



# fepam em revista

Revista da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler

VOLUME 11 • 2017



Fundação Estadual de Proteção Ambiental  
Henrique Luis Roessler - RS

**Diretor-Presidente**

Ana Maria Pellini

**Diretor Técnico**

Gabriel Simioni Ritter

**Diretor Administrativo**

Almir Azeredo Ramos Junior

**FEPAM em Revista v.11, n.1 e 2, 2017**

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** Kátia Helena Lipp Nissinen

**Secretária** Sílvia Maria Jungblut

Lilian Maria Waquil Ferraro

Nina Rosa Rodrigues

**Revisores/Parecerista ad hoc desta edição**

Antônio D. Benetti (IPH-UFRGS); Matheus S. Civeira (PPG3M-UFRGS); Raquel Pretto (DQPG, FEPAM);  
Sidnei Luís da Cruz Zomer (MPF); Teresinha Guerra (Ecologia-UFRGS)

**Projeto gráfico original**

Letraria

**Diagramação**

Manuela Kanan

**Endereço Eletrônico**

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

**Endereço para Correspondência**

FEPAM em Revista - Coordenação da Comissão Editorial  
Rua Borges de Medeiros, 261, sala1008, DPLAB, FEPAM, Porto Alegre – RS- CEP 90020-021 - Brasil  
*e-mail*: [comissaoeditorial@fepam.rs.gov.br](mailto:comissaoeditorial@fepam.rs.gov.br) - Fone: (51) 3288-9534

**Capa**

Surpresas da primavera no Jardim Botânico da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul.  
Fotografia de Sílvia Maria Jungblut

**Publicação indexada internacionalmente por CAB ABSTRACTS.**

**Classificação no Sistema Qualis de Periódicos CAPES.**

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

## Sumário

|   |    |
|---|----|
| <b>EDITORIAL</b> .....  | 4  |
| <b>ARTIGOS</b> .....  | 5  |
| <b>Becker, F. G. et al.</b> Síntese da avaliação ambiental regional na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas para fins de licenciamento de empreendimentos hidrelétricos.....   | 5  |
| <b>Dutra, B. K. e Vargas, V. M. F.</b> <i>Pinus taeda</i> na região dos Campos de Cima da Serra do Rio Grande do Sul: uma revisão sobre alterações biológicas.....  | 26 |
| <b>Silva, I. A. et al.</b> Contribuição para termos de referência de Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) por mineração de pedras preciosas a céu-aberto: um estudo de caso em Salto do Jacuí, Rio Grande do Sul (RS), Brasil ..... | 33 |
| <b>Dorneles, N. A. et al.</b> Avaliação da influência da carga orgânica e de nutrientes na qualidade das águas em porção da margem leste do lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil.....   | 58 |
| <b>RELATO DE EVENTO</b> .....   | 73 |
| <b>Soares, M.F.</b> Participação da FEPAM no 2º Ensaio de Proficiência por Comparação Interlaboratorial da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais.....  | 73 |
| <b>NORMAS PARA PUBLICAÇÃO</b> .....   | 77 |

# Editorial

Cumprindo seu papel de disseminar informações e de embasar um entendimento mais consistente no que tange à temática ambiental, este número de *FEPAM em Revista* apresenta quatro artigos e um relato de evento, que, certamente, irão enriquecer o conhecimento de seus leitores. Refletem o trabalho realizado por colegas, na FEPAM, em diferentes frentes, e também o de colaboradores externos. Demonstrando, assim, esforços na busca de melhores ações e envolvimento nas questões de preservação e proteção ambiental de nosso Estado.

O estudo *Síntese da Avaliação Ambiental Regional na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas para fins de Licenciamento de Empreendimentos Hidrelétricos*, estabelece alvos e metas de conservação da biodiversidade e, a partir de um diagnóstico ambiental que incluiu nove fatores de pressão ambiental, propõe diretrizes para orientar conservação, gestão e licenciamento ambiental.

O artigo de revisão *Pinus taeda na região dos Campos de Cima da Serra do Rio Grande do Sul: uma revisão sobre alterações biológicas* relata estudos sobre efeitos nocivos ao ambiente natural de compostos fenólicos, com potencial alelopático e mutagênico, liberados em plantações desta espécie exótica.

No artigo *Contribuição para termos de referência de Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) por mineração de pedras preciosas a céu-aberto: um estudo de caso em Salto do Jacuí, Rio Grande do Sul (RS), Brasil*, são recomendados métodos eficazes e de baixo custo, com ênfase em restauração ecológica e técnicas de bioengenharia, para a recuperação de áreas de garimpo de ágata e similares no RS.

*Avaliação da influência da carga orgânica e de nutrientes na qualidade das águas da margem leste do lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil* apresenta a interpretação de análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, após um episódio de alteração de sabor e odor incomuns da água, e o seu enquadramento na legislação de recursos hídricos vigente.

O relato de evento *Participação da FEPAM no 2º Ensaio de Proficiência por Comparação Interlaboratorial da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais* relata sobre oficina realizada em Brasília, DF, dentro do Programa Nacional de Qualidade da Água, visando subsidiar os agentes tomadores de decisão, através da padronização e de informações sobre coletas e análises laboratoriais.

Desejamos a todos uma ótima leitura.

**Comissão Editorial da FEPAM**

# ARTIGOS

## Síntese da Avaliação Ambiental Regional na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas para fins de Licenciamento de Empreendimentos Hidrelétricos

Fernando Gertum Becker<sup>1</sup>, Maria Dolores Pineda<sup>2,\*</sup>, Luis Fernando Carvalho Perelló<sup>3</sup>, Sílvia Mara Pagel<sup>2</sup>, Glaucus Vinicius Biasetto Ribeiro<sup>2</sup>, Enio Henriques Leite<sup>2</sup>, Eduardo Antonio Audibert<sup>4</sup>, Demétrio L. Guadagnin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, Cx. Postal 15007, CEP 91501970, Porto Alegre, RS, Brasil; e-mails: fgbecker@ufrgs.br; dlguadagnin@gmail.com.

<sup>2</sup>Divisão de Planejamento, Qualidade Ambiental e Geoprocessamento, <sup>3</sup>Diretoria Técnica, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler, Av. Borges de Medeiros, n° 261, CEP 90020021, Porto Alegre, RS, Brasil; e-mails: \*dolores-pineda@fepam.rs.gov.br; perello@fepam.rs.gov.br; silvia-pagel@fepam.rs.gov.br; glaucus-ribeiro@fepam.rs.gov.br.

<sup>4</sup>Fato Pesquisa Social e Mercadológica, e-mail: fato@fatopesquisa.com.br.

\*Autora para Correspondência.

---

### RESUMO

O acúmulo de empreendimentos em uma bacia hidrográfica tem consequências ambientais regionais que não podem ser estimadas somente com base em avaliações ambientais sobre cada empreendimento individual. Por essa razão, avaliações ambientais regionais são necessárias, visando orientar a gestão ambiental e a conservação da biodiversidade. Este trabalho apresenta uma síntese da avaliação ambiental da bacia do rio Taquari-Antas (Rio Grande do Sul, Brasil), cujo objetivo foi produzir orientações para conservação da biodiversidade, gestão e licenciamento ambiental, com ênfase em empreendimentos hidrelétricos. Foram estabelecidos alvos e metas de conservação e, a partir de um diagnóstico ambiental que incluiu 9 (nove) fatores de pressão ambiental, foram propostas diretrizes para conservação e licenciamento ambiental. A avaliação foi realizada sobre informação espacializada e com apoio de Sistema de Informações Geográficas/SIG. Como resultado da avaliação, foram definidas 8 (oito) Zonas de Alta Criticidade Ambiental e 12 (doze) Atrativos Turísticos do Meio Natural, cuja conservação é essencial para a qualidade ambiental e a conservação da biodiversidade na bacia. Foram ainda propostas diversas diretrizes para conservação e gestão ambiental (incluindo licenciamento). Embora a avaliação tenha sido realizada com ênfase em empreendimentos hidrelétricos, os resultados podem ser aplicados à gestão ambiental da bacia, independentemente do tipo de empreendimento ou atividade.

**Palavras-chave:** barragens, impacto ambiental, planejamento ambiental, zoneamento.

### Regional environmental assessment synthesis of the Taquari-Antas Hydrographic Basin for licensing of hydroelectric projects

### ABSTRACT

The increasing number of activities in a watershed results in environmental consequences that cannot be properly evaluated only from project-specific environmental assessments. Therefore, regional environmental assessments are necessary for adequate environmental management and biodiversity

conservation. In this work we present a summary of the regional environmental assessment of the Taquari-Antas river basin (Rio Grande do Sul, Brazil), which aimed to produce recommendations for biodiversity conservation, environmental management and licensing of hydroelectric projects. Conservation targets and aims were set and a regional environmental diagnostics was obtained based on nine factors of environmental pressure. Based on the targets, aims and on the diagnostics, we defined directives for environmental management, licensing and conservation. The whole assessment was based on analysis made on geographical information systems. The results include the definition of eight Zones of High Environmental Concern and twelve Tourist Attractions Natural Habitats, which represent areas that are essential for regional biodiversity conservation and environmental quality. Several directives for conservation, environmental management and licensing were proposed. Although this regional assessment has emphasized hydroelectric projects, most of the results are useful for general environmental policy and management in the Taquari-Antas basin, independently of the type of activity or project.

**Keywords:** dams, environmental impact, environmental planning, power plants .

---

## Introdução

A bacia do rio Taquari-Antas, desde a realização do inventário do seu potencial hidrelétrico (CEEE, 1993), vem sofrendo uma progressiva pressão pelo licenciamento ambiental de empreendimentos hidrelétricos. Previamente à década de 1990, havia na bacia apenas barragens destinadas ao abastecimento de água e pequenas turbinas de geração hidrelétrica. Atualmente estão em operação, ou em implantação, na bacia mais de 40 unidades hidrelétricas sendo que as estimativas do número potencial de hidrelétricas variam entre 56 (CEEE, 1993) e 120 aproveitamentos (dados compilados junto à FEPAM e à ANEEL até novembro de 2015). A maioria dos empreendimentos hidrelétricos existentes é composta por Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCH (empreendimentos com potência instalada entre 1 e 30 MW). Existem ainda três Usinas Hidrelétricas – UHE (com potência superior a 30 MW) e algumas Centrais Hidrelétricas – CGH (com potência inferior a 01 MW).

O atual número de empreendimentos implantados e em implantação na bacia do rio Taquari-Antas, bem como o crescente número de novos inventários, representa uma situação cujos impactos ambientais são de avaliação complexa. Nestes casos se requer uma avaliação ambiental integrada, instrumento de gestão ambiental cujo foco é a análise do conjunto de empreendimentos previstos para a bacia. Embora o impacto ambiental de pequenos empreendimentos hidrelétricos possa ser eventualmente pequeno quando examinado caso a caso, o conjunto dos empreendimentos passa a ter impactos cumulativos relevantes e abrangentes (SPALING & SMIT, 1993),

---

<sup>1</sup>Este número é estimado, pois novos pedidos de licenciamento e inventário são solicitados em fluxo contínuo junto à FEPAM e ANEEL.

especialmente sobre os ecossistemas aquáticos e o regime hidrológico da bacia.

Para que o licenciamento ambiental seja efetivo é necessário que o mesmo se submeta a um planejamento ambiental regional e que esteja integrado a outros instrumentos de gestão. Somente desta maneira fica garantida a análise dos impactos em um contexto mais amplo de gestão que considera a bacia hidrográfica em detrimento de avaliações caso a caso.

O órgão licenciador estadual no Rio Grande do Sul, a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – FEPAM, vem utilizando essa abordagem desde 2001 através da avaliação ambiental estratégica da bacia (FEPAM, 2001). A partir do crescente número de novos inventários, alterações de projetos e produção de novos dados ambientais para a bacia, verificou-se a necessidade de uma revisão e ampliação da área do estudo realizado em 2001. Ficou assim garantido o aporte de diretrizes atualizadas para o licenciamento e gestão ambiental na bacia do rio Taquari-Antas. O número e localização dos empreendimentos possíveis em uma bacia hidrográfica muda continuamente em função da constante proposição de novos aproveitamentos hidrelétricos. Por isso, a estratégia de avaliação ambiental não deve ficar restrita a um arranjo específico de empreendimentos, uma vez que a cada alteração de arranjo haveria mudança nas características dos impactos e, portanto, nas implicações para o licenciamento. Por essa razão, no presente estudo sobre a bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas o alvo da avaliação não foi um conjunto particular de empreendimentos, mas um conjunto de características ambientais importantes na bacia, visando estabelecer orientações ao licenciamento e à gestão ambiental com objetivo de protegê-las ou conservá-las. Foi realizada uma avaliação ambiental regional, considerando fatores de pressão ambiental já estabelecidos e diretrizes gerais para a bacia, incluindo também diretrizes particularmente enfocadas em aproveitamentos hidrelétricos.

A conservação da biodiversidade, da geodiversidade, dos recursos naturais e da qualidade ambiental é um dos múltiplos usos da bacia e também fator condicionante para todos os usos. Paisagens bem conservadas proverão melhores condições para a vida humana em geral, a qual depende direta e indiretamente da natureza, da disponibilidade e qualidade de recursos naturais (como água, solos, fauna e flora) e de serviços ambientais, como por exemplo, pescado, água para abastecimento, formação de solo, turismo e lazer, proteção contra erosão e ciclagem de nutrientes (LANDSBERG et al., 2011). É apresentada aqui uma síntese com os principais resultados da “Avaliação Ambiental Regional na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas” (BECKER et al., 2012), particularmente no que tange à definição de Zonas de Alta Criticidade Ambiental e das principais diretrizes para conservação da qualidade ambiental e biodiversidade da bacia.

Este estudo teve por objetivo realizar uma avaliação ambiental regional da bacia do rio Taquari-Antas, identificando os aspectos importantes para conservação e os principais fatores de pressão ambiental, especialmente os decorrentes do potencial hidrelétrico da bacia. A ênfase da avaliação e das recomendações é feita no contexto de atualização da análise dos impactos regionais potenciais de múltiplos barramentos de rios na bacia Taquari-Antas sobre a biodiversidade e usos antrópicos (FEPAM, 2001). Os resultados obtidos podem ser aplicados à gestão ambiental da bacia, independentemente do tipo de empreendimento ou atividade em questão.

### Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas está situada na região nordeste do Rio Grande do Sul, sendo uma das principais formadoras da Região Hidrográfica do Guaíba (bacia G40<sup>2</sup>), a qual constitui uma das ecorregiões aquáticas mundiais reconhecidas por Abell *et al.* (2008). A bacia do Taquari-Antas apresenta uma drenagem de ordem 7<sup>3</sup> (STRAHLER, 1957;) e possui uma área total de cerca de 26.470 km<sup>2</sup>. O principal rio da bacia Taquari-Antas é denominado rio das Antas nos cursos médio e superior e Taquari no trecho inferior. As nascentes situam-se numa região de planalto, com altitudes variando de 800 a 1200 m, a partir de onde os rios descem a Serra Geral por vales profundos até as terras baixas formadas por depósitos aluviais, com altitudes entre 20 e 100 m de altitude. A extensão total do canal principal do rio Taquari-Antas, desde as cabeceiras até a foz no rio Jacuí, é de cerca de 400 km, com uma vazão média anual de 606 m<sup>3</sup>/s (DRH/SEMA, 2007).

Essa bacia hidrográfica é historicamente afetada por atividades industriais, agrícolas e urbanas, embora existam ainda diversas áreas remanescentes de Floresta Atlântica e de Campos pouco modificados. No início dos anos 2000, o barramento de rios para geração de energia hidrelétrica tornou-se uma causa adicional de modificação ambiental na bacia. Ao final de 2011, havia 36 unidades hidrelétricas na bacia, sendo a maior parte com capacidade entre 1 MW e 130 MW. Na porção inferior do rio Taquari há também a Eclusa de Bom Retiro, que pode ser considerado o primeiro obstáculo a ser transposto por peixes migradores na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas.

---

<sup>2</sup>A bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas integra a **Região Hidrográfica do Lago Guaíba**. Esta é formada pelas bacias da porção norte e central do Estado que drenam para o Lago Guaíba, o qual também foi subdividido em uma bacia individualizada (G80); as bacias que drenam para o lago são: Gravataí (G10), Sinos (G20), Caí (G30) e Baixo Jacuí (G70); outras bacias drenam para o Baixo Jacuí, são elas: Alto Jacuí (G50), Taquari-Antas (G40), Pardo (G90), Vacacaí e Vacacaí-Mirim (G60). O exutório de toda esta bacia é a Laguna dos Patos. Fonte: [http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/regioes\\_hidro.asp](http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/regioes_hidro.asp)

<sup>3</sup> Rede hidrográfica mapeada em escala 1:250.000.



## Métodos

Foi adotada uma abordagem onde primeiramente são definidos alvos e metas (Quadro 1) de conservação, os quais servem para orientar a realização de um diagnóstico regional e a proposição das diretrizes ambientais para a bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas. Neste estudo, não foram avaliados impactos potenciais de empreendimentos específicos, mas sim a importância ambiental de diferentes subunidades hidrográficas da bacia e o grau de pressão ambiental existente sobre essas subunidades. Dessa forma, qualquer novo empreendimento a ser proposto na bacia poderá ser avaliado preliminarmente, a partir das características de importância ambiental da região onde haja a pretensão de instalar a atividade.

A avaliação foi realizada com base em um diagnóstico dos aspectos mais importantes relativos aos alvos e metas, em nível de subunidade hidrográfica, de modo que a *importância ambiental* de cada subunidade pode ser caracterizada no contexto de toda a bacia do rio Taquari-Antas. Na sua maior parte os alvos correspondem a tipos de habitats. A conservação dos alvos pode ser uma finalidade em si mesma, mas também pode ser compreendida como um meio para uma finalidade mais abrangente e difusa (“guarda-chuva”), ou seja, a conservação dos alvos (habitats) permite indiretamente a conservação de diversos componentes ambientais a eles associados, mas não diretamente avaliados. Por exemplo, a conservação de grandes fragmentos florestais e de mosaicos bem conectados, é essencial para conservação de espécies de plantas, especialmente aquelas típicas de ambientes florestais interiores e bem desenvolvidos; ao mesmo tempo, permite a conservação de mamíferos, aves e outros organismos associados a esses tipos de habitat ou que dependem de grandes extensões florestais para manter suas populações.

Para realizar a avaliação, foi utilizada em algumas etapas deste trabalho a abordagem de Avaliação Multicritério – AMC (MOFFEET & SARKAR, 2005). Esta abordagem permitiu gerar resultados sintéticos para conjuntos de critérios de avaliação que se referem a um mesmo indicador mais abrangente de avaliação. Em uma AMC são estabelecidos os objetivos da análise, um conjunto de alternativas possíveis para cada objetivo e um conjunto de critérios. O objetivo geral consiste em gerar uma ou mais alternativas que podem ser hierarquizadas. Os objetivos não requerem uma descrição formal (MARGULES & SARKAR, 2007), e no presente estudo consistem em estabelecer um zoneamento interno da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas considerando:

Importância Ambiental (IA): importância dos aspectos analisados para fins de conservação da biodiversidade e qualidade ambiental. Por

exemplo, uma região com fragmentos grandes de floresta ou atrativos turísticos reconhecidos possui elevada importância ambiental.

Pressão Ambiental (PA): foram considerados nove fatores de pressão (Quadro 2), representativos de diferentes aspectos ambientais na bacia.

Os graus de Importância Ambiental (IA) e Pressão Ambiental (PA) de uma dada porção da bacia são fundamentados em um conjunto de critérios definidos em cada aspecto analisado. Dessa forma, cada porção da bacia pode ser analisada em função dos valores dos critérios. A valoração, para todos os critérios, foi padronizada em uma escala de valores variando de 0 (mínimo) a 255 (máximo), utilizada na execução das rotinas de análise multicritério, implementadas no *software* Idrisi Taiga (EASTMAN, 2009).

