

ISSN 1980-797X,  
ISSN 1982-2162 online

# fepam em revista



Revista da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler

volume 6 • número 2 • julho a dezembro de 2012

# fepam em revista

**FEPAM em Revista v. 6, n. 2, jul./dez. 2012**

Publicação periódica de divulgação técnico-científica da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler – FEPAM, órgão da Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul.

## 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 e organizada inteiramente pela **Comissão Editorial** da FEPAM. Os artigos assinados são de responsabilidade de seus autores.

## Comissão Editorial

**Coordenadora** Maria Lucia Kolowski Rodrigues • **Secretária** Sílvia Maria Jungblut  
Kátia Helena Lipp Nissinen, Carmem Lúcia Vicente Níquel,  
Ana Lúcia Mastrascusa Rodrigues, Nina Rosa Rodrigues, Enilson Silva Gonçalves,  
Janine Ferreira Haase, Cíntia Jardim

## Colaboradores desta edição

Carlos Alberto Bissani (UFRGS), Lilian Waquil Ferraro (FEPAM),  
Michel Navarro Benatti (Instituto de Botânica/SMA-SP), Natália Mossmann Koch (PPG/Ecologia - UFRGS),  
Rosaura Heurich (FEPAM)

## Diagramação

Área Com Publicidade - Rubens Santos da Cunha

## Projeto Gráfico

Letraria

## Endereço Eletrônico

<http://www.fepam.rs.gov.br/fepamemrevista/default.asp>

## Endereço Para Correspondência

FEPAM em Revista - Coordenação da Comissão Editorial  
Rua Carlos Chagas, 55, Térreo, Biblioteca - CEP 90030-020 - Porto Alegre - RS - Brasil  
*e-mail*: [comissaoeditorial@fepam.rs.gov.br](mailto:comissaoeditorial@fepam.rs.gov.br) - Fone: (51) 3288-9477

## Capa

Primavera na praia da Guarita, Torres, RS. Foto: Kátia Lipp-Nissinen

## Publicação indexada internacionalmente por CAB ABSTRACTS.

Classificação no Sistema Qualis de Periódicos CAPES: B5 em Biodiversidade, C em Ciências Agrárias I, C em Engenharias I, C em Geociências.

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 / ISSN 1982-2162 online

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 10/644

**E**m consonância com sua trajetória e missão, a FEPAM tem por competência legal fiscalizar, licenciar, desenvolver estudos e pesquisas e executar programas e projetos, visando à proteção e preservação do meio ambiente no estado no Rio Grande do Sul. Dentre essas atividades incluem-se os trabalhos desenvolvidos pelo Programa de Pesquisas Ambientais (PPA), o qual, através de seus vários projetos, vem contribuindo para um maior embasamento à tomada de decisões no processo de gestão ambiental do Estado. O PPA também exerce um papel fundamental e amplamente reconhecido na formação acadêmica de estudantes e de jovens profissionais nas áreas de pesquisa ambiental. Nesse contexto, este número de FEPAM em REVISTA destaca o Relato de Experiência sobre o histórico e as atividades do PPA, aproveitando para saudar seus 20 anos de existência completados em 2012.

Esta edição apresenta também dois Artigos originais sobre temas que buscam contribuir para a melhoria da qualidade ambiental e, conseqüentemente, de nossa qualidade de vida. Um deles traz o mapeamento de comunidades de líquens em Porto Alegre e avalia a influência de

determinados poluentes atmosféricos nas estruturas morfofisiológicas de duas espécies desse importante grupo de indicadores biológicos, bem como na atividade mutagênica e citotóxica do material particulado aéreo estudado. O outro Artigo apresenta a sistematização e a análise de questionamentos recebidos ao longo de seis anos pelo Programa de Assessoramento Municipal da FEPAM, com referência ao licenciamento ambiental em municípios, buscando apontar direções para a capacitação e para a melhor estruturação dos órgãos locais de meio ambiente. Além disso, a seção Revisão de Literatura aborda o uso dos solos para disposição e aplicação agrícola de resíduos, focalizando propriedades destes solos e características do terreno que devem ser ponderadas durante a avaliação de aptidão do meio receptor.

Ao lançar mais essa edição de FEPAM em Revista, desejamos a todos uma boa leitura e aguardamos futuras contribuições durante o ano de 2013 que em breve inicia.

**A Comissão Editorial**

## Biomonitoramento da qualidade do ar com uso de líquens na cidade de Porto Alegre, RS, Brasil

Márcia Isabel Käffer<sup>1,2</sup>, Suzana Maria de Azevedo Martins<sup>2</sup>,  
Vera Maria Ferrão Vargas<sup>1,3</sup>

### Resumo

Líquens são considerados indicadores biológicos e, assim como os biomarcadores de genotoxicidade, são amplamente empregados para avaliar a qualidade atmosférica. Este estudo teve por objetivos analisar a comunidade líquênica na cidade de Porto Alegre, RS, através do mapeamento dos líquens, comparando a influência de determinados poluentes atmosféricos nas estruturas morfofisiológicas de duas espécies e na atividade mutagênica e citotóxica do material particulado (MP<sub>10</sub>) do ar. A comunidade líquênica foi analisada, a fim de verificar alterações na sua estrutura e danos morfofisiológicos em duas espécies pela ação de determinados poluentes. Foram analisadas 30 estações amostrais, sendo uma de referência. Foram empregados os métodos passivo e ativo para analisar a comunidade líquênica e ensaio *Salmonella*/microsoma para avaliar a mutagenicidade e citotoxicidade dos extratos orgânicos do MP<sub>10</sub>. Foram constatados 144 táxons líquênicos, e alterações na estrutura da comunidade de líquens. Concentrações de poluentes e danos morfofisiológicos foram constatados nas espécies expostas. Mutagênese foi verificada nos primeiros meses de exposição dos líquens. Na avaliação geral da comunidade líquênica, constatou-se que fatores como tráfego veicular, variáveis climáticas e topografia das estações amostradas podem ter contribuído para os resultados encontrados. O emprego dos líquens como indicadores em ambientes urbanos é recomendado, podendo servir como ferramenta para programas de monitoramento.

**Palavras-chave:** Fator de Classificação Ambiental, fungos liquenizados, monitoramento passivo, poluição atmosférica, ensaio *Salmonella*/microsoma, MP<sub>10</sub>.

**Air quality biomonitoring using lichen in the city of Porto Alegre, RS, Brazil**

### Abstract

Lichens are considered as biological indicators and such as the genotoxicity biomarkers are widely used to evaluate air quality in urban areas. The present study aims to analyze the lichen community in Porto Alegre, RS, by mapping lichenized mycota comparing the influence

<sup>1</sup> Programa de Pós Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>2</sup> Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>3</sup> Programa de Pesquisas Ambientais, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler (FEPAM), Porto Alegre, RS, Brasil.

Autor correspondente: V.M.F. Vargas, Programa de Pesquisas Ambientais, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler (FEPAM), Avenida Salvador França, 1707, CEP 90690-000 Porto Alegre, RS, Brasil. Tel.: +55 51 33346765. E-mail: vera.vargas@pesquisador.cnpq.br, ecorisco@fepam.rs.gov.br

of certain atmospheric pollutants on the morphophysiological structures of two lichen species and the mutagenic and cytotoxicity activity in atmospheric particulate matter (PM<sub>10</sub>). Lichen community was analyzed in order to verify structural changes, in addition to morphophysiological damages in two species, caused by the action of specific pollutants. Thirty sample stations were analyzed and a reference area. The passive and active method were used to analyze lichen community and *Salmonella*/microsome assay was used to evaluate mutagenicity and cytotoxicity of PM<sub>10</sub> organic extracts. One hundred and forty-four lichen taxa were registered and changes in structure of the lichen community were verified. Pollutant concentrations were observed in exposed species, in addition to morphophysiological damages. Mutagenic activity was also verified in the first months of lichen exposure. From a general evaluation of urban lichen community we verified that traffic flow, climate variables and topography of sampled stations may have contributed to the obtained results. The use of lichens as indicators of changes in urban environments is recommended and may be a tool for monitoring programs.

**Keywords:** Air pollution, Environmental Classification Factor, lichenized fungi, passive monitoring, *Salmonella*/microsome assay, PM<sub>10</sub>.

## Introdução

O emprego de bioindicadores como método de detecção de alterações ambientais é uma ferramenta eficaz e relativamente rápida, apresenta menores custos, e pode fornecer informações importantes (Oliveira & Kummrow, 2008).

Os líquens são amplamente utilizados como indicadores da qualidade do ar (Hawksworth *et al.*, 2005), sendo capazes de reagir aos efeitos das emissões aéreas. São organismos simbiotes constituídos pela associação de um fungo (micobionte) e uma alga (fotobionte), resultando num talo (Hawksworth & Hill, 1984), sendo reconhecidos como bioindicadores da qualidade do ar e empregados em programas de biomonitoramento (McCarthy *et al.*, 2009). São recomendados como bioindicadores em protocolos governamentais de diversos países (McCune, 2000), seja para avaliar determinadas espécies em relação aos poluentes (Daillant *et al.*, 2009) ou para verificar alterações na estrutura da microbiota liquenizada em função de contaminantes atmosféricos (Calvelo *et al.*, 2009).

A comunidade líquênica pode ser avaliada através de informações qualitativas obtidas por meio de listas de espécies e mapas de distribuição da comunidade, ou de métodos quantitativos, utilizando cálculos de diferentes índices para estimar a qualidade do ar. Entre estes, o Índice de Pureza Atmosférica (IPA) desenvolvido por Le Blanc & De Sloover (1970), que é baseado na sensibilidade dos líquens. Diferentes versões têm sido propostas para este índice (Asta & Rolley, 1999). Segundo Hawksworth & Rose (1976), entre os métodos numéricos este tem sido o mais utilizado, e seus resultados são os que revelam maior correlação entre a poluição, a urbanização e a industrialização. Porém, no IPA são considerados apenas os parâmetros de riqueza, cobertura e diversidade das espécies líquênicas, não havendo diferenciação na estrutura da comunidade em termos de composição de espécies. Neste caso, a presença de diferentes grupos morfológicos (crostosos, foliosos e fruticosos) tem papel importante na avaliação de áreas urbano-industriais, uma vez que são caracterizados de acordo com a sensibilidade aos poluentes. Desta forma, a inclusão deste parâmetro poderia ser associada ao IPA como um fator de correção, considerando o percentual de cobertura dos grupos morfológicos.

Dentre os efeitos que os poluentes podem ocasionar nos líquens, estão: inibição de crescimento e desenvolvimento do talo, alterações nos processos metabólicos e mudanças anatômicas e morfofisiológicas (Schlensog & Schroeter, 2001). A urbanização, direção dos ventos, alterações climáticas, altas temperaturas e redução da umidade dentro das cidades (Saipunkaew *et al.*, 2007), tipo de substrato (Schmidt *et al.*, 2001), composição de macro e micro nutrientes da casca das forófitas (Hawksworth, 1975), luminosidade (Martinez *et al.*, 2006) e acidez ou alcalinidade da casca das forófitas (Brodo, 1973) podem alterar a comunidade líquênica.

O biomonitoramento pode também ser realizado empregando bioensaios, que representam uma ferramenta importante na avaliação do risco dos poluentes para o ambiente. Os biomarcadores são definidos como uma resposta biológica a um ou vários compostos químicos que fornecem informações sobre exposição e efeitos tóxicos aos organismos (Guaratini *et al.*, 2008). Entre estes, o ensaio *Salmonella*/microsoma tem sido empregado como biomarcador precoce para a presença de substâncias carcinogênicas e genotóxicas, também em ambientes urbanos (Vargas, 2003).

No Brasil, o emprego de líquens como bioindicadores da qualidade do ar restringe-se aos estudos de determinadas espécies líquênicas para detectar a presença de contaminantes atmosféricos (Fuga *et al.*, 2008). Para os estudos com o ensaio *Salmonella*/microsoma, são relatados os efeitos tóxicos, genotóxicos e a potencialidade carcinogênica de alguns poluentes, especialmente de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) e seus nitroderivados (Pereira *et al.*, 2010). Quanto aos estudos que relacionam a estrutura da comunidade líquênica a fatores ambientais, estes estão restritos a regiões não urbanizadas (Cáceres *et al.*, 2008; Käffer *et al.*, 2009; Martins & Marcelli, 2011). Em termos de análise da microbiota liquenizada, para a região metropolitana de Porto Alegre existe somente a contribuição de Martins *et al.* (2008). Atualmente, estudos realizados por Käffer *et al.* (2011a,b; 2012) avaliaram a comunidade líquênica urbana em relação a fatores ambientais, entre estes, a poluição atmosférica, empregando também, biomarcadores como o ensaio *Salmonella*/microsoma. O presente trabalho teve por objetivos apresentar os principais resultados provenientes de um estudo mais abrangente, através da avaliação da comunidade líquênica na cidade de Porto Alegre, através do mapeamento dos líquens e comparação da influência de determinados poluentes nas estruturas morfofisiológicas de algumas espécies líquênicas e na atividade mutagênica e citotóxica do material particulado atmosférico.

## Metodologia

O estudo foi realizado na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, localizada entre as coordenadas 30°01'S e 51°13'W, no período de julho de 2007 a junho de 2008, em 30 estações de coleta, sendo 29 delas distribuídas em 33 bairros da cidade, além de uma área referência situada no município de Viamão (Käffer *et al.* 2011a).

## Monitoramento passivo

Para o mapeamento dos líquens, em cada estação foram analisados 10 forófitos de troncos eretos, sem ramificações abaixo de 150 cm e com diâmetro à altura do peito (DAP) acima de 20 cm, totalizando 300 indivíduos. Em cada uma, os líquens foram demarcados a partir de 50 cm acima do solo até 150 cm de altura através do método do elástico (Marcelli, 1992). Espécies não

identificadas em campo foram coletadas e confirmadas em laboratório. As forófitas foram identificadas ao nível de espécie e caracterizadas pela estrutura da casca, além de verificados o DAP e pH da superfície das mesmas.

Na análise foram verificados dados de riqueza, cobertura, diversidade e valor de importância (VI) de cada espécie (Käffer *et al.*, 2011b). Para cada área amostrada foi empregado o IPA (Le Blanc & De Sloover, 1970) complementado com o Fator de Classificação Ambiental (FCA) (Käffer *et al.* 2011a). Este índice possibilita estabelecer relações entre associações dos líquens e a situação ambiental. As estações foram estabelecidas em cinco zonas, de acordo com os valores de IPA complementados pelo FCA: zona I – deserto de líquens (1 a 5,5), zona II – pobre em líquens (5,6 a 15,5), zona III – transição (15,6 a 35,5), zona IV – normal (35,6 a 75,5) e zona V – ótima (acima de 75,6).

### Monitoramento ativo



▲ Figura 1. Mesa com as espécies líquênicas expostas (A) numa das estações amostradas: *Parmotrema tinctorum* (B) e *Teloschistes exilis* (C).



Para o monitoramento ativo foram empregadas duas espécies líquênicas: *Parmotrema tinctorum* (Nyl.) Hale e *Teloschistes exilis* (Michx.) Vainio, coletadas em áreas afastadas de regiões urbano-industriais. Estas foram expostas (Figura 1) em três estações da cidade, durante sete meses (Käffer *et al.*, 2012). Foram analisadas as concentrações dos seguintes poluentes: enxofre (S), metais pesados - chumbo (Pb), cádmio (Cd), zinco (Zn), cromo (Cr) e mercúrio (Hg), além do perfil de alguns HPAs. Foram verificadas análises de danos morfofisiológicos antes e durante a exposição, como: concentração de carbono orgânico, percentual de células vivas, mortas e plasmolisadas, clorofila e danos aparentes, tais como cloroses e necroses. As amostras de material particulado do ar foram coletadas simultaneamente à exposição dos líquens em duas estações através de amostradores de grande volume de ar.

A extração dos compostos orgânicos ocorreu através da técnica de ultra-som com solvente diclorometano (Vargas *et al.*, 1998). A mutagênese dos extratos foi determinada pelo ensaio *Salmonella*/microsoma, método de microsuspensão (Kado *et al.*, 1983), empregando as linhagens TA98 ( $\pm$ S9 mix), YG1021 e YG1024. A citotoxicidade foi testada na linhagem TA98 através do crescimento bacteriano.

### Variáveis ambientais

Durante o período de amostragem dos líquens foram obtidas as medições diárias de Material Particulado (MP<sub>10</sub>) e Ozônio (O<sub>3</sub>) e de dados climáticos: temperatura (°C), umidade relativa do ar (%), precipitação (mm) e informações sobre fluxo de veículos.

