas de evolução. In: ASSAD, E.; SANO, E. E. (Org.) **Sistemas de informações geográficas e suas aplicações na agricultura**. Brasília: EMBRAPA, 1993. p.37-59.
- CANADA. Minister of National Health and Welfare; Minister of the Environment Advisory Committee on Mutagenesis. **Guidelines on the use of mutagenicity tests in the toxicological evaluation of chemicals**. Ottawa, Canadá, 1986. 84 p.
- CARDOZO, T. R.; PEREIRA, D. R.; FEIDEN, I. R.; ROCHA, J. A. V.; OLIVEIRA, N. C. D.; PEREIRA, T. S.; PASTORIZA, T. F.; MARQUES, D. M.; LEMOS, C. T.; TERRA, N. R.; VARGAS, V. M. F. Genotoxicity and toxicity assessment in urban hydrographic basins. **Mutation Research**, Amsterdam, v.603, p.83-96, 2006.
- CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONSEMA N° 129/2006. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br>>. Acesso em: 06 fev. 2007.
- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Center for Food Safety and Applied Nutrition. **Toxicological principles for the safety assessment of direct food additives and color additives used in food "Redbook II"** [Draft]. Washington, DC: FDA, 1993.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIS ROESSLER. Programa de Pesquisas Ambientais; FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS. Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico. **Estratégias ecotoxicológicas para avaliação de risco: EcoRISCO**. Porto Alegre: FEPAM, FINEP/ PADCT, 2004. (Relatório de Pesquisas)
- HORN, R. C.; ROCHA, J. A.; VARGAS, V. M. F. Determination of sediment mutagenicity and cytotoxicity in an area subject to petrochemical contamination. **Mutagenesis**, Oxford, v. 19, n. 6, p.445-451, 2004.
- HOUK, V. S. **The genotoxicity of industrial wastes and effluents: a review**. Research Triangle Park: Health Effects Research Laboratory, USEPA, Carolina do Norte, 1991.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pelos recursos de capital e custeio, bolsas de Iniciação Científica para D.P. Rosa e T.F. PastORIZA, e de Apoio Técnico Nível Superior para E.C. Sarmento, J.A.V. Rocha e T.R. Cardoso. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao CNPq, pelas bolsas de Doutorado concedidas a T.S. Pereira e K.C. Tagliari respectivamente. Agradecemos também às equipes de amostragem da FEPAM e do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.

- INTERNATIONAL CONFERENCE ON HARMONISATION. Guidance on specific aspects of regulatory genotoxicity tests for pharmaceuticals. In: \_\_\_\_\_. **International Conference on Harmonisation of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticals for Human Use**. ICH, 1995. (Safety guidelines S2A)
- KADO, N. Y.; LANGLEY, D.; EISENSTADT, E. A simple modification of the *Salmonella* liquid-incubation assay: increased sensitivity for detecting mutagens in human urine. **Mutation Research**, Amsterdam, v.1, n.121, p.25-32, 1983.
- MARON, D. M.; AMES, B. N. Revised methods for the *Salmonella* mutagenicity test. **Mutation Research**, Amsterdam, v.113, p.173-215, 1983.
- MEIER, J. R. Genotoxic activity of organic chemicals in drinking water. **Mutation Research**, Amsterdam, n.196, p.211-245, 1988.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. Guideline for testing of chemicals: test guideline 471. In: \_\_\_\_\_. **Bacterial reverse mutation test**. Paris: OECD, 1997.
- SALOMONS, W.; FÖRSTNER, U. **Metals in the hydrocycle**. Berlin: Springer, 1984.
- STAHL, G. R. The genetic toxicology of organic compounds in natural waters and wastewaters. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Amsterdam, n.22, p.94-125, 1991.
- TAGLIARI, K. C.; CECCHINI, R.; ROCHA, J. A. V.; VARGAS, V. M. F. Mutagenicity of sediment and biomarkers of oxidative stress in fish from aquatic environments under the influence of tanneries. **Mutation Research**, Amsterdam, n. 561, p.01-117, 2004.
- UMBUZEIRO, G. A.; VARGAS, V. M. F. Teste de mutagenicidade com *Salmonella typhimurium* (Teste de Ames) como indicador de carcinogenicidade em potencial para mamíferos. In: RIBEIRO, L. R.; SALVADORI, D. M. F.; MARQUES, E. K. (Org.). **Mutagênese Ambiental**. Canoas: Ed. ULBRA, 2003. 356p.
- UNITED KINGDOM ENVIRONMENTAL MUTAGEN SOCIETY. Basic mutagenicity tests, UKEMS recommended procedures. In: \_\_\_\_\_. **Report of UKEMS guidelines, part I revised**. Swansea, UK: Cambridge University Press, 1990. 144p.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Guidelines establishing test procedures for the analysis of pollutants under the clean water act. **Federal Register**, Washington, DC, v.54, n.231, p.50216-50223, 1989. Part III, EPA.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Prevention Pesticides and Toxic Substances. **Health effects test guidelines OPPTS870.5100 bacterial reverse mutation test**. Aug. 1998. EPA 712-C-98-247.
- VALENT, G. U.; SATO, M. I.; COELHO, M. C.; COIMBRÃO, C. A.; SANCHES, P. S. Monitoring São Paulo State rivers in Brazil for mutagenic activity using the Ames test. **Environmental Toxicology Water Quality**, Hoboken, n.8, p.371-81, 1993.
- VARGAS, V. M. F.; GUIDOBONO, R. R.; HENRIQUES, J. A. P. Use of two short term tests to evaluate genotoxicity of river water treated with different concentration extraction procedure. **Mutation Research**, Amsterdam, n. 343, p.31-52, 1995.
- VARGAS, V. M. F.; MOTTA, V. E. P.; HENRIQUES, J. A. P. Analysis of mutagenicity of waters under the influence of petrochemical industrial complexes by the Ames test (*Salmonella*/microsome). **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.11, n.3, p.505-518, 1988.
- VARGAS, Vera Maria Ferrão. **Avaliação de testes para triagem e diagnóstico de agentes genotóxicos ambientais**. 1992. 237f. Tese (Doutoramento em Ciências) - Curso de Pós-Graduação em Genética, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1992.
- VARGAS, V. M. F.; DUCATTI, A.; HORN, R. C. Diagnóstico de mutagênese ambiental e sua aplicabilidade em ecotoxicologia. In: TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. L. M. (Org.) **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: Ed. ABRH, 2001. p.57-71.
- VARGAS, V. M. F.; MOTTA, V. E. P.; HENRIQUES, J. A. P. Mutagenic activity detected by the Ames test in river water under the influence of petrochemical industries. **Mutation Research**, Amsterdam, n.319, p.31-45, 1993.

# Presença de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) nas bacias hidrográficas do Rio Uruguai e Lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil

Nara Regina Terra<sup>1</sup>, Márcia Bonow Lemieszek<sup>1</sup>,  
Clarice Torres de Lemos<sup>1</sup>, Enio Henriques Leite<sup>2</sup>

## Resumo

*Limnoperna fortunei* (mexilhão-dourado) foi registrado no Rio Grande do Sul no final da década de 90. Além de não possuir predadores naturais, apresenta características fisiológicas e ecológicas que favorecem sua rápida e eficaz proliferação na água. A FEPAM integrou a Força Tarefa Nacional (FTN/dez/03-fev/04) para monitoramento das bacias hidrográficas do Estado. Em 2003, foram colocados 53 dispositivos (tijolos), servindo como substrato artificial, e realizadas observações ambientais para verificar a dispersão do *L. fortunei*. Para definição dos pontos de observação, considerou-se a Rede de Monitoramento das Águas (FEPAM), usinas hidrelétricas, navegação e marinas. Contatos com a população ribeirinha foram realizados, distribuindo-se folhetos explicativos. Foram encontrados exemplares no Lago Guaíba e nos rios Gravataí, Sinos, Caí, Taquari-Antas e Jacuí. O monitoramento segue com campanhas educativas junto à população que utiliza barcos, *jet-ski*, etc., visando evitar o avanço do mexilhão. Embora existam muitas propostas para minimizar o problema, tais como o tratamento, ou a troca da água de lastro de navios em alto mar, nenhuma é plenamente eficiente. As dificuldades encontradas apontam à necessidade de uma estratégia de ação em nível global, pois o transporte marítimo é um importante agente de disseminação de espécies biológicas.

**Palavras-chave:** *Limnoperna fortunei*, mexilhão dourado, espécies invasoras, espécies exóticas, Lago Guaíba, Rio Uruguai.

Divisão de Biologia<sup>1</sup>,  
Departamento de  
Laboratório e Serviço  
da Região do Guaíba<sup>2</sup>,  
Departamento de  
Qualidade Ambiental,  
Fundação Estadual  
de Proteção Ambiental  
Henrique Luís Roessler -  
FEPAM, Av. Salvador  
França, Nº 1707,  
Bairro Jardim Botânico,  
CEP 90.960-000,  
Porto Alegre, RS, Brasil.  
Tel/Fax: (51) 3334-6765,  
E-mail: nara.terra@ufrgs.br

## Presence of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) in the Uruguai River and Guaíba Lake basins, Rio Grande do Sul, Brasil

### Abstract

*L. fortunei* was firstly found in the State of Rio Grande do Sul at the end of the 1990s. It has no natural predators, making it easier for it to proliferate and modify the trophic chain. Peripheral predator species are not enough to control this exotic bivalve. FEPAM, took part in the National Task Force (FTN/Dec/03-Feb/04) to monitor the State river basins. In 2003, a monitoring network was set up by placing 53 bricks as artificial substrate. Additionally, environmental observations were made to verify the dispersion of *L. fortunei*. The Water Monitoring Network of FEPAM and the presence of hydro-electrical power plants, navigation and marinas were considered to define the observation points. Contacts were made with the riparian population and explanatory leaflets distributed. Exemplars of the bivalve were found in the Guaíba Lake and in the rivers Gravataí, Sinos, Caí, Taquari-Antas and Jacuí. Monitoring continues with campaigns to educate the population that uses boats, jet-skis, etc., in an attempt to prevent the mussels from advancing. Although there are several proposals to minimize the problem, such as treating, or changing the ballast water from ships at high sea, none has yet been completely effective. The

difficulties encountered strongly suggest the need to adopt a global-level action strategy, since maritime transport is a major agent to disseminate biological species.