**Quadro 1** - Alvos e metas para avaliação ambiental da bacia do rio Taquari-Antas. Cada meta pode contemplar mais de um dos alvos.

| <i>Alvos</i>   | <i>Metas</i>   |
|--|--|
| Rios livres  | Minimizar a perda de representatividade de biorregião e habitats aquáticos na área de estudo.  |
| Subunidades hidrográficas íntegras   | Não perder grandes fragmentos de habitat. Essa meta refere-se à perda total dos fragmentos, uma vez que são poucos os remanescentes na bacia.  |
| Cabeceiras das subunidades hidrográficas   | No caso de fragmentos florestais ou campestres são especialmente importantes os bem conectados, com áreas núcleo grandes e com menor efeito de borda.  |
| Habitats terrestres  | Minimizar a perda de área de grandes fragmentos de habitat. Essa meta refere-se à possibilidade dos grandes fragmentos de habitat (sejam aquáticos ou terrestres) sofrerem impacto apenas parcial, afetando sua integridade por proximidade a fontes de impacto ou pela perda parcial de área.   |
| Habitats aquáticos   | Minimizar perda conectividade entre áreas de importância (entre fragmentos de vegetação nativa ou da rede hidrográfica).   |
| Espécies endêmicas de peixes   | Não perder habitats únicos.  |
| Espécies migratórias de peixes   | Minimizar perda de habitat de espécies endêmicas, especialmente aquelas de endemismo extremo.  |
| Espécies raras e endêmicas associadas aos habitats de corredeira de rios de médio e grande porte | Não perder habitats de espécies de peixes migradoras.<br>Priorizar habitats importantes e/ou com maior grau de fragilidade e/ou vulnerabilidade.   |
| Espécies da flora e fauna associadas a fisionomias florestais                                    | Minimizar impactos sobre atrativos turísticos e evitar perda de atrativos únicos ou consolidados.<br>Minimizar impactos sobre qualidade de água.   |
| Espécies da flora e fauna associadas a fisionomias de campo                                      | Minimizar impactos na zona de cabeceiras.<br>Minimizar o número de rios e riachos confluindo diretamente para o reservatório (priorizar situações em que confluam para trechos remanescentes de rio livre).  |
| Atrativos turísticos do meio natural   | Priorizar regiões ótimas, especialmente aquelas que se encontrarem em situação de maior vulnerabilidade.<br>Em caso de intervenções que gerem fragmentação (seja no meio aquático ou terrestre), maximizar o tamanho dos fragmentos restantes. Deve-se analisar o custo benefício de gerar poucos fragmentos grandes em relação a vários pequenos, embora geralmente seja recomendável a primeira opção. |

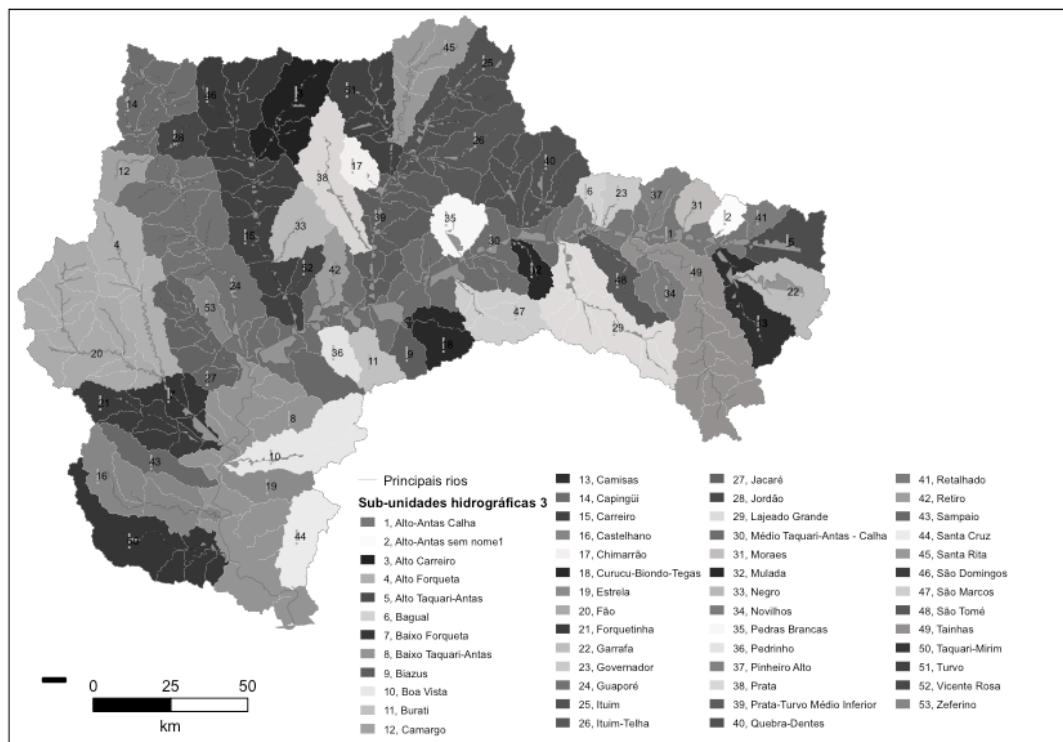
**Quadro 2** - Fatores de pressão ambiental utilizados na análise da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas.

| <b>Fator de pressão ambiental</b>  | <b>Descrição</b>  | <b>Observação</b>   |
|--|---|---|
| % de área urbana na subunidade hidrográfica  | Área urbana/área da subunidade hidrográfica.  | Com base na área urbana (MMA/PROBIO, 2007)  |
| % agricultura na subunidade hidrográfica   | Área agrícola/área da subunidade hidrográfica   | Com base na área agrícola (MMA/PROBIO, 2007)  |
| % uso misto na subunidade hidrográfica   | Área de uso misto/área da subunidade hidrográfica   | Com base na área de uso agrícola misto (MMA/PROBIO, 2007). Agricultura em pequenas propriedades, mosaico de pequenas lavouras, pastagem, pomares e fragmentos florestais e campestres |
| % silvicultura na subunidade hidrográfica  | Área de silvicultura/área da subunidade hidrográfica  | Dados de área urbana (MMA/PROBIO, 2007)   |
| Índice de criação animal (porcos e aves) na subunidade hidrográfica                    | Número de empreendimentos licenciados/área da subunidade hidrográfica (em km <sup>2</sup> ) | Banco de informações ambientais da FEPAM (09/2011)  |
| Índice de atividade industrial na subunidade hidrográfica                              | Número de empreendimentos licenciados/área da subunidade hidrográfica (em km <sup>2</sup> ) | Banco de informações ambientais da FEPAM (09/2011)  |
| Densidade viária na subunidade hidrográfica  | Número de pixels de estradas/área total da bacia  | Malha viária (HASENACK & WEBER, 2010)   |
| Índice mineração na subunidade hidrográfica (número licenças ou área/km <sup>2</sup> ) | Número de empreendimentos licenciados/área da subunidade hidrográfica (em km <sup>2</sup> ) | Banco de informações ambientais da FEPAM (09/2011) Não foram considerados empreendimentos relacionados à extração de água mineral   |
| Índice de barramentos na subunidade hidrográfica                                       | Número de empreendimentos em LI ou LO/área da subunidade                                    |   |

Para interpretação e uso no processo de gestão e tomada de decisão, os resultados das análises multicritério podem ser visualizados e espacializados utilizando uma sobreposição com diferentes subdivisões hidrográficas da bacia. Para o presente relatório, as análises foram realizadas sobre uma subdivisão hidrográfica refinada (subdivisão hidrográfica nível 4). Porém a interpretação e formulação das diretrizes foram sintetizadas conforme a subdivisão hidrográfica nível 3 (Figura 1). Adicionalmente, foi realizada uma avaliação da zona de cabeceiras, de modo a sintetizar sua importância e criticidade ambiental. A *criticidade ambiental* foi definida neste estudo como sendo uma condição de elevada importância ambiental, cuja conservação é essencial para que a qualidade ambiental da bacia e a conservação da biodiversidade sejam alcançadas.

A consolidação dos resultados foi realizada por meio de uma síntese geral das diretrizes para a Bacia e para as principais sub-bacias de interesse para aproveitamento do seu potencial hidrelétrico, e da definição de Zonas de Alta Criticidade Ambiental.

Para fins de comparação entre subunidades hidrográficas e entre critérios, os valores de cada critério foram convertidos em uma escala comum (do valor de menor importância ao de maior importância). Em cada critério, o maior refinamento espacial de análise de importância foi dado pela subdivisão hidrográfica nível 4, enquanto que a interpretação, como mencionado anteriormente, foi realizada conforme o refinamento nível 2 ou nível 3.



**Figura 1** - Subdivisão hidrográfica da bacia, mostrando os principais trechos do rio Taquari-Antas e seus maiores tributários (subunidades hidrográficas nível 3).

## **Resultados**

### **Zonas de Alta Criticidade Ambiental e Atrativos Turísticos do Meio Natural**

As Zonas de Alta Criticidade Ambiental (Figura 2) correspondem às áreas da bacia que foram avaliadas como de mais alta prioridade para salvaguarda ambiental, tendo sido definidas a partir dos Fatores de Importância Ambiental (IA) e dos Fatores de Pressão Ambiental (PA) utilizados no diagnóstico da bacia e pelas metas e diretrizes de proteção ambiental definidas pelo órgão ambiental do Estado.

#### **1 - Trecho do médio rio Turvo-Prata**

Rio Turvo, no trecho de 12 km, limitado a jusante pelo limite do reservatório da PCH da Ilha e alcançando pelo menos 1 km a montante da foz do arroio Primavera.

A conservação deste trecho visa assegurar extensões livres de cursos d'água suficientes para a manutenção das populações de espécies de peixes lóticos residentes assim como da biota aquática associada, de espécies de plantas associadas às calhas de rios de maior porte. Corresponde ao trecho situado à jusante da confluência dos rios Turvo e Ituim, originalmente até a confluência com o rio das Antas. Atualmente, resta livre apenas o trecho que vai até o limite do reservatório da PCH Ilha.

Destaca-se que esse trecho contém remanescentes florestais do baixo rio Ituim e do baixo rio da Prata. Além de constituírem uma extensa área de hábitat florestal, estes remanescentes representam parte de um sistema regional de grande conectividade florestal na bacia do rio Taquari-Antas, apresentando alta importância para conectividade desse sistema. Essa área corresponde ainda a uma zona núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.

#### **2 - Trecho do médio rio das Antas**

Trata-se de um trecho de rio importante para conservação de hábitat para espécies lóticas de peixes residentes e outros organismos aquáticos, além de espécies de plantas associadas às calhas de rios de maior porte. Este trecho abrange cerca de 90 km do rio das Antas, além do vale e encostas associadas. Situa-se aproximadamente entre o final do reservatório da PCH Castro Alves, a jusante, e a PCH Serra dos Cavalinhos II, a montante. Esta parcela do rio das Antas representa o último trecho de rio de grande porte, livre de intervenções na bacia do rio das Antas, já tendo sido considerado trecho "livre de aproveitamento hidrelétrico" em 2001 (FEPAM, 2001). Naquele trabalho já havia sido identificado que o trecho a jusante sofreu os efeitos

resultantes da implantação do Complexo Energético Rio das Antas – CERAN, composto pelas usinas hidrelétricas Castro Alves, Monte Claro e 14 de Julho.

Ali está representado um conjunto de habitats lóticos únicos na bacia, cujas comunidades da biota aquática não se encontrarão replicadas estruturalmente em outros trechos, mesmo em bacias com porções de rio livre também consideradas de alta criticidade ambiental, como o médio-baixo rio Guaporé, rio Tainhas e médio rio Ituim-Prata. Embora o índice de endemismo não seja elevado, há espécies que tendem a ocorrer somente nos habitats ali existentes – corredeiras alternadas e vales encaixados, com leito rochoso. Outros habitats semelhantes na bacia já foram alagados pelos reservatórios do Complexo CERAN, à jusante, ou o serão pelo reservatório da PCH Serra dos Cavalinhos II, à montante. Além disso, a partir de resultados de Luz-Agostinho *et al.* (2010), observa-se que mais de um terço das espécies tem os trechos remanescentes de rio e riachos como seus principais locais de reprodução (a atividade reprodutiva é nula ou incipiente nos reservatórios). Esse aspecto demonstra a importância da manutenção de trechos lóticos de rio, especialmente se estiverem conectados com riachos tributários.

Destaca-se ainda que a bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, comparativamente com outras sub-bacias do Sistema do rio Jacuí que drenam a encosta sul do Planalto, situa-se em condição menos degradada em termos de cobertura vegetal, sendo esse aspecto especialmente válido para a área de drenagem à montante do trecho aqui indicado. Logo, este trecho, além de extenso (90 km), possivelmente apresenta maior integridade ambiental, uma vez que reúne os menores níveis de pressão ambiental em praticamente todos os fatores aqui analisados. Adicionalmente, o trecho inclui remanescentes florestais avaliados como de alta importância para conservação, tanto por suas características estruturais, como pelo papel de constituinte de um sistema de alta conectividade florestal. A importância desse trecho da bacia para conservação já havia sido reconhecida anteriormente ao presente estudo, pois se trata de zona núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, além de figurar como de “Muito Alta Prioridade” para conservação no estudo “Áreas Prioritárias da Mata Atlântica” (MMA, 2007). Adicionalmente, o estudo específico da bacia do rio Taquari-Antas para hierarquização de importância das Áreas Prioritárias para conservação, realizado por Bourscheid (2011), classificou as áreas M021 e M023 (que incluem o trecho médio do rio das Antas, aqui indicado) com a mais alta pontuação dentre todas as áreas prioritárias da bacia.

Esse trecho apresenta características importantes para conservação da biota aquática e terrestre, não apenas em nível local, mas também regional, a seguir elencadas:

Extensão de 90 km: uma característica fundamental, já que a persistência a longo prazo das populações de diferentes organismos aquáticos depende de que os habitats estejam disponíveis em quantidade e

diversidade suficiente para suportar tamanhos populacionais viáveis, e para oferecer locais de refúgio, forrageio, crescimento e reprodução. Rios são sistemas que funcionam em dinâmica de mosaico, onde as manchas de hábitat se modificam ou deslocam ao longo do tempo, e por essa razão grandes extensões devem ser conservadas para que não haja extinções locais permanentes.

Integridade ecológica em escala de bacia: rios são sistemas influenciados por fatores estruturados de forma espacialmente hierárquica. Em outras palavras, boa parte de características observadas em escala local, em um trecho de rio, são determinadas por fatores que operam em escala de bacia de drenagem. O trecho ora em questão apresenta uma situação de integridade relativamente elevada em sua bacia de drenagem, como indicado pela análise dos fatores de pressão ambiental.

Insubstituível: na bacia do rio das Antas e mesmo na bacia do rio Jacuí, não há outros trechos lóticos na encosta do Planalto que apresentem a mesma condição de porte de rio, extensão livre de barragens ou de manejo de vazão, e integridade de bacia.

Remanescentes florestais com características estruturais e de conectividade de importância local e regional, contribuindo ainda para a integridade dos habitats aquáticos contíguos.

A importância do trecho foi reconhecida anteriormente em instrumentos de gestão oficiais como o Zoneamento da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e Avaliação de Áreas Prioritárias para Conservação da Mata Atlântica (BRASIL/MMA, 2007), além de estudo recente que hierarquiza as áreas prioritárias da bacia do rio Taquari-Antas (BOURSCHEID, 2011).

Reforça-se aqui o fato de que na avaliação de 2001, este trecho foi considerado como área alternativa para conservação de habitats lóticos da calha do rio das Antas destinados à biota local, uma vez que todo trecho à jusante ficaria comprometido pela implantação de aproveitamentos hidrelétricos do complexo CERAN.

### **3 - Trecho do baixo rio Guaporé e rio Taquari**

O segmento de rio livre compreende cerca de 120 km desde o baixo rio Guaporé até a Eclusa de Bom Retiro do Sul. É o último trecho de rio livre com extensão suficiente e habitats disponíveis para manutenção de peixes migradores na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas. A importância desse trecho foi efetivamente comprovada pelos estudos de monitoramento (LUZ-AGOSTINHO *et al.*, 2010). Esse trecho foi indicado já em FEPAM (2001) como a única alternativa para peixes migradores na bacia do Taquari-Antas após a interrupção das calhas do rio das Antas, rio Carreiro e rio Turvo-Prata pelas hidrelétricas atualmente existentes. Essa é também uma região com alta

riqueza de espécies de peixes na bacia - cerca de 70 espécies podem ser encontradas nesse trecho e em seus tributários.

#### **4 - Cabeceiras do rio Turvo-Prata**

Área de alta criticidade ambiental, recomendada para conservação de ambientes de cabeceira, para espécies endêmicas de peixe e para remanescentes de campos nativos. Apresenta elevado grau de endemismo de peixes, sendo que pelo menos quatro espécies são endêmicas exclusivamente das porções altas do rio Turvo-Prata e seus tributários. Além da importância apresentada pelos aspectos mencionados, a região encontra-se vulnerável devido à alta proporção de cobertura da superfície da bacia convertida para uso agrícola, o que implica além da perda de hábitat na pressão advinda de certas práticas inerentes ao uso agrícola (ex: fertilizantes e agrotóxicos; no caso específico desta sub-bacia, segundo DRH/SEMA, 2011). Essa alta proporção de conversão da cobertura natural da terra torna vulnerável a situação de integridade ecológica dos ambientes aquáticos da região sob o ponto de vista de múltiplos usos da água e de conservação da biota aquática, bem como dos remanescentes de campos ainda existentes. Portanto, a grande importância de elementos ambientais em associação com o grau de vulnerabilidade na sub-bacia remete a uma situação de alta criticidade ambiental.

#### **5 - Sub-bacias hidrográficas dos rios Guaporé e Tainhas**

Estas sub-bacias foram recomendadas, em FEPAM (2001), como alvos de conservação para garantir a representatividade de rios de encosta e rios de planalto em unidades hidrográficas livres de barramento. Sua conservação, associada a medidas de gestão e manejo para recuperação (especialmente na bacia do rio Guaporé) seguem as recomendações técnico-científicas internacionais (BECKER & GUADAGNIN, 2001) para que amostras de subunidades hidrográficas sejam protegidas de barramentos. Essa estratégia garante a existência de rios livres como referência em um cenário internacional e nacional, onde há uma forte tendência ao desaparecimento total de rios livres (LUBCHENKO *et al.*, 1991; DYNESIUS & NILSSON, 1994; POFF *et al.*, 1997; GRIFFITH *et al.*, 1999; WCD, 2000; NILSSON *et al.*, 2005). Bacias livres de barramento são consideradas importantes como referência para os processos de conservação em escala de bacia hidrográfica e para os processos de restauração de rios degradados, inclusive em momentos futuros onde possa ser considerada a possibilidade de retirada de barramentos, como nos EUA e em países europeus.



## **6 - Alto rio das Antas**

Região de elevada importância biológica e paisagística, com valor turístico consolidado e crescente. A bacia pode ser considerada como uma região com elevado grau de endemismo de peixes, com pelo menos uma espécie de peixe cuja distribuição está restrita a uma pequena área no município de São José dos Ausentes (*Trichomycterus tropeiro*), além da ocorrência de outras nove espécies endêmicas da região do Planalto. Adicionalmente é uma região de elevada importância para plantas, aves, mamíferos e outros organismos (BECKER & GUADAGNIN, 2001; BOLDRINI, 2009; FONSECA *et al.*, 2009; entre outros). Os remanescentes florestais existentes são representativos do mosaico campo-floresta com araucária da região e são de extrema importância para a fauna terrestre. Esses remanescentes compõem a extremidade final de uma zona de alta conectividade também relacionada às extensas áreas florestais do vale do rio das Antas, e que conecta as florestas estacionais do oeste da bacia com a floresta ombrófila densa da encosta atlântica da Serra Geral. A sub-bacia do alto rio das Antas está incluída em zona de amortecimento da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Dois terços da bacia são parte de Áreas Prioritárias para Conservação da Mata Atlântica (MMA, 2007) com Muito Alta importância Biológica e um terço (cabeceiras) é classificado como de importância Extremamente Alta.

## **7 - Zona de cabeceiras**

Região de alta importância em função de aspectos da biodiversidade (como peixes e outros organismos aquáticos endêmicos, remanescentes de vegetação campestre e florestais), da qualidade dos recursos hídricos e por serviços ambientais.

As zonas de cabeceiras são áreas destinadas a proteger a porção superior dos rios, suas nascentes e suas bacias de drenagem. A necessidade de proteção das cabeceiras de bacias hidrográficas é um aspecto praticamente consensual entre gestores e cientistas em todos os países. No Brasil, a região de cabeceiras frequentemente aparece como item prioritário quando se trata da conservação de recursos hídricos, constando inclusive na Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Quanto à biodiversidade, cabeceiras são áreas de endemismo de peixes, e áreas importantes para avifauna e flora, com presença de diversas espécies ameaçadas, raras ou de distribuição restrita no Rio Grande do Sul. As zonas de cabeceiras incluem ainda importantes habitats, como os banhados de vertente ou depressões de coxilhas.

As cabeceiras são ainda provedoras de importantes serviços ambientais (MEYER & WALLACE, 2001; LOWE & LIKENS, 2005) como água limpa para múltiplos usos, oportunidades recreativas (turismo e lazer),

remoção de nutrientes, regulação da exportação de sedimentos, retenção de nutrientes, processamento de matéria orgânica de origem terrestre, e conservação de biodiversidade. Além disso, a integridade de riachos de cabeceira e das áreas terrestres adjacentes é fator chave para o sucesso de esforços para conservar e mesmo recuperar regime hidrológico, quantidade e qualidade de água para múltiplos usos e biodiversidade (SAUNDERS *et al.*, 2002).

## **8 - Sítios com atrativos turísticos do meio natural**

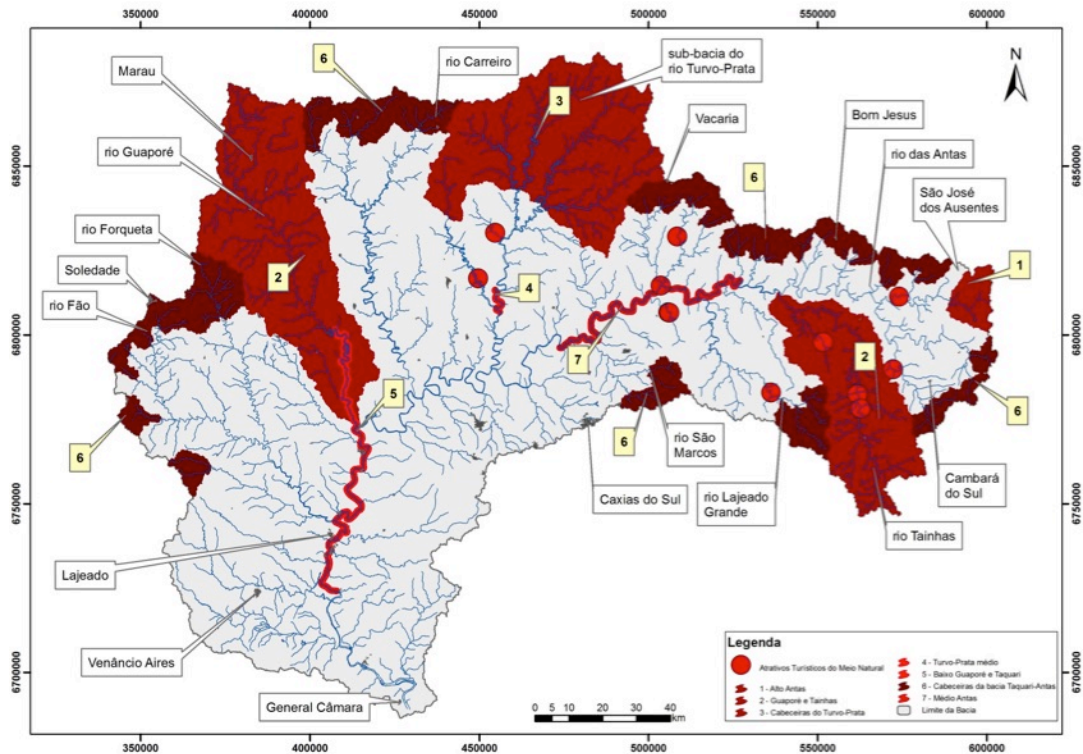
No presente estudo foi considerado que as rotas turísticas existentes na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, por agruparem diversos municípios de acordo com suas potencialidades culturais e paisagísticas, possuem um grau mais elevado de estruturação e articulação em relação aos roteiros que são opções de destino turístico relacionadas a um único município, ou seja, são roteiros internos, podendo às vezes contar com a participação de outro município mais próximo que possui o mesmo tipo de atrativo. Esta classificação presume que municípios que pertençam a rotas dispõem de algum grau maior de estruturação de turismo, que os fez pertencer a uma rota, em detrimento de outros que não estão incluídos em nenhuma. Assim, igualmente, a presença de roteiros locais também é um indicativo de maior estruturação do turismo municipal, ressaltando-se que o grau de atratividade ou a relevância dos pontos turísticos não foi avaliado neste estudo.