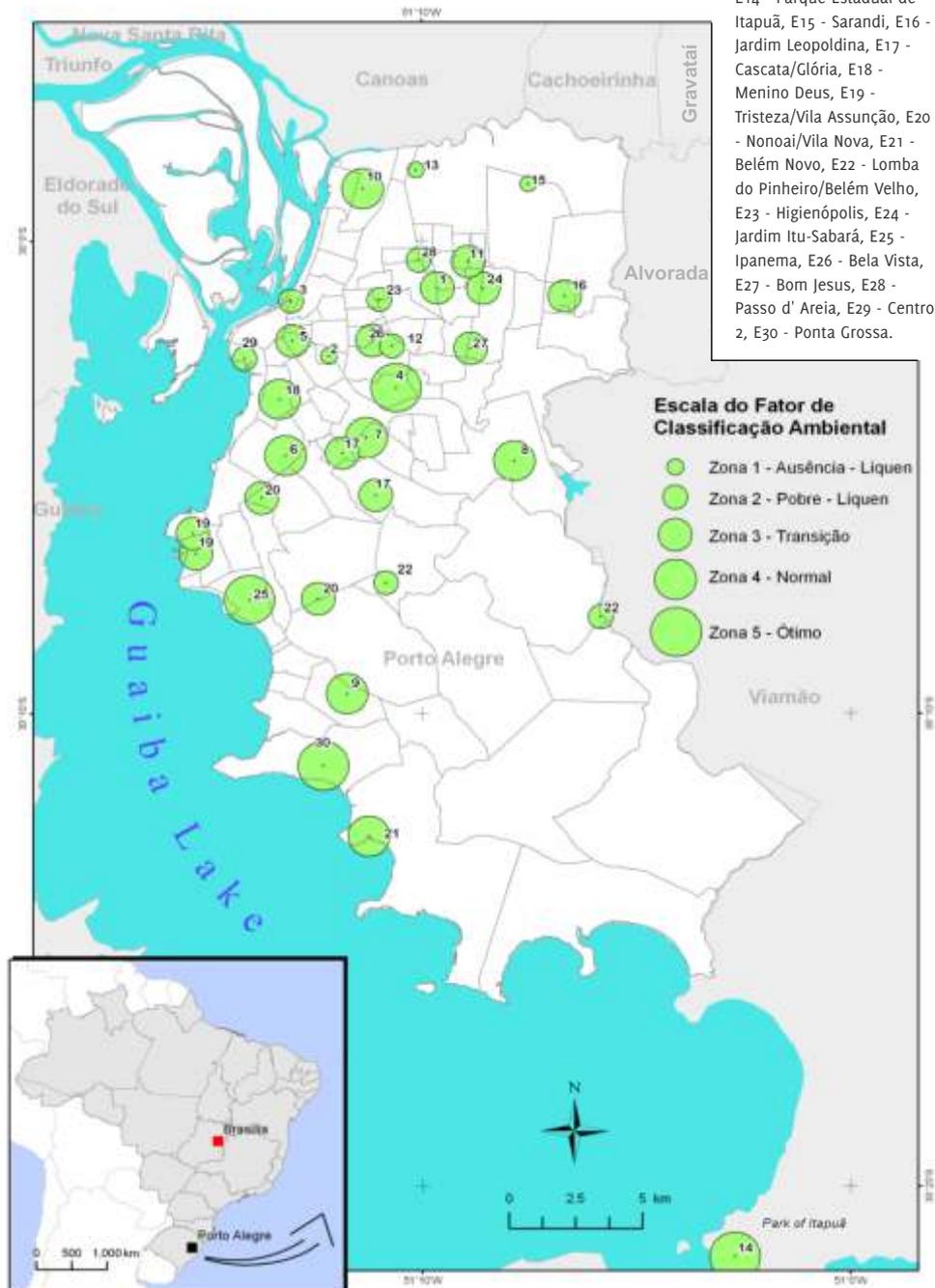
## Resultados e discussão

### Monitoramento passivo

Foram identificados 144 táxons distribuídos em 53 gêneros de 24 famílias, e duas espécies pertencentes ao grupo dos fungos liquenizados imperfeitos. Do total de táxons registrados, oito são novos para a ciência, uma citação nova para o continente americano, três registros novos para o Brasil e 32 para o Rio Grande do Sul. A grande diversidade de espécies registradas indica adaptabilidade às condições ambientais urbanas como ação de poluentes atmosféricos, luminosidade, umidade e tipo de forófito.

Foram constatadas diferenças na estrutura da comunidade liquênica quanto a composição, riqueza, diversidade e cobertura dos táxons entre as áreas. Do total de espécies, 10 foram consideradas indicadoras de áreas urbanas, sendo que duas destas [*Canoparmelia texana* (Tuck.) Elix & Hale e *Dirinaria picta* (Sw.) Schaer. ex Clem.] apresentaram o maior VI (Käffer *et al.*, 2011a, b), estando este relacionado aos valores de riqueza e cobertura, mostrando, que os aspectos ecológicos e reprodutivos destes táxons são determinantes na estrutura da comunidade. Por serem do grupo morfológico folioso e apresentarem talos maiores, ambas preenchem o espaço anteriormente ocupado por táxons menos resistentes às adversidades ambientais ocasionadas pela poluição atmosférica, o que lhes confere sua capacidade de competidoras por espaço.

▼ Figura 2. Mapa de Porto Alegre, RS, Brasil com representação das áreas amostradas de acordo com a escala do Índice de Pureza Atmosférica complementado pelo Fator de Classificação Ambiental. Legenda: E1 - Chácara das Pedras, E2 - Santa Cecília, E3 - Centro 1, E4 - Jardim Botânico, E5 - Bom Fim, E6 - Santa Tereza, E7 - Partenon, E8 - Agronomia, E9 - Hípica, E10 - Humaitá, E11 - Jardim Lindóia, E12 - Petrópolis, E13 - Anchieta, E14 - Parque Estadual de Itapuã, E15 - Sarandi, E16 - Jardim Leopoldina, E17 - Cascata/Glória, E18 - Menino Deus, E19 - Tristeza/Vila Assunção, E20 - Nonoai/Vila Nova, E21 - Belém Novo, E22 - Lomba do Pinheiro/Belém Velho, E23 - Higienópolis, E24 - Jardim Itu-Sabará, E25 - Ipanema, E26 - Bela Vista, E27 - Bom Jesus, E28 - Passo d' Areia, E29 - Centro 2, E30 - Ponta Grossa.



Na avaliação das estações quanto ao IPA com complementação do FCA, foi possível mapear e diferenciar as mesmas de acordo com a salubridade do ar. Os valores variaram de 2,4 a 93,8 (Figura 2) e as estações foram classificadas em cinco diferentes zonas: três ausentes de líquens (E2, E13 e E15) e seis pobres em líquens (E3, E12, E22, E23, E28 e E29). Dez estações foram classificadas como áreas de transição (E1, E5, E11, E16, E17, E19, E20, E24, E26 e E27), sete como normais (E6, E7, E8, E9, E10, E18 e E21) e quatro como ótimas para o desenvolvimento de líquens (E4, E14, E25 e E30).

As áreas localizadas ao norte (E28, E23, E13 e E15), leste (E22) e centro (E3, E29, E2, E12) da cidade foram classificadas como zonas pobres e/ou ausentes de líquens, mostrando a influência da poluição atmosférica (especialmente por tráfego veicular), condições climáticas e características geográficas (Käffer *et al.*, 2011a). Nos últimos anos, tem se intensificado o emprego de índices para estimar a qualidade do ar através da sensibilidade dos líquens. No entanto, estes foram elaborados para aplicação na Europa e nos Estados Unidos, onde a comunidade líquênica é menos diversificada. A utilização de um fator de correção à fórmula original do IPA, o FCA, proposto neste estudo, foi importante para tornar o índice mais sensível. Consideramos a necessidade de analisar um perfil multivariado de informações, especialmente em regiões onde a diversidade de espécies é maior. As modificações registradas na estrutura da comunidade líquênica entre as estações analisadas podem estar associadas às diferenças de temperatura entre as áreas da cidade, fato este relacionado com a arborização urbana.

## Monitoramento ativo

A utilização das espécies líquênicas: *P. tinctorum* e *T. exilis*, através da exposição em três estações da cidade (E2, E4 e E13), mostrou presença de contaminantes próprios de área urbana, sendo verificado acúmulo de poluentes, especialmente de S, Pb, Cr, Hg e Zn em relação às amostras testemunho (Käffer *et al.*, 2012). Com estas espécies, foi possível verificar a ocorrência de alguns HPAs, especialmente Naftaleno e Fenantreno, que predominaram nas amostras líquênicas, constantes na lista de poluentes prioritários da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 1985). Não foi detectada a presença de outros compostos, além do Naftaleno, considerado como de risco carcinogênico pela *International Agency for Research on Cancer - IARC* (2010).

Devido à exposição aos poluentes, foram constatados danos morfofisiológicos nas espécies, tais como: aumento do percentual de células mortas, diminuições do Índice de Vitalidade do Fotobionte e dos valores de clorofila e carbono orgânico, cloroses, necroses e exposição de medula. As maiores alterações, ao longo do período, foram verificadas na estação E2, seguida da E13 e da E4. Os impactos do ambiente urbano incluem mudanças na estrutura da comunidade e na morfologia dos líquens (Gries, 1996). Os efeitos morfofisiológicos e estruturais incluem redução no tamanho do talo, diminuição ou perda de apotécios em algumas espécies, aumento no número de propágulos vegetativos, redução na abundância de táxons individuais e na sua frequência, simultaneamente com completa perda de espécies sensíveis (Glavich & Geiser, 2008).

Concomitantemente à exposição dos bioindicadores, os testes de mutagênese e citotoxicidade dos extratos orgânicos do material particulado atmosférico mostraram aumento da mutagênese, especialmente nas linhagens TA98 (-S9), YG1021 e 1024 (Käffer *et al.*, 2012). Estes resultados indicaram a presença de derivativos de HPAs do tipo mononitroarenos, identificados pela linhagem YG1021. A mutagênese, verificada na linhagem TA98 (-S9), pode

estar associada à presença de nitroarenos (DeMartinis *et al.*, 1999), identificadas pelas linhagens YG1021 e 1024 que permitem diferenciar a contribuição da mutagênese de diferentes classes de nitrocompostos, indicando, através da resposta, as diferenças em áreas urbanas e industriais (Coronas *et al.*, 2008).

## Conclusões

Os resultados obtidos neste estudo mostraram que os líquens vêm sofrendo alterações tanto na estrutura da comunidade como através de danos morfofisiológicos, evidenciando diferenciações nas regiões norte, leste e central da cidade, sendo estas mais afetadas pela urbanização e antropização. A aplicação do FCA como complementação à fórmula original do IPA proporcionou definir as áreas mais impactadas pelo desenvolvimento acelerado dos centros urbanos.

A utilização de bioindicadores e biomarcadores de mutagênese, através do ensaio *Salmonella*/microsoma, proporcionou a avaliação da qualidade do ar e o diagnóstico da presença de compostos agressivos ao meio ambiente urbano. Ambos mostraram sensibilidade, mas diferenciada, frente aos grupos de compostos presentes. Associar o ensaio *Salmonella*/microsoma permitiu definir a presença de compostos mutagênicos com potencialidade carcinogênica, destacando os riscos à saúde humana.

## Referências bibliográficas

- ASTA, J.; ROLLEY, F. Biodiversité et bioindication lichénique: qualité de l'air dans l'agglomération Grenobloise. **Bulletin d'Informations de l'Association Française de Lichénologie**, v.3, p.121-126, 1999.
- BRODO, I. M. Substratum ecology. In: HALE, M. E. (Org.). **The Lichens**. New York: Academic Press, 1973, p.401-436.
- CÁCERES, M. E.; LÜCKING, R.; RAMBOLD, G. Corticolous microlichens in northeastern Brazil: habitat differentiation between coastal Mata Atlântica, Caatinga and Brejos de Altitude. **The Bryologist**, v.111, n.1, p.98-117, 2008.
- CALVELO, S.; BACCALÁ, N.; LIBERATORE, S. Lichens as bioindicators of air quality areas in Patagônia (Argentina). **Environmental Bioindication**, v.4, p.123-135, 2009.
- CORONAS, M. V.; HORN, R. C.; DUCATTI, A.; ROCHA, J. V.; VARGAS, V. M. F. Mutagenic activity of airborne particulate matter in a petrochemical industrial area. **Mutation Research**, v.650, p.196-201, 2008.
- DAILLANT, O. R.; BERNOLLIN, A.; JOSSET, M.; FIFIELD, K. L. Potential of lichens for monitoring iodine – 129 and chlorine – 36. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v.281, p.241-245, 2009.
- DE MARTINIS, B. S.; KADO, N. Y.; CARVALHO, L. R. F.; OKAMOTO, R. A.; GUNDEL, L. A. Genotoxicity of fractionated organic material in airborne particles from São Paulo, Brazil. **Mutation Research**, v.446, p.83-94, 1999.
- FUGA, A.; SAIKI, M.; MARCELLI, M. P.; SALDIVA, P. H. N. Atmospheric pollutants monitoring by analysis of epiphytic lichens. **Environmental Pollution**, v.151, p.334-340, 2008.

### Agradecimentos

Agradecemos ao Museu de Ciências Naturais da FZBRs pelas dependências para as atividades de laboratório, ao CNPq, FAPERGS e FDRH pelas bolsas de produtividade e de iniciação científica. Este estudo constituiu parte da tese de doutorado da autora M. I. Käffer em Ciências: Ecologia, orientada por Vera M. F. Vargas no PPG em Ecologia da UFRGS, defendida em maio de 2011 e desenvolvida dentro dos objetivos do Programa de Pesquisas Ambientais da FEPAM.

- GLAVICH, D. A.; GEISER, L. H. Potential approaches to developing lichen-based critical loads and levels for nitrogen, sulphur and metal containing atmospheric pollutants in North America. **The Bryologist**, v.111, n.4, p.638-649, 2008.
- GRIES, G. Lichens as indicators of air pollution. In: NASH III, T. (Org.). **Lichen biology**. London: Cambridge University, 1996. p.240-254.
- GUARATINI, T.; CARDOZO, K. H. M.; PAVANELLI, D. D.; COLEPICCOLO, P.; PINTO, E. Ecotoxicologia. In: OGA, S.; CAMARGO, M.M.A.; BATISTUZZO, J. A. O. (Org.). **Fundamentos de Toxicologia**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2008. p.125-142.
- HAWKSWORTH, D. L. **Lichens: new introductory, matter and supplementary index**. Berkshire: The Richmond, 1975.
- HAWKSWORTH, D. L.; HILL, D. J. **The lichen forming-fungi**. Norwell, Massachusetts: Chapman and Hall, 1984.
- HAWKSWORTH, D.L.; ROSE, F. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. **Nature**, v.227, p.145-148, 1976.
- HAWKSWORTH, D.L.; ITURRIAGA, T.; CRESPO, A. Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos. **Revista Iberoamericana de Micología**, v.22, p.71-82, 2005.
- INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. **Monographs Supplement**, 2010. Disponível em: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>. Acesso em: 08/02/2011.
- KADO, N.Y.; LANGLEY, D.; EISENSTADT, E. A simple modification the *Salmonella* liquid-incubation assay: increased sensitivity for detecting mutagens in human urine. **Mutation Research**, v.121, p.25-33, 1983.
- KÄFFER, M. I.; ALVES, C.; CÁCERES, M. E. S.; MARTINS, S. M. DE A.; VARGAS, V. M. F. Caracterização da comunidade liquênica corticícola de Porto Alegre e áreas adjacentes, RS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.25, n.4, p.832-844, 2011b.
- KÄFFER, M. I.; GANADE, G.; MARCELLI, M. P. Lichen diversity and composition in Araucaria forests and tree monocultures in southern Brazil. **Biodiversity and Conservation**, v.18, p.3543-3561, 2009.
- KÄFFER, M. I.; LEMOS, A. T.; APEL, M. A.; ROCHA, J. V.; MARTINS, S. M. DE A.; VARGAS, V. M. F. Use of bioindicators to evaluate air quality and genotoxic compounds in an urban environment in Southern Brazil. **Environmental Pollution**, v.163, p.24-31, 2012.
- KÄFFER, M. I.; MARTINS, S. M. DE A.; ALVES, C.; PEREIRA, V. C.; FACHEL, J.; VARGAS, V. M. F. Corticolous lichens as environmental indicators in urban areas in southern Brazil. **Ecological Indicators**, v.11, p.1319-1332, 2011a.
- LE BLANC, F. S. C.; DE SLOOVER, J. Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. **Canadian Journal of Botany**, v.48, n.8, p.1485-96, 1970.

MARCELLI, M. P. Ecologia liquenica nos manguezais do sul-sudeste brasileiro. **Bibliotheca Lichenologica**, v.47, p.1-310, 1992.

MARTINEZ, I.; CARREÑO F.; ESCUDERO, A.; RUBIO, A. Are threatened lichen species well-protected in Spain? Effectiveness of a protected areas network. **Biological Conservation**, v.133, p.500-511, 2006.

MARTINS, S. M. de A.; MARCELLI, M. P. Specific distribution of lichens on *Dodonaea viscosa* L. in the restinga area of Itapuã State Park in Southern Brazil. **Hoehnea**, v.38, n.3, p.397-411, 2011.

MARTINS, S. M. de A.; KÄFFER, M. I.; LEMOS, A. Liqueus como bioindicadores da qualidade do ar numa área de termoeletrica, Rio Grande do Sul, Brasil. **Hoehnea**, v.35, n.3, p.425-433, 2008.