**Keywords:** *Limnoperna fortunei*, golden mussel, invasive species, exotic species, Guaíba Lake, Uruguai River

## Introdução

*Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), bivalvo da família Mytilidae, popularmente conhecido como mexilhão dourado, foi registrado no sul do Brasil pela primeira vez em 1998 (Mansur *et al.*, 2003). Esse bivalvo, originário da epifauna do sudeste asiático, encontrado na Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba, foi trazido como parte do mesocosmo formado pela água de lastro de navios cargueiros (Simeão *et al.*, 2006). Em todo o mundo são transferidas anualmente muitas toneladas de água de lastro contendo espécies de plantas e animais. Esse molusco é reconhecido como potencial bioacumulador de xenobióticos e clarificador de águas, sendo a espécie, quando adulta, muito resistente a diversas formas de poluição e a baixos níveis de oxigênio (Cataldo & Boltovskoy, 2000).

É relatado por Darrigan (2000) que a elevada capacidade reprodutiva e a ausência de predadores naturais favorecem ao mexilhão dourado a formação de grandes aglomerados populacionais.

A espécie, além de não possuir predadores naturais no Rio Grande do Sul, apresenta características fisiológicas e ecológicas que favorecem sua rápida e eficaz proliferação na água, motivos pelos quais *L. fortunei* passou a ocupar o habitat de espécies nativas, alterando desta forma a homeostase dos ecossistemas onde se instalou. Onde se fixa modifica a presença e a abundância das espécies de macroinvertebrados naturais do sistema. Esse molusco causa alterações na abundância relativa de muitos grupos de zooplâncton e pode causar modificações potenciais na rede trófica (Brugnoli *et al.*, 2005). Entre os impactos causados pelo mexilhão, destacam-se os efeitos sobre a ciclagem de nutrientes, a competição com outros animais filtradores nativos, a diminuição da biomassa fitoplanctônica e da turbidez. Esses últimos levam ao aumento das macrófitas aquáticas e a diminuição da biomassa zooplanctônica (von Rückert, *et al.*, 2004).

Mesmo com a presença de espécies predadoras periféricas, ou seja, que utilizam estes moluscos como alimento alternativo, a presença destes organismos causa apreensão, devido à possibilidade de desencadear desajuste ecológico em toda a rede hidrográfica onde se instalam, além de levar a prejuízos econômicos, como entupimentos de dutos de água e esgoto de empresas privadas e públicas.

Em setembro de 2002, foram registrados os primeiros casos de *macrofouling*, (obstrução de encanamentos devido à proliferação dos indivíduos) no Lago Guaíba (Mansur *et al.*, 2003), sendo que, a partir da invasão, este Mytilidae disseminou-se para outras áreas do Estado, pois é capaz de sobreviver com sucesso em águas salinas em até 3 psu (Darrigan, 2002), lagos, áreas úmidas e outros cursos d'água.

A dispersão, no Estado, ocorreu provavelmente através do casco de embarcações de menor porte, que circulam pela rede hidroviária, realizando transporte de cargas ou passageiros ou para atividades de lazer. A dispersão pode ter ocorrido

ainda através de larvas e organismos jovens, presentes nos pés e bicos dos pássaros (Oliveira, 2003), ou ainda na fase larval, pela corrente natural dos rios ou pelo transporte de maquinários e equipamentos de pesca.

A espécie é filtradora, dióica, com fertilização externa. As larvas são planctônicas e possuem tamanho de 200-300  $\mu\text{m}$  (Boltovskoy & Cataldo, 1999). Santos *et al.*, (2005) encontraram densidade populacional de até 140.000/m<sup>2</sup>. Organismos com tamanho em torno de 300  $\mu\text{m}$  de comprimento já utilizam o pé para rastejar e fixar-se ao substrato com o auxílio do bisso (Santos *et al.*, 2005). A maturidade é alcançada com cerca de 30 dias de vida e 5 mm de comprimento (Colares *et al.*, 2002; Filippo, 2004).

Após constituírem parte do plâncton durante algumas semanas, aderem-se a algum substrato firme, preferentemente naqueles que apresentam rugosidades como rizomas de juncos, concavidades de troncos de água doce e mais raramente em raízes de aguapés (Mansur *et al.*, 2003). Boltovskoy & Cataldo (1999), na Argentina, encontraram densidades de até 120.000 ind/m<sup>2</sup>. Prendem-se aos substratos através de colágeno, formando o bisso, desenvolvendo assim colônias através da reprodução sucessiva dos indivíduos que permanecem unidos aos primeiros colonizadores do local. Podem crescer aproximadamente 15 mm por ano (Magara *et al.*, 2001), morrendo entre o primeiro e o segundo períodos reprodutivos, conforme estudos realizados no Japão (Magara *et al.*, 2001). Embora a faixa de temperatura em que sobrevivem seja bastante ampla, a reprodução decresce quando a temperatura está em torno de 17-18°C (Cataldo & Boltovskoy, 2000). A população de moluscos parece apresentar um processo de reprodução contínua, com picos de atividade de maturação sexual relacionados com as mudanças de temperatura (Colares, 2002).

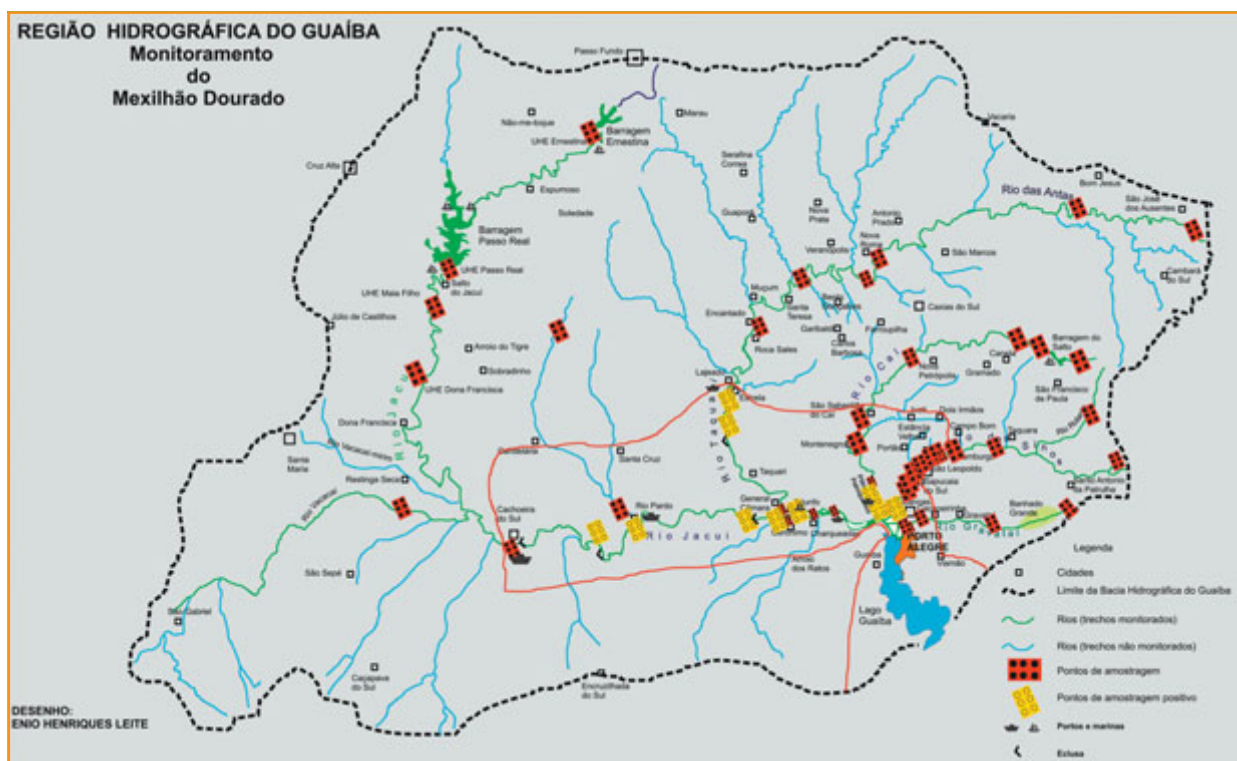
Devido aos prejuízos que este bivalvo causa a indústrias, hidrelétricas, sistemas de captação e tratamento de águas, a flora e a fauna, foi criada no Brasil uma Força Tarefa Nacional (FTN), que esteve ativa entre dezembro de 2003 e fevereiro de 2004. A partir daí a FEPAM, Fundação de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul, participante dessa FTN, iniciou, integrada a outros órgãos públicos e privados, monitoramento na Bacia do Lago Guaíba, que posteriormente se estendeu a outras bacias hidrográficas do Estado.

## Metodologia

No período de julho de 2003 a abril de 2006, dispositivos para verificar a dispersão do *L. fortunei* nas bacias hidrográficas do Estado foram colocados pela equipe da FEPAM.

Para acompanhamento da presença e disseminação deste organismo exótico foi montada pela FEPAM uma Rede de Monitoramento Biológico nas águas interiores do Rio Grande do Sul (Fig.1). Na figura, os tijolos amarelos identificam os locais positivos para a presença do bivalvo e a linha vermelha delinea o limite fixado no início dos trabalhos como a área mais provável de disseminação do mexilhão dourado no Estado.

Para composição dessa Rede, foram definidos critérios, sendo que alguns locais do monitoramento atenderam a mais de um critério (Quadro 1).



▲ Figura 1. Mapa indicando os pontos monitorados na Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil.

A Rede de Monitoramento do Mexilhão Dourado na Bacia do Lago Guaíba tem como base os pontos de amostragem de água da Rede de Monitoramento das Águas operada pela FEPAM, com apoio do PróGuaíba. É importante o monitoramento nessa região, pois segundo Santos & Mansur (2002), a população de mexilhão dourado, no Lago Guaíba, reproduz-se durante todo o ano, apresentando picos de crescimento na primavera.

Critérios de definição	Justificativas
Ponto de Monitoramento da Qualidade das Águas	Visa comparar a qualidade das águas com a presença do mexilhão, aproveitando dados de qualidade. A vistoria nestes locais é facilitada pela presença freqüente das equipes de coleta de água.
Navegação	Estão sendo instalados pontos de monitoramento ao longo dos trechos navegáveis, incluindo portos, clubes náuticos, marinas e eclusas.
Usinas Hidrelétricas	Os reservatórios de usinas hidrelétricas são ambientes propícios à proliferação deste organismo, devido à baixa correnteza e à qualidade das águas. Foram incluídos os principais reservatórios, especialmente aqueles que possuem condomínios com marinas.

▲ Quadro 1. Critérios utilizados para definição dos pontos de monitoramento da presença de *Limnoperma fortunei* em águas interiores do Rio Grande do Sul, Brasil.

Os pontos foram determinados de acordo com o risco provável de disseminação do molusco nesses locais, devido ao transporte hidroviário (Quadro 2).