Os municípios da bacia foram categorizados da seguinte forma, tendo em vista a importância da articulação entre a estruturação do turismo no município e o registro de atrativos vinculados ao ambiente natural:

- (1) Não compõe rota / sem registro de atrativo natural
- (2) Não compõe rota / com registro de atrativo natural
- (3) Compõe rota / sem registro de atrativo natural
- (4) Compõe rota / com registro de atrativo natural
- (5) Compõe rota e possui roteiro / com registro de atrativo natural

Estas categorias estão em escala ordinal, na qual o valor aumenta à medida que aumenta o interesse turístico associado ao município com vinculação com o meio ambiente. Os municípios são caracterizados conforme um indicativo de importância de atrativos turísticos relacionados ao meio ambiente baseado na classificação acima. Recomenda-se atenção durante os procedimentos de licenciamento ambiental nas intervenções que afetem o ambiente nos municípios onde o turismo associado ao meio natural apresenta maior consolidação. Ressalta-se ainda que toda região possui alto potencial para turismo associado aos atrativos naturais, sendo que o número e a importância desses atrativos podem estar subestimados.

A partir da caracterização, foram identificados pelo menos 119 atrativos turísticos pontuais relacionados ao meio natural, particularmente em associação com a hidrografia, como cascatas, campings e balneários. Com base no diagnóstico e em avaliações realizadas pela equipe da FEPAM, foram definidos como de alta criticidade 12 desses atrativos (Figura 2) todos eles incorporados na avaliação realizada por DRH/SEMA (2011).



**Figura 2** - Zonas de Alta Criticidade Ambiental na bacia hidrográfica do rio do Taquari-Antas. Os círculos indicativos dos Atrativos Naturais são apenas ilustrativos, indicando as localizações. As zonas 1, 2 e 3 são parcialmente coincidentes com a zona 6 (Cabeceiras)

### Diretrizes para as Zonas de Alta Criticidade Ambiental

1. Não implantar aproveitamento hidrelétrico nas sub-bacias dos rios Tainhas e Guaporé, pois se apresentam como representativas, respectivamente, de “sub-bacias de planalto” e “de sub-bacias de encosta”. Estas zonas livres de barramento asseguram a integridade de amostras de regimes hidrológicos distintos e diferenças ecológicas em termos de habitats para peixes, como estratégia de conservação de biota aquática, de rios como ecossistemas e dos recursos hídricos da bacia.
2. Não implantar aproveitamento hidrelétrico no rio Taquari, no trecho entre a eclusa de Bom Retiro e a foz do rio Guaporé. Ficará assim garantida a manutenção de populações de peixes migradores que utilizam a rota do rio Guaporé – corredor ecológico formado pelo rio Guaporé.

3. Não implantar aproveitamento hidrelétrico nos trechos livres de cursos d'água já definidos no estudo anterior (FEPAM, 2001), ou seja: no rio das Antas, no trecho compreendido entre o final do reservatório da UHE Castro Alves, a jusante, e a PCH Serra dos Cavalinhos II, a montante (trecho de 90 km), corredor ecológico constituído pela zona de transição entre a Floresta Estacional e a Floresta Ombrófila Mista; e no rio Turvo, no trecho de 12 km limitado a jusante pelo limite do reservatório da PCH da Ilha e alcançando cerca de 1 km a montante da foz do arroio Primavera, assegurando extensões livres mínimas de cursos d'água para a manutenção das populações de espécies de peixes lóticos residentes assim como da biota aquática associada.
4. Não implantar aproveitamento hidrelétrico nas áreas de cabeceiras, conservando assim a integridade dos serviços ecossistêmicos, além de manter conectados trechos de rios necessários para a persistência das espécies endêmicas.
5. Não implantar aproveitamento hidrelétrico nos trechos compreendidos entre as cabeceiras dos rios Ituim e Telha até a confluência destes dois cursos d'água, próximo à margem esquerda do rio Turvo. A manutenção destes trechos de rios livres garantirá a sobrevivência de espécies endêmicas e serviços ecossistêmicos de cabeceiras.
6. Não implantar aproveitamento hidrelétrico nos trechos compreendidos entre as cabeceiras dos rios Santa Rita e Turvo, até a confluência destes dois cursos d'água. Esta diretriz pretende garantir serviços ecossistêmicos de cabeceiras, além de conservar trechos de rios e riachos conectados para a sobrevivência de espécies endêmicas que ocorrem na porção superior da bacia do Turvo-Prata.
7. Não eliminar os obstáculos naturais à dispersão da fauna íctica como cascatas, corredeiras e estreitamento de calhas, evitando com isso a mistura de populações ou espécies naturalmente isoladas, assim como a dispersão de espécies exóticas.
8. Não implantar aproveitamento hidrelétrico nos locais definidos como atrativos turísticos pontuais relacionados ao meio natural. Para preservar os aspectos ambientais, paisagísticos e potenciais turísticos, em associação com a hidrografia (como cascatas, campings e balneários), englobados pelo conceito de geodiversidade que tem como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico. Com base no diagnóstico realizado foram definidos como de Alta Criticidade 12 desses atrativos como prioritários para proteção na Bacia Hidrográfica, como segue:

**Quadro 3** - Atrativos Turísticos do Meio Natural prioritários para proteção classificados como de Alta Criticidade.

| Monumento Natural               | Corpo Hídrico         | Coordenadas Geográficas *             | Município (s)                                   |
|---------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|---|
| 1- Cascata Criúva (maior)       | Arroio Mulada         | Lat: -28.867409°<br>Long: -50.940831° | Distrito Criúva, Caxias do Sul                  |
| 2- Cascata Criúva (menor)       | Arroio Mulada         | Lat: -28.868125°<br>Long: -50.937434° | Distrito Criúva, Caxias do Sul                  |
| 3- Cascata dos Venâncios        | Rio Camisas           | Lat: -29.017691°<br>Long: -50.258764° | Jaquirana                                       |
| 4- Parque das Cachoeiras        | Rio Quebra Dentes     | Lat: -28.664505°<br>Long: -50.913803° | Distrito Capela do Rosário, Vacaria             |
| 5- Fervedor                     | Rio das Antas         | Lat: -28.795870°<br>Long: -50.963918° | Monte Alegre dos Campos                         |
| 6- Funil                        | Rio das Antas         | Lat: -28.823176°<br>Long: -50.242074° | Distrito Matemático, Jaquirana                  |
| 7- Cascata da Usina             | Rio da Prata          | Lat: -28.775451°<br>Long: -51.516378° | Nova Prata, Protásio Alves                      |
| 8- Parque das Cascatas          | Arroio Lajeado Grande | Lat: -29.081254°<br>Long: -50.628358° | Distrito Lajeado Grande, São Francisco de Paula |
| 9- Cascata Catebiró             | Arroio Chimarrão      | Lat: -28.654292°<br>Long: -51.463678° | Distrito Chimarrão, André da Rocha              |
| 10- Passo do "S"                | Rio Tainhas           | Lat: -29.084745°<br>Long: -50.366166° | Jaquirana                                       |
| 11- Passo da Ilha               | Rio Tainhas           | Lat: -29.122890°<br>Long: -50.356703° | São Francisco de Paula                          |
| 12- Cascata Princesa dos Campos | Arroio dos Novilhos   | Lat: -28.946641°<br>Long: -50.471410° | Distrito Alziro Ramos, Jaquirana                |

9. Na implantação de empreendimentos, não construir sobre o complexo formador do salto (corredeiras, rochas formadoras do salto e o salto propriamente dito) que deve manter-se inalterado em sua fisionomia para não ocasionar prejuízo à beleza cênica do local. Desta forma será conservado o principal atrativo turístico da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas que compreende as belezas cênicas das formas de relevo esculpidas nas rochas, os rios em leitos rochosos com corredeiras e as cachoeiras.

10. Não implementar empreendimentos que causem afogamento de confluências de rios ou empreendimentos que estejam situados a

### **Diretrizes para a conservação da qualidade ambiental na bacia hidrográfica**

1. Buscar alcançar as Metas de Aichi, previstas no Plano Estratégico de Biodiversidade (2011-2020), no que se refere a garantir pelo menos 17% de áreas terrestres na condição de unidade de conservação. Na bacia do rio Taquari-Antas recomenda-se priorizar nestes espaços os remanescentes da Floresta Estacional e de transição entre Floresta

Estacional e Ombrófila Mista e os campos de Cima da Serra, formações vegetais menos protegidas na Bacia.

2. Concentrar os recursos das medidas compensatórias em unidades de conservação prioritárias para a biodiversidade situadas na bacia do rio Taquari-Antas, evitando-se a pulverização de recursos em áreas não representativas para conservação da biodiversidade regional.
3. Implementar investimentos e ações de conservação direcionados às Áreas Prioritárias para Conservação (MMA, 2007) e às Zonas de Alta Criticidade.
4. Recompôr os corredores ecológicos e biogeográficos, constituídos pelas zonas de contato da bacia do Taquari-Antas com as Regiões Hidrográficas do rio Uruguai e das Bacias Litorâneas, através da recuperação das Áreas de Preservação Permanente e de Reserva Legal, entre outras ações de restauração e conservação.
  - a. Rios Carreiro e Ligeiro (Região Hidrográfica do rio Uruguai).
  - b. Rio Tainhas (Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas).
  - c. Rio Guaporé (Região Hidrográfica do rio Uruguai).
5. Consolidar a implantação do Parque Estadual do rio Tainhas, criado pelo Decreto Estadual nº 23.798/75, especialmente quanto a sua regularização fundiária.
6. Incentivar a criação de Unidades de Conservação municipais e de Reservas Particulares do Patrimônio Natural – RPPN, conforme disposição contida no Decreto Federal nº 1922/1993 e Decreto Estadual nº 46.519/2009, especialmente nas Zonas de Alta Criticidade, Áreas Prioritárias para Conservação e outras áreas identificadas neste estudo.
7. Promover instrumentos para o disciplinamento e boas práticas ambientais no uso da terra e controle da erosão, especialmente nas áreas com alto grau de utilização agrícola, localizadas na margem esquerda das nascentes do rio das Antas e nas sub-bacias dos rios Turvo, Carreiro, Guaporé, Forqueta e Fão.
8. Implementar programas e ações de redução do aporte de nutrientes sobre os recursos hídricos da bacia (carga orgânica), especialmente nas áreas agrícolas e de criação animal localizadas nas nascentes dos rios Guaporé, Carreiro, Turvo e Antas. Este programa se relaciona com programa de controle da erosão, uma vez que grande parte do fósforo é transportado e adsorvido em sedimentos.
9. Implementar programas voltados à diminuição das perdas na transmissão e distribuição e de combate ao desperdício de energia, conforme a Lei Federal nº 9991/2001.
10. Buscar a ampliação da rede de monitoramento atualmente existente, abrangendo os rios afluentes ao rio Taquari-Antas, integrada ao Plano de Bacia e aos programas de monitoramento da qualidade da água dos empreendimentos.

11. Implantar um banco dos dados integrando as informações geradas nos diagnósticos e no monitoramento ambiental dos empreendimentos (especialmente qualidade de água e biodiversidade), de forma que avaliações globais da bacia possam ser feitas quando necessário.
12. Incentivar a conservação da geodiversidade, através da implementação de programas que valorizem o patrimônio geológico, geomorfológico, paisagístico e turístico da região.
13. Evitar empreendimentos que causem afogamento de confluências de rios ou empreendimentos que estejam situados a montante da confluência entre rios. Essa diretriz tem o objetivo de maximizar a conectividade da rede hidrográfica.

### Referências Bibliográficas

ABELL, R.; THIEME, M. L.; REVENGA, C.; BRYER, M.; KOTTELAT, M. *et. al.* Freshwater Ecoregions of the World: A new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. **BioScience**, v. 58, n. 5, p. 403-414, 2008.

BECKER, F. G.; PERELLÓ, L. F.; PINEDA, M. D. (Coords.) **Bacia do rio Taquari-Antas - Diagnóstico ambiental e orientações para conservação, gestão ambiental e licenciamento**. Porto Alegre: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler/Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2012. 230 p. (Relatório Técnico).

BECKER, F. G.; GUADAGNIN, D. L. **Análise dos impactos regionais potenciais dos múltiplos barramentos de rios na bacia Taquari-Antas sobre a biodiversidade e orientações para o processo de licenciamento**. Porto Alegre, Relatório Técnico de Consultoria, 2001, 84 p.

BOLDRINI, I. I. (Org.). **Biodiversidade dos Campos do Planalto das Araucárias**. Brasília: MMA (Série Biodiversidade, v. 30), 2009. 240 p.

BOURSCHEID. **Elaboração do Plano de Conservação da Biodiversidade - bacia do Taquari-Antas**. Porto Alegre: CERAN/Bourscheid/SEMA, 2011. 154 p. (Relatório Técnico).

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização - Portaria MMA nº9, de 23 de janeiro de 2007. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas (Série Biodiversidade, 31). 2007.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA/PROBIO. Levantamento da Cobertura Vegetal Nativa do Bioma Mata Atlântica. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira, PROBIO. Disponível em: [<http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm?>]. 2007.

BRASIL. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº. 9433 de 8 de janeiro de 1997. Disponível em:

[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.HTM). Acesso em: 13/08/2013.

CEEE **Inventário Hidrelétrico Bacia Taquari-Antas**. Porto Alegre, RS, Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE), Magna Engenharia. 1993. (Relatório Técnico).

DYNESIUS, M.; NILSSON C. Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world. **Science**, v. 266, p. 753-762. 1994.

EASTMAN, J. R. **Idrisi Taiga: Guide to GIS and Image Processing**. Worcester, MA: Clark University, 2009.

FEPAM, 2001. **Diagnóstico Ambiental da Bacia do Taquari-Antas, RS. Diretrizes regionais para o licenciamento ambiental de hidrelétricas**. Porto Alegre: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler. Livro digital. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/Taquari-Antas/default.htm>.

FONSECA, C. R.; SOUZA, A. F.; LEAL-ZANCHET, A. M. *et al.* (Org.). **Floresta com Araucária: Ecologia, Conservação e Desenvolvimento Sustentável**. Ribeirão Preto: Holos. 2009, 328 p.

GRIFFITH, G. E.; J. M.; OMERNIK, A. J.; WOODS. Ecoregions, watersheds, basins and HUCs: How state and federal agencies frame water quality. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 54, n. 4, p. 666-677. 1999.

LOWE, W. H. & LIKENS, G. E. Moving headwater streams to the head of the class. **BioScience**, v.55, p.196–197. 2005.

LUBCHENCO, J.; OLSON, A. M.; BRUBAKER, L. B. *et al.* The sustainable biosphere initiative: an ecological research agenda. **Ecology**, v. 72, n. 2, p. 371-412. 1991.

LUZ-AGOSTINHO, K. D. G.; LATINI, J. D.; ABUJANRA, F. *et al.* **A ictiofauna do rio das Antas: distribuição e bionomia das espécies**. Maringá: Clichetec, 115 p. 2010.

MARGULES, C. R.; SARKAR, S. **Systematic conservation planning**. Cambridge: Cambridge University Press, Reino Unido. 2007.

MEYER, J. L.; WALLACE, J. B. Lost linkages and lotic ecology: rediscovering small streams. In: Press, M. C.; Huntly, N. J.; Levin, S. (Eds.) **Ecology: Achievement and Challenge**. Oxford, UK: Blackwell Science, p. 295–317. 2001.

NILSSON, C.; REIDY, C. A.; DYNESIUS, M.; REVENGA, C. Fragmentation and Flow Regulation of the World's Large River Systems. **Science**, v. 308, 2005. p. 405-408.

POFF, N. L.; ALLAN, J. D.; BAIN, M.B. *et al.* The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. **BioScience**, v. 47, p. 769-784. 1997.



RIO GRANDE DOS SUL, SECRETARIA DO AMBIENTE E SESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS. **Elaboração de Serviços de Consultoria relativo às Fases A e B do Plano de Bacia do Taquari-Antas. Fase A – Diagnóstico e Prognóstico. Etapa A.1 a A.2.** Porto Alegre: Departamento de Recursos Hídricos, Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul. 2011. 442 p. (Relatório Técnico 02).

RIO GRANDE DOS SUL, SECRETARIA DO AMBIENTE E SESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS. **Diagnóstico e prognóstico hídrico das bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul. Relatório síntese da fase A – RSA.** Porto Alegre: Departamento de Recursos Hídricos, Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul. 2007. 153 p.

SAUNDERS, D. L.; MEEUWIG, J. J.; VINCENT, A. C. J. Freshwater protected areas: strategies for conservation. **Conservation Biology**, v. 16, p. 30-41. 2002.

SPALING, H. & SMIT, B. Cumulative environmental change: conceptual frameworks, evaluation approaches, and institutional perspectives. **Environmental Management**, v. 17, p. 587-600. 1993.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysics Union**, v. 38, p. 913-920. 1957.

WCD (World Commission on Dams). **Dams and development. a new framework for decision-making.** The report of the World Commission on Dams. London: Earthscan Publsh., 2000. 28 p.

# ***Pinus taeda* na região dos Campos de Cima da Serra do Rio Grande do Sul: uma revisão sobre alterações biológicas**

**Bibiana Kaiser Dutra\*<sup>1,2</sup>, Vera Maria Ferrão Vargas<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Av. Bento Gonçalves 9500, Caixa Postal 15007, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>2</sup>Faculdade de Ciências Biológicas; Instituto Federal Farroupilha – Campus São Vicente do Sul, RS, Brasil. E-mails: \*bibianakaiser@yahoo.com.br ; verafvargas@gmail.com.

\*Autora para correspondência.

---

## **RESUMO**

O gênero *Pinus* foi introduzido no sul do Brasil na década de 1950 para substituir as espécies lenhosas nativas já em processo de extinção. A espécie *Pinus taeda* vem sendo plantada em escala comercial para a produção de papel e celulose, madeira serrada e extração de resina. Contudo, no país, pouco ainda tem sido estudado sobre os efeitos nocivos dos compostos alelopáticos liberados por esta espécie para o ambiente natural nos recursos hídricos adjacentes. Portanto, se fazem necessários estudos que auxiliem no entendimento do efeito dos compostos fenólicos de *P. taeda* sob os ecossistemas para que os efeitos deletérios sejam minimizados. Esta revisão tem por objetivo relatar os estudos encontrados na literatura que buscaram entender como as plantações de *Pinus taeda* podem influenciar a região dos Campos de Cima da Serra do Rio Grande do Sul, Brasil, após sua introdução. Até o momento, experimentos laboratoriais revelaram a liberação de compostos fenólicos com potencial alelopáticos e mutagênico para o solo, a água e o sedimento em plantações de *Pinus* nos Campos de Cima da Serra. Estudos mais detalhados são, portanto, recomendados nessa região.

**Palavras-chave:** Danos ambientais, fenólicos, alelopatia, árvores exóticas

## ***Pinus taeda* in the Campos de Cima da Serra region of Rio Grande do Sul, Brazil: a review on biological changes**

## **ABSTRACT**

The *Pinus* genus was introduced in the south of Brazil in the '1950's' replace native species already in extinct process. The specie *Pinus taeda* has been planted on a commercial scale for the production of pulp and paper, lumber and resin extraction. However, little has yet been studied about the harmful effects of allelopathic compounds released by this species to the natural environment in the surrounding water. Therefore studies are needed to assist in the understanding of the effect of phenolic compounds of *P. taeda* in ecosystems where the deleterious effects are minimized. This review aims to report the studies that sought to understand the influence of *P. taeda* plantations introduction on the Campos de Cima da Serra region of Rio Grande do Sul State, Brazil. To date, laboratory experiments have revealed the release of phenolic compounds with allelopathic and mutagenic potential to soil, water and sediment in *Pinus* plantations in Campos de Cima da Serra. More detailed studies are therefore recommended in this region.

**Keywords:** Environmental damages, phenolics, allelopathy, exotic trees

## Introdução

Segundo Bond-Buckup (2008), a Região dos Campos de Cima da Serra tem sofrido com a redução da cobertura florestal e da diversidade vegetal provocados pelo extrativismo madeireiro, especialmente ao longo dos rios e encostas, bem como, por espécies comerciais plantadas. Segundo a Embrapa (2005), o *P. taeda* é a mais importante dentre as espécies plantadas no Sul e Sudeste do Brasil, visto que já existe mais de um milhão de hectares plantados na Região Sul do País para produção de celulose, papel, madeira serrada, chapas e madeira reconstituída, sendo considerado um processo tão danoso quanto o extrativismo.

Na região do Planalto Rio-Grandense as madeireiras ainda exploram as últimas reservas da Floresta Ombrófila Mista, onde podem ser encontrados remanescentes de araucárias e outras árvores nativas de grande porte como canelas, cedros e angicos. Estas florestas não são manejadas de forma sustentável, o que certamente as levará à exaustão em pouco tempo. Segundo Brun (2008), os reflorestamentos com espécies de crescimento rápido, como os de *Pinus*, *Eucalyptus* e *Acacia*, têm recebido importância econômica em razão da demanda das indústrias madeireiras e de celulose que utilizam estas espécies amplamente. Segundo Potulski (2010), as estimativas indicam que 35% do volume de madeira serrada produzida são formados por espécies do gênero *Pinus*.

As coníferas apresentam elevadas concentrações de resinas e compostos fenólicos que funcionam como mecanismos de defesa vegetal contra o ataque de patógenos e ferramentas empregadas no processo competitivo entre espécies (Turtola et al. 2002). Associado a estas características, culturas de *Pinus* plantadas com alta densidade (número de indivíduos/área) resultam em sombreamento e deposição de grandes quantidades de biomassa no solo e na água que podem agir como fonte de liberação de compostos fenólicos, impregnando tanto o solo quanto à água de drenagem que acaba contaminando fontes naturais e alterando as propriedades físicas e químicas do ambiente (Inderjit 1996).

Segundo Dutra (2012), as acículas de *P. taeda* são capazes de liberar compostos fenólicos para o solo e a água, sendo possível quantificá-los em concentrações fisiologicamente relevantes em corpos d'água.

Almeida *et al.* (2012), analisando as características químicas e a matéria orgânica do solo com presença de plantações de *Pinus* nos Campos de Cima da Serra verificaram que, embora haja uma maior atividade microbiana, estes solos apresentaram um empobrecimento em relação ao complexo de troca e teor de micronutrientes.

Segundo Horn (2004), o sedimento é uma parte integrante e componente dos ecossistemas aquáticos e serve como um reservatório de poluentes sendo uma fonte potencial de contaminação da coluna d'água e organismos. Alguns compostos de origem antrópica tendem a adsorver no

material orgânico do sedimento, sendo concentrados ao longo do tempo. Dutra (2012), verificou que corpos d'água próximos das plantações de *Pinus taeda* apresentam grandes quantidades de acículas depositadas no sedimento, bem como, os fenólicos hidrossolúveis presentes nas acículas de *Pinus* em concentrações fisiologicamente relevantes.