MCCARTHY, D. P.; CRAIG, B.; BRAND, U. Lichen monitoring of urban air quality, Hamilton, Ontario. **Developments in Environmental Science**, v. 9, p. 247-267, 2009.

MC CUNE, B. Lichen communities as indicators of forest health. **The Bryologist**, v.103, n.2, p.353-356, 2000.

OLIVEIRA, D. P.; KUMMROW, F. Poluentes da atmosfera. In: OGA, S.; CAMARGO, M. M. A.; BATISTUZZO, J. A. O. (Org.). **Fundamentos de Toxicologia**. 3. ed., São Paulo: Atheneu, 2008. p.143-164.

PEREIRA, T. S.; GOTOR, G. N.; BELTRAMI, L. S.; ROCHA, J. A. V.; BROTO, F. P.; COMELLAS, L. R.; VARGAS, V. M. F. Salmonella mutagenicity assessment of airborne particulate matter collected from urban areas of Rio Grande do Sul State, Brazil, differing in anthropogenic influences and polycyclic aromatic hydrocarbon levels. **Mutation Research**, v.702, p.78-85, 2010.

SAIPUNKAEW, W.; WOLSELEY, P. A.; CHIMONIDES, P. J.; BOONPRAGOB, K. Epiphytic macrolichens as indicators of environmental alteration in northern Thailand. **Environmental Pollution**, v.146, p.366-374, 2007.

SCHLENSOG, M.; SCHROETER, B. A new method for the accurate in situ monitoring of chlorophyll a fluorescence in lichens and bryophytes. **Lichenologist**, v.33, n.5, p.443-452, 2001.

SCHMIDT, J.; KRICKE, R.; FEIGE, G. B. Measurements of bark pH with a modified flathead electrode. **Lichenologist**, v.33, p.456-60, 2001.

VARGAS, V. M. F. Mutagenic activity as a parameter to assess ambient air quality for protection of the environmental and human health. **Reviews in Mutation Research**, v.2, 3, n.544, p.313-319, 2003.

VARGAS, V. M. F.; HORN, R. C.; GUIDO, R. R.; MITTELSTAEDT, A. B.; AZEVEDO, I. G. Mutagenic activity of airborne particulate matter the urban area of Porto Alegre, Brazil. **Genetics and Molecular Biology**, v.21, n.2, p.247-253, 1998.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Guidelines for preparing environmental and waste samples for Mutagenicity (Ames) Testing, In: **Interim Procedures and Panel Meeting Proceedings**, Las Vegas, September 1985, EPA, p.25, 1985.

# Sistematização e análise dos questionamentos referentes ao licenciamento ambiental municipal no Rio Grande do Sul, Brasil, atendidos pelo Programa de Assessoramento Municipal da FEPAM/RS - período de 2006 a 2011

Karen Adriana Machado<sup>1,2</sup> e Kátia Helena Lipp-Nissinen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Porto Alegre, <sup>2</sup> Programa de Pesquisas Ambientais, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler – FEPAM/RS.

Autor correspondente: K. H. Lipp-Nissinen, FEPAM, Rua Carlos Chagas, 55, sala 804B, Porto Alegre, RS, CEP 90.030-020, Brasil; tel: +55(51)3288-9534; email: katiahn@fepam.rs.gov.br.

## Resumo

Direcionando esforços para o aumento da autonomia e qualificação municipal no exercício da gestão ambiental, a FEPAM disponibiliza assessoramento técnico-colaborativo aos municípios. Através do presente estudo, objetivou-se identificar, sistematizar e analisar as questões recebidas e respondidas através do endereço eletrônico [municipios@fepam.rs.gov.br](mailto:municipios@fepam.rs.gov.br) entre 2006 e 2011. Foram identificadas 1.167 mensagens, agrupadas e quantificadas por assunto ou ramo de atividade, município e ano. Houve um notável aumento das questões recebidas ao longo do último ano. O grupo Procedimentos - incluindo normas e critérios técnicos para o exercício do Licenciamento local, apresentou o maior número de questões (29,7%), seguindo-se dos grupos com questões sobre Saneamento Básico (11,3%), Atividades Industriais (8,5%) e Agrossilvipastoris (8,5%), entre os outros grupos que são aqui apresentados. Os resultados indicam a necessidade de uma estrutura mais organizada, com equipes técnicas multidisciplinares habilitadas nos órgãos ambientais, na maioria dos municípios. Com este estudo, espera-se contribuir para o direcionamento de ações de aperfeiçoamento, e para elaboração e divulgação de materiais de referência.

**Palavras-chave:** dúvidas frequentes, gestão ambiental, licenciamento, municipalização, questionamentos.

**Systematization and analysis of questions on environmental licensing from municipalities of Rio Grande do Sul, Brazil, answered by FEPAM/RS' Program for Advising to Municipalities in the period from 2006 to 2011**

## Abstract

In an attempt to contribute to the autonomy and qualification of the municipal environmental management, the Environmental Protection Foundation of Rio Grande do Sul State (Brazil) – FEPAM, provides an on demand technical-collaborative advice to municipalities. Through the

present study it is aimed to identify, classify and analyze the questions received and answered through the email address [municipios@fepam.rs.gov.br](mailto:municipios@fepam.rs.gov.br) between 2006 and 2011. A total of 1167 messages have been identified, quantified and grouped by topic, activity, municipality and year. There was a remarkable increase of the questions received during the last year. Questions about procedures, standards and technical criteria for the exercise of local Licensing were the most numerous (29.7%), followed by questions about Sanitation (11.3%), Industrial (8.5%) and Rural (agriculture, forestry and livestock) (8.5%) activities. The results indicate the need for more organized and qualified technical teams in the environmental agencies of most municipalities. With this study, we hope to contribute to the direction of improvement actions, and for the development and dissemination of reference materials.

**Keywords:** environmental licensing, environmental management, frequently asked questions, municipalities.

## Introdução

O Licenciamento Ambiental foi instituído como um dos instrumentos de ação da Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA (Lei Federal nº 6.938/1981 - Art. 9º, §IV), até então existente apenas na legislação de alguns estados (Sánchez, 2008).

A competência para o licenciamento ambiental está prevista desde a Constituição Federal de 1988, no seu Art. 23º, parágrafo VI, que estabeleceu a competência comum entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios para proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas.

A Municipalização do Licenciamento Ambiental tem sua competência definida, na esfera federal, a partir da Resolução CONAMA nº 237/1997. No estado do Rio Grande do Sul (RS) tal competência foi similarmente definida pelo Código Estadual do Meio Ambiente - Lei Estadual nº 11.520/2000, em seu artigo 69:

*“Art. 69. Caberá aos municípios o licenciamento ambiental dos empreendimentos e atividades consideradas como de impacto local, bem como aquelas que lhe forem delegadas pelo Estado por instrumento legal ou convênio”.*

A Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler - FEPAM, instituída pela Lei Estadual nº 9.077/1990 para atuar como um órgão técnico do Sistema Estadual de Proteção Ambiental – SISEPRA-RS, tem como uma de suas competências “assistir tecnicamente os municípios” (Art. 2º, §X). Ações de descentralização na gestão ambiental do Estado vêm sendo desenvolvidas há mais de 15 anos pela FEPAM. Direcionando esforços para o aumento de autonomia e qualificação municipal na gestão do meio ambiente e, assim, contribuindo para o fortalecimento do SISEPRA, a FEPAM instituiu, em meados dos anos 90, uma Assessoria de Municípios, viabilizando o PAM - Programa de Assessoramento aos Municípios.

Além da FEPAM e dos órgãos municipais, compõem o SISEPRA-RS o Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA (Lei Estadual nº 10.330/1994) e a Secretaria do Meio Ambiente - SEMA (Lei Estadual nº 11.362/1999), órgãos deliberativo regulador e central das políticas ambientais, respectivamente. Desde 1998, resoluções do CONSEMA vêm sendo editadas, regulamentando no RS um sistema de gestão ambiental compartilhada considerado, nacionalmente, de vanguarda. Resoluções específicas definiram os requisitos necessários para a habilitação (posteriormente denominada qualificação) municipal e suas competências de

licenciamento ambiental de impacto local, de acordo com os ramos de atividades e seus respectivos portes e potenciais poluidores. Até dezembro de 2011, 294 dos 497 municípios do RS estavam formalmente habilitados ao licenciamento pelo CONSEMA.

Em 10 de dezembro de 2011, foi publicada a Lei Federal Complementar nº 140 (LC 140). A nova lei, atualmente em fase de adaptação junto aos órgãos ambientais de todas as esferas, foi sancionada com o objetivo de fixar normas para cooperação entre os entes federativos nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum de proteção ambiental, anteriormente fixada no Art. 23 da Constituição Federal, até então, sem uma regulamentação específica na forma de lei. A LC 140 dispõe no Art. 9º, inciso XIV, alínea “a” - sobre a competência dos municípios para o licenciamento ambiental das atividades ou empreendimentos que causem ou possam causar impacto ambiental em âmbito local, conforme tipologia definida pelos Conselhos Estaduais do Meio Ambiente. Visto que no RS tais tipologias já estavam definidas pelo CONSEMA, essas foram ratificadas pela Resolução CONSEMA nº 269, de abril de 2012.

Assim, o processo formal de qualificação dos municípios, requerendo a comprovação do cumprimento de uma série de requisitos importantes ao exercício do licenciamento, estabelecidos pela Resolução CONSEMA nº 04/2000 e atualizados pela Resolução CONSEMA nº 167/2007, passou a ser dispensado a partir da LC 140.

Durante mais de uma década e com a participação da FEPAM em todas as instâncias decisórias, os processos de qualificação vinham sendo instruídos pela Comissão de Municipalização da SEMA, avaliados pela Câmara Técnica Permanente de Gestão Compartilhada Estado-Município do CONSEMA e, somente após, deliberados em reunião plenária do Conselho. Disso resultaram resoluções de habilitação àqueles municípios considerados aptos à gestão ambiental local. O processo como um todo, coordenado pelo Sistema Integrado de Gestão Ambiental - SIGARS, programa da SEMA, objetivava também a capacitação dos agentes municipais através de cursos de formação, seminários e reuniões para assessoramento individual. O Estado e os municípios engajados, juntamente com a participação da sociedade civil atuante no CONSEMA, empreenderam significativos esforços visando à municipalização da gestão ambiental local.

Paralelamente, o assessoramento diário do PAM revelou um crescente número de dúvidas relativas ao licenciamento municipal, endereçadas por municípios, e por vários outros atores da sociedade, principalmente para o endereço de correio eletrônico [municipios@fepam.rs.gov.br](mailto:municipios@fepam.rs.gov.br), criado em meados de 2004. As perguntas e respostas ali armazenadas mostraram-se fontes de informação útil, se processadas, isto é, filtradas pela sua relevância e atualidade, e disponibilizadas.

Nesse contexto, através deste estudo, se objetivou identificar e sistematizar as questões recebidas e respondidas, para mapear as frequências dos temas identificados e possibilitar a posterior elaboração de materiais de referência e consulta. O trabalho mostra-se útil pela possibilidade de contribuir de modo geral para a disseminação de informações e a consequente qualificação das decisões de agentes municipais, registrando o histórico de um período de tempo focado no contexto legal vigente.

## Metodologia

Realizou-se a leitura de todas as mensagens recebidas e respondidas através do aplicativo *Outlook*<sup>TM</sup>, especificamente no endereço eletrônico de *e-mail* [municipios@fepam.rs.gov.br](mailto:municipios@fepam.rs.gov.br), no período de janeiro de 2006 até dezembro de 2011. A totalidade das mensagens relativas ao licenciamento ambiental foi convertida em arquivos de *Word*<sup>TM</sup>, para posterior editoração das

mais relevantes. Neste formato, as mensagens foram agrupadas por ano e classificadas em grupos e subgrupos, de acordo com as atividades e os demais assuntos frequentemente questionados, identificando-se cada um dos municípios remetentes. Para a identificação das atividades foram usadas as nomenclaturas de ramos e sub-ramos de atividades licenciadas pela FEPAM. Posteriormente, os dados compilados foram tabulados e quantificados em planilhas *Excel*<sup>TM</sup>.

## Resultados e Discussão

Foram registrados 1.167 questionamentos sobre licenciamento ambiental municipal, respondidos pela coordenação do PAM com o auxílio dos setores técnicos. A Figura 1 apresenta o número de questões recebidas por ano.

As questões foram classificadas e quantificadas, conforme a atividade ou assunto, nos seguintes grupos, em ordem alfabética: Agros-silvipastoril; Áreas de Preservação Permanente (APP); Atividades Diversas (Comércio e Serviços); Atividades Isentas (de Licenciamento); Indústrias; Infraestrutura e Obras Cíveis; Mineração; Procedimentos; Transportes, Terminais e Depósitos; e Saneamento Básico (Figura 2).

Dentre os grupos mais numerosos, este artigo limita-se a apresentar a análise descritiva dos seguintes grupos e seus subgrupos: Procedimentos; Saneamento Básico; Indústria; Atividades Isentas; e Áreas de Preservação Permanente.

### Procedimentos

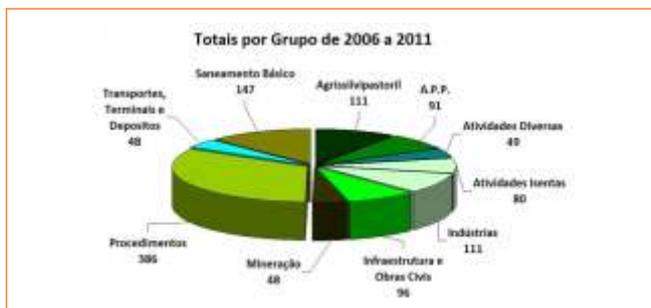
Somaram 386 questionamentos, representando 29,7% do total. A maioria (56%) classificou-se no subgrupo 'Normas para Licenciamento', 13% em 'Convênios de Delegação' e 11% em 'Denúncias' (Figura 3).

Dentro do subgrupo 'Normas para Licenciamento', as questões de maior ocorrência versavam sobre: (a) competência legal para o licenciamento local, (b) composição do quadro de pessoal e comprovação da responsabilidade técnica (por exemplo, Anotação de Responsabilidade Técnica - ART), (c) fiscalização ambiental, (d) enquadramento correto de empreendimentos nos ramos e códigos de atividades, (e) solicitações de legislação pertinente e atualizada.

Esses resultados ressaltam a necessidade, em muitos municípios, de uma melhor compreensão sobre itens-chave no desempenho de suas atribuições. Indicam também a necessidade da complementação dos conteúdos de normas, formulários, e procedimentos internos, bem como de um melhor entendimento das etapas processuais, e das condições e restrições a serem aplicadas para minimizar impactos e salvaguardar a proteção do ambiente.



▲ Figura 1. Total de questionamentos por ano, de janeiro de 2006 a dezembro de 2011.



▲ Figura 2. Total de questões por grupo de assunto ou atividade, no período de 2006 a 2011.



▲ Figura 3. Número e porcentagem de questões sobre Procedimentos, no período de 2006 a 2011.

A frequência de perguntas repetidas por parte de um mesmo município, em anos diferentes, pode ser explicada por mudanças nos quadros de pessoal, ocorridas após a posse de novos chefes do executivo municipal, ou mesmo ser independente desse fato. Os conhecimentos adquiridos e os procedimentos até então utilizados pelas equipes, possivelmente, não sejam incorporados aos sistemas de informações de alguns órgãos municipais. Levanta-se, assim, a hipótese de que muitos dos cargos de gestores e técnicos não estejam preenchidos por servidores dos quadros permanentes das prefeituras municipais.

Em estudo com municipalidades do RS, Blazina e Lipp-Nissinen (2010) verificaram uma rotatividade nos quadros de pessoal, a carência de analistas devidamente qualificados, e a terceirização dos serviços de análise técnico-científica em relevante número de municípios licenciadores. Concluíram que tais situações não permitiam a estruturação ou manutenção de um histórico de atuação e procedimentos padronizados, de forma a orientar os novos servidores. Tais circunstâncias também são indicadas no presente estudo, por repetidas questões remetidas pelo mesmo município, e ainda corroboradas por questões demandadas pelo Ministério Público, apontando equívocos ou irregularidades nas licenças emitidas por municípios, em diferentes gestões administrativas.

Além das mudanças estruturais e de pessoal, modificações impostas por novas legislações, normas técnicas e ampliações de competências delegadas por convênios também deveriam gerar adequações procedimentais nos órgãos locais. Isso responderia pelo aumento na busca por informações relacionadas. Muitas dessas na forma de solicitações de confirmação acerca dos encaminhamentos mais adequados a serem tomados. Ressalta-se que o fornecimento de dados incompletos nas questões e a impossibilidade de verificação da situação *in loco*, naturalmente, limitam o assessoramento remoto pelo Órgão Estadual, o qual não tem a pretensão e nem a atribuição de fornecer pareceres técnicos conclusivos nesses casos. O Órgão Ambiental limita-se apenas a prestar uma assistência colaborativa, abstendo-se da responsabilidade pelas decisões tomadas e suas possíveis consequências.