Os dispositivos, colocados nos pontos de observação, consistem em tijolos de cerâmica, com seis furos, amarrados com linha de nylon 1,6 mm, sinalizados com bóia de pesca (5 cm) fosforescente, identificada com uma placa impermeável (Figs. 2 e 3), conforme metodologia utilizada por Mansur *et al.* (2003). Esses dispositivos são revisados aproximadamente a cada três meses.

Bacias Hidrográficas	Nº de pontos	Monitoramento da água	Navegação	Hidrelétricas
Gravataí	4	2	2	-
Sinos	10	9	1	-
Caí	11	5	7	1
Taquari	9	7	1	-
Jacuí	15	4	7	5
Guaíba	1	-	1	-
Uruguai	3	-	3	-



## Resultados e discussão

Na fase de colocação dos dispositivos de monitoramento encontramos alguns locais já povoados pela espécie invasora (Fig. 4). Mesmo nesses locais foi colocado o artefato visando acompanhar o povoamento pelo invasor, visto que o dispositivo é removível ao contrário dos substratos naturais (vegetação) ou artificiais (barcos, cais, etc.), nos quais o acompanhamento do estudo é dificultado. Na etapa de revisão, foi encontrado um dispositivo povoado com a espécie entre as unidades recuperadas. Esse dispositivo foi colocado em julho de 2004 e em outubro do mesmo ano continha um organismo apresentando 7 mm de comprimento (Fig. 5), o que faz

◀ Figura 2. Placa de Identificação do dispositivo para fixação do *Limnoperna fortunei*.

▲ Figura 3. Dispositivo para fixação do *Limnoperna fortunei* em colocação.



supor que o molusco não tenha se desenvolvido desde o estágio larval no dispositivo, mas se fixado em estágio mais avançado. O organismo encontrado, provavelmente, já estivesse em fase reprodutiva, uma vez que, segundo Colares *et al.* (2002) e Filippo (2004), indivíduos com 5 mm encontram-se aptos para a reprodução.

◀ Figura 4. Colônia de *Limnoperna fortunei*

▲ Figura 5. *Limnoperna fortunei* em dispositivo de monitoramento.



Em inspeção realizada na fronteira oeste, na bacia do Rio Uruguai, em setembro de 2005 foram vistoriadas as margens dos rios em três localidades visitadas (Itaqui, Uruguaiana e Barra do Quaraí). Simultaneamente a essas atividades a equipe fez contato com a população ribeirinha e distribuiu folhetos explicativos nas aduanas, entre os pescadores e na Colônia de Pescadores de Itaqui. Embora, na ocasião, não tenham sido visualizados exemplares de *L. fortunei*, a presença desses organismos foi relatada em todas as localidades visitadas. Concluiu-se pela necessidade de nova vistoria com o nível do rio Uruguai mais baixo, uma vez que na ocasião, esse se encontrava a cerca de quatro metros acima do normal.

Nas vistorias realizadas pela equipe da FEPAM, na Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba, foram encontrados exemplares de *L. fortunei* em diversos cursos hidrográficos:

**Lago Guaíba** - Toda a extensão visitada do Lago apresentou formações densas desses moluscos, tanto no ambiente, como povoando espécies vegetais ribeirinhas nativas, podendo inclusive causar sua morte (Fig. 6 e 7). Quanto aos rios formadores desse Lago a presença do mexilhão foi diferenciada.



▲ Figura 6. Vegetação ribeirinha povoada por mexilhões.



► Figura 7. Detalhe dos mexilhões nas raízes da vegetação.

**Rio Gravataí** - Provavelmente devido a pouca navegabilidade do rio até a ponte da BR-116, o mexilhão ainda não avançou para trechos superiores, embora ocorra movimento de algumas embarcações de transporte de areia até o município de Cachoeirinha;

**Rio dos Sinos** - O mexilhão foi encontrado junto à foz, na praia Paquetá, município de Canoas e em trechos a montante. O rio é navegável, observando-se embarcações carregadas com areia, até São Leopoldo;

**Rio Caí** - O mexilhão alcançou o Pólo Petroquímico, município de Triunfo, a cerca de 15 Km da foz e no canal Santa Bárbara. Nesse trecho o rio é navegável por barcas que transportam areia e por navios que têm como destino o Pólo Petroquímico;

**Rio Taquari-Antas** - Este sistema hídrico é muito navegável até o porto de Estrela, a cerca de 80 Km da foz, faixa em que foi constatada a presença do mexilhão pela equipe da FEPAM;

**Rio Jacuí** - Esse rio apresenta navegação intensa, tendo sido encontradas colônias de mexilhão inicialmente na cidade de Rio Pardo, de onde, provavelmente, avançaram até a eclusa Anel Dom Marco, a 167 Km da foz do rio. Ainda no Rio Jacuí, em abril/2006 foram encontrados exemplares de *L. fortunei* aderidos ao casco de uma embarcação de lazer a cerca de 500 m da foz do Rio Pardo. Essa embarcação estava atracada no local há aproximadamente três meses, se-

gundo informações de pescadores. Os mesmos pescadores informaram que a embarcação era proveniente de Porto Alegre, onde esteve por algum tempo sofrendo processos de reforma. Não foram encontrados exemplares do molusco no ambiente (na linha d'água ou logo abaixo a ela) ou em outras embarcações fundeadas no local, sugerindo que os exemplares observados eram originados de Porto Alegre.

## Conclusões

A partir das primeiras vistorias observou-se a baixa recuperação dos dispositivos devido à ação de curiosos. Além disso, observou-se deficiente colonização da espécie alvo, nos mesmos, embora espécies nativas, móveis, tenham sido encontradas. Essa baixa colonização talvez tenha ocorrido devido ao pouco tempo transcorrido entre a colocação dos dispositivos e a revisão dos mesmos, isto é, aproximadamente três meses, entre as vistorias.

Foi encontrado apenas um indivíduo, com sete milímetros, povoando um dispositivo recuperado o que faz supor que este não tenha se desenvolvido desde o estágio larval no dispositivo, mas ali tenha se fixado em estágio mais avançado.

Esse monitoramento deve prosseguir, aliado a campanhas educativas junto à população que utiliza barcos para trabalho, passeio ou unidades menores de lazer, como *jet-ski*, visando evitar o povoamento por essa espécie, em locais ainda não atingidos.

Baseados nas observações sobre a dispersão desses organismos e a dificuldade em detê-la, é possível que esta prossiga, atingindo o município de Cachoeira do Sul.

Embora existam muitas propostas para minimizar o problema criado pela disseminação desses organismos em nosso Estado, tais como tratamento de água de lastro de navios (filtração, hidrociclones, aquecimento, irradiação por UV, adição de biocidas), ou troca da mesma em alto mar, nenhum desses métodos tem garantido 100% de eficiência.

Devido às dificuldades encontradas para a solução do problema faz-se necessária uma estratégia de ação em nível global, pois o transporte marítimo é um importante agente de disseminação de espécies biológicas em caráter internacional.

Estão sendo intensificadas, pela FEPAM, ações de educação ambiental em colônias de pescadores e populações ribeirinhas próximas às áreas monitoradas. Essas ações consistem de informações verbais, apresentação de exemplares conservados, além da distribuição de folhetos educativos, visando à prevenção da dispersão desse molusco. São apresentadas sugestões para a adoção de medidas práticas tais como a lavagem de barcos, caíques, *jet-ski*, redes, tarrafas, remos, etc., com água sanitária a 5%, visando a amenizar o problema da disseminação do mesmo.

Essas ações se justificam uma vez que, até o momento, a melhor forma para evitar a proliferação do mexilhão é a ação educativa, pois métodos biológicos, físicos ou químicos ainda não são plenamente efetivos.

É necessário que a continuidade das ações ocorra em âmbito nacional, uma que o mexilhão dourado está presente em outras regiões do país. Os órgãos responsáveis pela fiscalização da qualidade ambiental, assim como aqueles prejudicados, devem concentrar esforços para garantir o sucesso de programas que visem à contenção de problemas globais como é o das espécies exóticas invasoras.

## Referências bibliográficas

- BOLTOVSKOY, D.; CATALDO, D. H. Population dynamics of *Linnoperna fortunei*, an invasive fouling mollusk, in the lower Paraná River (Argentina). **Biofouling**, Chur, Suíça, v.14, n.3, p.255-263, 1999.
- BRUGNOLI E.; CLEMENTE, J.; BOCCARDI, L.; BORTHAGARAY, A.; SCARABINO, F. Golden mussel *Linnoperna fortunei* (Bivalvia:Mytilidae) distribution in the main hydrographical basins as Uruguay: update and prediction. **Anais Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.77, n.2, p.235-244, 2005.
- CATALDO, D. H.; BOLTOVSKOY, D. Yearly reproductive activity of *Linnoperna fortunei* (Bivalvia as inferred' from the occurrence of its larvae in the plankton of the lower Paraná river and the Rio de la Plata estuary (Argentina). **Aquatic Ecology**, Dordrecht, Netherlands, v.34, p.307-317, 2000.
- COLARES, E. R. da C. Diagnóstico e controle do mexilhão-dourado, *Linnoperna fortunei*, em sistemas de tratamento de água em Porto Alegre. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6., 2002. **Anais...** Vitória, ES, 2002.
- DARRIGAN, G. Invasive freshwater bivalves of the neotropical region. **Dreissena**, New York, v. 11, n.2, p.7-13, 2000.
- DARRIGAN, G. Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. **Biological Invasions**, Dordrecht, Netherlands, v.4, p.145-156, 2002.
- FILIPPO, R. de. **Linha Direta**, Belo Horizonte, n.307, p.14, abr. 2004.
- MAGARA, Y.; MATSUI, Y.; GOTO, Y.; YUASA, A. Invasion of the non-indigenous nuisance mussel, *Linnoperna fortunei*, into water supply facilities in Japan. **Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA**, London, v.50, n.3, p.113-124, 2001.
- MANSUR M. C. D.; DARRIGAN, C. P. dos S.; HEYDRICH, I.; CALLIL, C. T.; CARDOSO, F. R. Primeiros dados quali-quantitativos do mexilhão dourado, *Linnoperna fortunei* (Dunker), no Delta do Jacuí, no Lago Guaíba e na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v.20 n.1 p.75-84, 2003.
- OLIVEIRA, M. D. de. Ocorrência e impactos do mexilhão dourado *Linnoperna fortunei* (Dunker, 1857) no Pantanal Mato-Grossense. **Circular Técnica n. 38**. Corumbá, MS, EMBRAPA, 2003.
- SANTOS C. P.; MANSUR, M. C. Primeiros dados sobre o assentamento de pós-larvas do bivalve invasor *Linnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia:Mytilidae), na Bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE MALACOLOGIA, 5., 2002, São Paulo. **Programa de resúmenes y anales**. São Paulo: 2002. 78 p.
- SANTOS, C. P.; WÜRDIG, N. L.; MANSUR, M. C. D. Fases larvais do mexilhão dourado *Linnoperna fortunei* (Dunker) (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae) na Bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v.22, n.3, p.702-78, 2005.
- SIMEÃO, C. M. G.; MARTINEZ, C. B.; FORMAGIO, P. S. *Linnoperna fortunei*: situação atual e perspectivas futuras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS E MÉDIAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS, 5., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Comitê Brasileiro de Barragens, 2006.
- VON RÜCKERT, G.; CAMPOS, M. C. S.; ROLLA, M. E. Alimentação de *Linnoperna fortunei* (Dunker, 1857): taxas de filtração com ênfase ao uso de Cyanobacteria. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, PR, v.26, n.4, p.421-429, 2004.