Dutra (2012) avaliou distintos parâmetros físico-químicos (coliformes totais e termotolerantes), dureza, nitrito, nitrato, sólidos totais, sulfato, a demanda biológica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), temperatura, pH e oxigênio dissolvido) e quantificou os níveis de compostos fenólicos hidrossolúveis em um corpo d'água próximo (São Francisco de Paula) e outro distante (São José dos Ausentes) das plantações de *Pinus taeda* na região dos Campos de Cima da Serra. A autora verificou que apenas o DBO, o oxigênio dissolvido e o pH apresentaram um decréscimo significativo no corpo d'água próximo a plantação de *Pinus taeda* em relação ao corpo d'água mais distante. No entanto, as amostras de água coletadas no corpo d'água próximo à plantação de *P. taeda* apresentaram níveis de compostos fenólicos hidrossolúveis até 56 vezes mais elevados do que no corpo d'água mais distante.

Dutra *et al.* (2014a), estudando o efeito da presença de acículas de *Pinus taeda* em corpos d'água da região dos Campos de Cima da Serra, verificaram que tanto a coluna d'água como o sedimento possuem concentrações relevantes de fenólicos. Quando estas amostras foram analisadas quanto a seu potencial mutagênico foram evidenciadas respostas positivas para ambos os compartimentos. Tal resposta pode estar relacionada aos fenólicos provenientes das acículas de *P. taeda* encontradas na água, contudo, não se pode descartar o potencial efeito sinérgico de outras substâncias que podem estar presentes; visto que a região possui muitas plantações, principalmente de batata que utilizam agrotóxicos como aldrin, heptacloro, heptacloro epóxido e clorpirifós.

Dutra (2012), a fim de estudar o efeito de compostos fenólicos de *Pinus taeda* sobre o metabolismo de uma espécie nativa da região de estudo, realizou a exposição de espécimes de *Hyaella castroi* ao extrato aquoso de *P. taeda*. A autora verificou que tais compostos induziram a um decréscimo no metabolismo basal e na capacidade reprodutiva bem como um aumento nos níveis de lipoperoxidação e atividade das enzimas antioxidantes deste crustáceo. Em contrapartida, os animais expostos ao extrato aquoso de *Araucaria angustifolia* não apresentaram alterações em sua composição bioquímica e em seus parâmetros reprodutivos; já os níveis de lipoperoxidação e atividade das enzimas antioxidantes decresceram, sugerindo uma resposta antioxidante do extrato da espécie nativa. A mesma autora verificou efeito alelopático do extrato aquoso de *P. taeda* sobre as sementes de *Lactuca sativa* (alface), bem como as acículas mostraram potenciais antioxidantes antagônicos.

Dutra *et al.* (2014b) realizaram o ensaio *Salmonella*/microssoma para avaliação do potencial mutagênico do extrato aquoso das acículas de *P. taeda* e observaram que concentrações acima de 1mg de fenólicos/L de H<sub>2</sub>O mostraram citotoxicidade. Já em doses mais baixas (0,1 a 0,6mg/L) os mesmos extratos apresentaram-se mutagênicos. Os autores também verificaram que a intensidade da mutagênese é alterada com a sazonalidade. Isto foi atribuído a variações em fatores ambientais tais como fotoperíodo, intensidade luminosa e temperatura, os quais alteram a composição e concentração dos níveis de fenólicos existentes nas plantas. Já quando analisados os extratos aquosos obtidos de *A. angustifolia*, todas as respostas foram negativas.

De acordo com Pimentel *et al.* (2001), no Brasil as perdas agrícolas anuais relacionadas às espécies exóticas invasoras estão em torno de 42,6 bilhões de dólares, porém este número está subestimado, pois não são levados em conta os impactos ambientais, como a extinção de espécies, a perda de serviços ambientais e os custos derivados de problemas de saúde humana. Segundo os mesmos autores, seria muito mais compensador financeiramente para os estados brasileiros se seus governantes reconhecessem formalmente as espécies exóticas invasoras presentes e adotassem medidas preventivas a novas introduções.

No Rio Grande do Sul o processo de regulamentação da atividade de silvicultura iniciou no ano de 2004, quando a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA) publicou a Portaria nº 048/2004 dando origem ao Zoneamento Ambiental da Silvicultura (ZAS) com o intuito de regulamentar o processo de licenciamento desta atividade. O Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) publicou a Resolução 187/2008 a qual aprova o Zoneamento. No ano de 2009 o ZAS foi revisado e aprovado através da Resolução CONSEMA n.º 227/2009. O ZAS traz diretrizes para o desenvolvimento da atividade, fruto da avaliação dos aspectos ambientais, sociais e econômicos frente aos impactos da atividade de silvicultura em específico.

Em 2013 a SEMA publicou a Portaria nº 79/2013, que reconhece 127 espécies exóticas da fauna e flora que deverão sofrer controle tendo as espécies do gênero *Pinus* sido enquadradas na categoria 2 onde encontram-se as espécies que podem ser utilizadas com restrições, devendo obedecer à regulamentação específica, sujeitas a análise de risco e plano de controle ambiental e licenciamento. A Instrução Normativa SEMA 14/2014 estabelece procedimentos para o uso de *Pinus* spp., onde coloca que povoamentos florestais de *Pinus* para fins produtivos devem obter licença ambiental na Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), de acordo com termo de referência disponibilizado pelo órgão ambiental. No ano de 2014 foram publicadas duas portarias pela FEPAM nº 51 e nº84 ambas definindo os

procedimentos para o licenciamento ambiental da atividade de silvicultura no Estado do Rio Grande do Sul.

Ziller & Zalba (2007), reportam que o impacto sobre a biodiversidade é tão relevante que essas espécies estão, atualmente, sendo consideradas as segundas maiores ameaças à perda de biodiversidade, após a destruição dos habitats, afetando diretamente as comunidades biológicas, a economia e a saúde humana. As plantas invasoras podem causar alteração de ciclos ecológicos, da quantidade de água disponível, da composição e disponibilidade de nutrientes, a remoção ou introdução de elementos nas cadeias alimentares e a alteração dos processos geomorfológicos, chegando à extinção de espécies.

Ziller & Galvão (2002) e Grotkopp *et al.* (2002), descrevem algumas características que permitem que espécies do gênero *Pinus* se tornem potenciais invasoras:

- Alta taxa de crescimento relativo
- Sementes pequenas e de fácil dispersão a longas distâncias em grandes quantidades
- Alta longevidade das sementes no solo
- Alta taxa de germinação dessas sementes
- Maturação precoce das plantas já estabelecidas
- Floração e frutificação prolongadas
- Alto potencial reprodutivo por brotação
- Pioneirismo

Características como a alelopatia devido aos compostos fenólicos como os taninos, lignanas e flavonóides (Croteau *et al.* 2000), a ausência de inimigos naturais (Zanchetta & Diniz 2006), e a biomassa depositada no solo que impossibilita a germinação e o desenvolvimento de espécies nativas (Schnitzler *et al.* 1997), aumentam o impacto desta espécie sobre as demais, bem como diminuem a taxa de regeneração do ambiente.

## **Conclusões**

Os efeitos das plantações de *Pinus* sobre as paisagens naturais do Rio Grande do Sul, a médio e longo prazo, ainda não são bem entendidos e devem ser melhor pesquisados a fim de minimizar os danos causados aos campos sulinos. Até o presente momento, através de experimentos laboratoriais, se sabe que as plantações de *Pinus* nos Campos de Cima da Serra estão liberando compostos fenólicos para o solo, a água e o sedimento, e tais substâncias podem ser responsáveis por alteração biológicas nos locais onde estão presentes, uma vez que sua alelopatia e potencial mutagênico alteram espécies tanto da flora quanto da fauna da região. Cabe ressaltar que os efeitos encontrados nos Campos de Cima da Serra podem ocorrer em outras localidades onde *Pinus taeda* seja cultivado. Esses estressores somam-

se a outros grupos químicos presentes nas misturas de origem ambiental, elevando a complexidade na definição dos riscos ecotoxicológicos.

### Referências Bibliográficas

ALMEIDA, H. C. *et al.* Distribution of chemical compartments of soil organic matter and c stocks of a cambisol from south Brazil as affected by *Pinus* afforestation. **Quím. Nova**, São Paulo, v.35, n.7, 2012.

BOND-BUCKUP, G. Biodiversidade dos Campos de Cima da Serra. Porto Alegre: Libretos, 2008. 146 p.

BRUN, E. J. **Matéria orgânica do solo em plantios de *Pinus taeda* e *P. elliottii* em duas regiões do Rio Grande do Sul.** 2008. p.118. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

CROTEAU, R.; KUTCHAN, T. M.; LEWIS, N. G. Natural products secondary metabolites. In: BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W. & Jones, R. (Eds.) **Biochemistry & molecular biology of plants.** Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. p 1250–1318.

DUTRA, B. K. **Avaliação do impacto no ambiente de compostos hidrossolúveis de *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* (Coniferae) utilizando indicadores biológicos.** 2012. p.166. Tese (Doutorado em Zoologia) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2012.

DUTRA, B. K. *et al.* **Avaliação da influência dos plantios de *Pinus taeda* (Coniferae) sob recursos hídricos - Potencial mutagênico** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOTOXICOLOGIA, 13, 2014, Guarapari. **Resumos.** Guarapari, 2014a.

DUTRA, B. K. *et al.* **Avaliação sazonal do potencial mutagênico de extratos aquosos de *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOTOXICOLOGIA, 13, 2014, Guarapari. **Resumos.** Guarapari, 2014b.

EMBRAPA. **Cultivo do Pinus.** Sistemas de Produção. Disponível em: <[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/listasptema?p\\_p\\_id=listaspportemaportlet\\_WAR\\_sistemasdeproducaolf6\\_1ga1ceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-2&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_619796851\\_temaId=1708&\\_listaspportemaportlet\\_WAR\\_sistemasdeproducaolf6\\_1ga1ceportlet\\_redirect=%2Ftemas-publicados](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/listasptema?p_p_id=listaspportemaportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_619796851_temaId=1708&_listaspportemaportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet_redirect=%2Ftemas-publicados)> Acesso em: 2005.

GROTKOPP, E.; REJMÁNEK, M.; ROST, T. L. Toward a causal explanation of plant invasiveness: seedling growth and life-history strategies of pine (*Pinus*) species. **The American Naturalist**, v.159, 398-419, 2002.

HORN, R. C. *et al.* Determination of sediment mutagenicity and cytotoxicity in an area subjected to petrochemical contamination. **Mutagenesis**, v. 19, n. 6, p. 445-451, 2004.

INDERJIT, K. Plant phenolics in allelopathy. **Botanical Review**, v.62, p. 186–202, 1996.

PIMENTEL, D. *et al.* Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 84, 1–20, 2001.

POTULSKI, D. C. **Densidade e retratibilidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H. E. Moore e *Pinus taeda* L.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2010. 49p.

SCHNITZLER, J. P. *et al.* UV-B induction of flavonoid biosynthesis in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings. **Trees**, v. 11, 162–168, 1997.

TURTOLA, S. *et al.* Secondary metabolite concentrations and terpene emissions of scots pine xylem after long-term forest fertilizations. **Environmental Quality**, v. 31, p. 1694–1701, 2002.

ZANCHETTA, D.; DINIZ, F. V. Estudo da contaminação biológica por *Pinus* spp. em três diferentes áreas na Estação Ecológica de Itirapina (SP, Brasil). **Revista do Instituto Florestal**, 18, 1-14, 2006.

ZILLER, S. R.; GALVÃO, F. A degradação da estepe gramíneo-lenhosa no Paraná por contaminação biológica de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*. **Revista Floresta** (ISSN eletrônico 1982-4688), 32, 42-47, 2002. Curitiba, PR, Brasil. DOI: 10.5380/rf.v32i1.2348. Available on-line at <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/floresta/article/view/2348>>. Acesso em 08 de maio de 2016.

ZILLER, S. R.; ZALBA, S. Propostas de ação para prevenção e controle de espécies exóticas invasoras. **Natureza e Conservação**, v. 5, n. 2, 2007.

### **Agradecimentos**

As autoras agradecem a bolsa de Pós-doutorado (processo número 151264/2013-9) e a concessão do Edital Universal (processo número 456428/2014-3) concedidos à primeira autora pelo CNPq que possibilitaram a realização deste trabalho. Os autores também agradecem à Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM) pelo auxílio.



# Contribuição para termos de referência de Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) por mineração de pedras preciosas a céu-aberto: um estudo de caso em Salto do Jacuí, Rio Grande do Sul (RS), Brasil

Isis Arend da Silva<sup>1</sup>, Adriana Rosa Campagna<sup>2</sup>, Leonardo Laipelt dos Santos<sup>1</sup>,  
Kátia Helena Lipp-Nissinen<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Pesquisa e Análises Laboratoriais, <sup>2</sup>Departamento de Controle; Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler - FEPAM, Av. Borges de Medeiros, 261, Porto Alegre, RS, CEP 90020-021, Brasil; e-mails: isisarend@gmail.com; adriana-campagna@fepam.rs.gov.br; leolaipelt@hotmail.com; katiahl@fepam.rs.gov.br

<sup>2,3</sup>Autoras para correspondência.

---

## RESUMO

A mineração causa severos impactos ambientais, sendo a recuperação das áreas degradadas legalmente obrigatória. O objetivo deste estudo é contribuir para a elaboração de termos de referência para Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) para a atividade de garimpo de ágata no RS, estado reconhecido como um dos maiores produtores mundiais dessa gema. Fundamentada em ampla revisão bibliográfica previamente realizada por este grupo de pesquisa, a metodologia abrangeu a avaliação de métodos eficazes e de baixo custo a serem implantados na área de estudo. Ainda, realizaram-se visitas técnicas em garimpos da região e, para melhor exemplificação dos métodos recomendados, realizou-se estudo de caso da pedreira Buriti, no município de Salto do Jacuí. Entre os resultados obtidos, as técnicas relacionadas à bioengenharia e à restauração ecológica se destacaram devido às suas vantagens para estabilização geotécnica do solo e revegetação, além da facilidade de sua aplicação. Recomendam-se medidas relacionadas a ajuste do relevo, revegetação e monitoramento, apropriadas à recuperação da pedreira estudada. Através da proposta apresentada, e dentro do âmbito do licenciamento ambiental, será possível a elaboração de PRAD, cuja execução resulte mais ambientalmente vantajosa àquela e a outras regiões de mineração similar.

**Palavras-chave:** ágata; garimpo; geotécnicas; licenciamento ambiental; revegetação.

## Contribution to terms of reference of Degraded Area Recovery Plans (PRAD) for open-air precious stone mining: a case study in Salto do Jacuí, Rio Grande do Sul (RS), Brazil

### ABSTRACT

Mining causes severe environmental impacts. Degraded area reclamation is therefore required by law. The objective of this study is to contribute to the construction of terms of reference to guide degraded area recovery plans (PRAD) for open air agate diggings (*garimpos*) in RS State, recognized as one of the world's largest producers of such gemstone. Based on a previous extensive bibliographic review by this research group, the methodology emphasized the selection of the most effective, low cost methods for the study area. Technical visits were carried out in various *garimpos* and the Buriti quarry (Salto do Jacuí-RS) was used as case study. Among the results obtained, techniques related to bioengineering and ecological restoration stood out due to their advantages for soil geotechnical stabilization and revegetation, besides the ease of its application. Measures related to relief adjustment, revegetation and monitoring are recommended, appropriate to the recovery of the quarry studied. Through the proposal presented, and

within the ambit of environmental licensing, it will be possible to develop PRAD, whose execution will be more environmentally advantageous to the case study area and other similar mining regions.

**Keywords:** agate; geotechniques; environmental licensing; revegetation

---

## Introdução

As práticas de exploração minerária produzem severos impactos ao ambiente, não obstante à geração de uma enormidade de matérias-primas, hoje essenciais, e serviços socioeconomicamente importantes. O Rio Grande do Sul (RS) é um dos maiores produtores brasileiros de pedras preciosas e, atualmente, um dos mais importantes produtores mundiais de ágata. Destacam-se também a ametista, o citrino, a madeira-fóssil (xilólito), o cristal de quartzo, a calcita e o selenito. O setor produtivo de gemas no RS se caracteriza por uma elevada taxa de extração predatória e uma cadeia produtiva de micro, pequenas e médias empresas (pedreiras, indústrias e varejos), espacialmente concentrada na região centro-norte do Estado (CPRM, 2017).

A extração das gemas dá-se na forma de garimpo, principalmente, a céu aberto. Esta é uma prática rudimentar caracterizada, em geral, pela falta de planejamento prévio à entrada do empreendedor na área (BRUM, 2000) e do conhecimento do jazimento, além de envolver uma população com carências culturais e socioeconômicas (HEEMANN, 2005).

O principal impacto desta atividade está correlacionado à disposição das frentes de lavra e à forma de contenção dos estéreis, que são produzidos em grande quantidade e depositados geralmente em encostas (HEEMANN *et al.*, 1998). Estes depósitos ainda são fontes de intensa erosão e assoreamento, contribuindo para a poluição das águas (HEEMANN *et al.*, 1999). Além dos estéreis e do inerente impacto visual e paisagístico, a mineração a céu aberto produz grande quantidade de poeiras e ruídos, os quais são ampliados pela falta de vegetação decorrente do desmatamento causado pela própria atividade (HEEMANN *et al.*, 1999). Os impactos dessas atividades, em seu somatório, não se limitam ao ambiente local. E como pontua CARDOZO (2006), a utilização desordenada de tais recursos naturais para fins de consumo tem apresentado grandes consequências, como alterações climáticas, enchentes, contaminação de mananciais, além de perda de *habitats* importantes, abandono e migração humana.

A fim de mitigar os impactos e os passivos ambientais gerados, a exploração de qualquer recurso mineral no Brasil requer, obrigatoriamente, a recuperação da área degradada (RAD), em conformidade com o disposto na Constituição Federal do Brasil de 1988, em seu parágrafo 2º do artigo 225. O processo de RAD pela extração mineral pode ser dividido em três etapas

principais: (a) ajuste de relevo; (b) revegetação e (c) monitoramento da área (MINTER; IBAMA, 1990). Essas etapas devem estar descritas no Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), regulamentado de acordo com o Decreto Lei nº 97.632 de 1989.

Visto que as atividades minerárias são sujeitas ao licenciamento ambiental, as propostas de PRAD no RS devem constar do Relatório de Controle Ambiental (RCA) e do Plano de Controle Ambiental (PCA), documentos exigidos pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler do Rio Grande do Sul - FEPAM (FEPAM, 2012).

Atualmente, a prática mais comum para RAD no Brasil é o plantio de espécies arbustivo-arbóreas, existindo, para alguns autores (SANTOS, 2011; ENGEL & PARROTA, 2008), uma maior preocupação com o prazo de conclusão do que com a auto-sustentabilidade do sistema. O solo orgânico é na maior parte das vezes negligenciado, sendo esse um dos principais aspectos relativos à degradação ambiental. Normalmente, são necessárias medidas para a recuperação do solo, a fim de restaurar a sua produtividade (MOREIRA, 2004). Em especial na mineração, comumente se superestima o papel da vegetação na estabilização geotécnica do terreno em detrimento da importância do desenvolvimento e do enriquecimento do solo (COFA, 2006; ICMM, 2006). Em áreas degradadas por atividades de extração mineral, diferentes estratégias e metodologias devem ser direcionadas para recuperar a topografia do terreno, as camadas superficiais do solo, promover a estabilização de encostas, impedir alterações nos corpos de água e promover a revegetação e o paisagismo local. Técnicas associadas, como o nivelamento do terreno e a revegetação, além da instalação de estruturas de controle de erosão (USEPA, 1972), contribuem para o êxito da recuperação ambiental do sítio degradado.

O principal objetivo do presente trabalho é contribuir para a elaboração de Termos de Referência (TR) para PRAD, indicando técnicas a serem observadas, inseridas no contexto do licenciamento ambiental de atividades extrativistas, principalmente em lavra de ágata a céu aberto e com recuperação de área degradada. As técnicas recomendadas poderão ser aplicadas a outras atividades, com semelhantes metodologias de extração, adequando-as ao tipo de minério. Para tanto, inicialmente, foram identificados os principais passivos ambientais decorrentes da atividade de extração de ágata, através de um estudo de caso no município de Salto do Jacuí, RS. A partir disso, selecionaram-se as metodologias mais apropriadas para minimizar as características impactantes, promovendo a estabilização das áreas, com vistas a um uso futuro.

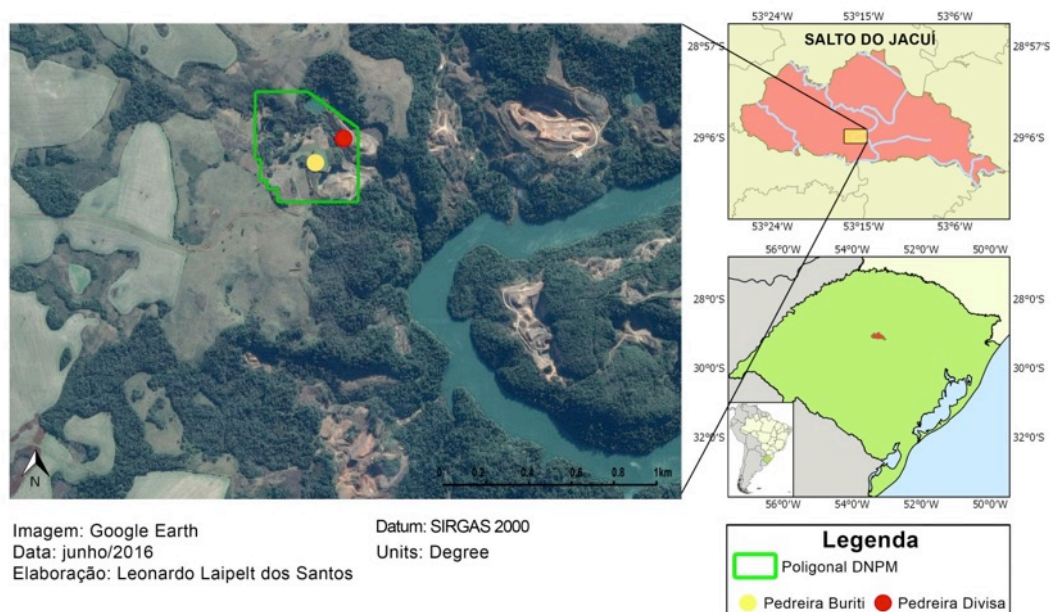
## **Material e Métodos**

### **Área de estudo**

O empreendimento escolhido para o estudo é a pedreira Buriti, situada na localidade de Capão Bonito, município de Salto do Jacuí, na porção central do RS (29°05'28.7"S 53°15'52.6"W; Figura 1). Principal fornecedor do Estado, Salto do Jacuí é considerado, atualmente, como detentor das maiores jazidas mundiais de ágata (BATISTI & TATSCH, 2012). A geologia da região é decorrente de derrames basálticos e dacíticos (FRANK *et al.*, 2009; HEEMANN, 2005), pertencendo a Formação Serra Geral. A flora local está inserida na área de floresta remanescente do Bioma Mata Atlântica (INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS, 2016), e sua vegetação se encontra dentro da formação vegetal Floresta Estacional Decidual, intercalada com formações de campo (BRASIL, 2008; PILLAR *et al.*, 2009). Estudos realizados na região também apontam para a presença de solos com grande quantidade de argila em sua constituição, como os Latossolos e os Chernossolos (KUNDE, 2013). Nesse Município, a exploração de ágata ocorre, em geral, próxima a cursos d'água importantes, com lavra a céu aberto e de forma semimecanizada (HEEMANN, 2005).