No subgrupo 'Convênios de Delegação', destacam-se as questões relativas aos instrumentos legais e particulares firmados entre a FEPAM e um número de municípios habilitados, permitindo a esses últimos ampliarem suas competências, conforme possibilitado pela legislação. Além de questões técnicas e procedimentais, específicas a situações da rotina do trabalho, incluem-se neste subgrupo solicitações de extensão de prazos e esclarecimentos sobre entrega dos relatórios e repasses periódicos de percentuais de taxas, dentre outras obrigações acordadas nos termos de convênio.

Verificou-se um gradativo aumento do subgrupo 'Denúncias', com destaque para o ano de 2011 (Figura 4). A maior parte das denúncias tratava das seguintes situações:

(a) emissão de licenças por municípios não qualificados pelo CONSEMA, em especial para criações de animais e priorizando cumprir requisitos formais para a obtenção de crédito junto a instituições financeiras; e (b) contaminação do solo e de corpos hídricos. As denúncias foram encaminhadas, em sua maioria, por cidadãos da própria comunidade, e também por agentes financeiros. Isso demonstra crescente consciência da sociedade sobre seus direitos e deveres

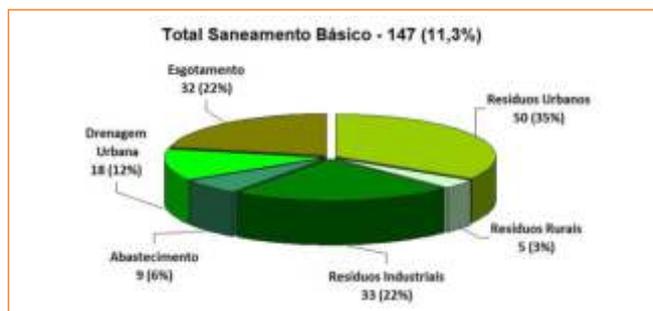
▼ Figura 4. Número de denúncias recebidas por ano pelo PAM/FEPAM, no período de 2006 a 2011.



civis de zelar pela saúde do ambiente e de cobrar providências do poder público, para assegurá-la.

### *Saneamento Básico*

Dos 147 questionamentos (11,3% do total), as questões sobre 'Resíduos Urbanos' e 'Resíduos Industriais' ultrapassam os 50% em média, intensificando-se nos anos de 2010 e 2011 (Figura 5). No subgrupo 'Resíduos Urbanos', as questões referiam-se a: (a) coleta, (b) triagem, (c) armazenamento e (d) disposição final dos resíduos sólidos urbanos, inclusive da construção civil, assim como à (e) recuperação das áreas degradadas por resíduos urbanos. No subgrupo 'Resíduos Industriais', destacaram-se questões sobre: (a) coleta, triagem, armazenamento e disposição final em Aterros de Resíduos Sólidos Industriais (RSI); seguidas por questões sobre (b) reúso, incorporação e tratamento de efluentes líquidos industriais; e (c) reciclagem e incorporação de RSI em outros processos produtivos.



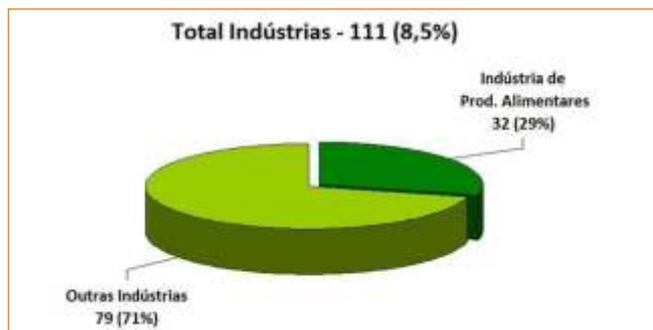
▲ Figura 5. Número e porcentagem de questões sobre Saneamento Básico, no período de 2006 a 2011.

É provável que o encontrado para o grupo Saneamento Básico reflita, pelo menos em parte, resultados da Lei Federal nº 11.445/2007 - Lei do Saneamento Básico, que prevê a universalização do saneamento como uma das metas do Programa Nacional do Crescimento (PAC), bem como da Lei Federal nº 12.305/2010 - da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e de seu regulamentador Decreto Federal nº 7.404/2010, marcos regulatórios para a área de Resíduos Sólidos. Segundo a PNRS, os municípios deveriam elaborar seus Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos até agosto de 2012 para continuar a ter acesso aos recursos do Governo Federal, além de estabelecer outras obrigações aos municípios - titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

### *Indústrias*

Este grupo contabilizou 111 questionamentos (8,5% do total), conforme se visualiza na Figura 6.

As questões referentes ao subgrupo 'Indústria de Produtos Alimentares' se destacam em relação às demais indústrias, ultrapassando, em média, 28% do total do grupo 'Indústrias' na maioria dos anos. Tais questionamentos referem-se aos seguintes ramos: (a) abatedouros e frigoríficos de bovinos, suínos e aves; (b) fabricação de derivados de origem animal; (c) entreposto e posto de resfriamento e beneficiamento de leite e seus derivados; (d) agroindústrias diversas. No subgrupo 'Outras Indústrias' constam as questões referentes a todos os demais ramos de atividades industriais. Esses classificam-se na seguinte ordem decrescente de frequência: (a) Indústria de Minerais Não-Metálicos; (b) Indústria Química; (c) Indústria de Bebidas; (d) Indústria de Calçados e Vestuários; (e) Indústria da Madeira; entre outros ramos menos frequentes.



▲ Figura 6. Número e porcentagem de questões sobre Indústrias no período 2006-2011.

Os números apresentados pelo grupo 'Indústrias', com ênfase no subgrupo 'Indústria de

Produtos Alimentares', indicam direta relação com a vocação do RS para o beneficiamento e a transformação da sua produção agropecuária.

### *Atividades Isentas*

Inclui aqueles ramos de atividades que, embora, potencialmente, possam causar algum impacto ao ambiente local, são, atualmente, considerados isentos de licenciamento no âmbito dos órgãos estaduais (FEPAM e SEMA). A Figura 7 mostra o considerável aumento de questões no período estudado. Em 2011, os questionamentos mais frequentes identificados classificam-se, em ordem decrescente, em: (a) micro-açudes para dessedentação animal, (b) lavagem de veículos (c) fornos de carvão vegetal, (d) estações de telefonia móvel, (e) cantinas rurais e (f) limpeza e desinfecção de reservatórios de água. Embora não estejam, atualmente, arroladas nas resoluções do CONSEMA-RS de atividades de impacto local, o fato de apresentarem, pelo menos ao nível local, potencial poluidor ou de degradação, indica que tais ramos de atividades não deveriam ser isentadas de licenciamento pelos municípios, os quais, constitucionalmente, podem sancionar leis e resoluções próprias mais restritivas do que o Estado ou a União. A frequência aumentada nesse grupo, no ano de 2011, pode revelar uma tendência, no âmbito municipal, a situações também detectadas no Órgão Estadual. Ou seja, empreendedores recorrendo ao órgão municipal visando atender mais rápida ou simplificada as requisições de



▲ Figura 7. Evolução do número de questões sobre Atividades Isentas no período 2006-2011.

ordem econômico-financeira imediatas, tais como o cumprimento dos requisitos para o financiamento bancário de suas atividades e o acesso a recursos de programas do Governo Federal. Isso confirmaria constatações similares de Blazina e Lipp-Nissinen (2010), com dados levantados em municipalidades com atuação de mais de dez anos em licenciamento ambiental no RS.

Ao acompanhar as estatísticas do licenciamento estadual através da página – [http://www.fepam.rs.gov.br/servicos/resultados/prod\\_total.asp](http://www.fepam.rs.gov.br/servicos/resultados/prod_total.asp) - a qual traz informações sobre a produção anual em licenciamento, pode-se verificar um aumento do número de 'Declarações de Isenção de Licenciamento' emitidas pela FEPAM no ano de 2011 (1.219), em comparação à média anual de 753 declarações emitidas entre 2006 e 2010. Os números absolutos e os percentuais dos totais anuais desses documentos são os seguintes: 2006 - 1024 (6,88%); 2007 - 848 (5,65%); 2008 - 471 (3,07%); 2009 - 570 (3,88%); 2010 - 853 (6,23%); 2011- 1219 (8,74%). É possível que uma grande parte dessas 'Declarações de Isenção de Licenciamento Estadual' não fosse emitida, caso os municípios habilitados tivessem incluído as respectivas atividades de baixo impacto na sua própria legislação e realizassem o licenciamento dessas.

### *Áreas de Preservação Permanente*

Com relação à evolução desse grupo, houve uma média de 11,6 questões anuais entre os anos de 2006 e 2010, enquanto em 2011 esse número triplicou para 33 questões (Figura 8). Como esperado, tais questionamentos caracterizaram-se por sua complexidade, percebendo-se as preocupações dos remetentes frente ao cumprimento das disposições legais e ao atendimento a situações de emergência. Esse quadro é ainda aumentado pelas incertezas demonstradas quanto às competências municipais de cunho penal, às definições e à dificuldade técnica de delimitação

dos vários tipos de APP. Notadamente, muitas dessas questões emergiram por ações fiscalizatórias, por eventos climáticos extremos e também pelas possibilidades das alterações anunciadas durante a polêmica revisão do antigo Código Florestal Brasileiro (Lei Federal nº 4771/1965, revogada em 2012 pelas Leis nº 12.651 e nº 12.727).

## Conclusões

Embora se constate e valorize a preocupação de muitos agentes municipais na busca da correta tomada de decisão, os resultados apontam para uma carência de conhecimentos básicos necessários ao exercício do licenciamento ambiental em muitos dos órgãos ambientais municipais. Esse quadro é influenciado pela variação, em número e composição, do corpo técnico-administrativo dos órgãos ambientais municipais, relacionada, ou não, às mudanças da gestão político-administrativa local. Verificou-se aumento na frequência de questionamentos em seguimento à edição de novas normas técnicas e legais, e programas estruturantes nacionais. Todos os resultados apontam para a necessidade de melhor estruturação setorial nos municípios.

Maior valorização setorial, programas de capacitação, materiais de referência impressos e melhorias nas páginas eletrônicas dos órgãos ambientais, aumentando a disponibilidade de informações atualizadas, dentre outras estratégias, poderão contribuir para o fortalecimento do sistema ambiental. Destaca-se a necessidade de uma reflexão sobre as estratégias adotadas, frente aos desafios gerados principalmente pelas constantes mudanças na legislação e crescente demanda de trabalho. Espera-se que o relatado aqui possa auxiliar no direcionamento de ações de aprimoramento, especialmente por parte dos tomadores de decisão. Ações que ora se apresentam ainda mais urgentes, frente ao cumprimento às disposições da LC 140.

Como perspectiva, pretende-se analisar a possibilidade da editoração das perguntas e respostas mais relevantes e atuais, visando a sua divulgação na forma eletrônica e/ou impressa de materiais de consulta e referência.

## Referências bibliográficas

BLAZINA, E. G., LIPP-NISSINEN, K. H. Contribuição ao conhecimento da evolução do licenciamento ambiental municipal no Rio Grande do Sul (RS). **FEPAM em Revista**, v.3, n.2, p.12-25, 2010. Disponível em <[http://www.fepam.rs.gov.br/fepamemrevista/downloads/Revista\\_V3N2%20-%202010%20-%20LEVE.pdf](http://www.fepam.rs.gov.br/fepamemrevista/downloads/Revista_V3N2%20-%202010%20-%20LEVE.pdf)> Acesso em: 09 de junho de 2012.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. 292p.

BRASIL. **Decreto Federal nº 7.404**, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm)> Acesso em: 08 de setembro de 2012.

BRASIL. **Lei Federal nº 4.771**, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm)> Acesso em: 08 de setembro de 2012.



▲ Figura 8. Evolução das questões sobre APP, no período de 2006 a 2011.

### Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à FEPAM por oportunizar o desenvolvimento desta pesquisa através do Programa Institucional de Iniciação Científica – PIBIC, e pela concessão da bolsa PIBIC à acadêmica Karen A. Machado, sob orientação da Dra. Katia H. Lipp-Nissinen. Agradecimentos também à equipe técnica da FEPAM que colaborou com a elaboração de respostas, e a todos colegas e estagiários do PAM (período 2004-2011).

BRASIL. **Lei Federal nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)> Acesso em: 13 de julho de 2012.

BRASIL. **Lei Federal nº 11.445**, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)> Acesso em: 13 de julho de 2012.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.305**, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)> Acesso em: 13 de julho de 2012.

BRASIL. **Lei Federal 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)> Acesso em: 13 de julho de 2012.

BRASIL. **Lei Federal 12.727**, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12727.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12727.htm)> Acesso em: 9 de novembro de 2012.

BRASIL. **Lei Federal Complementar nº 140**, de 08 de dezembro de 2011. Fixa normas para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/Lcp140.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/Lcp140.htm)> Acesso em: 13 de julho de 2012.

CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução CONSEMA nº 04**, de 28 de abril de 2000. Dispõe sobre os critérios para o exercício da competência do Licenciamento Ambiental Municipal. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/consema/Res04-00.asp>> Acesso em: 12 de julho de 2012.

CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução CONSEMA nº 167**, de 19 de outubro de 2007. Dispõe sobre a qualificação dos Municípios para o exercício da competência do Licenciamento Ambiental. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/upload/Resolucao%20CONSEMA%20167-2007.pdf>> Acesso em: 12 de julho de 2012.

CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução CONSEMA nº 269**, de 16 de abril de 2012. Ratifica as resoluções que definem as atividades e empreendimentos considerados de impacto local para o licenciamento ambiental pelos Municípios conforme Lei Complementar nº 140/2011. Disponível em: <[http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod\\_menu=216&cod\\_conteudo=7861](http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=216&cod_conteudo=7861)> Acesso em: 12 de julho de 2012.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 237**, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>> Acesso em: 12 de julho de 2012.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Estadual nº 9.077**, de 04 de junho de 1990. Institui a Fundação Estadual de Proteção Ambiental e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.legislacao.sefaz.rs.gov.br/Site/Document.aspx?inpKey=107065&inpCodDispositive=&inpDsKeywords=Lei AND Estadual AND 9.077>> Acesso em: 11 de julho de 2012.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Estadual nº 10.330**, de 27 de dezembro de 1994. Dispõe sobre a organização do Sistema Estadual de Proteção Ambiental, a elaboração, implementação e controle da política ambiental do Estado. Disponível em: <<http://www.legislacao.sefaz.rs.gov.br/Site/Document.aspx?inpKey=97432&inpCodDispositive=&inpDsKeywords=Lei AND Estadual AND 10.330>> Acesso em: 11 de julho de 2012.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Estadual nº 11.362**, de 29 de julho de 1999. Dispõe sobre a Secretaria do Meio Ambiente - SEMA e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.legislacao.sefaz.rs.gov.br/Site/Document.aspx?inpKey=105750&inpCodDispositive=&inpDsKeywords>> Acesso em 11 de julho de 2012.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Estadual nº 11.520**, de 03 de agosto de 2000. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.legislacao.sefaz.rs.gov.br/Site/Document.aspx?inpKey=104923&inpCodDispositive=3350497&inpDsKeywords=11.520>> Acesso em: 11 de julho de 2012.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos. 2008. 495 p.

## O solo como receptor de resíduos para disposição e para uso agrícola

Maria Lucia Kolowski Rodrigues<sup>1</sup>, Jovana Bavaresco<sup>2</sup>, Adriana Ferreira Martins<sup>2,3</sup>,  
Alberto Vasconcellos Inda Jr.<sup>4</sup>, Paulo César do Nascimento<sup>4</sup>, Elvio Giasson<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pesquisas Ambientais e Divisão de Química, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler (FEPAM, RS),

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS),

<sup>3</sup> Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO, RS),

<sup>4</sup> Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Correspondência:  
E. Giasson, Av. Bento Gonçalves, 7712, CEP 90001-970 - Porto Alegre, RS, Brasil. Tel.: (51) 33087461. E-mail: giasson@ufrgs.br.  
M. L. K. Rodrigues, Rua Aurélio Porto, 45, CEP 90620-090, Porto Alegre, RS, Brasil.  
Tel.: (51) 3384-5285.  
E-mail: metaisfepam@hotmail.com.

### Resumo

O constante crescimento populacional, o aumento das atividades produtivas e a busca de alternativas viáveis para o controle da poluição ambiental intensificaram, nos últimos anos, a demanda por áreas de terra suburbanas ou rurais para dispor os mais variados tipos de resíduos. Considerando sua capacidade peculiar de promover a inativação de compostos potencialmente tóxicos, por meio de reações químicas ou de processos microbiológicos, o solo oferece grande potencial como meio de disposição ou de reciclagem de resíduos. Enquanto algumas áreas não apresentam características adequadas ao recebimento de resíduos, outras se mostram mais aptas, sem evidenciar a ocorrência de problemas ambientais como a contaminação de águas superficiais e subsuperficiais, o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, a contaminação do ar ou a liberação de componentes tóxicos. Com base em estudos disponíveis na literatura, discorre-se neste texto sobre o uso do solo para disposição e aplicação agrícola de resíduos, focalizando as principais propriedades físicas e químicas do solo e as características da terra que devem ser ponderadas durante o processo de avaliação da aptidão do meio receptor. Comentam-se ainda condições de utilização ou de disposição de resíduos originários de importantes atividades produtivas desenvolvidas no Rio Grande do Sul.