# Comunicações técnicas

## Programa interlaboratorial de cromatografia iônica em amostras aquosas ambientais com avaliação estatística pelo método gráfico de Youden

Andréa Cássia de Melo Machado e Clarice Barcellos de Sousa

### Resumo

Este trabalho surge da necessidade de um grupo de instituições ligadas à área ambiental em adotar uma metodologia estatística cientificamente aceita, de fácil operação e baixo custo, para trabalhar os dados de análises ambientais por cromatografia iônica em amostras aquosas ambientais, estabelecendo assim um Programa Interlaboratorial. A metodologia estatística adotada é o “Método Gráfico de Youden Adaptado”, no qual são distribuídas amostras de solução padrão de igual natureza e com concentrações próximas. Os pares de resultados são trabalhados estatisticamente e representados em um gráfico conforme o número de identificação de cada laboratório. Neste programa são avaliados os resultados dos parâmetros Fluoreto, Cloreto, Nitrito, Nitrato, Sulfato e Fosfato. Para isso foram traçados gráficos circulares, sendo, após, marcados os pares de resultados. A interpretação foi baseada na localização dos pontos no gráfico, indicando a existência de erros sistemáticos ou aleatórios. Esta metodologia propiciou rápido diagnóstico das condições, nas quais as análises foram desenvolvidas e possibilitou a pronta informação aos laboratórios da ocorrência de alguma alteração no procedimento.

**Palavras-chave:** cromatografia iônica, interlaboratorial, gráfico de Youden, métodos estatísticos

Divisão de Química,  
Departamento de  
Laboratórios, Fundação  
Estadual de Proteção  
Ambiental Henrique  
Luís Roessler – FEPAM,  
Rua Aurélio Porto,  
Nº 45, CEP 90.620-090,  
Porto Alegre, RS,  
Brasil. Telefone/Fax:  
(51) 3226-56-33,  
(51) 3384-5285, E-mail:  
andreacm@fepam.rs.gov.br.

### Interlaboratorial program of ionic chromatography in environmental water samples with statistical evaluation through the Youden graphic method

#### Abstract

This work aims to analyze data resulting from an interlaboratorial program. The Adapted Youden Graphic Method was adopted because it is a scientific, low cost and easily operated statistical methodology. In this method, two samples of a standard solution, with similar concentration, are given to the participants. Each pair of results are treated statistically and put into a graphic according to each laboratory's identification number. In this program, the following parameters were valued: fluoride, chloride, nitrite, nitrate, sulfate and phosphate. According to the position of the results obtained in the Youden plot, it was possible to determinate the presence of systematic or randomised errors. This adapted method showed to be a quick and reliable way to provide information on the quality of the laboratorial analysis. It also allowed a prompt recognition of any eventual procedure failure.

**Keywords:** interlaboratorial, ion chromatography, Youden graphic, statistical methods

## Introdução

Um programa interlaboratorial visa à compatibilização de resultados, à troca de informações e experiências, bem como à busca de soluções para problemas comuns enfrentados no desenvolvimento de análises laboratoriais.

Segundo Monteiro (1995), o objetivo principal do programa é detectar os laboratórios com comportamento discrepante dos demais, estimando magnitude dos desvios aleatórios e identificando os laboratórios com problemas de precisão de medidas e de desvios sistemáticos, com relação a um valor de referência, que é a média de consenso entre os participantes do grupo. Dessa forma é possível que cada laboratório avalie sua sistemática de trabalho e o desempenho de seus técnicos e equipamentos, a partir de seu posicionamento em relação à média de consenso.

O Grupo Interlaboratorial de Cromatografia Iônica – PICROM - foi formado em 2002 por nove laboratórios, os quais incluem instituições federais, estaduais e municipais, bem como laboratórios e empresas privadas no estado do Rio Grande do Sul.

A metodologia de avaliação dos resultados adotada é o Método Gráfico de Youden Adaptado (Sousa, 1997), que apresenta uma descrição mais detalhada do trabalho de Youden (1959). Esse método oferece uma série de vantagens quanto à praticidade, pois não requer conhecimento avançado em cálculo estatístico e apresenta baixo custo no desenvolvimento do programa.

## Considerações Teóricas

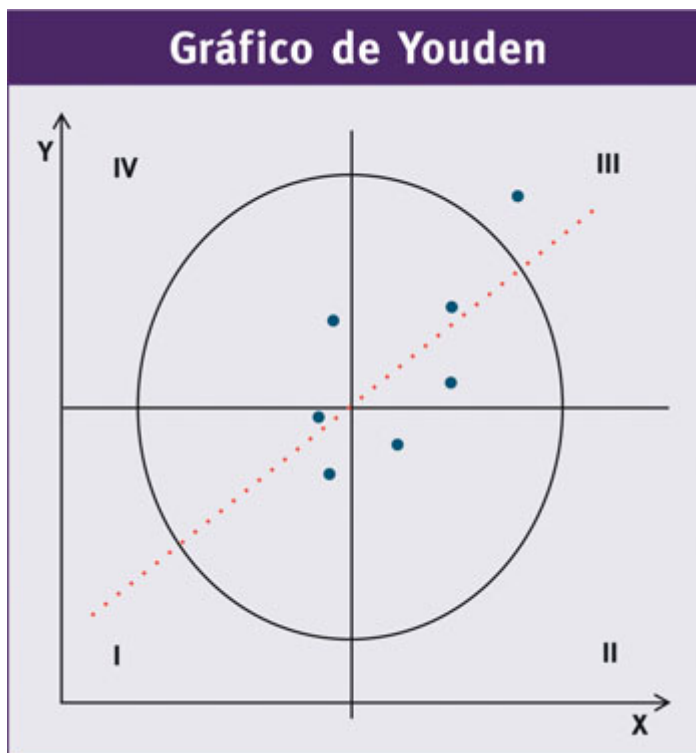
De acordo com Youden (1975), um Programa Interlaboratorial consiste em realizar-se uma série de medições em uma mesma amostra, entre laboratórios diferentes. No Método de Youden, duas amostras de igual natureza ( $X$  e  $Y$ ) e concentrações próximas são preparadas e distribuídas para o maior número possível de laboratórios. Cada participante recebe um código de identificação e realiza a determinação em cada amostra. Após a realização dos testes analíticos, os dados são trabalhados estatisticamente.

Os dados para o Interlaboratorial são trabalhados em cima das médias de cada amostra e se distribuem no gráfico geral, indicando as tendências em apresentarem erros aleatórios ou erros sistemáticos (Youden, 1959).

A avaliação leva em conta a posição de cada par de resultados em relação ao ponto de intersecção da média de  $X$  e da média de  $Y$ ; em qual quadrante se situa; se está dentro do círculo de confiança estipulado e se a distribuição se dá ao longo da reta de  $45^\circ$  com a intersecção  $X, Y$ .

Duas linhas de médias dividem o gráfico em 4 quadrantes. Numa situação ideal, há distribuição igualitária em todos eles, mas geralmente há maior concentração no 1º e 3º quadrantes, devido a erros sistemáticos. A distribuição nos 2º e 4º quadrantes indica a ocorrência de erros aleatórios.

Pontos que tendem a se distribuir ao longo da linha de  $45^\circ$  com os eixos e pouco distantes do ponto ( $X, Y$ ), indicam que os resultados apresentam a mesma dispersão. Uma forma elíptica longa dos pontos deve direcionar a atenção para melhor descrição do procedimento ou mesmo necessidade de modificá-lo. Pontos



isolados dos demais e próximos dos eixos indicam erros aleatórios. Pontos isolados dos demais, ao longo da linha de 45°, são fortes evidências de desvio do procedimento, indicando erro sistemático. Presença de erros constantes é indicada por uma substancial proporção de pontos fora do círculo de confiança.

## Conclusão

A metodologia empregada neste trabalho tem mostrado eficiência frente à expectativa dos laboratórios participantes. O método Gráfico de Youden propicia uma avaliação rápida e de fácil visualização da performance dos laboratórios, permitindo as correções cabíveis quando verificados erros sistemáticos e aleatórios.

Em virtude do baixo custo, este Programa Interlaboratorial não apresentou dificuldades significativas na sua aplicação e proporciona uma maior integração técnica entre as instituições. Outrossim, a aplicação de uma metodologia estatística e a uniformização de procedimentos analíticos são ferramentas importantes na implantação de um Programa de Qualidade.

## Referências Bibliográficas

- MONTEIRO, Almerinda. **Curso de estatística básica aplicada ao laboratório**. Rio de Janeiro: IBP, 1995.
- SOUSA, C. B. **Método gráfico de Youden adaptado**. Porto Alegre: FEPAM, 1997. 11 fls. Apostila interna não publicada.
- YOU DEN, W. J. Graphical diagnosis of interlaboratory test results. **Industrial Quality Control**, Washington, DC, v.15, n.11, p.24-8, may 1959.
- YOU DEN, W. J. Statistical techniques for collaborative tests. In: \_\_\_\_\_. **Statistical manual of the AOAC**. Arlington, USA: Association Analytical Chemists, 1975. p.1-88.

# População sob risco de exposição a solo contaminado: uma priorização aplicada a áreas de mineração de minerais metálicos no Escudo Sul-rio-grandense

Jerusa dos Santos Dames e Maria Heloisa Degrazia Pestana

Serviço da Região do Guaíba, Departamento de Qualidade Ambiental, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler – FEPAM, Rua Carlos Chagas, Nº55, Porto Alegre, RS, CEP 90.030-020, Brasil. Tel: (51) 3212-4493, Fax (51) 3019-3261, E-mail: mariahd@fepam.rs.gov.br.