### **Estudo de caso**

A escolha do estudo de caso visou uma melhor compreensão dos passivos ambientais e das melhores metodologias a serem seguidas localmente, ou como referência a outras tipologias com semelhantes métodos de extração, critérios geológicos e condições semelhantes de degradação. A poligonal, registrada junto Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), sob o nº 810.547/2006, possui uma área superficial total de 21,18 ha (Figura 1). A pedreira Buriti em estudo é parte componente deste registro de Lavra Garimpeira juntamente com a pedreira denominada Divisa (Figura 1) e ocupa uma área de aproximadamente 10 ha. Com relação aos elementos naturais, além de remanescentes de formação florestal nativa, principalmente associados ao rio Jacuí, há um curso de água perene que cruza a poligonal no setor centro-norte e a divide, geograficamente, nas duas pedreiras citadas. A intervenção na Área de Preservação Permanente (APP) (BRASIL, 2012. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012) do curso de água é evidente em ambas as pedreiras.



**Figura 3-** Em destaque a Poligonal DNPM identificada pelo traçado verde, e a localização das pedreiras Divisa e Buriti, ponto vermelho e amarelo, respectivamente.

Para reconhecimento da área, foram realizadas visitas técnicas em dezembro de 2015, outubro de 2016 e junho de 2017. À época das vistorias, a pedreira Buriti encontrava-se com as atividades paralisadas. Isso permitiu o reconhecimento dos passivos ambientais, inclusive os decorrentes da má aplicação das metodologias de recuperação indicadas na licença ambiental emitida pela FEPAM (LO N° 5231/2011-DL; Processo n°9168-0567/11-2). Dentre os passivos, foram objetos deste estudo a encosta dentro da faixa marginal da APP do curso de água, o talude de aterro e o talude de corte, todos condicionados na licença como áreas a recuperar.

### Metodologias de RAD

Técnicas adequadas para a recuperação do local foram levantadas a partir de uma ampla pesquisa na literatura nacional e internacional, realizada anteriormente por este grupo de pesquisa (Silva *et al.*, submetido a publicação). Selecionaram-se metodologias que possibilitem estabilizar a área, com destaque para o controle erosivo, disciplinamento das águas superficiais e a revegetação. Considerando-se o baixo poder econômico e o restrito acesso ao maquinário, geralmente peculiares ao garimpo, foram priorizadas aquelas metodologias de menor custo.

Os ângulos de inclinação para os taludes finais não estão contemplados neste estudo, por serem específicos à tipologia e à metodologia de lavra escolhida. A Figura 2 é uma síntese sumária dos procedimentos de RAD citados neste artigo.

## Resultados e Discussão

A proposta inicia com a reconfiguração da topografia, trabalhando, concomitantemente, a mitigação dos processos erosivos e o disciplinamento da drenagem pluvial, seguido da revegetação, com espécies que promovam o retorno da fauna local, propiciando a regeneração natural relativa à biodiversidade. Por fim, são apontados métodos de monitoramento para verificar o sucesso do processo ou, em caso de sua ineficácia, permitir a realização de novas medidas de recuperação.

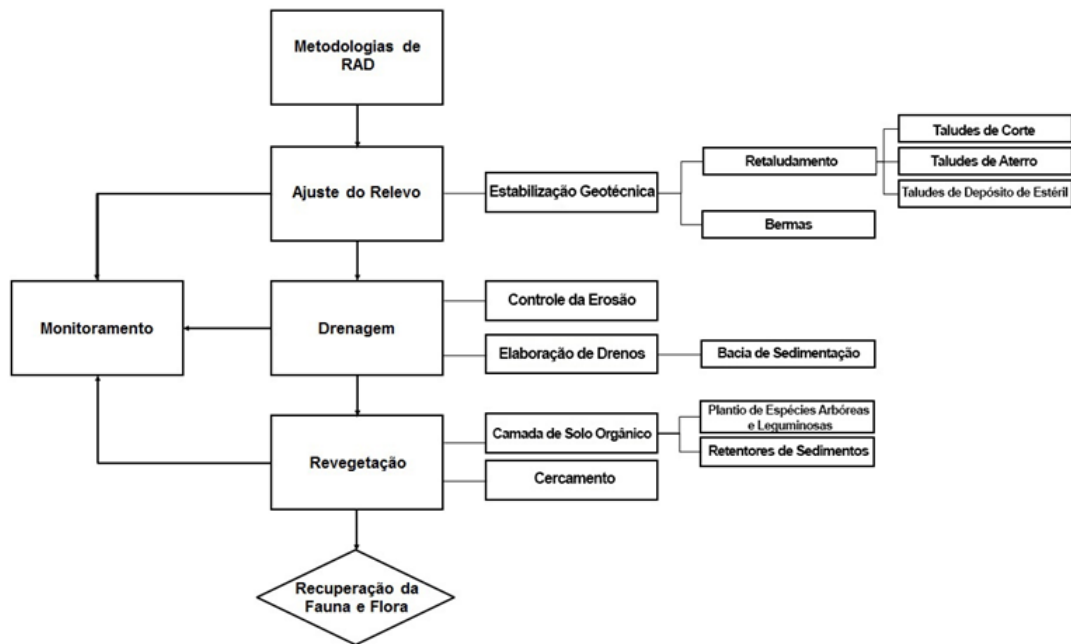


Figura 2 – Síntese dos procedimentos de RAD citados no artigo.

### Topografia

A extração de ágata a céu aberto, através do desmonte de flancos/encostas, leva à formação de taludes de corte, de aterro e, ainda, aqueles relativos à formação dos depósitos de estéril propriamente dito. A estabilização geotécnica destes taludes é parte inicial da recuperação dessas áreas (ÁVILA, J.M. & UMBELINO, R. 2006 *apud* VIEIRA, K.G. 2010).

Inicialmente, cabe destacar a importância da camada de solo orgânico. A sua remoção e realocação, etapas prévias à abertura da frente de lavra, devem seguir as melhores práticas, uma vez que as condições do solo são determinantes para o resultado da recuperação do ambiente (PARROTTA & KNOWLES; 2008). É indicado que a camada superficial do solo seja separada dos estéreis (USEPA, 2011) e que seu armazenamento seja realizado em pilhas de no máximo dois metros. Para garantir a qualidade do solo, as pilhas ou depósitos devem ser revegetados com gramíneas (Poaceae) e leguminosas (Fabaceae) (ICMM, 2016). Não se aconselha o armazenamento do solo em longo prazo, devido à morte gradativa dos microorganismos e das

sementes presentes, recomendando-se a sua utilização em outras áreas a serem recuperadas (NERI & SÁNCHEZ, 2012).



**Figura 3** - Talude com inclinação de 90° e deposição de água meteórica (29°05'10.24"S, 53°26'48.60"O). Data: 17/12/2015

Na área estudada, restam taludes de corte praticamente verticalizados e com alturas inadequadas (Figura 3), dificultando ou impedindo a permanência do solo orgânico e a consequente fixação da vegetação, essenciais ao processo de recuperação.

A Figura 4 ilustra uma tentativa de escalonamento, com a formação de um talude de aterro, com o uso do material proveniente do depósito de estéreis misturado ao solo orgânico. A face deste talude apresenta-se erodida, com deslizamento de material, demonstrando a necessidade da implantação de estruturas retentoras de sedimento além de um correto disciplinamento da drenagem superficial, com posterior plantio, visando à estabilização geotécnica.



**Figura 4** - Tentativa de escalonamento de parte dos taludes de aterro, Pedreira Buriti (29°05'18.47"S, 53°15'51.54"O), Salto do Jacuí, RS. Data: 17/12/2015.

A Figura 5 ilustra as feições de parte do talude de corte, em imagem colhida no ano de 2007.



**Figura 5** - Imagem panorâmica das feições do talude. Pedreira Buriti (29°05'18.47"S, 53°15'51.54"O), Salto do Jacuí, RS. Data: 2007

Cabe destacar a inobservância, por parte do empreendedor, das condicionantes elencadas na LO nº 5231/2011 que determinavam a formação de taludes finais de aterro e de corte, com no máximo cinco metros de altura, inclinação entre 45° e 60° e bancadas com largura mínima de quatro metros.



Através da remodelagem dos taludes é realizada a estabilização do relevo, possibilitando a instalação de um sistema de drenagem e o preparo da área para o plantio. O uso de técnicas de bioengenharia, para a estabilização geotécnica, emprega a consorciação entre elementos biologicamente ativos, como vegetação, e elementos inertes, como concreto e madeira, para implantação das estruturas construtivas da área a ser recuperada. Seu uso está cotado em, aproximadamente, um terço do valor total de implantação do RAD em contrapartida aos métodos tradicionais (PEREIRA, 2001). Cabe destacar que são métodos projetados para estabilizar e reforçar os taludes no início do processo, garantindo a instalação da vegetação (ARAÚJO, *et al.* 2014).

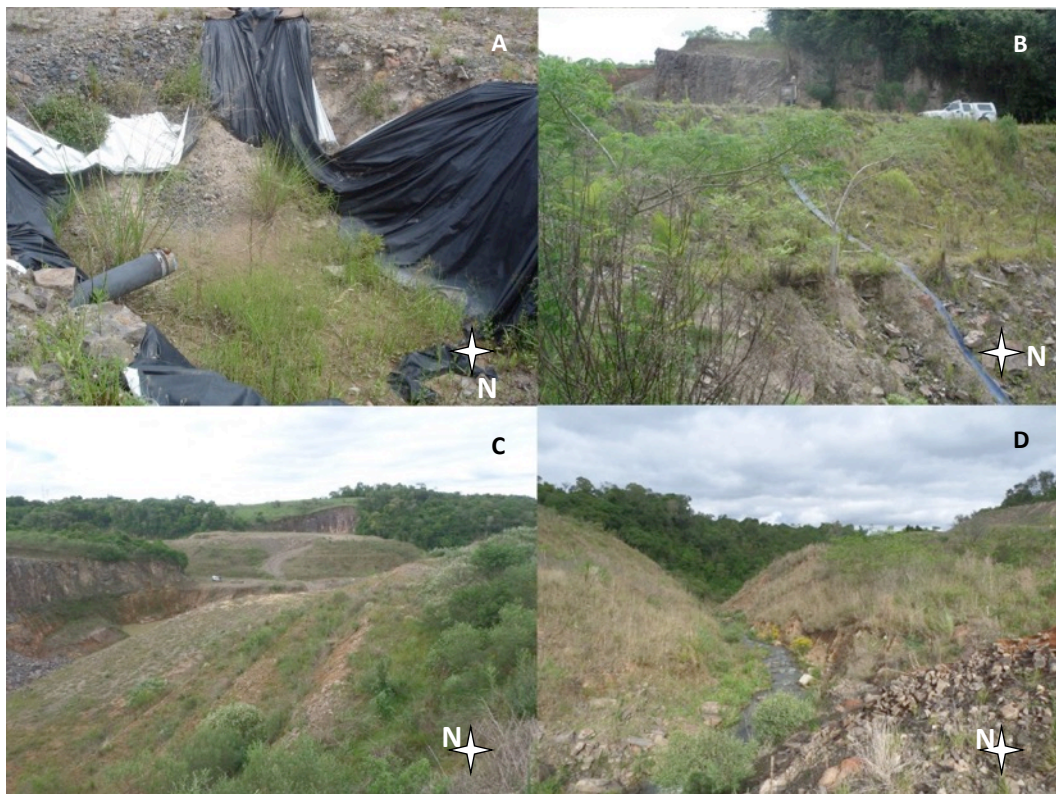
Para este tipo de rocha, recomenda-se que os taludes tenham cinco metros de altura por três metros de largura na configuração final (HEEMANN *et al.*, 1999; TASMANIA, 1999). Como ilustrado na Figura 3, o talude de corte apresenta inclinação próxima de 90° e altura acima da indicada. Uma vez havendo superfície para avanço horizontal, no caso para o sudoeste, o retaludamento é uma alternativa, com uma inclinação final que possibilite a aderência da vegetação. Para a face de taludes de corte, alguns autores recomendam um formato côncavo, reduzindo processos erosivos provenientes do deslocamento da água (COFA, 2006; MCA-Minerals Council of Australia, 1998). Recomendam, também, a construção de estruturas de estabilidade, como bermas inversas e bermas de contorno, para o escoamento das águas pluviais de maneira adequada, evitando a erosão. (COFA, 2006). Já para os taludes de aterro, representados na Figura 4, recomenda-se, após o ajuste topográfico, o uso de técnicas de bioengenharia ou de restauração ecológica, explanadas mais adiante neste artigo.

## **Drenagem**

O controle da drenagem superficial é parte do exigido pela Normativa nº 11 de 2014, do DNPM, devendo ser essencial ao remodelamento do sítio de mineração e necessitando de constante monitoramento para evitar impactos ao meio físico e hídrico (DNPM, 2002 - NRM 20/21). O sistema de drenagem deve ser constituído por drenos localizados principalmente nos taludes e direcionados a tanques de sedimentação - estruturas legalmente exigidas. Recomenda-se que os drenos tenham uma forma trapezoidal ou parabólica, com baixo-gradiente hidráulico e que sejam revestidos (HEEMANN *et al.*, 1999, MINTER & IBAMA, 1990; HIGHLAND ENGINEERING, INC, 2009). Para o revestimento, em especial no caso da pedra Buriti, é recomendado o uso dos estéreis da lavra de ágata (HEEMANN *et al.*, 1999). Além disso, é recomendada a montagem de barreiras, construídas com galhos ou estéreis, para a redução da velocidade d'água ao longo do percurso nos drenos (PDEP – Pennsylvania Department of Environmental Protection,

2012). Essas barreiras redutoras no interior dos drenos poderiam ainda ser instaladas na encosta da APP do curso d'água, atuando também como filtradoras.

Na pedreira Buriti não foram observados drenos nos taludes de corte, de aterro, tampouco na encosta da APP em processo de restauração. Isso facilitou a formação de processos erosivos e de lixiviação, como os percebidos nas Figuras 4, 5, e 6. Aparentemente, o desvio das águas contava com a condução por gravidade, o que se mostrou inoperante. A Figura 6A apresenta uma 'tentativa' de tanque de sedimentação interligada ao curso d'água através de um dreno, composto por uma mangueira (Figura 6B). Este tanque não apresentava qualquer conexão com a área de lavra, com os taludes de corte e de aterro, e com a porção da APP em restauração. O tanque de sedimentação encontrava-se totalmente assoreado e, inclusive, com o estabelecimento espontâneo de vegetação arbustiva. Esse aspecto denota claramente a ausência de manutenção, novamente desconsiderando a licença ambiental, decorrente do abandono da mina. O tanque de sedimentação, como parte do sistema de drenagem, deve ser projetado de forma a facilitar, periodicamente, a remoção mecânica de sedimentos depositados no fundo (HILL 1996; MCA, 1998). No entanto, por ser uma estrutura provisória, esse tanque deve também ser preparado para desativação quando a área atingir a estabilidade.



**Figura 6** - Sistema de drenagem e disposição de rejeitos. Legenda: A- Tanque de sedimentação com lona emborrachada (29°05'27.38"S, 53°15'53.30"O); B- Dreno emborrachado com saída na margem do curso d'água (29°05'27.10"S, 53°15'52.31"O); C-

Encosta do curso de água, com vegetação em desenvolvimento (29°05'31.69"S, 53°15'54.99"O); D- Disposição de solo misturado com rejeitos na margem do curso d'água e focos de erosão (29°05'27.24"S, 53°15'52.27"O). Data: 17/12/2015.

Ainda na Figura 6 (B, C e D), pode ser observada uma tentativa de restauração da APP do curso de água que atravessa a poligonal. Neste caso, verificou-se que a ausência de um sistema de drenagem, associado a retentores de sedimentos, impossibilitou o estabelecimento da totalidade das mudas plantadas em cumprimento à licença de operação, restando ainda boa parte do solo descoberto (Figura 6C). Esta porção da APP era utilizada para a deposição de parte dos estéreis, fato notadamente comprovado na vistoria realizada em dezembro de 2015 (Figura 6D). Em vistorias subsequentes até junho de 2017, observou-se o agravamento da situação, devido ao abandono da pedreira, sendo constatados desmoronamentos e obliterações do curso d'água, estando a área sensivelmente fragilizada.

Ainda, nota-se que a área mais baixa da mina/cota de arrasamento permanece acumulando águas meteóricas (Figura 3), em descumprimento à licença ambiental. Essas águas devem ser constantemente removidas, do contrário impedirão as atividades, tanto extrativistas, quanto de recuperação, pela inacessibilidade de pessoal e de equipamentos. A remoção poderá ser de forma passiva, com a construção de drenos. Caso isso não seja possível, a água deverá ser retirada por bombeamento. No primeiro caso, a desembocadura dos drenos deverá ser protegida, com retentores de sedimento e/ou dissipadores de energia, evitando erodir o solo e assorear o curso de água receptor (HILL, 1996; TASMANIA, 1999). Recomenda-se, então, que os sedimentos decantados, na praça de mineração e nos tanques, sejam removidos e utilizados na recuperação da área, pois apresentam composição argilosa, graças às características do solo da região. Após a drenagem das águas, a praça de mineração deverá ser também recuperada, podendo ser utilizados os estéreis resultantes da extração, com a disposição de solo orgânico e revegetação.

### **Preparação da área para plantio**

Após a instalação das estruturas de drenagem, inicia-se o preparo da área. O solo presente na pedreira Buriti está misturado ao estéril e imobilizado na forma de taludes, portanto, não há solo disponível para redistribuição. Neste caso, o que for removido do tanque de sedimentação poderá ser utilizado. Entretanto, a quantia é ainda insuficiente, devendo o restante, ser obtido comercialmente. Na sequência, o gradeamento do solo deve ser realizado, para, aumentando sua permeabilidade, favorecer o desenvolvimento da vegetação (ICMM, 2006; AUMOND & MAÇANEIRO, 2014). Na porção da APP em processo de restauração, deverão ser priorizadas as técnicas manuais de gradeamento, evitando danificar a

vegetação já existente. Ainda, é recomendado que as linhas de plantio estejam distanciadas equivalentemente à profundidade do corte, que deve ser de 20 a 30 cm (BERTOL *et al.*, 2006). Em relação ao solo, não há laudos quanto à fertilidade presente na pedreira Buriti, contudo, recomenda-se realizar a fertilização para aumentar o sucesso do plantio (HIGHLAND ENGINEERING, INC, 2009; MORAES *et al.*, 2013). Os ajustes devem seguir a recomendação técnica de profissional habilitado. E, caso seja realizada, a calagem do solo para correção de sua acidez deve ocorrer 15 dias antes da aplicação de fertilizantes na área (DNIT & IPR, 2009).

Para a execução dos plantios nos taludes e na APP, recomenda-se o uso de retentores/barreiras de sedimentos, os quais impedem a perda de solo orgânico, evitam o carreamento de sólidos para o curso d'água, além de servir como estruturas auxiliares para drenar o excesso de água. A utilização combinada de elementos se traduz no êxito do estabelecimento da vegetação (ARAÚJO *et al.*, 2014). De acordo com a necessidade, as barreiras de sedimentos devem ser instaladas em áreas prioritárias, tais como os pés dos taludes, evitando o carreamento do solo (COUTO *et al.*, 2010; USEPA, 2011; PDEP, 2012).

Conforme Araújo *et al.* (2014), medidas de bioengenharia podem promover a estabilização biotécnica quando plantas, ou partes dessas, tais como as estacas vivas, são utilizadas como reforços para o solo, barreiras contra o movimento desse, concentradoras de umidade e drenos hidráulicos. Além disso, outros tipos de materiais, naturais ou sintéticos, menos usuais, poderiam ser testados como auxiliares na contenção do solo, disciplinamento do fluxo e redução da velocidade das águas superficiais. Por exemplo: travesseiros, colchões e espumas, arranjos de forma cilíndrica e dispostos frontalmente às estacas. Tais materiais podem ser obtidos nas proximidades da área, inclusive em usinas de reciclagem de resíduos, viabilizando o baixo custo.

Quanto a esse aspecto, na pedreira Buriti, também se verificou o não cumprimento do estabelecido na licença ambiental (Figura 4), que determinava a instalação de barreiras nas curvas de nível, para a contenção do solo, associadas ao plantio de gramíneas e leguminosas.

Especificamente para o plantio na encosta da APP, sugere-se a escavação de bacias rasas para captação de água ao redor das mudas de árvores, facilitando seu desenvolvimento (MINTER & IBAMA, 1990).

## **Revegetação**

Aconselha-se a realização da etapa de revegetação em duas fases, visando à redução de custos do processo. A primeira consistirá na estabilização e desenvolvimento do solo, utilizando plantas herbáceas e gramíneas, as quais fornecem densa cobertura ao solo exposto (ARAÚJO *et*

*al.*, 2014). A segunda etapa consistirá no enriquecimento do plantio com espécies nativas de hábitos variados, visando alcançar um mínimo de 80 espécies ao final do processo de recuperação. Ressalta-se que este é o número mínimo de espécies recomendado para obtenção de uma comunidade estável e auto-sustentável em áreas florestais de tal complexidade (Universidade de São Paulo- USP & Escola Superior de Agricultura - ESALQ, 2007; BRANCALION *et al.*, 2010). A execução da segunda fase deve ser antecedida pelo monitoramento e avaliação da primeira fase por um período mínimo de cinco anos. A segunda etapa poderá ser estabelecida através de estratégias de restauração ecológica que, apesar de ainda ser pouco utilizada pela indústria da mineração, foi desenvolvida na década de 1980 e tem sido amplamente aproveitada em unidades de conservação (ENGEL & PARROTTA, 2008). Essa abordagem, exemplificada nos itens a seguir, visa recriar comunidades ecologicamente viáveis e estáveis, assistindo e direcionando processos naturais (ENGEL & PARROTTA, 2008). É importante destacar a necessidade de cercamento do local como primeira medida a ser realizada, visando impedir o pisoteio por animais dos arredores.