**Palavras-chave:** solo, propriedades do solo, características do terreno, disposição de resíduos

### Soil as a receptor for waste disposal and for agricultural use

### Abstract

Constant population growth, increased production activities and search for viable alternatives to control the environmental pollution increased in recent years the demand for suburban or rural lands to dispose of many different types of waste. Considering its peculiar capacity to promote the inactivation of potentially toxic compounds, by means of chemical reactions or microbiological processes, soil is potentially very useful as a medium to dispose or recycle residues. While some areas do not present appropriate characteristics for waste disposal, others are more appropriate, without showing evidence of environmental problems such as contamination of surface and subsurface waters, development of undesirable microorganisms, air contamination or release of toxic components. Based on studies available in the literature, this paper aims at discussing the use of soil to dispose and apply wastes, focusing on physical and chemical soil properties and characteristics of the land that must be considered during the

process of evaluating the aptitude of the receiving medium. Conditions for the use or the disposal of wastes, arising from relevant productive activities developed in the state of Rio Grande do Sul (Brazil), are also discussed.

**Keywords:** soil, soil properties, land characteristics, waste disposal

## Introdução

A disposição de resíduos originários da atividade humana nos solos é tão antiga quanto a própria civilização (Tedesco, 1995), havendo indícios de que os gregos, há 2.000 anos, já adotavam a prática de enterrar seus rejeitos. Entretanto, apenas na década de 1930, quando as cidades de Nova York e Fresno (EUA) começaram a compactar e a cobrir resíduos sólidos dispostos no solo com o emprego de maquinaria pesada, cunhou-se o termo “aterro sanitário” como um método de engenharia desenvolvido para a proteção ambiental (O’Leary *et al.*, 1986).

Devido à capacidade peculiar de promover a inativação de compostos orgânicos e inorgânicos, por meio de reações químicas ou de processos microbiológicos, o solo oferece grande potencial como meio de disposição ou de reciclagem de resíduos. Os microrganismos do solo, de forma geral, podem decompor os mais diversos materiais orgânicos, desdobrando-os em compostos menos tóxicos ou atóxicos, enquanto a competição estabelecida em condições ambientais adversas contribui para controlar a proliferação de microrganismos patogênicos. A adição de alguns resíduos aos solos pode trazer benefícios, como a correção da acidez, a melhoria de propriedades físicas e biológicas, o aumento do teor de matéria orgânica e o fornecimento de nutrientes às plantas (Meurer *et al.* 2000; Costa *et al.*, 2012).

O constante crescimento populacional, o aumento das atividades produtivas e a busca de alternativas viáveis para o controle da qualidade ambiental intensificou, nos últimos anos, a demanda por áreas suburbanas ou rurais de terra para a disposição dos mais variados tipos de resíduos, como composto de lixo, lodo de estações de tratamento, efluentes industriais e dejetos animais, dentre outros (Tedesco, 1995). Enquanto algumas áreas de terra não apresentam características adequadas a esse uso, outras se mostram mais aptas, sem evidenciar problemas ambientais como a contaminação de águas superficiais e subsuperficiais, o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, a contaminação do ar ou a liberação de componentes tóxicos.

Os resíduos podem ser dispostos no solo com a finalidade de reduzir o seu efeito negativo ou podem ser aplicados ao solo com o propósito de melhorar as condições agrícolas dos solos pela adição de nutrientes e matéria orgânica. Com base em estudos disponíveis na literatura, discute-se neste texto sobre o uso do solo para disposição e aplicação agrícola de resíduos, focalizando as propriedades físicas e químicas do solo e as características do terreno que devem ser ponderadas durante o processo de avaliação da aptidão do meio receptor. Além disso, são comentadas condições de uso ou de tratamento de resíduos originários de importantes atividades produtivas desenvolvidas no Rio Grande do Sul.

### *Crerios para a utilizaão de solos como receptores de resduos*

A seleão de uma área para disposião ou aplicao de resduos deve seguir algumas etapas: (i) caracterizao do resduo (anlise, classificao, identificao de aspectos positivos ou limitantes) e avaliao de mtodos de disposião ou de emprego do mesmo; (ii) avaliao das

propriedades do solo e escolha dos critérios para determinar a aptidão do terreno ao recebimento do resíduo; (iii) realização de levantamentos de solos, para identificar aqueles que estão aptos ao recebimento de resíduos na área pretendida; (iv) localização destes solos aptos em mapa da área, a fim de determinar a extensão dos locais com potencial para recebimento de resíduos; (v) investigações locais específicas, por uma equipe de especialistas em solos, geologia e/ou hidrologia, visando determinar a real aptidão do local como receptor de resíduos (Witty e Flach, 1977).

A partir da caracterização e do conhecimento do tipo de resíduo e da forma pretendida de disposição ou de aplicação, devem ser consideradas as propriedades dos solos receptores, as quais determinam a especificidade das interações locais (Witty e Flach, 1977; Kämpf *et al.*, 2004): (i) casos em que o solo age como receptor direto de resíduos concentrados, sem interação significativa entre o material depositado e as partículas do solo, como a estocagem de resíduos sólidos orgânicos a céu aberto, as lagoas de estabilização de resíduos líquidos, as áreas de confinamento de animais e os aterros sanitários (Krieger *et al.*, 2008); (ii) casos em que o solo atua como remediador, reagindo com componentes do resíduo e promovendo sua imobilização, dissipação ou destruição, como os locais de disposição de efluentes de esgotos e de lodo (Rosa, 2008); (iii) casos em que o solo é um intermediário no aproveitamento dos resíduos, que podem ser usados como corretivos e/ou fertilizantes em cultivos agrícolas (Kray *et al.*, 2008; Quadro, 2008).

Durante o processo de seleção de áreas adequadas à disposição de resíduos, os levantamentos de solos representam uma fonte primordial de consulta, pois permitem o conhecimento da distribuição e da classificação dos tipos de solos, bem como das características das áreas onde os mesmos estão inseridos. As propriedades hidráulicas do solo e sua inserção na paisagem também são especialmente importantes, pois podem ser alteradas em relação à quantidade de água que escorre superficialmente e à quantidade de material lixiviado através do perfil de solo. As características do solo quanto ao potencial de retenção de água exercem considerável influência sobre o estado de aeração e sobre o crescimento de microrganismos e de plantas (Larson e Schuman, 1977; Atiyeh *et al.*, 2001). Além das características hidrogeológicas e geomorfológicas, devem ser considerados os aspectos climáticos locais, incluindo dados de precipitação e de intensidade das chuvas, temperatura e evaporação, além do período em que o solo apresenta temperatura compatível com a atividade microbiana. Neste sentido, devem ser cuidadosamente avaliados o grau de magnitude e a probabilidade de ocorrência de condições climáticas extremas (Witty e Flach, 1977).

O tipo de paisagem é outro elemento determinante dos procedimentos de disposição dos resíduos. A paisagem constitui a porção visível da superfície terrestre, podendo ser considerada como o sistema superficial de transporte de materiais, enquanto o solo equivale ao sistema interno (Larson e Schuman, 1977). A conformação do terreno é um aspecto importante da paisagem. Assim, a aptidão de áreas ao recebimento de resíduos está condicionada à interação de várias propriedades do solo e de características do terreno, que são capazes de influenciar as reações, o movimento, o tratamento ou a disposição dos materiais depositados.

A seguir, relacionam-se as principais propriedades físicas e químicas do solo e características do terreno que devem ser observadas nas questões de disposição e aplicação de resíduos. Adicionalmente, citam-se exemplos de associações entre tipos de paisagem e de solos, as quais também devem ser consideradas nestas tomadas de decisão.

### *Propriedades do solo*

Dentre as propriedades químicas do solo, podem ser destacadas as seguintes como mais importantes no processo de avaliação da recepção de resíduos:

- pH: Influencia as reações de adsorção e de precipitação, além dos processos microbiológicos que ocorrem nos solos. Em solos ácidos, o pH pode ser neutralizado com a adição de calcário, visando à obtenção de condições favoráveis ao crescimento bacteriano e à inativação de metais tóxicos (Tedesco, 1995).

- Capacidade de troca catiônica (CTC): Compreende a capacidade do solo em reter espécies catiônicas. Sob o ponto de vista da disposição de resíduos no solo, é desejável uma alta CTC, mas esse parâmetro depende das características mineralógicas do solo, como a natureza e a concentração de minerais na fração argila, de difícil modificação. Entretanto, a CTC pode ser aumentada com o incremento de matéria orgânica e com o aumento de pH em solos com cargas variáveis, o que pode disponibilizar a parcela da CTC correspondente às cargas dependentes de pH (Tedesco, 1995).

- Teor de matéria orgânica: A matéria orgânica humificada do solo caracteriza-se pela alta densidade de carga e pela capacidade de formar complexos solúveis e estáveis com íons metálicos, o que tende a favorecer a contaminação das águas subterrâneas. Por outro lado, a matéria orgânica também pode formar complexos com metais e compostos orgânicos na fase sólida e diminuir sua movimentação ((Tedesco, 1995; Costa *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2012).

- Teores de óxidos de ferro, alumínio e manganês: Estes minerais são capazes de reter diversos metais e moléculas orgânicas, impedindo sua percolação através do perfil do solo e a contaminação das águas subterrâneas (Meurer *et al.*, 2000; Costa *et al.*, 2012).

Quanto às propriedades físicas dos solos receptores de resíduos, podem ser consideradas como mais relevantes a textura, a estrutura, a permeabilidade (ou drenagem interna) e a drenagem externa. Além disso, todas as condições capazes de afetar a atividade microbiana exercem influência sobre o processo de decomposição de resíduos orgânicos. As propriedades físicas dependem dos fatores de formação do solo, do material de origem e da posição do mesmo na paisagem e são dificilmente modificáveis, com exceção da drenagem de solos alagados. Os processos de inativação de resíduos no solo são geralmente mais efetivos em solos argilosos, bem estruturados nos horizontes subsuperficiais, que possibilitam uma boa drenagem e aeração adequadas. Solos impermeáveis ou com excessiva taxa de infiltração, como os arenosos, não são adequados para receber efluentes líquidos contendo metais tóxicos, devido à baixa capacidade de retenção (Tedesco, 1995).

Como exemplos de fatores que podem influenciar as propriedades físicas dos solos mencionam-se os seguintes:

- Profundidade: Influencia o volume de solo disponível para a absorção e atenuação de impactos (Kämpf *et al.*, 2008).

- Textura: É determinada pelos percentuais de areia, silte e argila do solo. A ocorrência de argila na fração coloidal é essencial para a sorção, a retenção e o tamponamento de materiais impactantes (Kämpf *et al.*, 2008; Streck *et al.*, 2008).

- Mineralogia: Apesar da baixa CTC, solos com predominância de argila caulinitica e óxidos de ferro são mais resistentes a impactos ambientais, devido à menor erodibilidade, melhor trafegabilidade e facilidade de manipulação. Por outro lado, os solos ricos em argilas expansivas,

cuja CTC é mais elevada, podem apresentar restrições quanto a possíveis impactos ambientais, devido a processos de expansão e contração, que acabam por prejudicar sua manipulação e a trafegabilidade (Kämpf *et al.*, 2008).

- Gradiente textural: É identificado por um horizonte superficial mais arenoso, com acúmulo considerável de argila no horizonte subsuperficial. Esse fato implica na diminuição da permeabilidade do solo e na formação de lençol freático suspenso, possibilitando a movimentação lateral de soluções e tornando o solo mais suscetível à erosão (Kämpf *et al.*, 2008; Streck *et al.*, 2008).

- Drenagem natural: Fornece indícios sobre a permeabilidade do solo e sobre a possibilidade de contaminação do lençol freático, além da facilidade de tráfego de máquinas e do manejo do solo (Kämpf *et al.*, 2008).

- Posição do lençol freático: Quanto menor a profundidade do lençol, mais aumenta o risco de contaminação das águas subterrâneas (Kämpf *et al.*, 2008; Streck *et al.*, 2008).

- Pedregosidade e rochiosidade: Além de tornar o manejo muitas vezes impraticável, os solos com excesso de pedras e afloramento de rochas possuem baixa capacidade de retenção d'água. Os espaços vazios entre as partículas do solo dificultam a absorção e a incorporação dos contaminantes no perfil (Kämpf *et al.*, 2008; Streck *et al.*, 2008).

- Estrutura: É altamente dependente das propriedades físico-químicas do solo, da quantidade de matéria orgânica e da atividade biológica, que determinam a organização natural da matéria sólida constitutiva dos horizontes do solo. De um modo geral, solos que apresentam maior quantidade de matéria orgânica possuem uma estrutura mais desenvolvida. A estrutura afeta propriedades importantes, como aeração, capacidade de armazenamento de água, infiltração de água e erodibilidade do solo (SANEPAR e PROSAB, 1999; Streck *et al.*, 2008).

### ***Características do terreno***

As principais características do terreno que devem ser consideradas durante o processo de avaliação da aptidão do local pretendido como receptor de resíduos são listadas abaixo.

- Posição na paisagem: Exerce influência sobre os fluxos superficial e subsuperficial da água, podendo propiciar a erosão do solo e o deslocamento lateral de componentes tóxicos presentes nos resíduos.

- Relevo local e declividade: O relevo local corresponde à conformação da superfície do terreno, apresentando declividades variáveis em diferentes posições do terreno. A declividade ideal para o recebimento de resíduos depende das características internas do solo, do tipo de material e da forma de disposição selecionada. Em geral, uma maior declividade do terreno aumenta o risco de erosão, bem como de movimentação do solo e dos resíduos (SANEPAR e PROSAB, 1999; Kämpf *et al.*, 2008)

- Presença e profundidade do lençol freático: Para evitar a contaminação das águas subsuperficiais, as áreas com lençol freático pouco profundo ou acima da superfície não devem ser usadas para disposição ou aplicação de resíduos (Kämpf *et al.*, 2008).

- Suscetibilidade à erosão: É determinada por uma associação de fatores, como textura, gradiente textural, relevo e declividade do terreno, que podem tornar uma área mais suscetível à erosão hídrica, gerando perda do solo e dos resíduos incorporados (Kämpf *et al.*, 2008; Streck *et al.*, 2008).

- Proximidade de leitos de água e de áreas habitadas: Deve-se evitar a disposição de resíduos nesses locais, a fim de amenizar os riscos de contaminação e de incômodos à vizinhança.

- Risco de inundação: As áreas sujeitas à inundação são impróprias à disposição de resíduos, em virtude da possibilidade de contaminação dos recursos hídricos pelos líquidos gerados nos sistemas de aterramento (Gomes e Martins, 2002).

- Aptidão agrícola: As limitações do solo quanto ao uso agrícola geralmente coincidem com suas restrições quanto à aplicação de resíduos (Kämpf *et al.*, 2008).

- Histórico de uso das terras: Deve-se evitar a disposição de resíduos em áreas fisicamente degradadas, principalmente quando o uso agrícola é considerado.

- Geologia: A descrição geológica subsidia o entendimento das interações entre solo, paisagem e hidrologia da área a ser usada para a disposição de resíduos. Estes não devem ser depositados sobre fendas geológicas ou em seu entorno, sob o risco de contaminação das águas subterrâneas.

### *Exemplos de associação entre tipos de paisagem e de solo*

Segundo Larson e Schuman (1977), vários tipos de associações entre a paisagem e o solo podem ser observados quando se considera o uso de um local para a disposição ou aplicação de resíduos:

(i) Paisagem aberta (na qual ocorre escoamento superficial para outras áreas) ou fechada (onde este escoamento não ocorre), com solos profundos e permeáveis: Caso os resíduos sejam aplicados em condições de paisagem aberta e solos profundos e permeáveis, podem ser necessárias providências para limitar o escoamento superficial e o movimento de águas contaminadas até as camadas mais profundas do solo, atingindo o lençol subterrâneo. Por outro lado, solos profundos e permeáveis favorecem a rápida infiltração, disponibilizando um volume de solo superficial mais amplo para a interação com contaminantes. Já uma paisagem fechada, com solos profundos e permeáveis, elimina preocupações quanto à dispersão de contaminantes por escoamento superficial e favorece a percolação de água em profundidade.

(ii) Paisagem aberta ou fechada, com superfície permeável e subsuperfície lentamente permeável: Uma paisagem aberta com superfície permeável e subsuperfície lentamente permeável apresenta riscos adicionais em relação aos solos profundos e permeáveis, ou seja, favorece um aumento do escoamento superficial, uma menor movimentação através do perfil e um incremento do fluxo lateral, acima das camadas menos permeáveis.

(iii) Paisagem aberta ou fechada, com solo lentamente permeável: Normalmente, essas condições são menos favoráveis à opção por altas taxas de disposição de materiais, mas as desvantagens podem ser contornadas com a escolha de resíduos de características apropriadas e com a adoção de práticas corretas de manejo. Para uma paisagem fechada com solo lentamente permeável, o escoamento superficial pode ser coletado no ponto mais baixo da área de drenagem, sendo que o fluxo lateral acima de camadas menos permeáveis também pode ser direcionado para o mesmo local. Esse fato pode constituir uma vantagem, pois as águas interceptadas podem ser mais facilmente conduzidas para os locais de tratamento.