## Resumo

A contaminação antropogênica de águas e/ou solos em áreas de mineração, mesmo após o encerramento das atividades, freqüentemente gera passivos ambientais. Tais áreas, em geral, necessitam de remediação devido à ecotoxicidade associada a contaminantes metálicos, que podem impedir seu uso para outras atividades. O objetivo deste trabalho foi priorizar áreas contaminadas e suspeitas de contaminação segundo o risco à saúde humana. A metodologia adotada foi proposta pelo Programa VIGISOLO do Ministério da Saúde para priorização de áreas com população sob risco de exposição a solo contaminado. Foi realizada uma categorização das áreas com base nas características de cada uma. Posterior priorização foi feita com o uso de fichas de pontuação, a partir de critérios e subcritérios pré-estabelecidos pela metodologia empregada. Quanto maior a pontuação obtida, maior é o risco de exposição ao solo contaminado. Todas as áreas identificadas foram classificadas como áreas de risco e de alto risco à saúde humana.

**Palavras-chave:** saúde humana; metais pesados; análise de risco preliminar; solos contaminados por mineração.

## Population under risk of exposure to contaminated soil: a ranking applied to areas mined for metallic minerals

### Abstract

Anthropogenic contamination of water and/or soil resources in mining areas frequently generates environmental liabilities, even after the cessation of mining activities. Such areas generally need remediation due to the ecotoxicity that is associated with metallic contaminants and can impede soil use for other activities. The purpose of this work is to rank contaminated areas and areas suspected of contamination, according to human health risk. The methodology used was proposed by the VIGISOLO Program of the Brazilian Health Ministry, for the ranking of areas with population under risk of exposure to contaminated soil. A classification in different categories was made according to the characteristics of each area. Later, a ranking was performed after a score obtained by criteria and sub-criteria previously established by the applied methodology. The higher the score obtained, higher is the risk of exposure to the contaminated soil. All the identified areas were classified as under risk or under high risk to human health.

**Keywords:** human health, heavy metals, preliminary risk analysis, mining contaminated soils.

## Introdução

A exploração de minerais metálicos pode gerar impactos aos recursos hídricos, solos, fauna e flora, por se tratar de atividade que contribui com a liberação ao ambiente de metais pesados potencialmente tóxicos. Tais impactos freqüentemente permanecem no ambiente mesmo após o término dessa atividade, gerando áreas com passivo ambiental. Passivos ambientais são “dívidas” decorrentes da contaminação química e/ou da degradação física de uma área após o encerramento da atividade geradora dos danos. Além do custo da inobservância a requisitos legais (termos de compromissos com órgãos de controle ambiental e/ou ações do Ministério Público decorrentes de reclamações da comunidade) inclui os dispêndios necessários à recuperação da área degradada e indenização à população afetada (Millaré 2004; Moreira, 2005).

No Escudo Sul-rio-grandense, já há relatos de contaminações geradoras de passivos ambientais em áreas de mineração desativada de ouro e cobre (Pestana, Terra, Formoso, 2001; Pestana & Formoso, 2003 a, b). No entanto, existem áreas requeridas para extração de minerais metálicos de elementos como chumbo (Pb), cobre (Cu), ouro (Au), zinco (Zn) e prata (Ag), nas quais se desconhece a existência de passivos ambientais. A decisão de remediação de áreas contaminadas passa pela manutenção da multifuncionalidade do solo, que por sua vez, depende dos riscos existentes à saúde humana em áreas com solos contaminados.

Esta comunicação técnica tem por objetivo relatar a priorização de risco à saúde humana em áreas de mineração de minerais metálicos no Rio Grande do Sul. Essa hierarquização foi feita após a obtenção de resultados pelo projeto FEPAM “Passivos Ambientais e Remediação: identificação de contaminações antropogênicas históricas e recentes em áreas de mineração de minerais metálicos no Escudo Sul-rio-grandense”.

## Metodologia

A priorização de risco à saúde humana foi feita com base na “Metodologia para priorização de áreas com população sob risco de exposição a solo contaminado”, instituída pelo Programa VIGISOLO do Ministério da Saúde, atualmente disponível no sítio [http://portal.saude.gov.br/portal/svs/visualizar\\_texto.cfm?idtxt=21567](http://portal.saude.gov.br/portal/svs/visualizar_texto.cfm?idtxt=21567).

Segundo as diretrizes do Ministério da Saúde (2006), áreas de passivo ambiental e áreas de mineração, com poluidor conhecido ou não e cujas substâncias minerais extraídas oferecem potencial de risco à saúde humana, são classificadas como *áreas com população sob risco de exposição a solo contaminado*. As áreas são inicialmente categorizadas, conforme as informações disponíveis a partir da identificação daquelas com população sob risco de exposição direta ou indireta a solo contaminado. Após, procede-se à priorização das mesmas. Para tanto, utiliza-se o sistema de pontuação dessa metodologia, relativo ao risco potencial à saúde das populações, conforme critérios e subcritérios previamente estabelecidos (Quadro 1), descritos no sítio citado acima.



Critérios	Subcritérios
1. Categorização da área	1.1 População do entorno 1.2 Dados de saúde 1.3 Caracterização ambiental
2. Categorização da população	2.1 População estimada sob risco de exposição 2.2 Áreas de alto risco 2.3 Nível sócio-econômico
3. Avaliação toxicológica	3.1 Toxicidade 3.2 Persistência ambiental
4. Existência de medidas de contenção e controle	4.1 Medidas de contenção e controle
5. Acessibilidade ao local	5.1 Acessibilidade da população ao local

▲ Quadro 1 - Critérios e subcritérios de priorização – Ministério da Saúde (2006).

O sistema de pontuação parte das seguintes determinações: para os três primeiros critérios, a pontuação máxima é de 25 pontos; para os dois últimos, de 15 e 10, respectivamente, somando um total de 100 pontos distribuídos entre os subcritérios. Conforme o valor final da pontuação de cada área, haverá um nível de prioridade: 1) local de risco urgente - 90 a 100 pontos; 2) local de alto risco - 60 a 89 pontos; 3) local de risco - 35 a 59 pontos; 4) local de baixo risco - 20 a 34 pontos; 5) local de risco não identificado - 0 a 20 pontos.

## Resultados

As áreas em avaliação foram previamente identificadas por Pestana & Dames (2006) e são citadas no Quadro 2.

Área	Minério explorado e atividade	Coordenadas geográficas (ponto central)		Município	CAC
A1	Ouro (L,B)	30°40'30"	54°12'24"	São Gabriel	-
A2	Cobre (L,B)	31°56'6"	53°25'18"	Caçapava do Sul	sc - as
A3	Chumbo (L,B)	30°22'28"	53°41'48"	Amaral Ferrador	-
A4	Ouro (L,B)	30°49'25"	53°49'18"	São Sepé	-
A5	Ouro (L,B)	30°21'18"	53°43'45"	São Sepé	-
A6	Ouro (L,B)	30°49'25"	53°49'13"	Lavras do Sul	so
A7	Ouro (B)	30°22'28"	53°41'48"	São Gabriel	so
A8	Ouro (B)	30°45'42"	53°53'10"	Lavras do Sul	so
A9	Ouro (B)	30°48'42"	53°49'11"	Lavras do Sul	sc - so

Compartimento ambiental contaminado – CAC; L - Lavra; B - beneficiamento; sc - sedimento de corrente; as - água superficial; so – solo.

▲ Quadro 2 - Identificação de áreas de mineração de minerais metálicos (dados obtidos por Dames & Pestana, 2006).

As áreas em avaliação foram categorizadas conforme Ministério da Saúde (2006) em: “roxa, amarela e preta” (Quadro 3), de acordo com as respectivas informações disponíveis.

Categoria	Área em avaliação
<b>Área Roxa</b> Área com população sob risco de exposição a solo contaminado	A8 A9
<b>Área Amarela</b> Área com população sob risco de exposição a solo potencialmente contaminado	A3 A2 A4 A5
<b>Área preta</b> Área sem populações em um raio de 1 km, com solo contaminado ou com suspeita de contaminação.	A7 A6 A1

As áreas que se enquadram na categoria roxa e preta possuem análises de solo (Pestana & Formoso, 2003a; Grazia & Pestana, 2005) que comprovam contaminação por metais em níveis acima dos valores de interferência para solo (CETESB, 2001). Já as áreas que não possuem análises de solo conhecidas se enquadram na categoria amarela.

Após a categorização seguiu-se a priorização das áreas, obtendo-se o resultado final mostrado na Quadro 4.

▲ Quadro 3 – Categorização das áreas em avaliação, conforme metodologia do Ministério da Saúde (2006).

Prioridade	Áreas				
2. (60-89 pontos) Local de alto risco	A6 (61)	A2 (61)	A9(62)	A8 (74)	-- --
3. (35-59 pontos) Local de risco	A5 (56)	A3 (51)	A7 (50)	A4 (49)	A1 (43)

Todas as áreas obtiveram uma pontuação relativamente alta por nelas estarem presentes, ou potencialmente presentes, substâncias cancerígenas ou que causam efeitos agudos e/ou crônicos à saúde humana. Essas áreas também não possuem medidas de controle da contaminação e, quando essas existem, são insuficientes ou inadequadas. O que as difere, no entanto, é a comprovação da contaminação, o número de população existente no entorno da área e a possível existência de rotas de exposição. Essas, segundo o Ministério da Saúde (2006), são compostas por cinco “elementos”: fonte de contaminação, compartimento ambiental e mecanismo de transporte, ponto de exposição, via de exposição e população receptora.

Dentro da área onde se encontra A8, que obteve a maior pontuação, além de ter sido comprovada a contaminação no solo por mercúrio e outros elementos tóxicos (Grazia & Pestana, 2005), existe uma residência. Já aquela pertencente a A1, que obteve a menor pontuação, apesar de ter contaminação comprovada (Pestana & Dames, 2006) não possui população no entorno da área, e as rotas de exposição são desconhecidas.

▲ Quadro 4 – Priorização de risco à saúde humana das áreas de mineração das áreas de minerais metálicos no Escudo Sul-rio-grandense.

## Conclusões

A priorização de área com população sob risco de exposição a solo contaminado com base na metodologia do Programa VIGISOLO foi feita inclusive para a área A7 próxima à área A1, identificada e categorizada como área de solo contaminado pelo projeto PROBIC-FEPAM 2005-2006. Essa priorização classificou todas as áreas

as suspeitas e contaminadas como locais de risco ou de alto risco, devido às elevadas pontuações obtidas em decorrência da toxicidade dos contaminantes. A área A8, em Lavras do Sul obteve a pontuação máxima. O principal fator diferenciador foi a presença ou não de população próxima aos locais, nesse caso, a área urbana de Lavras do Sul e a moradia existente dentro da área do referido moinho.