### **Escolha das espécies**

Quanto à escolha das espécies, é importante dar preferência às nativas regionais, atentando para sua origem genética e distribuição fitogeográfica (HEIDEN *et al.*, 2006). Um levantamento fitossociológico prévio, realizado por profissionais qualificados, identificará as espécies mais apropriadas para a restauração da encosta da APP e a reabilitação dos taludes de corte e de aterro. Entre suas características, as espécies escolhidas devem ser de pequeno e médio porte, possuir crescimento rápido, e ser adaptadas às condições climáticas e de solo (MORAES *et al.*, 2013). O plantio de espécies com características nucleadoras e facilitadoras é altamente recomendável (REIS *et al.*, 1999; SMASP, 2011), com destaque para espécies da família Fabaceae (leguminosas) por sua capacidade de enriquecimento do solo com a incorporação de nitrogênio (NOGUEIRA *et al.*, 2012; MELO *et al.*, 2013). Ainda, aconselha-se o uso de espécies frutíferas e/ou melíferas e as espécies com sementes aladas, que têm sua propagação facilitada por insetos, pássaros e outros animais, ou pelo vento (MINTER & IBAMA, 1990; CARPANEZZI, 1998). O uso de espécies de plantio por maniva, ou seja, por estaca viva, com enraizamento profundo, a fim de segurar o solo e evitar o deslocamento de massas nos taludes, também pode ser incluído (HIGHLAND ENGINEERING, 2009; PDEP, 2012). As sementes ou mudas devem ser obtidas de forma legal através de coletas na própria área, formando-se inicialmente um banco de sementes e mudas, ou a partir de fornecedores confiáveis (MCA, 1998; COFA, 2006). Aconselha-se que as coletas sejam,

preferencialmente, realizadas em áreas onde haverá intervenção, em áreas mineradas ou de avanço de lavra (SANTOS, 2011). Do contrário, considerar a coleta em áreas externas, de espécies com maior densidade de regeneração e/ou obtê-las comercialmente, evitando sempre danos a um ambiente bem preservado. É importante conhecer as taxas de germinação das espécies para estimar o número de sementes ou propágulos a serem utilizados. Isto favorece o desenvolvimento de um planejamento adequado, evitando imprevistos com perdas ao longo do plantio. Técnicas que visam à restauração ecológica, tais como a transposição de solo associada a poleiros artificiais (secos ou vivos), poderão ser utilizadas em toda a área objeto de recuperação. Os poleiros são estruturas de madeira na forma de um “T”, que têm como função o enriquecimento do plantio com plantas frutíferas de interesse para fauna (REIS *et al.* 2003). A fim de aumentar sua eficácia, sugere-se o recobrimento de sua base com uma camada de material vegetal fenecido (palhagem ou *mulching*) (REIS *et al.*, 2003). A transposição de galharias poderá ser eficiente na encosta do curso de água, se dispostas ancoradas em estruturas retentoras de sedimento e disciplinadoras da drenagem superficial.

### **Revegetação recomendada à pedreira Buriti**

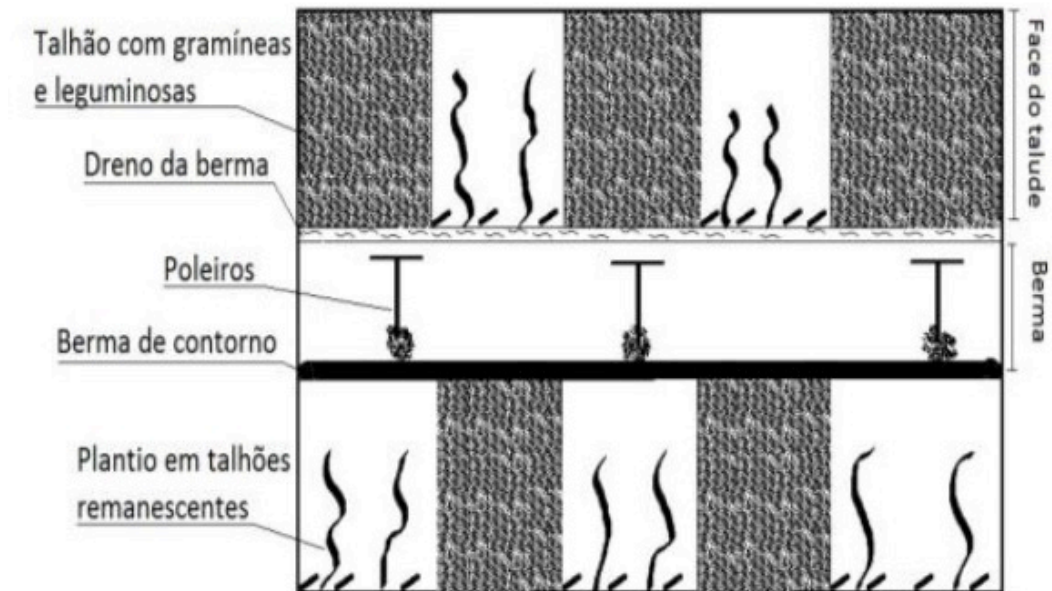
Baseando-se nas metodologias discutidas em relação à revegetação, e nas visitas técnicas realizadas, elaborou-se um modelo referência para a implantação na pedreira Buriti. Assim, dividiu-se em duas fases a etapa, como aconselhado, sendo a primeira fase objetivando a estabilização e o desenvolvimento de solo, e a segunda, o enriquecimento do plantio.

### **Primeira fase: estabilização e desenvolvimento de solo**

Esta fase é baseada na estratégia de Talhões sugerida por Ferretti (2002b), o modelo de plantio está representado na Figura 7 e descrito abaixo.

Nos taludes de aterro, localizados no setor sudeste da pedreira, sugere-se o plantio de espécies de gramíneas nativas, associado a espécies leguminosas de pequeno porte como o *Arachis pintoi* Krapov. & W. C. Greg. (amendoim forrageiro) e rasteiras/trepadeiras como *Centrosema pubescens* Benth. (GUERRA *et al.*, 2007), que facilitam a proteção e fixação do solo exposto, e auxiliam a sua fertilidade através da adubação verde. Neste caso, sugere-se o plantio por semeadura a lanço, a fim de evitar custos adicionais com propágulos. Idealmente, esse plantio pode ser realizado dentro de talhões alternados. Nos talhões remanescentes, e no pé dos taludes, sugere-se o plantio de espécies de enraizamento profundo como a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pela técnica de estaquia (OLIVEIRA, 2013). Esta, alternada com espécies trepadeiras e rasteiras do gênero *Ipomoea* L. e *Mikania* Wild. (guaco), os quais formam rapidamente uma cobertura

protetora (REIS & KAGEYAMA, 2008). Aconselha-se, ainda, o uso de poleiros nas bermas dos taludes, para atrair a fauna local.



**Figura 7** – Modelo sugerido para contenção e estabilização do solo.

No talude de corte a noroeste, marginal à estrada de acesso, (Figura 6B, ao fundo), recomenda-se o plantio de espécies trepadeiras e Pteridófitas rupícolas como o *Blechnum occidentale* L. (BOLDRIN & PRADO, 2007; XAVIER & BARROS, 2005). Outros grupos como bromélias, orquídeas e gramíneas de ambientes rochosos, expostas ao sol pleno, também podem ser utilizadas na recuperação desta área (FERNANDES & BAPTISTA, 1987). Estas espécies podem ser coletadas em pequena quantidade na região.

Na zona entre os taludes da pedra, utilizando como base nos princípios do modelo 'Núcleo de Diversidade entre Ilhas de Pioneiras', propostas por Ferretti (2002b), sugere-se a implantação de um núcleo de diversidade. Este é formado por um talhão, composto por espécies primárias e secundárias. Aconselha-se alocá-lo na região mediana, como indicado por Ferretti (2002b). Ainda, complementando o plantio, sugere-se a técnica de serrapilheira consorciada com a de poleiros. Ambas possibilitam o surgimento de espécies primárias e também secundárias, facilitando a formação de ilhas de diversidade (AUMOND, 2007). Estas últimas irão se desenvolver espontaneamente quando houver condições favoráveis de solo, micro-clima, umidade, dentre outras (MINTER & IBAMA, 1990; REIS *et al.*, 2003). É importante, também, considerar a prévia estabilização desse talhão com *Lolium multiflorum* L. A serrapilheira poderá ser implantada no talhão, após o desenvolvimento desse último, juntamente com poleiros e retentores de sedimentos. Além dessa barreira impedindo a perda da serrapilheira em

períodos de chuva intensa e/ou vento, sugere-se distribuir montículos de galhos no restante da área, para reter sementes e abrigar a fauna dispersora (REIS *et al.*, 2003).

### **Segunda fase: enriquecimento**

Na sequência, a segunda fase dedica-se ao enriquecimento das áreas trabalhadas anteriormente na primeira fase, como também das demais áreas da pedreira, as quais embora já vegetadas, em parte, como é o caso da encosta da APP marginal, permanecem com o solo parcialmente descoberto. As árvores plantadas encontram-se subdesenvolvidas, de modo que são insuficientes para sombrear a área e formar serrapilheira. Sugere-se, então, o enriquecimento da área com espécies de preenchimento, preferencialmente leguminosas e arbustivas nativas regionais. Em última hipótese, na ausência dessas, pode-se utilizar espécies não autóctones ou cultivadas (MANUAL MATA CILIAR, 2008), desde que, reconhecidamente, não sejam persistentes (anuais, bi-anuais, semi-perenes) e invasoras em potencial. A listagem das plantas exóticas proibidas para plantio no RS, por sua invasividade em ecossistemas naturais, está disposta na Portaria Nº79, de 31 de outubro de 2009 (SEMA, 2013). Espécies com características semelhantes são indicadas para a formação das áreas de filtração dos canais de drenagem (TASMANIA, 1999). Alternativamente, para o enriquecimento, é possível utilizar serrapilheira associada a estruturas/barreiras de contenção para evitar que a mesma seja carregada pelas intempéries.

Caso seja constatada ainda a necessidade de enriquecimento vegetal para outra área, circundante à lavra, sugere-se a sua realização estritamente com vegetação nativa autóctone. Ainda, espécies arbóreas podem e devem ser utilizadas para o enriquecimento de uma área florestal, como é o caso deste sítio de mineração. Espera-se que a área esteja recoberta por gramíneas, herbáceas e espécies arbóreas adicionadas pelos poleiros e serrapilheira. As espécies arbóreas devem ser introduzidas nas densidades estimadas no respectivo laudo de cobertura vegetal (SOUZA & BATISTA, 2004). Prioritariamente, o levantamento fitossociológico deve ser executado na formação florestal remanescente que guarda características o mais próximo possível da original, onde se localiza o empreendimento. Sugere-se que o enriquecimento seja realizado por coleta de plântulas (indivíduos jovens), o qual é um método de restauração visando o estabelecimento de uma alta diversidade de espécies (SANTOS, 2011), principalmente se o objetivo for a preservação do local, como é o caso da APP.

### **Monitoramento**

Considerando a importância do sucesso da recuperação da área degradada, é essencial a realização da etapa de monitoramento. Nesta será



possível checar o desenvolvimento da vegetação, obtendo garantias de que o ecossistema recuperado é auto-sustentável (ANDRADE, 2014), ou que atingiu os níveis de estabilidade propostos, seja qual for o uso futuro. O monitoramento da área permite ainda a correção de medidas implantadas no PRAD, caso existam indícios de insucesso, por exemplo, no estabelecimento da vegetação.

O monitoramento do plantio deve ser pautado por objetivos e metas, permitindo quantificar o sucesso de recuperação da área (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION – SER, 2004). Aconselha-se a obtenção de respostas, já no primeiro ano, quanto a sintomas de deficiência nutricional ou toxidez por excesso de alguns elementos (IBAMA, 1999). Ainda, o processo deverá controlar a mortalidade das mudas de plantas (ANDRADE, 2014) que pode ocorrer devido à má adaptação ao local ou à presença de pragas, como artrópodes, e de ervas daninhas (ICMM, 2006; MORAES *et al.*, 2013).

Outro aspecto importante é que a recuperação ambiental e o respectivo monitoramento, planejados inicialmente, sejam realizados concomitantemente à operação da atividade. Essa medida visa diminuir o custo, e impedir que, por exemplo, processos erosivos possam se desenvolver devido à falta de revegetação, resultando em agravantes quanto à segurança, além da permanência dos passivos ambientais.

### **Considerações finais**

Este estudo de caso permitiu identificar e compreender alguns dos principais aspectos impactantes da atividade de extração de geodos de ágata. Ganha destaque a observação da falta de planejamento da operação, verificada pela desordenada frente de lavra, com a formação de taludes de corte e de aterro com dimensões totalmente diferentes das recomendadas pelo órgão ambiental. É marcante a inobservância das condicionantes elencadas na licença de operação, principalmente quanto aos aspectos de reconfiguração da topografia, disciplinamento da drenagem superficial, disposição e contenção de solo orgânico e plantio. Faltas essas que não permitiram concluir se as metodologias propostas na licença seriam eficientes à recuperação do local.

O não cumprimento das medidas de recuperação presentes no PRAD, que muitas vezes não é priorizado ou é abandonado pelos empreendimentos, compromete o retorno da natureza ao local. Cabe ressaltar ainda que, além da aplicação de tais medidas, é essencial monitorá-las. A não indicação de parâmetros para o monitoramento compromete a fiscalização dos órgãos ambientais, assim como a atuação mais adequada dos empreendedores, frente ao correto desenvolvimento da atividade.

Por fim, neste estudo, compreendeu-se a importância de uma proposta de Termo de Referência, contextualizado à área de estudo, como ferramenta de orientação aos empreendimentos. A utilização de um TR contendo, minimamente, as etapas necessárias descritas e as estratégias recomendadas aqui, poderá potencializar a recuperação ambiental na região, garantindo não apenas o retorno da natureza ao local, como também a possibilidade de um maior número de empreendimentos estar de acordo técnica e legalmente com o requerido pelo órgão ambiental. As proposições deste estudo poderão contribuir para a elaboração de PRAD e de Planos de Controle Ambiental (PCA) que podem ser aplicados em outras regiões com atividades de mineração com métodos de extração e alterações ambientais similares.

### Referências bibliográficas

ANDRADE, G. F.; SANCHEZ, G. F.; ALMEIDA, J. R. Monitoramento e Avaliação em Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas. **Revista Internacional de Ciências**. v. 4, n. 2, p. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.12957/ric.2014.13833>> Acesso em: 11 abr. 2017.

ARAÚJO, G. H. S; ALMEIDA, J. R; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. 11ªEd. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. 322p.

AUMOND, J. J. & MAÇANEIRO, J. P. Abordagem Sistêmica e Aplicação de Rugosidades para Desencadear Propriedades Emergentes em Restauração de Solos Degradados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 759-770. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/1980509815737>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

AUMOND, J. J. **Adoção de uma nova abordagem para a recuperação de área degradada pela mineração**. 2007. 266 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/90173>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

ÁVILA, J. M. & UMBELINO, R. **Projeto de Estabilização e Reabilitação de Áreas Degradadas na Mina de Piçarrão**. Nova Era, MG, 2006.

BATISTI, V. S. & TATSCH, A. L. O Arranjo Produtivo Local (APL) gaúcho de gemas e jóias: estruturas produtiva e comercial, arranjos institucional e educacional e relações interorganizacionais. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 33, n. 2, p. 513-538, nov. 2012. Disponível em: <<http://revistas.fee.tche.br/index.php/ensaios/article/view/2473/3109>>. Acesso em: 25 jan. 2016.

BERTOL, I. *et al.* Parâmetros relacionados com a erosão hídrica sob taxa constante da enxurrada, em diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 4, p. 715-722, jul/ago. 2006.

Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832006000400012>>. Acesso em: 25 jan. 2016.

BOLDRIN, L. H. A.; PRADO, J. Pteridófitas terrestres e rupícolas do Forte dos Andradas, Guarujá, São Paulo, Brasil. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, v. 25, n. 1, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v25i1p1-69>>. Acesso em: 23 mai. 2016.

BRANCALION, P. H. S. *et al.* Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, v. 34, n. 3, mai./jun. 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000300010>>. Acesso em: 23 mai. 2016.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil, 5 de outubro de 1988**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Palácio do Planalto: Presidência da República. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm)>. Acesso em: 23 mai. 2016.

BRASIL. **Decreto n. 97.632, de 10 de abril de 1989**. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº, 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. Palácio do Planalto: Presidência da República. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1980-1989/D97632.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D97632.htm)>. Acesso em: 23 mai. 2016.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Palácio do Planalto: Presidência da República. 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: 10 mar. 2017.

BRASIL. ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Instrução Normativa nº 11**. Estabelecer procedimento para elaboração, análise, aprovação e acompanhamento da execução de Projeto de Recuperação de Área Degradada ou Perturbada- PRAD. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 de dez. 2014. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/diarios/82233806/dou-secao-1-12-12-2014-pg-126>>. Acesso em: 9 ago. 2016.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Diretoria de Geociências**. Brasil: IBGE, 2008. 1 Mapa. Escala 1: 5.000.000. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf\\_chm\\_rbbio/\\_arquivos/mapa\\_de\\_aplicacao\\_da\\_lei\\_11428\\_mata\\_atlantica.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/mapa_de_aplicacao_da_lei_11428_mata_atlantica.pdf)>. Acesso em: 14 de jun. 2016.

BRUM, I. A. S. **Recuperação de Áreas Degradadas**. 2000. 22f. Departamento de Hidráulica e Saneamento (Curso de especialização em gerenciamento e tecnologias ambientais na indústria. Disponível em:

<[http://www.teclim.ufba.br/site/material\\_online/monografias/mono\\_irineu\\_a\\_s\\_de\\_brum.pdf](http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/monografias/mono_irineu_a_s_de_brum.pdf)>. Acesso em: 3 de abr. 2017.

CARDOZO, J. S. **Proposta de Modelo para Reabilitação de Área Degradada pela Extração de Argila e Areia no Município de Morro da Fumaça- SC.** Defesa da Monografia no Curso de Pós-Graduação de Especialização em Gestão de Recursos Naturais. Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. Criciúma - SC, março de 2006, p.6. Disponível em:

<<http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000028/0000287B.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2017.

CARPANEZZI, A. A. Espécies para recuperação ambiental. *In*: GALVÃO, A. P. M. (Coord.). **Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais.** Colombo: Embrapa Florestas, 1998. 43-53 p. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/307861>>. Acesso em: 17 ago. 2016.

COFA- Commonwealth of Australia. **Mine Rehabilitation: Leading Practice Sustainable Development Program For The Mining Industry.** Austrália: Camberra, 2006. 77 p. Disponível em: <<http://www.industry.gov.au/resource/Programs/LPSD/Pages/LPSDhandbooks.aspx#>>. Acesso em: 22 jan. 2016.

CPRM- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Geologia para Apoio aos Arranjos Produtivos de Gemas do Rio Grande do Sul.** Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Recursos-Minerais/Recursos-Minerais-do-Brasil/Geologia-para-Apoio-aos-Arranjos-Produtivos-de-Gemas-do-Rio-Grande-do-Sul-189.html>>. Acesso em 21 jun2017.

COUTO, L. *et al.* **Técnicas de Bioengenharia para Revegetação de Taludes no Brasil. Boletim Técnico CBCN Nº 001.** Viçosa: Centro Brasileiro para Conservação da Natureza e Desenvolvimento Sustentável, 2010. 119 p. Disponível em: <[http://www.cbcn.org.br/arquivos/p\\_tecnicas\\_brasil\\_853272915.pdf](http://www.cbcn.org.br/arquivos/p_tecnicas_brasil_853272915.pdf)>. Acesso em: 2 dez. 2016.

DNIT- Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes; IPR- Instituto DE Pesquisas Rodoviárias. **Manual de vegetação rodoviária.** Rio de Janeiro: IPR, 2009. V. 1. 128 p. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/normas/MANUAL%20DE%20VEGETACAO%20RODOVIARIA%20-%20VOLUME%201.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2016.

DNPM- Departamento Nacional de Produção Mineral. **Portaria nº 12, Norma Reguladora da Mineração, 22 de janeiro de 2002.** Altera dispositivos do ANEXO I da Portaria nº 237, de 18 de outubro de 2001, publicada no DOU de 19 de outubro de 2001. Brasília: DOU de 22/12/2002. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/diarios/437947/pg-123-secao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-29-01-2002>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

DNPM- Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE).** Processo número

810547 de 2006. Disponível em: < <http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/>>. Acesso em: 31 jan. 2017.

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J.A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. *et al.* **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. 1 ed. Botucatu: FEPAF, 2008. 340 p.

FEPAM- Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler. Divisão de Controle de Mineração. **Termo de Referência: Relatório de Controle Ambiental e Plano de Controle Ambiental- RCA/PCA Unificados**. 2012. 6 p. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/Licenciamento/Area4/13.asp?Instr=sim>>. Acesso em: 23 mai. 2016.

FERNANDES, I.; BAPTISTA, L. R. M. Levantamento da Flora Vascular Rupestre do Morro Sapucaia e Morro do Cabrito Rio Grande do Sul. **Acta Botanica Brasilica**, v. 1, n. 2, supl. 1, pp. 95-102, 1987. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33061987000300010>>. Acesso em: 17. abr. 2017.

FERRETTI, A. R. Modelos de Plantio para a Restauração. In: GALVÃO, A. P.; MEDEIROS, A. C. de S. (Ed.). Restauração da Mata Atlântica em áreas de sua primitiva ocorrência natural. Colombo: **EMBRAPA Florestas**, 2002b. 135 p.

FRANK, H. T.; GOMES, M. E. B.; FORMOSO, M. L. L. Review of the areal extent and the volume of the Serra Geral Formation, Paraná Basin, South America. **Pesquisas em Geociências**, v. 36, n. 1, pp. 49-57, jan./abr. 2009. Disponível em: < <http://www.ufrgs.br/igeo/pesquisas/Sitenovo/3601/05-3601.pdf> >. Acesso em: 17. abr. 2017.

GUERRA, J. G. M. *et al.* Desempenho de leguminosas tropicais perenes como plantas de cobertura do solo. **Seropédica: Embrapa Agrobiologia**, 2007. 39 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/623121/desempenho-de-leguminosas-tropicais-perenes-como-plantas-de-cobertura-do-solo>>. Acesso em: 12 jan. 2017.

HEEMANN, R. **Modelagem Estrutural e Tridimensional para a Prospecção e Avaliação dos Depósitos de Ágata do Distrito Mineiro de Salto do Jacuí (RS)**. 2005. 175 f. Tese (Doutorado em Engenharia)- Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais- PPGEM, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <[http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/5973?locale=pt\\_BR](http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/5973?locale=pt_BR)>. Acesso em: 26 jan. 2016.

HEEMANN, R. *et al.* C. Erosion control system proposed for the Salto do Jacuí mine district (Brazil). **International Symposium on mine planning and equipment selection & mine environmental and economical issues**. Dniepropetrovsk- Ukraine, Pivnyak & Singhal (eds), p.473-480. 1999.