### *Considerações sobre o uso do solo como meio de disposição de resíduos no estado do Rio Grande do Sul*

Nas últimas três décadas, vários estudos foram desenvolvidos no Rio Grande do Sul com o objetivo de avaliar e de utilizar o potencial dos solos do Estado como receptores de resíduos de atividades produtivas, dentre as quais podem ser destacados aqueles realizados nas áreas de petroquímica, curtimento de couros e peles, mineração de carvão, geração térmica de eletricidade e produção animal em confinamento.

Desde o início das operações do Pólo Petroquímico do Sul, em 1982, existe a obrigação legal de disposição dos efluentes na própria área do complexo, proibindo o lançamento direto ou indireto em cursos d'água naturais. Após tratamento primário e secundário, seguido de polimento em uma série de lagoas de estabilização, os efluentes líquidos do Pólo foram sempre dispostos no solo, através de aspersores e de tubulação perfurada. Os resíduos sólidos, após classificação quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente (comuns, inertes ou perigosos), foram dispostos em aterros sanitários, em valas de tratamento e disposição, em tambores ou em fazendas de lodo. Como exemplo, citam-se as lamas de catalisador, confinadas em valas impermeabilizadas, e o lodo ativado resultante do tratamento de efluentes, injetado no solo através da técnica de *land spreading* (Rodrigues, 1997; Rosa, 2008).

De acordo com Sarmiento e Duarte (2008), “os solos onde se inserem essas áreas de aspersão e disposição, situadas na bacia hidrográfica do arroio Bom Jardim, são basicamente do tipo Argissolo Vermelho Amarelo e aluviais. O primeiro tipo corresponde a solos profundos, de cor bruno-avermelhada, arenosos, porosos e bem drenados, com baixos teores de matéria orgânica e nutrientes disponíveis. O material de origem deste solo é o arenito Botucatu e o relevo onde se desenvolveu é ondulado com topos arredondados. Nas depressões e partes mais planas, podem ocorrer inclusões de solos hidromórficos. Os solos aluviais são pouco desenvolvidos e originam-se de sedimentos aluviais estratificados. Localizam-se em áreas de cota mais baixa, em locais invadidos pelas águas do rio Caí durante períodos de cheia”.

Conforme estudos realizados na área do complexo petroquímico, dentre os quais citam-se FEPAM/FINEP (1997 e 2004) e Tedesco *et al.* (2004), além de as condições locais do terreno e do solo serem naturalmente desfavoráveis à disposição de resíduos, as características salinas do efluente aspergido podem ter contribuído, ao longo do tempo, para alterar a estrutura dos solos e reduzir sua capacidade de retenção de contaminantes. No sentido de atenuar o impacto ambiental decorrente da destinação dos resíduos do complexo, foi estimulada a adoção de práticas para diminuir a quantidade de resíduos gerada nos processos produtivos e também para aumentar a vida útil das áreas de aplicação enfocadas como áreas de sacrifício, com ampliação e alternância dos locais de disposição.

Entre os estudos mais recentes elaborados no Rio Grande do Sul, Kray *et al.* (2008) buscaram associar o aproveitamento de resíduos de duas das mais importantes e potencialmente poluidoras atividades produtivas do Estado – o processamento de carvão mineral e o curtimento de couros e peles ao cromo. Os autores avaliaram o efeito da aplicação de resíduos carboníferos e de curtumes sobre plantas de milho e soja cultivadas em um Argissolo Vermelho distrófico típico. Os resultados indicaram que o uso do lodo alcalino de curtume pode contribuir para a neutralização da acidez do solo e constituir uma fonte de nitrogênio para as plantas. Os autores verificaram um baixo grau de translocação de cromo para a parte aérea das plantas e para os grãos, não tendo observado no solo a ocorrência de cromo hexavalente, forma do metal mais tóxica e com maior mobilidade potencial no ambiente.

Considerando a importância do conhecimento das propriedades do solo no processo de tomada de decisões sobre a aplicação de dejetos suínos no meio rural, Kämpf *et al.* (2004) identificaram e mapearam os tipos de solo que ocorrem na microbacia do rio Lajeado Grande (U-30, bacia hidrográfica do rio Uruguai, RS), conforme previsto na implantação do Programa Nacional de Meio Ambiente II (PNMA II). Com base no reconhecimento das propriedades dos solos e características do terreno, os autores realizaram uma avaliação qualitativa do potencial

dos solos como meio receptor dos resíduos, por meio de seu enquadramento em quatro categorias de aptidão – Boa, Regular, Restrita e Inapta. Entre os solos identificados, os latossolos vermelhos geralmente situaram-se na classe de aptidão Boa, por serem profundos e bem drenados, possuírem teores de argila >60% no horizonte A e, normalmente, apresentarem declividade <15%. Os nitossolos vermelhos frequentemente apresentaram teores de argila entre 35-60% no horizonte A e, neste caso, quando situados em declives <8% também revelaram uma aptidão Boa. Entretanto, quando situados em declives de 8-15%, os nitossolos mostraram aptidão Regular, por oferecerem maior risco de erosão e de escorrimento dos dejetos aplicados.

Kämpf *et al.* (2008) descreveram uma proposta de metodologia para classificação dos solos em todo o Estado, no que se refere à resistência a impactos ambientais, decorrentes da disposição final de resíduos. A classificação adotada baseou-se em fatores do solo (profundidade, textura, mineralogia, gradiente textural, drenagem natural, lençol freático, lençol suspenso, erodibilidade, pedregosidade e rochiosidade) e do terreno (relevo local e declividade), selecionados devido à maior relevância para a identificação de potenciais impactos sobre os recursos naturais. Além de um mapa do Rio Grande do Sul, contendo a distribuição espacial genérica das classes de solos quanto à resistência ao impacto ambiental, os autores disponibilizaram um quadro-guia, onde se estabelecem quatro níveis de limitações toleradas para cada fator, o que possibilita o enquadramento do local considerado na classe Alta (A), Média (B), Baixa (C) ou Muito Baixa (D) de resistência. Genericamente, os solos com maior resistência ocorrem com maior frequência na região do Planalto, ao passo que aqueles com menor resistência predominam nas regiões da Campanha, da Serra do Sudeste e do Litoral. O mapa e o quadro-guia resultantes do trabalho de Kämpf *et al.* (2008) constituem ferramentas úteis para uso como referências durante o processo de seleção e também de avaliação de áreas candidatas à disposição ou aplicação de resíduos no solo, durante vistorias para fins de licenciamento ambiental. Subsídios para o desenvolvimento dos trabalhos de Kämpf *et al.* (2004) e Kämpf *et al.* (2008) podem ser encontrados no endereço eletrônico [www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/mapa\\_solos.pdf](http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/mapa_solos.pdf) (FEPAM, 2001).

## Conclusões

Nos últimos anos, o tratamento nos solos de resíduos com potencial poluente tem ganhado projeção, na qualidade de uma alternativa viável ao controle da poluição ambiental. Esse fato deve-se ao conjunto de características físicas, químicas e biológicas do solo, que lhe conferem grande capacidade para conter, diluir, processar e inativar compostos potencialmente tóxicos, além de controlar o desenvolvimento de organismos patogênicos. A disposição de alguns tipos de resíduos no solo pode resultar em maior disponibilidade de nutrientes, favorecendo o crescimento de plantas e o rendimento de culturas agrícolas.

Além da natureza do resíduo, que determina sua periculosidade e o grau de interação com o meio receptor, vários fatores devem ser considerados quando se avalia a possibilidade de utilizar determinada área para disposição ou aplicação de resíduos. É fundamental, entretanto, que o solo apresente propriedades capazes de reduzir os riscos de contaminação ambiental, mantendo os resíduos inertes pelo maior tempo possível. Independentemente do tipo de resíduo e das características da área apta ao seu recebimento, a utilização do material deve ser planejada de forma a evitar o deslocamento para locais adjacentes e a minimizar possíveis riscos à saúde ecológica e humana.

No Rio Grande do Sul, a disposição de resíduos nos solos é praticada há várias décadas, como forma de aumentar a fertilidade dos solos ou de minimizar a contaminação ambiental. Diversos estudos vêm sendo realizados no sentido de aproveitar ou de dispor corretamente os rejeitos dos processos produtivos, de forma a reduzir os potenciais riscos ambientais. Também devem ser ressaltados os esforços empreendidos no sentido de disponibilizar ferramentas de apoio a processos decisórios, no que diz respeito à avaliação do potencial de periculosidade dos resíduos e da aptidão dos solos ao seu recebimento.

## Referências bibliográficas

ATIYEH, R.M. *et al.* Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. **Bioresource Technology**, v. 78, p. 11-20, 2001.

COSTA, C. N. *et al.* Contaminantes e poluentes do solo e do ambiente. In: MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 5.ed. Porto Alegre: Evangraf, 2012. p. 201-241, cap. 8.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER. Programa de Pesquisas Ambientais. **Métodos analíticos de avaliação toxicológica para controle da qualidade ambiental**. Porto Alegre: FEPAM, FINEP/PADCT, 1997. (Relatório de Pesquisas).

\_\_\_\_\_. **Estratégias ecotoxicológicas de avaliação de risco: EcoRISCO**. Porto Alegre: FEPAM, FINEP/PADCT, 2004. (Relatório de Pesquisas).

\_\_\_\_\_. **Mapa de classificação dos solos do Estado do Rio Grande do Sul quanto à resistência a impactos ambientais**. Porto Alegre: 2001. 13 p. (não publicado). Relatório final de consultoria elaborado por Nestor Kämpf. Mapa em meio digital.

GOMES, L. P.; MARTINS, F. B. **Projeto, implantação e operação de aterros sustentáveis de resíduos sólidos urbanos para municípios de pequeno porte**. S.l.: 2002. Disponível em: [www.ens.ufsc.br/labs/Livro%20Prosab/cap03.doc](http://www.ens.ufsc.br/labs/Livro%20Prosab/cap03.doc). Acesso: set. 2012.

KÄMPF, N.; GIASSON, E; STRECK, E. V. Levantamento pedológico e análise qualitativa do potencial de uso dos solos para o descarte de dejetos suínos da microbacia do Lajeado Grande. **Relatório final** [do] Programa Nacional do Meio Ambiente II – PNMAII. Porto Alegre: Programa Nacional do Meio Ambiente II – PNMAII, 2004.

KÄMPF, N. *et al.* Metodologia para classificação de solos quanto à resistência a impactos ambientais decorrentes da disposição final de resíduos. **FEPAM em Revista**, v. 2, n. 1, p. 11-17, 2008.

KRAY, C. H. *et al.* and coal mining waste disposal on soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2877-2882, 2008.

KRIEGER, E. I. F. *et al.* Diagnóstico da disposição final de resíduos sólidos urbanos gerados no estado do Rio Grande do Sul. **FEPAM em Revista**, v. 3, n. 2, p. 26-33, 2010.

LARSON, W. E.; SCHUMAN, G. E. Problems and needs for high utilization rates of wastes. In: ELLIOT, L. F. *et al.* (Ed.). **Soils for management of organic wastes and waste waters**. Madison: SSSA/ASA/CSSA, 1977. p. 591-595.

MEURER, E. J.; BISSANI, C. A.; SELBACH, P. A. Poluentes do solo e do ambiente. In: MEURER, E. J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p. 151-167, cap. 8.

O'LEARY, P.R.; CANTER, L.; ROBINSON, W.D. Land disposal. In: ROBINSON, W.D. (ed.). **The solid waste handbook**, New York: Wiley, 1986. p. 259-376, cap. 11.

QUADRO, M. S. **Crescimento de plantas e modificações de propriedades do solo após várias aplicações de resíduos de curtume e carbonífero**. 2008. 178 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

RODRIGUES, M. L. K. **Diagnóstico da poluição por elementos-traço no sedimento da bacia hidrográfica do rio Caí, RS.** Porto Alegre: UFRGS, 1997. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. 124p.

ROSA, M. E. S. Principais fontes poluidoras da região. In: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER. Estratégias ecotoxicológicas para avaliação de risco aplicadas à bacia hidrográfica do rio Caí. **Atlas ambiental.** Porto Alegre: FEPAM, 2008. p. 12.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ: PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO; FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura.** Curitiba: SANEPAR/PROSAB-FINEP, 1999. 98 p. Relatório técnico.

SARMENTO, E. C.; DUARTE, G. F. Descrição do meio físico da bacia hidrográfica do arroio Bom Jardim. In: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER. Estratégias ecotoxicológicas para avaliação de risco aplicadas à bacia hidrográfica do rio Caí. **Atlas ambiental.** Porto Alegre: FEPAM, 2008. p. 18.

SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O.; CERETTA, C. A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo.** 5. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2012. p. 61-86, cap. 3.

STRECK, E. D. *et al.* **Solos do Rio Grande do Sul,** 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222 p.

TEDESCO, M. J. Uso do solo para descarte de resíduos. In: GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; TEDESCO, M. J. (Ed.) **Princípios de fertilidade de solo.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Departamento de Solos, 1995, p. 223-238, cap. 17.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; GIASSON, E. **Avaliação do sistema de disposição final no solo de efluente líquido produzido pelo SITEL/CORSAN.** Relatório técnico de consultoria para CSD (Geoclock) Ltda. Porto Alegre, 2004b. 34 p.

WITTY, J. E.; FLACH, K. W. Site selection as related to utilization and disposal of organic wastes. In: ELLIOT, L. F. *et al.* (Ed.) **Soils for management of organic wastes and waste waters.** Madison: SSSA/ASA/CSSA, 1977. p. 326-345.

# relato de experiência

## Programa de Pesquisas Ambientais da FEPAM completa vinte anos

Vera Maria Ferrão Vargas

Programa de Pesquisas Ambientais, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique L. Roessler (FEPAM), Porto Alegre, RS, Brasil.

Autor correspondente: V.M.F. Vargas, Programa de Pesquisas Ambientais, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique L. Roessler (FEPAM), Avenida Salvador França, 1707, CEP 90690-000 Porto Alegre, RS, Brasil. Tel.:+555133346765. E-mail: vera.vargas@pesquisador.cnpq.br, ecorisco@fepam.rs.gov.br

Em 1992, a FEPAM foi contemplada com o primeiro lugar em dois editais nacionais de fomento à pesquisa, ligados ao Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT) e patrocinados pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). Este fato foi o desencadeador da criação Institucional do Programa de Pesquisas Ambientais (PPA), congregando e sistematizando uma atividade já em desenvolvimento na FEPAM em diferentes setores.

Assim, em conformidade com suas atribuições legais, a Instituição passou a incentivar o desenvolvimento de pesquisas em áreas consideradas de atuação prioritária, buscando novas estratégias para o controle da qualidade ambiental, bem como para o conhecimento dos efeitos da poluição em ecossistemas e seus reflexos na saúde da população. Esta abordagem integrada e multidisciplinar envolve diferentes aspectos da realidade, como variáveis sociais, econômicas, físicas, químicas, biológicas e de saúde pública. O desenvolvimento do Programa PPA na FEPAM, desde 1992, vem contribuindo com o avanço no conhecimento científico, buscando a seleção e o desenvolvimento de metodologias e processos de avaliação ambiental.

A implementação de bolsas de Iniciação Científica na FEPAM, através da criação do PIBIC/FEPAM (Programa de Iniciação Científica), em 2004, dentro dos objetivos do Programa de Pesquisa Institucional, vem contribuindo com o desenvolvimento dos grupos de pesquisa, trazendo dinamismo às atividades e ampliando a sua capacidade de atuação. Dentro do PIBIC/FEPAM, a Instituição tem incentivado a participação de estudantes em suas atividades, abrangendo recursos de diferentes fontes, como o PROBIC/FAPERGS (iniciado em maio de 2003), o PIBIC/CNPq, as cotas de bolsas dirigidas aos pesquisadores (CNPq, FAPERGS, anteriores a 2003), as verbas especiais para bolsas de pesquisa vinculadas a projetos de pesquisa e os recursos institucionais aplicados a contratos especiais com Fundações.

As atividades em pesquisa têm contribuído decisivamente na formação de recursos humanos em diferentes níveis a partir da iniciação científica de graduandos. Merece destaque o credenciamento de pesquisadores institucionais em cursos de pós-graduação nas Universidades do Rio Grande do Sul, atuando na orientação de mestrados, doutorados e pós-doutorados, em diferentes sub-áreas do conhecimento envolvidas com a problemática ambiental.

O PPA na FEPAM contempla, atualmente, seis grupos e 22 linhas de pesquisa, certificados pela Instituição, detalhados no Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil – CNPq:

- **Grupo 1:** Ecotoxicologia: Genética Toxicológica (Linhas: Mutagenicidade ambiental utilizando microorganismos; Epidemiologia genética aplicada a estudos ecotoxicológicos; Modulação do efeito de amostras complexas). Coordenação: Vera Maria Ferrão Vargas
- **Grupo 2:** Ecotoxicologia Biológica e Química (Linhas: Biotoxicologia aquática; Ecotoxicologia química; Estratégias de controle de áreas de risco). Coordenação: Vera Maria Ferrão Vargas/Nara Regina Terra.
- **Grupo 3:** Biomonitoramento e Citogenética Ambiental (Linhas: Avaliação de amostras ambientais por análise citogenética *in vitro*; Avaliação de danos citogenéticos na biota; Bioensaios

com organismos aquáticos; Caracterização biológica do ambiente). Coordenação: Clarice Torres de Lemos/Nara Regina Terra.