#### Agradecimentos

As autoras agradecem à FAPERGS (Programa PROBIC-FEPAM, 2005-2006) pelo auxílio concedido na forma de bolsa de Iniciação Científica à Jerusa S. Dames, aluna do Curso de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

#### Referências bibliográficas

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Diretrizes para a priorização de áreas com população sob risco de exposição a solo contaminado**. Brasília: VIGISOLO, 2006. Disponível em: <[http://portal.saude.gov.br/portal/svs/visualizar\\_texto.cfm?idtxt=21567](http://portal.saude.gov.br/portal/svs/visualizar_texto.cfm?idtxt=21567)>. Acesso em: março, 2007.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2001. 11p

GRAZIA, Antônio Carlos; PESTANA, Maria Heloisa Degrazia. Contaminação por mercúrio antrópico em solos e sedimentos de corrente em Lavras do Sul. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE GEOLOGIA MÉDICA - METAIS, SAÚDE E AMBIENTE, 1., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CPRM, 2005. CD-ROM.

MILARÉ, E. **Direito do ambiente**: doutrina, jurisprudência, glossário. 3.ed. São Paulo: Ed. Revista dos Tribunais, 2004.

MOREIRA, M. S. **Passivo ambiental**: o conceito em debate. Disponível em: <<http://www.indg.com.br/info/artigos/imprimir.asp?25>>. Acesso em: fevereiro, 2005.

PESTANA, Maria Heloisa Degrazia; DAMES, Jerusa dos Santos. **Passivos ambientais e remediação**: identificação de contaminações antropogênicas históricas e recentes em áreas de mineração de minerais metálicos no Escudo Sul-rio-grandense. Porto Alegre: FEPAM, 2006. Relatório final interno do Projeto PROBIC/FAPERGS/FEPAM. 2v.

PESTANA, Maria Heloisa Degrazia; FORMOSO, Milton Luis Lanquítinie. Mercury contamination in Lavras do Sul, south Brazil: a legacy from past and recent gold mining. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v.307, p.125-140, 2003a.

PESTANA, Maria Heloisa Degrazia; FORMOSO, Milton Luis Lanquítinie. Temporal evaluation of Cu, Mn, Pb and Zn potential mobilities in stream sediments of a copper mining area in South Brazil. **Journal de Physique IV**, France, v.107, p.1049-1052, 2003b.

PESTANA, Maria Heloisa Degrazia; TERRA, Nara; FORMOSO, Milton Luis Lanquítinie. Impact of copper mining on stream sediments assessed by sequential extractions and toxicity tests. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE BIOGEOCHEMISTRY OF TRACE ELEMENTS, 6., 2001 Guelph, Canada. **Conference proceedings**. Guelph, Canada, 2001. v.1 p.66.

## Fepam - Uma breve incursão no tempo

Retrocedamos a 1972. O local é Estocolmo, onde acontece a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano. É lá, segundo relatos variados, que a delegação brasileira garante que o país “está aberto à poluição, porque o que se precisa é de dólares, desenvolvimento e emprego”<sup>1</sup>.

No mesmo ano, a Universidade Federal de Pernambuco inicia campanha pela reintrodução do pau-brasil, que era tido como extinto desde a década de 20. Em 1973, é criada, no Governo Federal, junto ao Ministério do Interior, a Secretaria Especial do Meio Ambiente.

No Rio Grande do Sul, a preocupação com a ecologia já era suficientemente intensa para gerar, ainda em 1971, a Associação Gaúcha de Proteção ao Ambiente Natural. É o ano em que José Lutzenberger, um dos fundadores da Agapan, deixa uma poderosa indústria química alemã “para denunciar o uso indiscriminado de agrotóxicos nas lavouras do Rio Grande do Sul, voltando-se definitivamente para o ambientalismo”<sup>2</sup>.

Antes ainda, até 1963, quando faleceu, Henrique Luís Roessler escrevera centenas de artigos no jornal *Correio do Povo* em que denunciava a prática das queimadas de campo, a pesca predatória com uso de explosivos, a caça indiscriminada das espécies selvagens... Junto com o Pe. Balduino Rambo, autor de “A fisionomia do Rio Grande do Sul” (1942)<sup>3</sup>, inscreve-se entre os pioneiros ambientalistas do Rio Grande do Sul.

É uma região que já havia sido trilhada e dissecada pelo naturalista Auguste de Saint-Hilaire, que aqui ingressou via Torres, em 05 de junho de 1820, saindo por Rio Grande em 16 de maio de 1821. Ele chegara ao Brasil em 1816 e, quando retornou para apresentar-se ante a Real Academia de Ciências, em Paris, somente em aves levava 2005 exemplares de 451 espécies.<sup>4</sup>

Fatos como os relatados até aqui constituem um singelo esforço para demonstrar a existência de uma consciência ambiental incrustada há muito tempo em parcela da sociedade gaúcha.

É ela que embasa, direta ou indiretamente, o surgimento, no Governo do Estado do Rio Grande do Sul, da Coordenadoria de Controle do Equilíbrio Ecológico (CCEE). Ela nasce em 1974, vinculada à Secretaria Estadual da Saúde. Em 1979, foi transformada em Departamento do Meio Ambiente (DMA) na então Secretaria Estadual da Saúde e do Meio Ambiente.

Em 1990, a 04 de junho, o Governo sancionou a Lei 9.077, criando a Fundação Estadual de Proteção Ambiental. Posteriormente, pela Lei 9.261/91, a Fundação recebeu Henrique Luís Roessler como Patrono.

Licenciar empreendimentos que possam alterar a qualidade ambiental do Rio Grande do Sul e fiscalizá-los é a função primordial da Fepam. A Fepam tem, ao final de outubro de 2006, 137 servidores de nível superior, 71 de nível médio, 80 estagiários e 18 bolsistas. Está vinculada à Secretaria Estadual do Meio Ambiente - SEMA, que também conta com a Fundação Zoobotânica - FZB, os Departamentos de Florestas e Áreas Protegidas - DEFAP, e de Recursos Hídricos - DRH, os Programas Pró-Guaíba e Pró-Mar-de-Dentro.

As fundações, os departamentos, os programas e a própria SEMA compõem o Sistema Estadual de Proteção Ambiental - SISEPRA, integrado, ainda, pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente - CONSEMA, Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CRH, Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas e Conferência Estadual do Meio Ambiente - CONFEMA.

1

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Educação. Departamento Pedagógico. Divisão de Ensino Fundamental. *Experiências em educação ambiental: pressupostos orientadores*. Porto Alegre, 1998, p. 12.

2

BOURSCHEIT, Alden. In *Sinfonia inacabada*. Eco 21, v.15, n° 107, out. 2005. p. 49.

3

A professora e mestre em História, Marlise Regina Meyrer, relata em artigo para o jornal *Diário de Canoas*, edição de 23/11/1999, que se trata de “um verdadeiro retrato físico do Estado. São 300 páginas de texto, mapas e 30 ilustrações paisagísticas, a partir de fotos tiradas por ele em viagens aéreas por todo território gaúcho”.

4

Relatos sobre a passagem de Saint-Hilaire pelo Rio Grande do Sul podem ser obtidos na edição comemorativa ao bicentenário de seu nascimento, editada em 1982 pela Associação Riograndense de Imprensa. Particularmente interessante é a descrição que faz do hábito de consumo de uma infusão com a planta *Ilex paraguariensis* - o chimarrão.

**Mário Villas-Bôas da Rocha**

Assessoria de Imprensa, FEPAM, e-mail: marioevr@fepam.rs.gov.br.

## Zoneamento Ecológico-Econômico e Planos Diretores: capacitação dos municípios do Litoral Norte para a gestão costeira

Luciana Petry Anele

Serviço da Região do Litoral, Departamento de Qualidade Ambiental, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler – FEPAM, Rua Carlos Chagas, 55, Porto Alegre, RS, Brasil. CEP 90.030-020, Tel/Fax: (51) 3212-4227, E-mail: luciana.anele@fepam.rs.gov.br

O Litoral Norte do Rio Grande do Sul é integrado por 19 municípios, com economia preponderantemente associada à atividade de veraneio, o que confere à região características de variação sazonal da população. É uma região de idade geológica recente, com características de fragilidade e raridade, mostrando uma seqüência de ambientes de especial valor paisagístico e produtividade biológica.

A FEPAM, Fundação Estadual de Proteção Ambiental, vem aplicando, no licenciamento ambiental, diretrizes de ocupação do solo do Zoneamento Ecológico-Econômico – ZEE, que é um conjunto de regras estruturado em zonas com padrões de paisagem semelhantes.

A implementação do ZEE somente será efetivada a partir da incorporação das diretrizes regionais no nível municipal pelas prefeituras e suas comunidades, considerando-se como principal instrumento os Planos Diretores de cada município.

Assim, a FEPAM tomou a iniciativa de propor um trabalho para apoiar as administrações públicas municipais na elaboração dos Planos Diretores, na forma de um curso de capacitação de técnicos municipais.

### Antecedentes do trabalho

Em 1997, foi iniciada uma discussão sobre o cenário futuro desejado pela sociedade do litoral norte, enfocando o ZEE, o enquadramento dos recursos hídricos e a formação do Comitê do Rio Tramandaí. Como resultado dessas discussões, foram publicadas as “Diretrizes Ambientais para o Desenvolvimento dos Municípios do Litoral Norte”.

Através do Programa Nacional do Meio Ambiente II - PNMA II, foi definido o Projeto “Fortalecimento do Gerenciamento Costeiro do Litoral Norte”, buscando completar o ciclo de aplicação dos instrumentos de gestão. Uma das atividades previstas foi a municipalização das diretrizes do ZEE, utilizando como principais veículos os Planos Diretores Municipais.

### Estratégia adotada

Para internalizar as diretrizes do ZEE, foi concebida uma atividade de capacitação de técnicos municipais, em curso teórico e prático, visando à elabora-

ção de Planos Diretores para o Litoral Norte. Partiu-se da premissa de que a implementação das diretrizes do ZEE somente seria possível através de ampla mobilização social e da cooperação entre governo estadual e governos municipais. Deste modo, o papel dos municípios, através de intervenções diretas ou através da mobilização de suas comunidades, seria fundamental.

O ZEE expressa as diretrizes regionais de uso dos recursos naturais e a aplicação dessas diretrizes, em nível municipal, deve passar por uma interpretação de caráter local. Assim, cada município, de posse das restrições e potencialidades estabelecidas por zona, identificou em seu território, em escala local, cada ocorrência para demarcá-la e determinar subzonas, as quais orientaram a indicação dos usos permitidos ou proibidos nos Planos Diretores Municipais. Estas diretrizes municipais refletiram o cenário que se esperava para a região, bem como o tipo de ocupação adequada para suas condições ambientais.