HEEMANN, R.; STRIEDER, A. J.; KELLERMANN, C. F. Gestão de Recursos Ambientais para Área de Extração de Ágatas em Salto do Jacuí (RS). In: **II Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental - Gerenciamento de**

**Resíduos e Certificação Ambiental**, 2., 1998, Porto Alegre. *Gestão de Recursos Ambientais (anais)*. Porto Alegre: PUCRS, 1998. p. 521-524.

HEIDEN, G.; BARBIERI, R.; STUMPF, E. R. T. Considerações sobre o uso de plantas ornamentais nativas. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 12, n. 1, p. 2-7, 2006.

HIGHLAND ENGINEERING. **Water Quality Best Management Practices for the Aggregate Mining Industry**. Georgia: Atlanta, 2009. 83 p. Disponível em: <<http://gcaa.org/gcaaweb/bmpmanual.pdf>>. Acesso em: 5 fev. 2016.

HILL, D. **Guidelines for Assessing the Design, Size and Operation of Sedimentation Ponds Used in Mining**. Pollution Prevention Officer: Province of British Columbia, 1996. 17 p.

ICMM- International Council on Mining & Metals. **Good practice guidance for mining and biodiversity**. Londres: ICMM, 2006. 148 p. Disponível em: <<https://www.icmm.com/page/1182/good-practice-guidance-for-mining-and-biodiversity>>. Acesso em: 8 mar. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. **Bioma Mata Atlântica**. [Londrina], [2016]. Disponível em: <<http://www.ibflorestas.org.br/bioma-mata-atlantica.html>>. Acesso em: 18 mai. 2016.

KUNDE, R. J. **Matéria orgânica e qualidade estruturas de um latossolo sob cultivo de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul**. 2013. 124 f. Dissertação (Mestrados em Ciências dos Solos)- Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.ufpel.edu.br/handle/prefix/3053>>. Acesso em: 13 dez. 2016.

LYSAY, G.; MECCONNACHIE, J.; JOHNS, C.; EVANS, J. **Kemess South Mine Reclamation and Closure**. British Columbia: 2010. 11 p. Disponível em: <<http://www.trcr.bc.ca/wp-content/uploads/2011/11/2010-Kemess-South-Mine-Reclamation-and-Closure.pdf>>. Acesso em: 8 jul. 2016.

MCA- Minerals Council of Australia. **Mine Rehabilitation Handbook**. [Camberra]: Minerals Council of Australia, 1998. 58 p. Disponível em: <<https://miningandblasting.files.wordpress.com/2009/09/mine-rehabilitation-handbook.pdf>>. Acesso em: 4 jan. 2017.

MELO, F. L. *et al.* Vegetação como instrumento de proteção e recuperação de taludes. **Revista Verde Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 116-124, 2013. Disponível em: <<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1991>>. Acesso em: 26 jul. 2017.

MINTER- Ministério do Interior; IBAMA- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação/IBAMA**. Brasília: MINTER; IBAMA, 1990. 96 p.

MORAES, L. F. D. *et al.* **Manual Técnico para a Restauração de Áreas Degradadas no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico

do Rio de Janeiro, 2013. 84 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/73651/1/Manual-Tecnico-para-a-Restauracao-de-Areas-Degradadas-no-Estado-do-Rio-de-Janeiro.pdf>>. Acesso em: 9 mar. 2017.

MOREIRA, R. P. **Manejo do Solo e Recomposição da Vegetação com Vistas a Recuperação de Áreas Degradadas pela Extração de Bauxita, Poços de Caldas**, MG. Tese apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus de Rio Claro, para a obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Área de Concentração: Biologia vegetal). Rio Claro Estado de São Paulo – Brasil outubro de 2004. Disponível em: <<http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/moreira,pr.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

NERI, A. C.; SÁNCHEZ, L. E. **Guia de boas práticas de recuperação ambiental em pedreiras e minas de calcário**. São Paulo: ABGE- Associação Brasileira de Geologia de Engenharia Ambiental, 2012. 176 p.

NOGUEIRA, N. O. *et al.* Utilização de leguminosas para recuperação de áreas degradadas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8. n. 14, p. 21-31, 2012. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012a/ambientais/utilizacao%20de%20leguminosas.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

OLIVEIRA, R. A. M. Plantio consorciado de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e “Muvuca” de Sementes em Sistema Agroflorestal para recuperação de Áreas de Preservação Permanente Degradadas na Amazônia. *In: VIII CONGRESSO DE AGROECOLOGIA*, 2013. Cadernos de Agroecologia, v. 8, n. 2, p.1-5, 2013.

PARROTTA, J. A.; KNOWLES, O. H. Restauração Florestal em áreas de mineração de bauxita na Amazônia. *In: KAGEYAMA, P. Y. et al. Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais*. 1 ed. Botucatu: FEPAF, 2008. 340 p.

PDEP- Pennsylvania Department of Environmental Protection. **Erosion and Sediment Pollution Control Program Manual**. Technical Guidance Number: 363-2134-008. 2012. Disponível em: <<http://www.elibrary.dep.state.pa.us/dsweb/Get/Document-88925/363-2134-008.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2016.

PEREIRA, A. R. Controle e Recuperação de Processos Erosivos com Técnicas de Bioengenharia. *In: Vii Simpósio Nacional de Controle de Erosão*, 2001, Goiânia, 2001. 11p.

PILLAR, V. P. *et al.* (Ed.). **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009.

REIS, A. *et al.* Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza & Conservação**. v. 1, n. 1, p. 28-36. 2003. Disponível em: <<http://www.lerf.esalq.usp.br/divulgacao/recomendados/artigos/reis2003.pdf>>. Acesso em: 4 jan. 2017.

REIS, A.; KAGEYAMA, P. Y. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. In: Kageyama, P. Y.; Oliveira, R. E.; Moraes, L. F. D; Engel, V. L. E.; Gandara, F.B. **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. 1 ed. Botucatu: FEPAF, 2008. 340 p.

REIS, A.; ZAMBONIN, R. M.; NAKAZONO, E. M. Caderno nº 14: Recuperação de Áreas Florestais Degradadas Utilizando a Sucessão e as Interações Planta-Animal. In: *Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica*. Série 3: Recuperação. São Paulo: Companhia de Tecnologia Ambiental, 1999. 23 p. Disponível em: <[http://www.rbma.org.br/rbma/pdf/Caderno\\_14.pdf](http://www.rbma.org.br/rbma/pdf/Caderno_14.pdf)>. Acesso em: 26 abr. 2016.

SANTOS, M. B. **Enriquecimento de uma floresta em restauração através da transferência de plântulas de regeneração natural e da introdução de plântulas em mudas**. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-20102011-103900/pt-br.php>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

SEMA-RS - Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. **Portaria Nº79 de 31 de outubro de 2013**. Publicada em 1º de novembro de 2013. Reconhece a Lista de Espécies Exóticas Invasoras do Estado do Rio Grande do Sul e demais classificações, estabelece normas de controle e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201612/23180118-portaria-sema-79-de-2013-especies-exoticas-invasoras-rs.pdf>>. Acesso em: 26 jun 2017.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION (SER) INTERNATIONAL, Grupo de Trabalho sobre Ciência e Política. 2004. **Princípios da SER International sobre a restauração ecológica**. Disponível em: <[www.ser.org](http://www.ser.org)>. Acesso em: 11 abr. 2017.

SILVA, G. J. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica: Manejo do Solo**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fq6x5lxh02wyiv80bhgp5ps6ra6re.html>>. Acesso em: 23 mar. 2016.

SMASP. 2011. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Restauração Ecológica: Sistemas de Nucleação**. 1.ed. - São Paulo: SMA, 66p. Disponível em: <<http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/repositorio/222/documentos/nucleacao.pdf>>. Acesso em: 4 jun. 2017.

SOUZA, F. M.; BATISTA, J. L. F. Restoration of seasonal semideciduous forests in Brazil: influence of age and restoration design on Forest structure. **Forest Ecology and Management**, v. 191, n. 1-3, p. 185-200, abr. 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2003.12.006>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

TASMANIA. **Quarry Code of Practice June 1999**. Department of Primary Industries, Water an Environment, Department of Infrastructure, Energy and Resources. 1999. 56 p. Disponível em: <



[http://epa.tas.gov.au/documents/quarry\\_code\\_of\\_practice.pdf](http://epa.tas.gov.au/documents/quarry_code_of_practice.pdf)>. Acesso em: 4 jun. 2017.

USEPA- United States Environmental Protection Agency. **EIA Technical Review Guideline: Non-Metal and Metal Mining**. 1 v., part. 1. United States: EPA, 2011. 196 p. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-04/documents/miningvol1.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

USEPA- United States Environmental Protection Agency. **Guideline for Erosion and Sediment Control Planning and Implementation**. EPA-R2-72-015: Maryland, 1972. 243 p. Disponível em: <<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=9100823N.txt> >. Acesso em: 22 jan. 2016.

USP- Universidade de São Paulo; ESALQ- Escola Superior de Agricultura “Luiz Quieroz”. **Pacto para a Restauração Ecológica da Mata Atlântica: Referencial Teórico**. Piracicaba: USP/ ESALQ, 2007. 145 p. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/73C36E90/Documento\\_geral\\_PACTO.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/73C36E90/Documento_geral_PACTO.pdf) >. Acesso em: 4 jan. 2017.

XAVIER, S. R. S. BARROS, I. C. L. Pteridoflora e seus aspectos ecológicos ocorrentes no Parque Ecológico João Vasconcelos Sobrinho, Caruaru, PE, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, vol. 19, n. 4, pp. 775-781, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S010233062005000400013>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

### **Agradecimentos:**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq e à FEPAM pelas bolsas de Iniciação Científica (PIBIC- CNPq/FEPAM) a Isis Arend da Silva e Leonardo Laipelt dos Santos, alunos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre.

# Avaliação da influência da carga orgânica e de nutrientes na qualidade das águas em porção da margem leste do lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil

Nícolas Artifon Dorneles<sup>1</sup>, Rafael Midugno<sup>1\*</sup>,  
Ana Lúcia Mastrascusa Rodrigues<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Divisão de Planejamento, Qualidade Ambiental e Geoprocessamento, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - FEPAM, Av. Borges de Medeiros, 261, 9º andar, Porto Alegre, CEP 90.020-021, RS, Brasil; e-mail: dornelesnicolas@gmail.com; rafael-midugno@fepam.rs.gov.br; ana-mastrascusa@fepam.rs.gov.br.

\*Autor para correspondência.

---

## RESUMO

O consumo irracional dos recursos hídricos influencia na qualidade da água, podendo comprometer o seu uso para inúmeras atividades. A redução em sua qualidade é observada em regiões densamente urbanizadas, nas quais o lançamento de esgotos domésticos e de efluentes industriais ocorre, frequentemente, sem a devida coleta e tratamento. Nesse contexto, o presente trabalho aborda a avaliação da qualidade da água do lago Guaíba, situado na porção leste do Estado do Rio Grande do Sul, a partir da interpretação dos parâmetros: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), *Escherichia coli*, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal e Oxigênio Dissolvido (OD). As amostras foram coletadas em cinco pontos de monitoramento, localizados na porção leste do lago, no período de doze semanas. Os resultados foram comparados com os padrões de qualidade estabelecidos na Resolução nº 357/2005 do CONAMA. A avaliação mostrou que a qualidade da água da área de estudo é condicionada, em parte, no período avaliado, pelas cargas provenientes de fontes difusas no meio rural, aportadas pelo rio Jacuí, e, de outra parte, pelas cargas urbanas, compostas por efluentes industriais, esgotos domésticos e pluviais, os quais carregam nutrientes, matéria orgânica e outras substâncias ao recurso hídrico receptor.

**Palavras-chave:** lago Guaíba, monitoramento ambiental, qualidade da água.

## Evaluation of the influence of organic load and nutrients on water quality of the eastern portion of Lake Guaíba, Rio Grande do Sul, Brazil

### ABSTRACT

The irrational consumption of water resources influences the quality of the water, which can compromise its use for many activities. The reduction in its quality is observed in densely urbanized areas, where domestic sewage and industrial effluent discharge often occurs without adequate collection and treatment. In this context, the present work approaches the evaluation of the water quality of lake Guaiba, located in the eastern portion of the state of Rio Grande do Sul, based on the interpretation of the parameters Biochemical Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand, *Escherichia coli*, Total Phosphorus, Ammoniacal Nitrogen and Dissolved Oxygen. Samples were collected at five monitoring points, located in the eastern portion of the lake, over a period of twelve weeks. The results were compared to the quality standards established in CONAMA Resolution 357/2005. The evaluation showed that the quality of the study area is conditioned, in part, by the loads coming from diffuse sources in the rural environment, contributed by the Jacuí river and, on the other hand, by the urban loads, composed of industrial effluents, domestic sewage

and rainwater, which carry nutrients, organic matter and other substances to the receiving water resource.

**Keywords:** Environmental monitoring, lake Guaíba, water quality.

---

## Introdução

A água é uma fonte essencial à vida, sendo a principal responsável pela manutenção da fauna e flora. Por ser a principal fonte reguladora dos ecossistemas, necessita-se preservar suas funções, a fim de garantir que sua ação benéfica perdure. Contudo, seu uso excessivo e irracional decorrente de atividades humanas, pode ocasionar alterações significativas em sua qualidade, podendo causar desequilíbrio no ecossistema.

Comumente, o aporte de poluentes aos recursos hídricos, seguido da piora da qualidade da água, dá-se através do lançamento de matéria orgânica e do descarte de efluentes industriais *in natura*, tratados em níveis insuficientes ou em volumes acima da capacidade de suporte do corpo receptor.

O objetivo deste trabalho é avaliar a qualidade das águas do lago Guaíba após o episódio de sua alteração com sabor e odor incomuns, no qual, como resposta, a equipe da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM) monitorou a qualidade de pontos de amostragem situados em uma porção da margem leste do lago durante o período de 13/07/2016 a 27/09/2016.

A qualidade da água do lago Guaíba é classificada como regular, embora haja regiões com qualidade inferior (BENDATI *et al.*, 2000). Tem-se observado que quanto mais a noroeste do lago, piores são os valores dos parâmetros indicadores de qualidade, pois existe uma maior incidência de despejos de esgotos e resíduos de produção primária. (TEBALDI, 2015).

Outro fator agravante na qualidade da região do lago estudada é a baixa vazão de seus rios tributários, as quais, somadas ao adensamento populacional, comprometem a qualidade do recurso hídrico (TEBALDI, 2015).

Dados obtidos de trabalhos do Departamento Municipal de Águas e Esgotos (DMAE) de Porto Alegre indicam que 43% da região de estudo é caracterizada como de péssima qualidade, enquanto 57% apresenta qualidade ruim (DMAE, 2011); ou seja, as águas desta região são completamente inapropriadas às atividades de recreação humana, atividades de agricultura e pesca (CONAMA, 2005)

A tendência da qualidade é de melhora em regiões mais ao sul do lago, onde há tendência da qualidade da água ser classificada como

regular devido à diluição das águas na foz de um dos afluentes do lago (BENDATI *et al.*, 2000; DMAE, 2011).

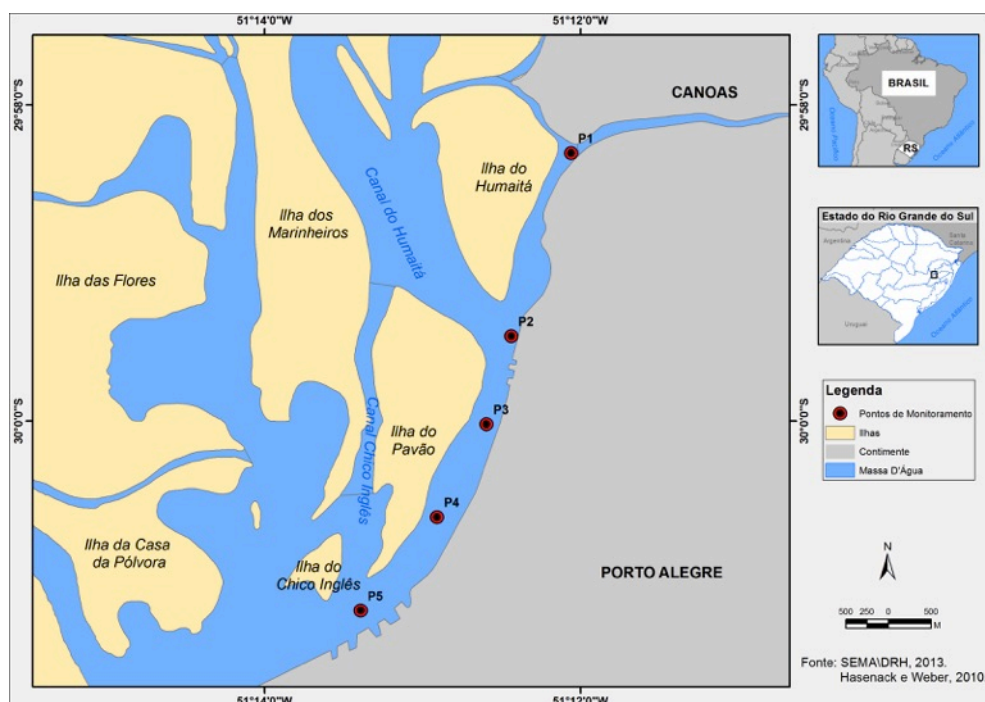
Por apresentar baixas vazões, a capacidade do lago de se autodepurar também é baixa, ou seja, o gradiente dispersão de poluentes e recuperação de suas características ecológicas é baixo; BENDATI *et al.* (2000) classificam a qualidade da região como péssima em trabalho análogo.

A determinação destes parâmetros foi seguida pela classificação dos dados analíticos, conforme padrões estabelecidos na Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), e pela sua interpretação, com o objetivo de avaliar a qualidade das águas da região nordeste do lago Guaíba, quanto a sua adequabilidade frente aos usos da água desse manancial, uma vez que ele está submetido ao aporte de cargas orgânicas e inorgânicas em todas as suas porções.

## Materiais e métodos

### Área de estudo

A área de estudo (Figura 1) abrange a região noroeste do lago Guaíba, porção compreendida entre a foz do rio Gravataí (lat. -29.971756° e long. -51.201022°), próximo ao vão da RS-448, Rodovia do Parque, e o ponto situado entre a ilha do Chico Inglês, a Estação Rodoviária e o clube Grêmio Náutico União (lat. 30.019983° e long. -51.223207°).



**Figura 1** - Localização da área de estudo e da rede de amostragem.

O lago Guaíba apresenta, na região denominada delta do Jacuí, características intermediárias entre os sistemas lótico e lêntico. O processo de renovação da massa de água é lento, pois as características hidrodinâmicas são compatíveis com ambientes lênticos, tais como longo tempo de residência e baixa velocidade de corrente. Por outro lado, o sentido de escoamento da água ocorre, predominantemente, de norte para sul, tal como se observaria se o sistema fosse lótico. É importante registrar que a água não escoar por gravidade no Guaíba, mas por inércia, visto que não há diferença significativa de cota batimétrica e, conseqüentemente, não há gradiente hidráulico, entre a região do delta e o canal que o interliga com a laguna dos Patos (FEPAM, 2016).

O volume de água armazenado no lago Guaíba reflete, em grande parte, as vazões dos seus principais rios formadores. Segundo dados levantados para o Plano de Recursos Hídricos do lago Guaíba (ECOPLAN, 2014), as vazões médias seriam as seguintes: Jacuí, 1.969 m<sup>3</sup>/s; Sinos, 79 m<sup>3</sup>/s; Caí, 120 m<sup>3</sup>/s; e Gravataí, 24 m<sup>3</sup>/s (CONCREMAT, 2004 *apud* ECOPLAN, 2014), ou seja, o Jacuí é responsável por aproximadamente 85% do volume de água do Guaíba (ROSSATO e MARTINS, 2001).

Nesse sentido, a qualidade das águas na região está associada às atividades antrópicas desenvolvidas nas bacias de drenagem tributárias ao lago. A grande densidade populacional nos municípios de Canoas, Alvorada e Zona Norte de Porto Alegre e as redes de coleta e tratamento de esgotos deficitárias desses municípios contribuem para o aporte ao lago Guaíba de carga orgânica e patogênica em quantidade elevada, relacionando com as águas de deságue do rio Gravataí, cuja qualidade caracteriza a região mais ao norte do lago, onde estão situados os pontos de amostragem deste estudo. No trecho inferior do rio Gravataí e na margem nordeste do lago, estavam em operação, durante o período monitorado, uma central de tratamento de efluentes líquidos, uma fábrica de fertilizantes e uma cervejaria, empreendimentos efetivamente ou potencialmente causadores de significativa degradação do meio ambiente (CONAMA 237/1997). O rio Jacuí recebe aporte de cargas difusas oriundas de áreas agrícolas e, dada à persistência de inúmeras substâncias poluentes, elas são transportadas até região do Delta do Jacuí. Por ter uma vazão elevada (ECOPLAN, 2014), o Jacuí, também é o principal responsável pelo volume de água do Guaíba, auxiliando na diluição de poluentes e nutrientes oriundos do rio Gravataí após a região do Delta.

Segundo dados divulgados na revista do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Lago Guaíba (ECOPLAN, 2015), a qualidade da água na área de estudo, considerando dados de 2014, era compatível

com a Classe 4 (quatro) da Resolução nº 357/2005 do CONAMA. Para o enquadramento foi previsto, para um horizonte de 10 (dez) anos, a Classe 3 (três). Esta Classe permite os seguintes usos da água: abastecimento para o consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; pesca amadora; recreação de contato secundário; e dessedentação de animais.

### **Rede de amostragem e análises laboratoriais**

Inicialmente foi realizado o planejamento das etapas de monitoramento, com as definições da base cartográfica, da estrutura da rede de amostragem, da periodicidade das coletas e dos parâmetros a serem analisados.

Foram selecionados, para a elaboração da base cartográfica, lugares onde houvesse aporte de águas oriundas de outros recursos hídricos, ou que fossem representativas de regiões urbanizadas com lançamento de esgotos. Assim, os locais escolhidos para análise tendem a indicar a situação mais característica da condição de qualidade das águas do lago.

A rede de amostragem foi estabelecida com base na identificação de locais de entrada de águas no lago, provenientes, principalmente, dos rios Gravataí e Jacuí e, também, da rede de drenagem urbana da zona noroeste de Porto Alegre. Foram selecionados 5 (cinco) pontos para a realização das amostragens de água:

- Ponto 1 (P1): Foz do rio Gravataí (lat. -29.971756° e long. -51.201022°).
- Ponto 2 (P2): Ao sul da casa de bombas nº 5 do Departamento de Esgotos Pluviais (DEP) (lat. -29.991056° e long. -51.207334°).
- Ponto 3 (P3): Ao sul da casa de bombas da Trensurb (lat. -30.000341° e long. -51.209933°).
- Ponto 4 (P4): Ao norte do ponto de captação de água do Departamento Municipal de Águas e Esgotos (DMAE) São João/Moinhos de Vento (lat. -30.010130° e long. -51.215143°).
- Ponto 5 (P5): Ao sul da captação de água do DMAE São João/Moinhos de Vento (lat. -30.019983° e long. -51.223207°).