• **Grupo 4:** Geoquímica Ambiental (Linhas: Análise de traços - Química ambiental; Geoquímica ambiental; Qualidade do ar; Qualidade dos recursos hídricos; Sensoriamento remoto; Estatística aplicada ao meio ambiente). Coordenação: Elba Calesso Teixeira/ Maria Lucia Kolowski Rodrigues.

• **Grupo 5:** Geoquímica Ambiental Associada a Sensoriamento Remoto (Linhas: Biogeoquímica/ Geobotânica; Geoquímica ambiental; Geoquímica do intemperismo; Sensoriamento remoto; Geoprocessamento aplicado à análise ambiental). Coordenação: Maria Heloisa Degrazia Pestana.

• **Grupo 6:** Química Ambiental (Linha: Qualidade ambiental de recursos hídricos). Coordenação: Maria Lucia Kolowski Rodrigues.

Além dos pesquisadores líderes de grupos de pesquisa, outros técnicos da FEPAM participam das atividades, de acordo com a especialidade e as áreas dos projetos em desenvolvimento, incluindo os coordenadores dos projetos na orientação de graduandos no PIBIC/FEPAM. Fazem parte também do Programa os bolsistas de graduação, graduados, pós-graduandos e alunos em pós-doc, ligados aos diferentes projetos em andamento.

Com o objetivo de cumprir essas atribuições, o Programa possui como finalidades:

- Coordenar, elaborar e executar os projetos de pesquisa de interesse da FEPAM.
- Buscar recursos financeiros e/ou humanos junto a agências de fomento à pesquisa (FAPERGS, CNPq, FINEP, IBAMA, entre outros), além da própria FEPAM.
- Realizar e manter convênios com outras instituições nacionais e internacionais, como Centros de Pesquisa, Órgãos de Proteção Ambiental e Universidades, visando implementar o desenvolvimento dos projetos de pesquisa e a formação de recursos humanos em nível de graduação e pós-graduação.
- Elaborar publicações técnico-científicas resultantes dos projetos de pesquisa.
- Prestar assessoria aos demais departamentos da FEPAM.
- Desenvolver e otimizar técnicas de amostragem, de determinação de parâmetros analíticos e de análise de dados ambientais, visando a seleção e a padronização de metodologias ambientais, a normatização de procedimentos inovadores e o desenvolvimento de ferramentas de gestão ambiental.

Como resultado das atividades desenvolvidas nos projetos de pesquisa, tem sido possível a estruturação de diagnósticos de áreas ambientais frágeis, a criação de resoluções, normas e padrões para fiscalização e licenciamento, além da implementação de metodologias para estratégias de controle, planejamento, análise de projetos e avaliações de estudos de impacto ambiental.

O conhecimento adquirido é disseminado institucionalmente, através da participação dos pesquisadores em grupos de trabalho especializados na FEPAM, para atender a demandas específicas de licenciamento ou de avaliação da qualidade ambiental relacionadas aos estudos realizados.

Deve ser destacado o aporte financeiro com verbas a fundo perdido obtidas em agências de fomento, as quais permitem a aquisição de novos equipamentos e materiais permanentes, além de insumos e verbas de serviço, ampliando o orçamento institucional. Da mesma forma, o credenciamento da FEPAM como instituição de pesquisa no CNPq garante o direito à importação direta de bens e insumos.

As características multidisciplinares e multi-institucionais dos projetos em desenvolvimento propiciam a formação em diferentes áreas do conhecimento científico. Permitem ainda ao estudante uma visão integrada do trabalho, onde os objetivos de pesquisa em

cada área do conhecimento contribuem para diagnósticos ambientais complexos. Portanto, o Programa complementa a formação de recursos humanos que estão sendo preparados para o mercado, proporcionando a eles uma visão holística do ambiente e ampliando o intercâmbio da FEPAM com as diferentes Universidades.

A Instituição tem priorizado o avanço no conhecimento científico aplicado à solução de problemas ambientais nas áreas de Ciências Biológicas, Ciências Exatas e da Terra, Engenharias e Ciências Humanas, mais especificamente em Genética, Mutagênese, Genética Médica, Zoologia Aplicada, Ecologia, Ecologia de Ecossistemas, Ecologia Aplicada, Ecotoxicologia, Saúde Ambiental, Físico-Química Orgânica e Inorgânica, Análise de Traços e Química Ambiental, Geoquímica, Geoecologia, Controle Ambiental, Recursos Hídricos, Águas Subterrâneas e Poços Profundos, Estudo e Caracterização de Efluentes Industriais, Qualidade do Ar, das Águas e do Solo, Controle da Poluição, Legislação Ambiental e Educação Ambiental.

Na implementação do Programa, a Instituição fornece apoio logístico administrativo e financeiro para o desenvolvimento dos projetos de pesquisa de forma parcial, para a organização da Jornada de Iniciação Científica - Meio Ambiente, realizada com frequência anual, para a participação de seus pesquisadores em congressos nacionais e internacionais. Além disso, incentiva a publicação de trabalhos na Revista da FEPAM e fomenta a publicação de trabalhos científicos em revistas nacionais e internacionais.

Os produtos gerados no âmbito do Programa de Pesquisas Ambientais permitiram os seguintes avanços:

- Credenciamento para importação direta via CNPq.
- Estabelecimento de convênios inter-institucionais: UFRGS, PUCRS, FFFCMPA.
- Aquisição de bens permanentes, equipamentos nacionais e importados, para viabilizar a implementação dos Laboratórios Institucionais e para implementar novas metodologias de trabalho; aquisição de três carros e de materiais de consumo.
- Elaboração de diagnósticos ambientais.
- Implementação de metodologias de análise e de estratégias de abordagem integradas.
- Obtenção de subsídios para implementação de legislação ambiental.
- Obtenção de subsídios para a elaboração de estudos de impacto ambiental.
- Publicações em revistas científicas / livros / capítulos de livros / atlas.
- Publicações em congressos.
- Elaboração de relatórios técnicos.
- Formação de recursos humanos institucionais.
- Promoção em consultorias nacionais e internacionais.
- Realização de visitas e cursos no país e no exterior.
- Desenvolvimento de programas de estágios de Iniciação Científica, Nível Médio e Nível Superior.
- Credenciamento de pesquisadores da FEPAM em cursos de pós-graduação, com orientações de Monografias de Aperfeiçoamento, Dissertações de Mestrado, Teses de Doutorado e formação em Pós-doutorado.

- Representação externa, como na organização dos Centros de Pesquisas do Rio Grande do Sul e na participação em sociedades científicas e comitês científicos da FAPERGS.

Desta forma, o Programa tem fornecido subsídios às atividades fins da FEPAM, contribuído decisivamente na formação de recursos humanos em diferentes níveis e favorecido o desenvolvimento de projetos de pesquisas inseridos na realidade regional, com objetivos claros de implementação científica na solução de questões ambientais em áreas prioritárias no Rio Grande do Sul.

# Relato de evento

## Relato sobre a VIII Jornada de Iniciação Científica: Meio Ambiente - FEPAM/FZBRS

Katia Helena Lipp-Nissinen, Coordenadora da Comissão Científica da VIII JIC pela FEPAM, Programa de Pesquisas Ambientais, FEPAM, Rua Carlos Chagas, 55, sala804B, Porto Alegre, RS, CEP 90.030-020, e-mail [katiahn@fepam.rs.gov.br](mailto:katiahn@fepam.rs.gov.br)

A oitava edição da Jornada de Iniciação Científica – Meio Ambiente (JIC) realizou-se entre os dias 21 e 24 de agosto de 2012, nas dependências do Museu de Ciências Naturais e do Jardim Botânico, em Porto Alegre. A JIC é uma promoção conjunta da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler (FEPAM) e da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (FZBRS) que vem sendo realizada anualmente desde 2005, tendo como objetivos: a valorização da iniciação científica (IC) nas



atividades de pesquisa; a promoção da divulgação dos trabalhos de IC realizados nas instituições de pesquisa e ensino do Estado; o estímulo ao acompanhamento e à avaliação dos trabalhos, especialmente dos bolsistas dos programas institucionais com apoio financeiro da FAPERGS e do CNPq; bem como a integração e a troca de informações entre alunos em formação e pesquisadores.

Bolsistas de IC envolvidos em atividade de pesquisa dentro dos programas institucionais, sob a orientação de um professor/pesquisador, e estagiários desenvolvendo trabalhos complementares à sua formação acadêmica participaram do evento, apresentando os resultados parciais ou finais de suas pesquisas. Assim como nas jornadas anteriores, a VIII JIC conseguiu congrega um significativo número de jovens pesquisadores e profissionais vinculados à FEPAM e à FZBRS, bem como originários de outras 12 instituições de pesquisa e ensino do Estado: FEEVALE, FEPAGRO, IFRS, PUCRS, UFRGS, ULBRA, UNIFRA, UNIJUÍ, UNISINOS, UNIVATES, UPF e URI. Todos os 123 resumos inscritos foram submetidos à apreciação da Comissão Científica da Jornada para a seleção prévia dos trabalhos. As apresentações foram distribuídas em 17 sessões temáticas, correspondentes a diferentes áreas e subáreas do conhecimento. A FEPAM, através de seus bolsistas e estagiários ligados ao CNPq, FAPERGS e FDRH, foi representada por 29 trabalhos. A análise dos trabalhos durante a JIC foi feita por bancas examinadoras, integradas por especialistas nas várias áreas temáticas do evento. Em cada sessão, a banca elegeu um destaque dentre as apresentações, os quais são listados a seguir.

Botânica/Ecologia Vegetal I: **Luíz Fernando Esser** - O gênero *Brasilonema* (Cyanobacteria, Nostocales) na área de proteção ambiental do Ibirapuitã, Rio Grande do Sul, Brasil. Orientador: Vera Regina Werner.

Botânica/Ecologia Vegetal II: **Letícia dos Santos Machado** - Levantamento florístico de pteridófitas do Parque Estadual de Itapeva, Torres, RS. Orientador: Rosana Moreno Senna.

Ecologia/Zoologia de Invertebrados I: **Juliana Schmidt da Silva** - Galhas no tempo: *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) e seus sete morfotipos associados. Orientador: Milton de Souza Mendonça Jr.

Ecologia/Zoologia Invertebrados II: **Ilana Rossi Hack** - Nova espécie de *Geoplaninae* (Platyhelminthes: Tricladida) ocorrente no Parque Nacional dos Aparados da Serra, Rio Grande do Sul, Brasil. Orientador: Ana Maria Leal-Zanchet.

Ecologia/Zoologia de Invertebrados III: **Patrícia E. S. Rodrigues** - Estudo taxonômico de *Spirostreptida* (Myriapoda: Diplopoda) no sul do Brasil. Orientador: Ricardo Ott.

Ecologia/Zoologia Invertebrados IV: **Tatiana P. Ruschel** - Raio de ação de armadilhas à base de feromônio sexual para monitoramento de *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) em pomares de pessegueiros. Orientador: Luiza R. Redaelli.

Ecologia/Zoologia Vertebrados: **Carolina L. de Castilhos** - Aspectos reprodutivos e populacionais de *Cyanocharax itaimbe* do arroio Molha Coco, bacia do rio Mampituba, SC, Brasil. Orientador: Marco A. Azevedo.

Ecotoxicologia: **Juliana S. Lemchen** - Uso de diferentes pós-inertes no controle de *Sitophilus zeamais* em grão de milho. Orientador: Rafael Gomes Dionello.

Educação Ambiental: **Débora Ferlin** - Avaliação da intenção de participação da população do Município de Marau, RS, na coleta de óleo de cozinha usado para produção de biodiesel. Orientador: Clóvia Marozzin Mistura.

Engenharia Ambiental: **Graciela Schönardie** - Reciclagem de componentes poliméricos de celulares descartados utilizando processos mecânicos para emprego em laminados da área calçadista. Orientador: Eduardo Luis Schneider.

Geoquímica Ambiental: **Camila Dalla Porto Matiuzzi** - Determinação das principais fontes emissoras de HPA's na região Metropolitana de Porto Alegre utilizando modelo receptor Positive Matrix Factorization. Orientador: Elba Calessio Teixeira.

Genética Toxicológica: **Juliana Marzari Rossato** - Mutagênese de extratos orgânicos de material particulado MP<sub>2,5</sub> em área de referência para poluição atmosférica. Orientador: Vera Maria Ferrão Vargas.

Gestão Ambiental: **Shaiene Vieira Figueira** - Avaliação da qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Ijuí (RS) para o apoio ao processo de enquadramento. Orientadores: Maria Lucia Kolowski Rodrigues/Ana Lúcia Mastrascusa Rodrigues.

Microbiologia I: **Thaís Fontana** - Comparação da eficiência de coagulantes dos tipos inorgânico e orgânico na remoção de coliformes e adenovírus de amostras de esgoto doméstico. Orientador: Fernando Rosado Spilki.

Microbiologia II: **Marina Bortoluzzi** - Marcadores microbiológicos na avaliação da qualidade da água de propriedades rurais nas cidades de Riozinho e Rolante, RS. Orientador: Sabrina Esteves de M. Almeida.

Paleontologia: **Débora Hanich** - Traversodontidae (Synapsida, Eucynodontia), Triássico Superior do Rio Grande do Sul. Orientador: Ana Maria Ribeiro.

Química Ambiental: **Camila Cerveira** - Avaliação de metais em peixes do trecho inferior do rio dos Sinos, RS. Orientador: Maria Lucia Kolowski Rodrigues.

A Comissão Científica contou com a valiosa contribuição de mais de 45 avaliadores científicos, muitos desses pesquisadores e professores de instituições de ensino e pesquisa da Região Metropolitana, como UFRGS, PUCRS, IFIRS, FEEVALE, UERGS e UNISINOS, os quais gentilmente aceitaram o convite para enriquecer os debates. As comissões internas de trabalho, voltadas para a organização e execução da VIII JIC, contaram com mais de 60 servidores das duas Fundações. Mais de uma dezena de alunos de IC e de pós-graduação prestaram auxílio como monitores voluntários durante o evento.

Nesta edição, com foco em ações de sustentabilidade, a JIC inovou, substituindo os pôsteres convencionais de 90 X 40 cm, por minipôsteres impressos em papel sulfite tamanho A3, sem plastificação e sem suportes. Como usual, o evento também esteve aberto à participação do público interessado.

Buscando proporcionar temas atuais e que despertam a curiosidade e o interesse de estudantes e profissionais, os organizadores trouxeram para a sessão de abertura da VIII JIC a mesa-redonda “Pesquisas Científicas na Antártica: conhecimentos e desafios”. Na ocasião, as contribuições dos pesquisadores Francisco Eliseu Aquino (UFRGS), Larissa Rosa de Oliveira (UNISINOS) e Adriano Afonso Spielmann (UFMS) brindaram a todos com diferentes abordagens sobre os importantes e desafiantes estudos realizados no grande continente gelado. A Dra. Larissa, especialista em Ecologia e Genética Molecular de mamíferos aquáticos, apresentou uma visão bastante interessante sobre as condições de permanência e os estudos realizados nas estações e acampamentos científicos brasileiros na Antártica. Com foco na audiência de alunos - pesquisadores em formação, a palestra incluiu detalhes sobre os treinamentos prévios e a preparação psicológica para estadia em condições adversas e de confinamento. A Dra. Larissa discorreu também sobre o trabalho de seu grupo de pesquisa, voltado à conservação de elefantes marinhos na região Subantártica e Litoral Atlântico do continente Sulamericano. O Dr. Adriano, especialista em taxonomia de líquens, teceu importantes associações entre as mudanças climáticas globais e a ocorrência e distribuição desse grupo na Antártica. O pesquisador enfatizou que, embora haja uma escassez da flora em um ambiente tão árido, existe uma grande diversidade de espécies indicadoras de alterações ambientais, como são os líquens e musgos. Um painel sobre as condições influenciadoras do clima antártico e das suas mudanças associadas às interferências antrópicas nos demais continentes, principalmente no Brasil, foi apresentado pelo Prof. Francisco. O climatologista fez também um histórico da atuação do Brasil na Antártica e na Estação Comandante Ferraz, destruída por um incêndio neste ano. Seguiu-se a isso um debate entre os pesquisadores e a plateia.

Os resumos dos trabalhos da VIII JIC estão publicados no livro de resumos impresso e no CD-ROM, respectivamente disponíveis na Biblioteca e no *website* da FEPAM.