### **Estrutura do curso**

A estrutura foi baseada na experiência de trabalho da FEPAM, órgão ambiental com extensa atuação na área costeira, através dos arquitetos Ana Rosa Bered, Luciana Petry Anele e Manoel Eduardo de Miranda Marcos, e da Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional - METROPLAN, órgão estadual com larga experiência em planejamento territorial, através da participação da arquiteta Maria Elisabete Gomes Aguiar. Utilizou-se, também, o trabalho “Curso de Capacitação para Gestores Municipais - Elaboração de Planos Diretores para os Municípios do Litoral Norte do Rio Grande do Sul” (Flores, 2002), realizado com a supervisão de ambas as Fundações.

O curso foi estruturado em módulos temáticos, cada qual composto por unidades didáticas (disciplinas) e por exercícios locais. Nesses exercícios foram aplicados os conteúdos teóricos trabalhados sobre as realidades locais de cada município, numa carga horária total de 164 horas.

Ao final de cada etapa teórica, foram realizados seminários de integração para a troca de informações e a comparação do material produzido pelos participantes, servindo também como exercício para a realização de discussões dessas etapas com as respectivas comunidades.

Foram previstos, em cada etapa do curso, seminários locais sob a responsabilidade de cada participante, com o apoio da respectiva administração municipal e acompanhamento da coordenação e dos docentes, para manter a comunidade informada, buscando garantir a sua participação nos resultados dos trabalhos. Existiu, ainda, uma carga horária adicional para suprir necessidades de conhecimento setorial dos participantes, cursos paralelos sobre temas como, por exemplo, o Projeto Orla do Governo Federal.

O material produzido resultou numa proposta de Plano Diretor do município.

### **Considerações Finais**

O trabalho permitiu otimizar um processo de cooperação e integração interinstitucional entre o órgão ambiental estadual e o órgão estadual responsável

pelo planejamento territorial, favorecendo a troca de experiências técnicas e viabilizando uma metodologia que garante ações de planejamento fortemente embasadas nas condições de suporte do ambiente costeiro.

A capacitação em Planos Diretores reforçou o diagnóstico inicial de que esta seria uma significativa carência dos técnicos municipais. Foi aceita a inscrição de 20 municípios, inclusive três municípios localizados fora da área de abrangência inicialmente delimitada, com dois técnicos cada, num total de 48 alunos.

Como resultados finais do curso, consideram-se concluídas 10 propostas técnicas de Planos Diretores: Arroio do Sal, Capão da Canoa, Capivari do Sul, Caraá, Dom Pedro de Alcântara, Mampituba, Osório, Palmares do Sul, Torres e Xangri-Lá, incluindo-se o Plano Ambiental desses municípios. Osório, Palmares do Sul, Balneário Pinhal, Caraá e Capivari do Sul já foram aprovados pelas respectivas câmaras de vereadores. Os demais municípios encontram-se em fase final de elaboração, com assessoramento técnico da FEPAM e da METROPLAN.

Essa capacitação apresentou-se como uma alternativa eficiente para municipalizar as diretrizes regionais expressas no ZEE e consolidar o cenário ambiental delineado para o litoral norte do Rio Grande do Sul. O fortalecimento e a qualificação da atuação dos gestores locais possivelmente garantirá maior eficiência e continuidade do processo de planejamento municipal que está sendo estruturado.

A possibilidade dos técnicos municipais compartilharem seus problemas e propostas de soluções permitiu uma visão mais abrangente da região costeira, viabilizando alternativas integradas de planejamento e com maior garantia de continuidade do processo de desenvolvimento sustentável para o Litoral Norte do Rio Grande do Sul.

## Referências Bibliográficas

FLORES, L. C. V. **Curso de capacitação para gestores municipais**: elaboração de planos diretores para os municípios do litoral norte do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: FEPAM, GERCO, 2002. (Relatório).

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER. Programa de Gerenciamento Costeiro. **Diretrizes ambientais para o desenvolvimento do litoral norte**: zoneamento ecológico-econômico e proposta de enquadramento dos recursos hídricos. Porto Alegre: FEPAM, 2000. 95p. il. (Cadernos de planejamento e gestão ambiental, n.1).

# bibliografia comentada



## Gerenciamento Costeiro: uma proposta para o fortalecimento comunitário na gestão ambiental.

Apresenta uma proposta para o “fortalecimento comunitário” nos processos de gestão pública e tem como objeto o Plano Nacional de

Gerenciamento Costeiro II e a proteção ao meio ambiente natural que regulamenta. Identifica formas de interação entre gestor público e comunidade, bem como iniciativas de educação ambiental visando à compreensão dos mecanismos de uso e ocupação da zona litorânea.

► MARRONI, Etiene Villela; ASMUS, Milton I. **Gerenciamento costeiro**: uma proposta para o fortalecimento comunitário na gestão ambiental. Pelotas: USEB, 2005. 149p. il.



## Civilização Animal: a etologia numa perspectiva evolutiva e antropológica.

Apresenta, de forma resumida, o estudo da evolução das espécies, principalmente as que deram origem ao homem atual, e as mais recentes técnicas genéticas para a determinação

do patrimônio genético (ADN) dos seres vivos. O homem, habituado a metrópoles, afastou-se da natureza, deteriorando-a, passando a considerar-se superior ao reino animal. Aborda a história da psicologia e do comportamento animal, bem como apresenta perspectivas futuras.

► ARAGÃO, Maria José. **Civilização animal**: a etologia numa perspectiva evolutiva e antropológica. Pelotas: USEB, 2006. 205p. il.



## Engenharia ambiental subterrânea e aplicações.

Aborda a engenharia ambiental, enquadrada no conceito do ambiente subterrâneo como sistema dinâmico de interação mútua entre atmosfera subterrânea, água subterrânea, rocha e componente biológico (homem), aos

quais associa a tecnologia, a economia e sistemas de gestão ambiental subterrâneo. Divide-se em cinco partes: importância da engenharia ambiental, metodologia para identificação das fontes e impactos ambientais, aspectos do custo e da proteção ambiental, e por último, na aplicação da metodologia a projetos novos e a sistemas de gestão do meio ambiente, saúde e segurança.

► TORRES, Vidal Felix Navarro; GAMA, Carlos Dinis da.

**Engenharia ambiental subterrânea e aplicações**. Rio de Janeiro: CETEM, CYTED, 2005. 549p. il.



## A história do peixe dourado.

Nesta obra, o autor Arno Leandro Kayser, Engenheiro Agrônomo e Técnico da FEPAM, apresenta a história do peixe dourado numa perspectiva ambiental,

promovendo a educação, na medida em que utiliza fatos presentes em nossa realidade (Bacia do Rio dos Sinos, RS). Este livro, direcionado ao público infantil, pode ser aproveitado por educadores para o desenvolvimento da consciência ambiental.

► KAYSER, Arno. **A história do peixe dourado**. São Leopoldo: Oikos, 2006. 28p. il.

## Dois novos lançamentos da Coleção Referências – FEPAM: Manual Técnico do Licenciamento Ambiental com EIA-RIMA e O Licenciamento Ambiental no Estado do Rio Grande do Sul



### Manual técnico do licenciamento ambiental com EIA-RIMA

Este manual visa orientar a equipe da FEPAM e de demais órgãos ambientais

encarregados do licenciamento ambiental através da análise de EIA-RIMA, descrevendo e ilustrando os procedimentos a serem adotados em todas as fases desse processo, respondendo à necessidade de padronização de procedimentos para conferir agilidade e objetividade ao licenciamento.

► MOURA, Mauro Gomes de. **Manual técnico do licenciamento ambiental com EIA-RIMA**. Porto Alegre: FEPAM, 2006. 64p. (Coleção Referências; v.2)



### O licenciamento ambiental no Estado do Rio Grande do Sul: conceitos jurídicos e documentos associados

Esta segunda edição atualizada objetiva contribuir para a consolidação da função do licenciamento na preservação e melhoria da qualidade ambiental, divulgando conceitos da legislação, esclarecendo procedimentos de controle ambiental usados no Rio Grande do Sul, orientando e apoiando a elaboração de documentos associados às várias fases do licenciamento ambiental.

► FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER. **O licenciamento ambiental no Estado do Rio Grande do Sul**: conceitos jurídicos e documentos associados. 2. ed. Porto Alegre: FEPAM, 2006. 75p. (Coleção Referências, v.1)



## Vistorias ambientais I - Os quelônios do rio

O dia era quente. O sol a pino! A equipe de monitoramento vinha descendo o rio com seu barco de alumínio e motor de popa. Era o terceiro dia de jornada. Vinham, desde a nascente, colhendo amostras de água para análise de sua qualidade. A coleta era feita, mensalmente, em pontos predeterminados tecnicamente. Com o passar dos tempos, vinha se construindo uma radiografia da situação do rio. O trecho percorrido ainda apresentava muita vida selvagem. De um lado havia o parque zoológico. De outro lado os fundos dos banhados da foz do arroio Portão.

O rio estava um pouco baixo e nas barrancas se podia ver todo um emaranhado de galhos e raízes. Uma mistura de árvores mortas e vivas se entremeando e formatando uma verdadeira teia de proteção das margens. Um ambiente rico que atrai muitos animais.

Sob esta trama um espetáculo impressionante. Milhares de tartarugas tomavam banho de sol. Imóveis, elas expunham seus longos pescoços para se beneficiar do calor do dia. Tão quietas que pareciam mortas.

Mas esta imobilidade escondia uma atenção profunda aperfeiçoada, nalguns casos, por décadas de vida em meio aos perigos da selva. À medida que a marola do barco as atingia, elas saltavam com agilidade impressionante para animais com fama de lerdosa.

Seres que podiam estar ali há muito tempo. Testemunhas de gerações de barqueiros subindo e descendo o rio. Se for verdade que elas podem viver por séculos, é possível que algumas delas tenham visto a passagem dos primeiros colonos subindo o rio. O início do processo de transformação ambiental da região, que era objeto das pesquisas da expedição.

Caso isto seja verdade, é possível que elas devam ter estranhado muito aquele movimento novo no rio. Curtidas por anos de instinto de auto-preservação, devem ter desconfiado que aqueles barcos estavam trazendo um bocado de problemas para suas vidas.

### Arno Leandro Kayser

Serviço de Licenciamento de Criações, Divisão  
Agrossilvipastoril – DASP, FEPAM, e-mail: arnolk@fepam.rs.gov.br.

### Norma disciplina autos de infração Portaria FEPAM Nº83/2006, de 28/09/06

Esta nova Portaria disciplina a especificação das sanções aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e seu procedimento administrativo no âmbito da FEPAM. Trata-se de norma inédita no Brasil que vem preencher lacuna sobre um tema de tremenda importância e há muito necessitando de definições. O texto integral da Portaria Nº83/2006 e de seu anexo poderá ser lido a partir de um *link* na página principal do endereço eletrônico <http://www.fepam.rs.gov.br>.