## Zoneamento ambiental para implantação de parques eólicos no RS será concluído em 2013

A Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler (FEPAM) e o Sindicato da Indústria de Energia Eólica do Rio Grande do Sul (Sindieólica-RS) assinaram em 14 de novembro o Termo de Cooperação Técnica para a Conclusão do Zoneamento Ambiental para Implantação de Parques Eólicos no Rio Grande do Sul. “É um passo importante do governo. Além de diversificar a matriz energética, a assinatura do Termo proporcionará acesso à energia a um número maior de gaúchos”, comentou o diretor-presidente da FEPAM, Carlos Fernando Niedersberg. “Quanto à questão ambiental, o RS entra de forma mais intensa na política de geração de energias limpas”, concluiu. O presidente também comentou que os investimentos projetados em novas usinas eólicas somam R\$ 1,7 bilhões para o RS no período 2011-2013 e que, considerando as condições naturais favoráveis, esse montante deve aumentar. O presidente do Sindieólica-RS, Ricardo Rosito, em sua manifestação durante a assinatura, considerou a importância do projeto e agradeceu a parceria da FEPAM. Participaram do evento autoridades, lideranças e empresários do setor.



### *Zoneamento ambiental para implantação de parques eólicos*

O Termo tem como objetivo a conclusão, num prazo de 12 meses, do Zoneamento Ambiental para a Implantação de Parques Eólicos no RS. O Zoneamento deve definir as áreas possíveis de licenciamento com ou sem restrições, a partir da identificação das principais fragilidades dos meios físico, biótico e antrópico, nas áreas de maior potencial eólico, indicadas no Atlas Eólico do estado do RS.

O trabalho resultará em relatórios parciais e final, que contemplarão os estudos realizados. Nesses documentos, serão apresentados detalhes da base teórica e da metodologia utilizada, além

das análises efetuadas e dos resultados obtidos. O relatório final contará com textos e mapas contendo os diversos planos de informações, que deverão compor uma publicação considerando os meios biótico, físico e antrópico, bem como um mapa síntese por região estudada.

A FEPAM, através do Departamento de Qualidade Ambiental (DQA), coordenará os trabalhos e garantirá apoio logístico para a execução das atividades que couberem aos seus técnicos, bem como acesso aos processos e à documentação técnica relacionada ao assunto.

# Departamento de Qualidade Ambiental realiza encontros técnicos

O Departamento de Qualidade Ambiental (DQA) da FEPAM vem realizando, uma vez por mês, palestras técnicas que integram o Projeto Encontros Técnicos FEPAM/UERGS: Ambiente, Estado e Sociedade, promovido por convênio entre ambas as instituições. Esse projeto de extensão abrange um conjunto de doze palestras, cada uma seguida de debate sobre o tema abordado. Os debates têm como objetivo principal a troca de experiências e o aprofundamento de temas que envolvam questões ambientais em evidência no estado do Rio Grande do Sul. Os encontros técnicos, que já estão na sua décima segunda edição, têm reunido em torno de 50 pessoas em cada evento.

Os temas debatidos nos Encontros Técnicos realizados em 2012 foram:

- A lei da Mata Atlântica (lei 11.428/06) e sua aplicação na área do licenciamento ambiental
- O profissional da área de licenciamento ambiental: que técnico queremos?
- Impactos ambientais e as fontes de energia renováveis: pequenas centrais hidrelétricas
- Impactos ambientais e as fontes de energia renováveis: parques eólicos e suas linhas de transmissão
- A geodiversidade do estado do Rio Grande do Sul
- Energia solar e as demandas de energia renovável no Rio Grande do Sul
- O novo Código Florestal Brasileiro: aplicações e implicações legais
- O patrimônio natural do Bioma Pampa: riscos e oportunidades para o desenvolvimento sustentável
- Destinação de óleos lubrificantes: logística reversa
- Plano de Ação Nacional/PAN para a conservação dos peixes anuais/ICMBio e suas implicações no licenciamento ambiental: estudo de caso no Rio Grande do Sul
- Espeleologia e licenciamento ambiental
- Modelo espacial de análise da fragilidade ambiental como ferramenta suporte às estratégias de planejamento e gestão do território.

O grupo responsável pela produção dos encontros é formado pelos técnicos Biólogo Clebes Brum Pinheiro, Geólogo Glaucus Vinicius Biasetto Ribeiro e Biólogo João Carlos Dotto (FEPAM), Biólogo Luís Fernando Perelló (SEMA) e Químico Marcelo Christoff (UERGS), contando ainda com a participação das estagiárias Sabrina Vidal (acadêmica de Engenharia Ambiental) e Fernanda Maia Justo (acadêmica de Biologia).

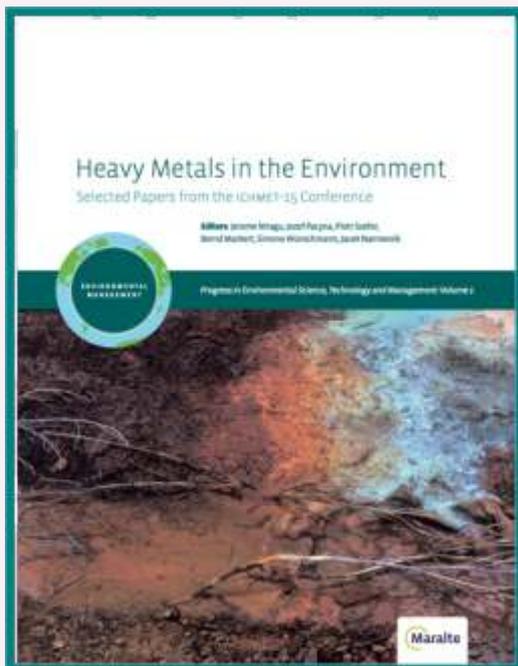
“Os encontros superaram as nossas expectativas. Já constatamos que as discussões de alto nível impactaram diretamente a rotina de nossos técnicos”, enfatizou Clebes Brum Pinheiro, chefe do DQA e um dos idealizadores do evento.

Ao final dos encontros realizados em 2012, será editada uma publicação especial, reunindo os temas abordados.



# bibliografia comentada

**HEAVY METALS IN THE ENVIRONMENT: Selected papers from the ICHMET-15 Conference.** Nriagu, J. *et al.* (Ed.). Voorschoten, The Netherlands: Maralte, 2012. (Progress in Environmental Science, Technology and Management). 376 p.



A Conferência Internacional sobre Metais Pesados no Meio Ambiente (ICHMET) é um evento bienal que trata do problema da poluição ambiental, numa perspectiva integrada e atual da pesquisa, tecnologia e gestão ambiental destes elementos, em um contexto transdisciplinar. A XV ICHMET ocorreu de 19 a 23 de setembro de 2010, na Universidade de Tecnologia de Gdansk, na Polônia, e gerou uma publicação com 32 artigos selecionados, que fornecem uma visão sobre pesquisas em desenvolvimento e sobre soluções propostas para tratar da ameaça dos metais pesados aos ecossistemas e à saúde humana. A FEPAM está representada no capítulo 25, com um trabalho sobre rotas ambientais de dispersão de arsênio a partir de uma área contaminada por preservantes de madeira, realizado no âmbito de dois projetos institucionais subsidiados pelo CNPq: “Estratégias ecotoxicológicas para caracterizar áreas contaminadas como medida de risco à saúde populacional” e “Abordagem ecotoxicológica para caracterizar rotas de exposição ecológica e humana por veiculação hídrica a partir de áreas contaminadas”. O estudo foi elaborado por pesquisadores da instituição e de universidades do Estado, contando com o apoio de um grupo de

alunos vinculados a programas institucionais de iniciação científica e de estágio. O livro deve interessar a todos aqueles que se preocupam com as dimensões globais e regionais da contaminação por metais pesados no ambiente.

► Capítulo 25 - Environmental pathways of arsenic dispersion from a former wood treatment facility. Autores: Maria Lucia Kolowski Rodrigues (FEPAM), Debora Karine Koller (UFRGS, PIBIC FEPAM/CNPq), Jovana Bavaresco (FEPAM/CNPq), Mauro Tessari (UFRGS, PIBIC FEPAM/CNPq), Ismael Luis Schneider (UFRGS, FEPAM/FDRH), Drusko da Cunha Covcevic (UFRGS, PIBIC FEPAM/CNPq), Jucelaine Poletti (UFRGS, FEPAM/FDRH), Jean Paolo Gomes Minella (UFSM), Eliana Casco Sarmento (UFRGS), Vera Maria Ferrão Vargas (FEPAM). p 297-310. DOI: [10.5645/b.2.25](https://doi.org/10.5645/b.2.25).

## Normas para apresentação de trabalhos Informações gerais

A Revista recebe contribuições de textos dentro das seguintes categorias de seções: Artigo Técnico, Revisão de Literatura, 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.

### 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 à qual está(ão) vinculado(s).
- 1.4- No caso de trabalho elaborado por vários autores, designar o autor principal para envio de correspondência, com endereço postal completo, telefone, fax e e-mail.
- 1.5 - O autor principal é responsável por certificar-se de que todos os co-autores do manuscrito tenham aprovado a versão final do mesmo. Uma carta de encaminhamento do artigo deverá ser assinada por todos os autores, consentindo na publicação do trabalho, indicando seu número de CPF.
- 1.6 - É também responsabilidade do autor principal assegurar que os trabalhos tenham sido previamente aprovados pela(s) instituição(ões) de origem, quando houver.
- 1.7 - Todo o apoio e financiamento por instituições de fomento deverão ser citados.
- 1.8 - A FEPAM em Revista não se responsabiliza por incorreções no conteúdo científico do trabalho, sendo os autores responsáveis pelo mesmo.
- 1.9- Os trabalhos submetidos deverão ser inéditos e não deverão ter sido, simultaneamente, submetidos a qualquer outro periódico. No caso de desistência da publicação por parte dos autores, durante o processo de avaliação, essa deverá ser comunicada por escrito à Comissão Editorial. Após o recebimento dessa comunicação, será enviada uma confirmação de recebimento aos autores, encerrando-se, assim, o processo de avaliação da submissão.
- 1.10- Os autores concordam em ceder os direitos autorais dos conteúdos publicados à FEPAM em Revista.
- 1.11- Os títulos e subtítulos deverão estar em negrito e ter apenas a primeira letra da primeira palavra em maiúscula.
- 1.12- 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.
- 1.13- Palavras estrangeiras deverão ser citadas em itálico. Nomes científicos de espécies e substâncias químicas, bem como unidades de pesos e medidas, deverão obedecer às regras e padrões internacionais de nomenclatura.
- 1.14- As referências bibliográficas deverão estar de acordo com a NBR-6023 da ABNT, disponível na Biblioteca da FEPAM.
- 1.15 - Os editores reservam-se o direito de fazer adaptações na forma do texto, para manter a uniformidade da revista.
- 1.16- Os trabalhos deverão ser encaminhados em 01 (uma) via impressa em papel não timbrado e em meio digital, por CD-ROM ou por e-mail, para o endereço abaixo:

Comissão Editorial - FEPAM  
Rua Carlos Chagas, 55, Térreo  
CEP 90030-020 - Porto Alegre - RS  
e-mail: [comissaeditorial@fepam.rs.gov.br](mailto:comissaeditorial@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 que possam melhor auxiliar na 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 sequencial 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- Notícias Gerais: Texto livre, objetivo e conciso, com cerca de 600 palavras e título, contendo informações precisas, com todas as indicações e referências necessárias à divulgação. O nome, a instituição e o e-mail do colaborador deverão ser citados no final do texto.
- 3.3- 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.
- 3.4- 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.
- 3.5- 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.
- 3.6- Almanaque Ambiental: Poesias e acrósticos poderão ter, no máximo, 25 linhas; ilustrações e desenhos deverão ser entregues conforme item 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 este espaço na rede eletrônica da FEPAM: [www.fepam.rs.gov.br/fepamemrevista/](http://www.fepam.rs.gov.br/fepamemrevista/).

Informações sobre as funções, estrutura organizacional,  
procedimentos e documentos da FEPAM podem ser acessadas  
em [www.fepam.rs.gov.br](http://www.fepam.rs.gov.br)

**PORTO ALEGRE**

**SEDE:**

Rua Carlos Chagas, nº 55 - 5º andar - Centro  
Porto Alegre - RS - Brasil CEP: 90030-020.  
Fone (pabx): (51) 3288-9400  
Fax: (51) 3288-9423

**Central de Atendimento ao Público**  
Térreo do Edifício Sede  
Fone: (51) 3288-9428 e 3288-9434  
Horário de atendimento: 09:00 - 12:00 h e 14:00 -  
16:45 h

**SEAMB - Serviço de Emergências Ambientais**  
Fone: (51) 3288-9457  
Fone exclusivo para emergências ambientais:  
(51) 9982-7840  
E-mail: [emergencia@fepam.rs.gov.br](mailto:emergencia@fepam.rs.gov.br)

**LABORATÓRIOS:**

**DLAB - Divisão de Biologia e Serviço de Amostragem**  
Rua Salvador França, 1707 - Jardim Botânico  
Porto Alegre - RS - CEP: 90690-000  
Divisão de Biologia - Fone: (51) 3334-4583  
Serviço de Amostragem - Fone: (51) 3381-1599

**DLAB - Divisão de Química**  
Rua Aurélio Porto, 37 - Partenon  
Porto Alegre - RS - CEP: 90620-090  
Fone: (51) 3226-5633

**GERÊNCIAS REGIONAIS**

**Gerência Regional Metropolitana**  
Rua Carlos Chagas, nº 55 - 5º andar - Centro  
Porto Alegre - RS - Brasil CEP: 90030-020  
Fone (pabx): (51) 3288-9400  
Fax: (51) 3288-9423  
E-mail: [faleconosco@fepam.rs.gov.br](mailto:faleconosco@fepam.rs.gov.br)

**Gerência Regional da Campanha**  
Rua David Canabarro, nº 165  
Alegrete - RS - CEP: 97542-180  
Fone: (55) 3422-6028  
E-mail: [regional.alegrete@fepam.rs.gov.br](mailto:regional.alegrete@fepam.rs.gov.br)

**Gerência Regional do Litoral Norte**  
Rua São João, nº 819  
Tramandaí - RS - CEP: 95590-000  
Fone: (51) 3661-1685  
E-mail: [regional.litoralnorte@fepam.rs.gov.br](mailto:regional.litoralnorte@fepam.rs.gov.br)

**Gerência Regional de Santa Cruz do Sul**  
Av. João Pessoa, nº 199  
Santa Cruz do Sul - RS - CEP: 96815-770  
Fone: (51) 3711-6655  
E-mail: [santacruzdosul@fepam.rs.gov.br](mailto:santacruzdosul@fepam.rs.gov.br)

**Gerência Regional Serra**  
Rua Alfredo Chaves, nº 998  
Caxias do Sul - RS - CEP: 95020-460  
Fone: (54) 32148401  
Fax: (54) 3221-1296  
E-mail: [regional.caxias@fepam.rs.gov.br](mailto:regional.caxias@fepam.rs.gov.br)

**Gerência Regional Sul em Rio Grande**  
Rua Marechal Floriano, nº 5 - 3º Andar  
Rio Grande - RS - CEP: 96200-380  
Fone: (53) 3232-9777  
E-mail: [regional.riogrande@fepam.rs.gov.br](mailto:regional.riogrande@fepam.rs.gov.br)

**Gerência Regional Sul em Pelotas**  
Rua Barão de Santa Tecla, nº 469 - Sala 1  
Pelotas - RS - CEP: 96010-140  
Fone: (53) 3222-9172  
E-mail: [pelotas@fepam.rs.gov.br](mailto:pelotas@fepam.rs.gov.br)

**Gerência Regional Central**  
Rua Roque Calage, nº 08 - 3º Andar  
Condomínio Edifício Roque Calage  
Santa Maria - RS - CEP: 97010-580  
Fone: (55) 3222-1648 e (55) 3225-3131  
E-mail: [regional.santamaria@fepam.rs.gov.br](mailto:regional.santamaria@fepam.rs.gov.br)

**Gerência Regional Noroeste**  
Rua Armando Roos Haag, nº 44  
Santa Rosa - RS - CEP: 98900-000  
Fone: (55) 3512-6573 e (55) 3511-3624  
E-mail: [regional.santarosa@fepam.rs.gov.br](mailto:regional.santarosa@fepam.rs.gov.br)

**Gerência Regional do Planalto**  
Rua 15 de Novembro, nº 318  
Passo Fundo - RS - CEP: 99010-090  
Fone: (54) 3313-5393 Fax: (54) 3312-1641  
E-mail: [agpafu-defap@sema.rs.gov.br](mailto:agpafu-defap@sema.rs.gov.br)

- Artigos** 04 **Biomonitoramento da qualidade do ar com uso de líquens na cidade de Porto Alegre, RS, Brasil**
- 13 **Sistematização e análise dos questionamentos referentes ao licenciamento ambiental municipal no Rio Grande do Sul, Brasil, atendidos pelo Programa de Assessoramento Municipal da FEPAM/RS - período de 2006 a 2011**
- Revisão de Literatura** 23 **O solo como receptor de resíduos para disposição e para uso agrícola**
- Relato de Experiência** 33 **Programa de Pesquisas Ambientais da FEPAM completa vinte anos**
- Relato de eventos** 36 **Relato sobre a VIII Jornada de Iniciação Científica: Meio Ambiente - FEPAM/FZBRS**
- Notícias** 39
- Bibliografia comentada** 41