### Nova norma disciplinando o licenciamento de empreendimentos localizados nas bacias dos Rios dos Sinos e Gravataí/RS Portaria FEPAM Nº95/2006, de 09/11/06

Em resposta à situação emergencial provocada pelos recentes episódios de criticidade da qualidade das águas de bacias hidrográficas, a nova portaria dispõe sobre o licenciamento ambiental prévio de novos empreendimentos ou a ampliação daqueles já existentes nas Bacias Hidrográficas dos Rios dos Sinos e Gravataí. O texto integral da Portaria poderá ser lido a partir de *link* na página principal do endereço eletrônico <http://www.fepam.rs.gov.br>.

## Normas para apresentação de trabalhos

### Informações gerais

A revista recebe contribuições de textos dentro das seguintes categorias de seções: **Artigo Técnico, Artigo de Revisão, Comunicação Técnica, Relato de Experiências, Relato de Eventos, Bibliografia Comentada, Notícias Gerais, Legislação Ambiental, Tradução de Trabalho, Destaque Fotográfico, Almanaque Ambiental e Conversa com o Leitor.** A elaboração das demais seções estará a cargo da Comissão Editorial. O conteúdo e as opiniões apresentadas nos trabalhos publicados não são de responsabilidade desta revista e não representam, necessariamente, as opiniões da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler - FEPAM, sendo o autor do artigo responsável pelo conteúdo técnico-científico do mesmo.

### 1 Normas de apresentação para todas as categorias:

- 1.1- O estilo de redação deverá ser claro e coerente na exposição das idéias, observando-se o uso adequado da linguagem. Sugere-se ao autor que o trabalho passe por uma revisão gramatical antes de seu encaminhamento à Comissão Editorial da Revista.
- 1.2- Os trabalhos deverão ser digitados com o editor de texto Microsoft Word versão 6.0 ou superior.
- 1.3- Em folha anexa ao corpo do texto, deverá(ão) constar o(s) nome(s) completo(s) do(s) autor(es) (ou, se necessário, a forma preferencial de sua citação), seguido(s) do nome e local da instituição a qual está(ão) vinculado(s).
- 1.4- No caso de trabalho elaborado por vários autores, designar o autor para envio de correspondência, com endereço postal completo, telefone, fax e e-mail.
- 1.5- Os títulos e subtítulos deverão estar em negrito e ter apenas a primeira letra da primeira palavra em maiúscula.
- 1.6- O texto deverá ser escrito em português, utilizado-se o tipo Times New Roman, com tamanho de fonte 12, espaço 1,5 entre linhas e parágrafos, alinhamento justificado, papel A4, páginas não numeradas, margens superior e inferior com 2,5 cm e margens esquerda e direita com 3,0 cm.
- 1.7- Palavras estrangeiras deverão ser citadas em itálico. Nomes científicos de espécies e substâncias químicas, bem como unidades de pesos e medidas, deverão obedecer as regras e padrões internacionais.
- 1.8- As referências bibliográficas deverão estar de acordo com a NBR-6023 da ABNT, disponível na Biblioteca da FEPAM.
- 1.9- Os trabalhos deverão ser encaminhados em 02 (duas) vias impressas em papel não timbrado e em meio digital, isto é, por e-mail, disquete ou CD-ROM, para o endereço abaixo:

Comissão Editorial - FEPAM - Rua Carlos Chagas, 55, sala 801  
CEP 90030-020 - Porto Alegre - RS  
e-mail: [comissaoeditorial@fepam.rs.gov.br](mailto:comissaoeditorial@fepam.rs.gov.br)

### 2 Normas para Artigo Técnico, Revisão de Literatura, Comunicação Técnica e Tradução de Trabalho:

A seleção dos trabalhos incluídos nas categorias acima será realizada pelos membros da Comissão Editorial que decidirão sobre sua aceitação ou recusa, sem conhecimento de sua autoria (blind review). Tal prática assegura isenção, agilidade e objetividade do processo de seleção dos trabalhos.

2.1- Extensão dos textos: Artigos Técnicos e de Revisão de Literatura deverão ter no mínimo 05 laudas e no máximo 12 laudas (tamanho A4). Comunicações Técnicas deverão ter no máximo 06 laudas e Traduções de Trabalho no máximo 10 laudas.

2.2- Título do artigo: em português e em inglês, deverá ser conciso, claro e expressar o conteúdo geral do artigo.

2.3- Resumo e *Abstract*: cada artigo deverá ser acompanhado de resumo em português e *abstract* em inglês, com extensão máxima de 200 palavras cada.

2.4- Palavras-chave: deverão ser fornecidas de três a cinco palavras-chave ou termos-chave em português e em inglês (*keywords*), visando à confecção de instrumentos de busca. A Comissão Editorial poderá, a seu critério, substituir ou acrescentar palavras-chave, as quais entenda pertinentes ao conteúdo apresentado e possam melhor auxiliar na indexação e recuperação dos trabalhos.

2.5- A inclusão de ilustrações, gráficos, desenhos, quadros, tabelas, fotografias, etc. deverá se restringir ao necessário para o entendimento do texto. Esses elementos deverão estar localizados o mais próximo possível do trecho onde são mencionados e estar acompanhados de suas respectivas legendas ou títulos. Fotografias e demais imagens digitalizadas deverão preferencialmente estar em formato jpeg ou bmp ou tif, podendo ser apresentadas em arquivos separados, com a indicação de sua localização no trabalho. A dimensão máxima deverá ser de 14 x 23 cm.

2.6- Citações de até 03 (três) linhas deverão ser incluídas no texto entre aspas duplas. Citações com mais de 03 linhas deverão ser recuadas 04 cm a partir da margem, com recuo tamanho de fonte 10, espaçamento simples.

2.7- Corpo do texto: deverá ter uma estrutura lógica e seqüencial de apresentação, sendo subdividido em subtítulos indicativos dos tópicos abordados. Dependendo do tipo de trabalho a ser relatado, isto é, experimental ou teórico, esse poderá ter uma das seguintes estruturas, respectivamente: (a) Introdução, Material e Métodos (ou Metodologia), Resultados, Discussão, Conclusões, Agradecimentos e Referências Bibliográficas; (b) Introdução, Considerações Teóricas, Conclusões e Referências Bibliográficas.

### 3 Normas para as demais seções:

3.1- Conversa com o Leitor: o texto poderá ser livre, não excedendo 300 palavras. O nome, a instituição e o e-mail do remetente deverão ser citados no final do texto. A Comissão Editorial reserva-se o direito de fazer adequações à gramática do texto, se necessário.

3.2- Bibliografia Comentada: o texto de cerca de 600 palavras deverá conter a referência completa da obra comentada, inclusive o ISBN ou ISSN e, se for o caso, o preço. O nome, a instituição e o e-mail do colaborador deverão ser citados no final do texto.

3.3- Relato de Experiências e Relato de Evento: texto livre de cerca de até 1.500 palavras (03 laudas em formato A4), podendo ter ilustrações, citações e referências bibliográficas.

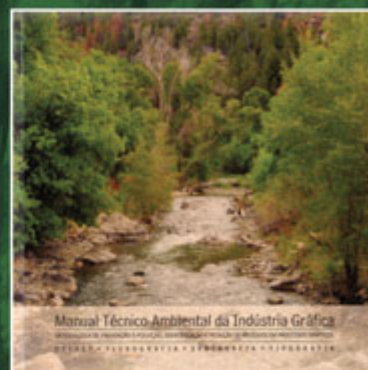
3.4- Legislação Ambiental: texto livre de cerca de até 1.500 palavras (03 laudas A4) com a identificação da lei, decreto, resolução, portaria, etc. incluso no título. O corpo do texto deverá apresentar o comentário/explicação/análise e a referência completa do instrumento legal, isto é, seu número, data de publicação e local de acesso ao mesmo.

3.5- Almanaque Ambiental: poesias e acrósticos poderão ter, no máximo, 25 linhas; ilustrações e desenhos deverão ser entregues conforme 2.5; relatos de fatos curiosos relacionados às atividades de trabalho na FEPAM terão, no máximo, 600 palavras. Não serão aceitos trabalhos em que apareçam nomes de empresas ou pessoas, exceto a identificação do(a) autor(a).

**Dúvidas sobre a adequação dos textos às normas da Revista serão dirimidas pela Comissão Editorial. As normas da Revista estão sujeitas a alterações. Solicita-se aos autores que se mantenham atualizados acessando periodicamente o espaço da Revista em <http://www.fepam.rs.gov.br>.**

# Conscientização é fundamental

## A indústria gráfica já sabe disso



Manter os empresários gráficos informados sobre a necessidade de redução de resíduos, incentivando boas práticas ambientais: essa é uma missão constante do Sindigraf-RS. Para isso, a entidade disponibiliza agora às suas empresas associadas o Manual Técnico-Ambiental da Indústria Gráfica.

Formulada em parceria com a Fepam e entidades do Paraná e de São Paulo, a publicação é resultado de seis anos de pesquisa e metucioso trabalho de campo. Em 108 páginas, o Manual orienta as empresas do setor para que possam fazer a destinação correta de seus resíduos. Separado em áreas de atuação, ele traz informações precisas sobre os processos e avalia os impactos no meio ambiente, apresentando alternativas como a substituição de produtos poluentes.

A publicação é mais uma iniciativa do Sindigraf-RS para reforçar o trabalho de conscientização junto às empresas gráficas. Parcerias com fornecedores de toda a cadeia produtiva do setor também já foram estabelecidas, para diminuir ainda mais os níveis de poluição ambiental. Palestras e consultorias, realizadas em convênio com o Sebrae-RS, auxiliam as empresas gráficas a ficarem por dentro das mais modernas técnicas de gestão responsável.

Por meio dessas atividades, o Sindicato colabora com a eliminação de resíduos poluidores, promovendo a conscientização e viabilizando melhorias no ambiente em que estamos todos inseridos. A indústria gráfica gaúcha está atenta à sua responsabilidade com a sociedade e preparada para fazer a sua parte.



- Artigos** 04 Atividade mutagênica como parâmetro para avaliar a qualidade em bacias hidrográficas
- 12 Presença de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), nas bacias hidrográficas do Rio Uruguai e Lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil
- Comunicações Técnicas** 20 Programa interlaboratorial de cromatografia iônica em amostras aquosas ambientais com avaliação estatística pelo método gráfico de Youden
- 23 População sob risco de exposição a solo contaminado: uma priorização aplicada a áreas de mineração de minerais metálicos no Escudo Sul-rio-grandense
- Reportagem** 28 Fepam – uma breve incursão no tempo
- Relato de Experiência** 29 Zoneamento ecológico-econômico e planos diretores: capacitação dos municípios do Litoral Norte para a gestão costeira
- Bibliografia Comentada** 32
- Almanaque** 33
- Legislação** 33