O P1, em virtude de sua proximidade com o rio Gravataí, tem sua qualidade da água condicionada, por este corpo hídrico. Em P2, a qualidade também é determinada pela contribuição do rio Gravataí, embora haja influência do Jacuí.

As campanhas de amostragem e as análises dos parâmetros selecionados foram realizadas semanalmente ao longo de doze semanas no período de 13/07/2016 a 27/09/2016, pela equipe do Departamento de Pesquisa e Laboratórios (DPLAB) - FEPAM.

Para verificar a qualidade da água, de maneira simples e rápida, foram analisados os principais parâmetros indicadores das condições ambientais básicas do recurso hídrico: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio Amoniacal, Fósforo Total, Oxigênio Dissolvido (OD) e *Escherichia coli* (*E. coli*).

A determinação da DBO visa medir a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar biologicamente a matéria orgânica (VON SPERLING, 2016) sendo que, quanto maior a DBO de um corpo de água, maior será o grau de poluição do mesmo. Sua medida é realizada no quinto dia e a temperatura de 20°C (DBO<sub>5,20</sub>) a fim de garantir unicamente a determinação do consumo de oxigênio necessária para degradação da matéria orgânica biodegradável (JORDÃO e PESSÔA, 2011).

O parâmetro DQO expressa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a fração orgânica de uma amostra que seja oxidável por permanganato ou dicromato de potássio em solução ácida (JORDÃO e PESSÔA, 2011).

Na presença de muitos poluentes de origem orgânica, a concentração de OD diminui devido à ação das bactérias aeróbias, as quais decompõem a matéria orgânica, e das bactérias nitrificantes (SILVA FILHO, 2009), consumindo oxigênio. Portanto, a diminuição do OD provoca prejuízos aos organismos aquáticos aeróbios (CUNHA e FERREIRA, 2006).

O uso do nitrogênio amoniacal como parâmetro de referência se deve ao fato dele ser o reagente inicial das reações de nitrificação realizadas pelos microrganismos nitrificantes. Em concentrações muito elevadas, gera o processo de eutrofização e, também, vem a ser tóxico caso seja formada amônia livre (JORDÃO e PESSÔA, 2011).

A investigação do parâmetro fósforo total em recursos hídricos próximos a grandes cidades e a indústrias é importante para averiguar a qualidade da água, visto que o excesso deste elemento na água pode conduzir a eutrofização do recurso hídrico. A drenagem pluvial de regiões onde há atividades agrícolas e nas áreas urbanas também consiste em uma significativa fonte de fósforo aos recursos hídricos, visto que produtos como fertilizantes e detergentes possuem fósforo em sua formulação (CETESB, 2009).

O parâmetro *E. coli* consiste em um indicador exclusivo de contaminação fecal, visto que esta bactéria existe, exclusivamente, nos meios intestinais de animais de sangue quente (JORDÃO e PESSÔA, 2011; FRANCO, 2002); desta forma, este parâmetro é útil na avaliação da contribuição de esgotos domésticos urbanos e de áreas de uso agrícola para criação de animais.

Foram utilizados métodos analíticos consagrados pela APHA-AWWA-WEF (2005) para a determinação dos parâmetros selecionados, conforme descrito no Quadro 1 a seguir:

**Quadro 1** - Parâmetros analisados e seus respectivos métodos de determinação.

|                      |  |
|----------------------|--|
| DBO                  | SMEWW 5210 B. - Incubação por 5 dias   |
| DQO                  | SMEWW 5220 B. - Titulométrico Refluxo Aberto                                   |
| <i>E. coli</i>       | STMWW - 9223 Teste de coliformes por substrato enzimático                      |
| Fósforo Total        | SMEWW 4500-P B. e E. - Digestão com Persulfato e Colorimétrico Ácido Ascórbico |
| Nitrogênio Amoniacal | SMEWW 4500-NH3 B. - Destilação preliminar e Nessler                            |
| Oxigênio Dissolvido  | Sonda Multiparamétrica   |

Fonte: APHA-AWWA-WEF (2005).

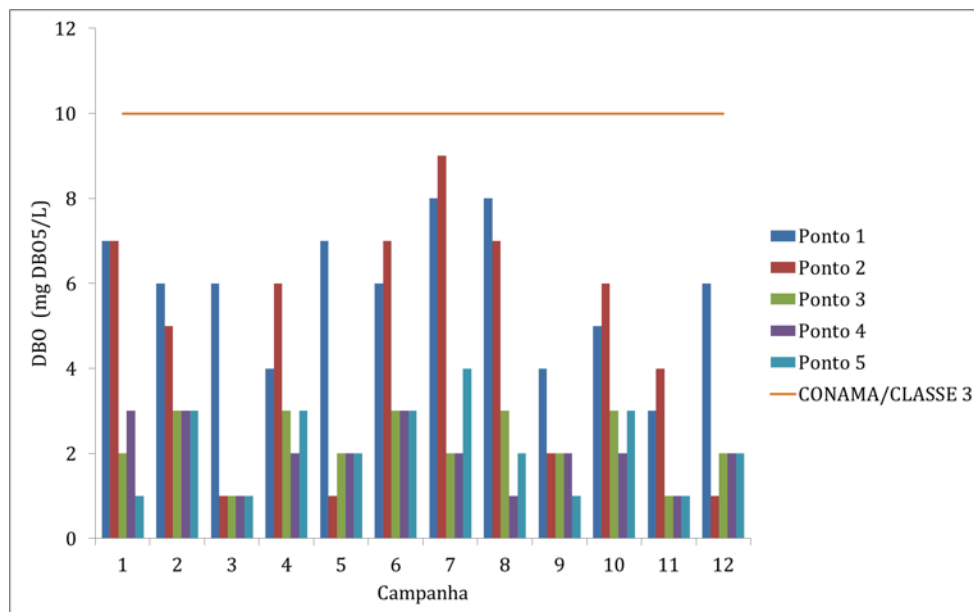
## Resultados e discussão

Dentre o rol de parâmetros analisados, destacam-se *E. coli*, DBO, DQO, OD, Fósforo Total e Nitrogênio Amoniacal em virtude da sua influência negativa sobre a condição de qualidade da água e, também, por serem, quando analisados em conjunto, bons indicadores da origem de cargas poluidoras de origem agrícola e de esgotos domésticos, principais fontes poluidoras provenientes da bacia de drenagem do rio Gravataí e de efluentes industriais, os quais provêm das empresas situadas na margem esquerda do lago.

## Demanda bioquímica de oxigênio

Os teores de DBO se mantiveram abaixo do limite da Classe 3 em todos os pontos e campanhas (Figura 2). P1 foi o que apresentou a maior concentração média (6 mg/L), enquanto P2 foi registrada a maior demanda pontual (9 mg/L). Os pontos situados ao norte (P4) e ao sul (P5) do ponto de captação do DMAE apresentaram valores bem abaixo do padrão da Classe 3, mostrando, para esse conjunto de dados e durante o período de amostragem, condição favorável ao uso da água para fins de abastecimento para consumo humano.

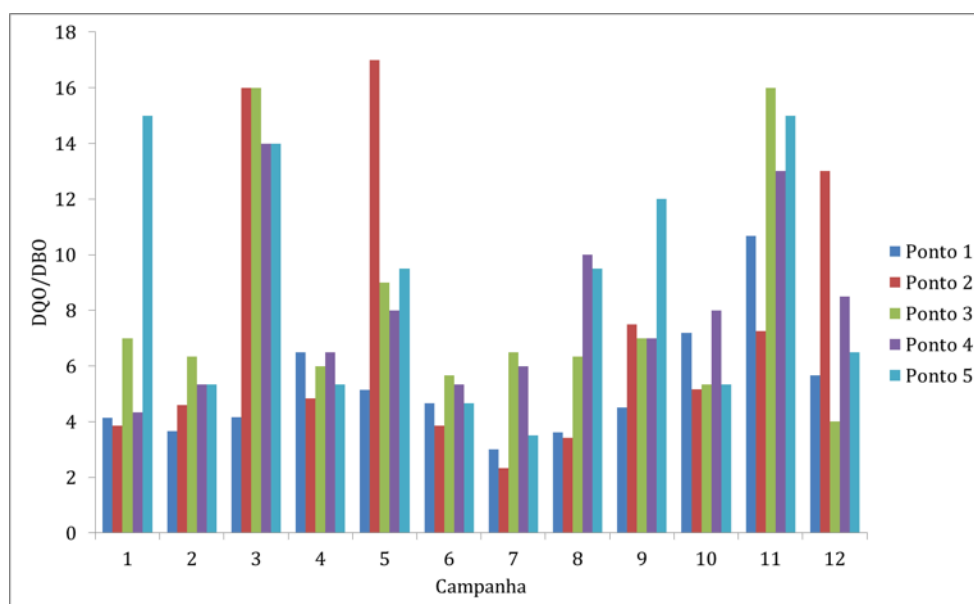




**Figura 2** - Evolução da concentração de DBO durante as doze semanas de monitoramento dos cinco pontos do lago Guaíba.

### Demanda química de oxigênio

Embora a Resolução nº 357/2005 do CONAMA não estabeleça limites para este parâmetro, adota-se a razão DQO/DBO (Figura 3) para sua avaliação, pois a mesma indica despejos industriais com baixa capacidade de se biodegradarem (JORDÃO e PESSÔA, 2011). Nesse sentido os resultados foram os seguintes:



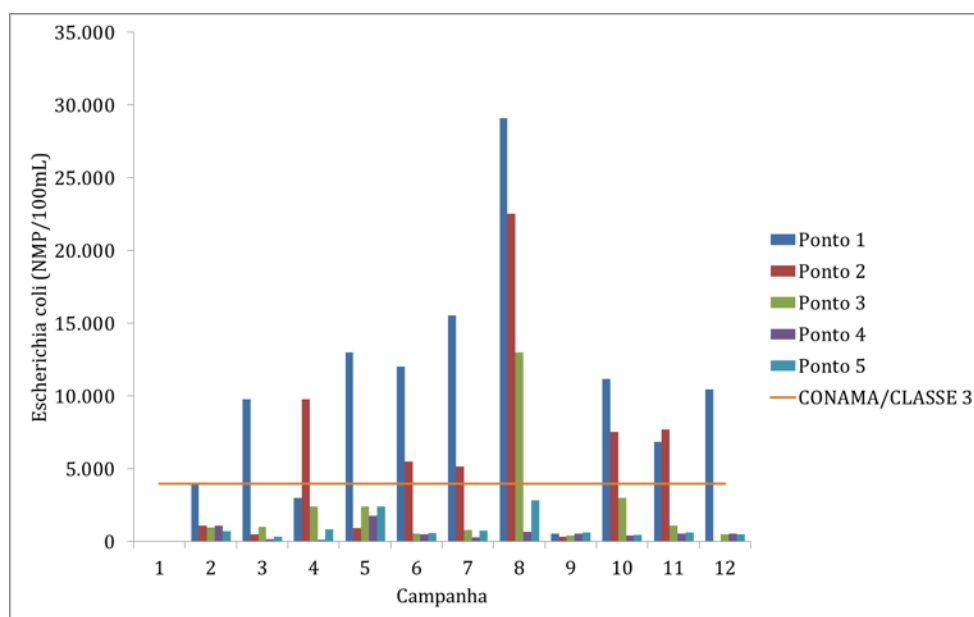
**Figura 3** - Evolução da relação DQO/DBO durante as doze semanas de monitoramento dos cinco pontos do lago Guaíba.

Constatou-se que tanto a DQO quanto a DBO decrescem no sentido de P1 a P5. Ao mesmo tempo, não decrescem na mesma

proporção, sendo maior no sentido inverso. Isto sugere que o decréscimo na DBO pode estar associado à inibição da atividade microbiana, responsável pela degradação da matéria orgânica, e não à redução da concentração da carga de esgotos.

### ***Escherichia coli***

Como não existe um limite estabelecido para o parâmetro microbiológico *Escherichia coli* na Resolução nº 357/2005 do CONAMA, e não há definição, por parte do Estado do Rio Grande do Sul, quanto aos limites para este parâmetro, adotaram-se os padrões de balneabilidade constantes na Resolução nº 274/2000 – CONAMA, sendo: acima de 2.000NMP/100mL (limite superior) na última amostragem ou acima de 800 NMP/100mL (limite inferior) em 40% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores (Figura 4). Estas condições correspondem aos padrões estabelecidos na Resolução nº 357/2005 para a Classe 2, que prevê uso no abastecimento para consumo humano, proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho), irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; aquicultura e à atividade de pesca.

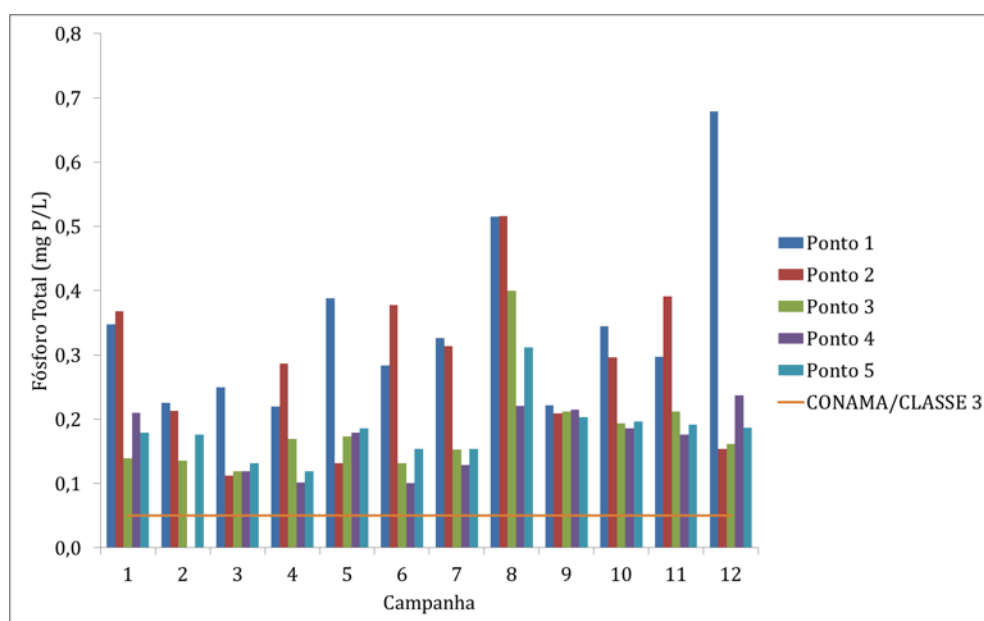


**Figura 4** - Evolução da concentração de *Escherichia coli* durante as doze semanas de monitoramento dos cinco pontos do lago Guaíba.

É possível afirmar com base nos resultados analíticos que este parâmetro restringiria o uso da água para fins de recreação de contato primário e demais usos da Classe 2, em P1, P2 e P3. P5 apresentou condições compatíveis com a Classe 2 em três semanas, enquanto P4, em seis das sete semanas.

### Fósforo total

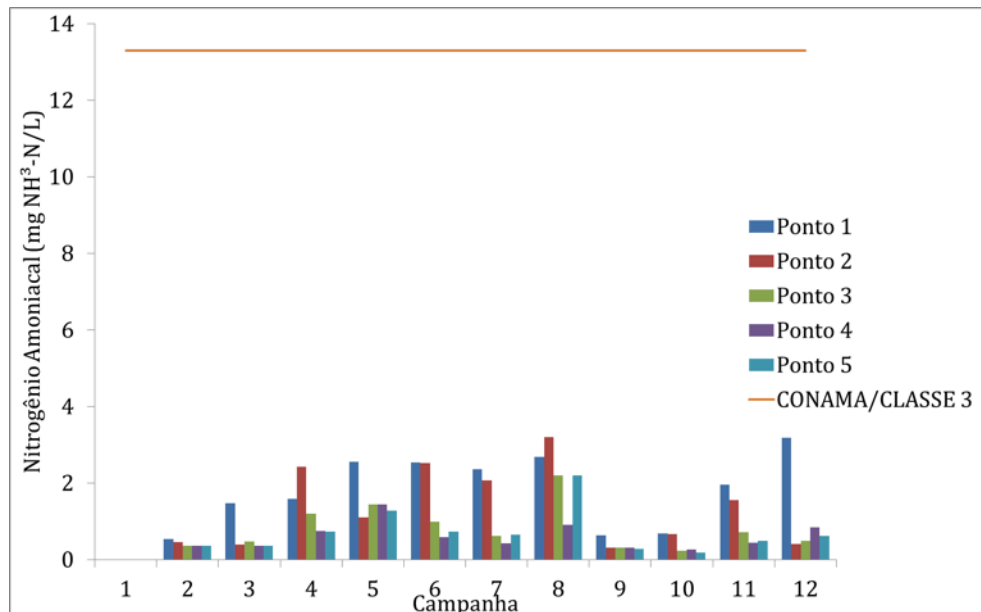
O fósforo total apresenta valores acima dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 (LEITE *et al.*, 1996) em todos os pontos e campanhas. P1, localizado junto à foz do rio Gravataí, e P2, situado na porção onde as águas do Gravataí e Jacuí se encontram, são aqueles que apresentam os maiores teores. Isto pode ser explicado pelo contexto de uso e ocupação (e das práticas adotadas) nas bacias dos rios Jacuí e Gravataí, onde há, respectivamente, concentração de atividades agrícolas e de atividades industriais, comerciais e residenciais. O carreamento de partículas de solo durante eventos de alta pluviosidade e o lançamento de esgotos cloacais e industriais sem tratamento adequado contribuem para os altos teores deste elemento como averiguado por BENDATI *et al.* (2000), em estudo realizado neste mesmo corpo hídrico.



**Figura 5** - Evolução da concentração de fósforo total durante as doze semanas de monitoramento dos cinco pontos do lago Guaíba.

### Nitrogênio amoniacal

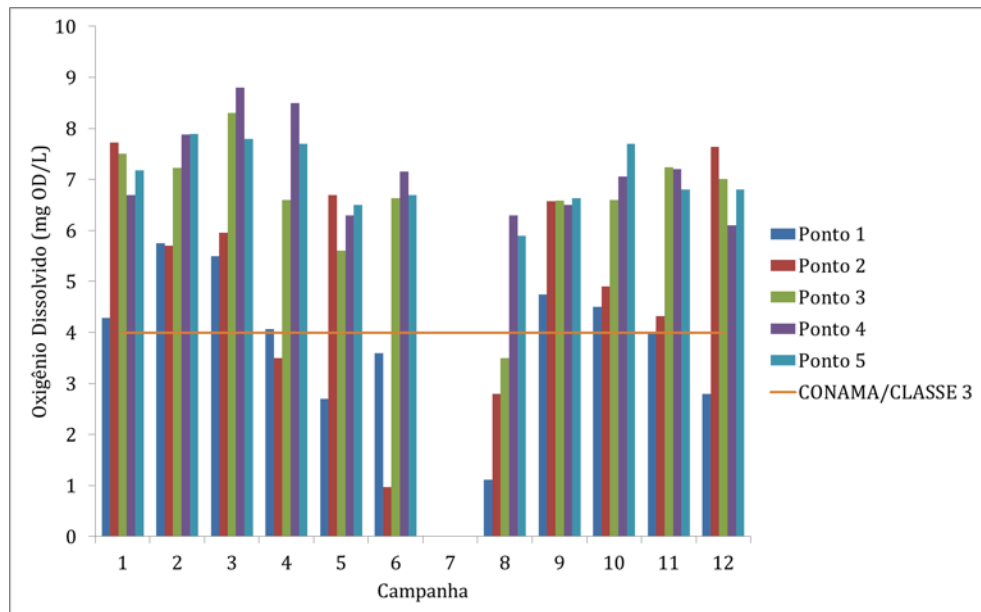
P1 apresentou o maior teor médio, seguido de P2. Os demais pontos se mantiveram no mesmo patamar (Figura 6). Foi registrada uma elevação na concentração de nitrogênio amoniacal na 8ª semana (31/08/2016) de monitoramento em todos os pontos. As concentrações de nitrogênio amoniacal estão situadas abaixo do limite estabelecido para a Classe 3. Desta forma, as condições de uso do manancial no abastecimento público estariam sendo atendidas durante o período monitorado.



**Figura 6** - Evolução da concentração de nitrogênio amoniacal durante as doze semanas de monitoramento dos cinco pontos do lago Guaíba.

### Oxigênio dissolvido

As concentrações de oxigênio dissolvido (vide Figura 7) foram determinadas *in loco* com o auxílio de sonda multiparamétrica. A maior variação na concentração de OD foi registrada em P2, seguida em P1, sendo o valor mais baixo medido também em P2. Historicamente, a região próxima à foz do rio Gravataí apresenta deficiência de OD (BENDATI *et al.*, 2000). A oitava campanha foi a que apresentou os piores resultados para todos os pontos, visto que houve alta precipitação pluviométrica nos dias que antecederam a data de coleta (IRGA, 2016). As condições em P3, diferentemente de outros parâmetros, mostraram-se mais condicionadas por P1 e P2. Quanto as condições ambientais em P4 e P5, situados ao norte e ao sul do ponto de captação do DMAE, verificou-se que elas se mantiveram superiores às condições mínimas exigidas para o uso da água para fins de abastecimento público.



**Figura 7** - Evolução da concentração de oxigênio dissolvido durante as doze semanas de monitoramento dos cinco pontos do lago Guaíba.

## Conclusões

A avaliação da qualidade da água permitiu identificar que Fósforo Total e OD são os principais parâmetros responsáveis pelo não atendimento dos padrões estabelecidos para a Classe 3 da Resolução CONAMA nº 357/2005. Embora não constem na referida Resolução, os valores da DQO e sua relação com a DBO, a utilização da relação entre esses dois parâmetros serviu para ressaltar a baixa capacidade de depuração do corpo hídrico frente ao aporte de cargas não biodegradáveis. Em virtude de não constar no rol de parâmetros da Resolução supracitada, o parâmetro *E. coli* foi avaliado com base nos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA nº 274/2000, que define as condições de balneabilidade. Os resultados indicaram comprometimento da água para este uso (recreação de contato primário), além de outros usos compatíveis com a Classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005, tais como dessedentação de animais e abastecimento para consumo humano, na maioria das campanhas e pontos monitorados.

Constatou-se que a qualidade da água no lago Guaíba é condicionada, predominantemente, pelo aporte de carga oriunda do rio Jacuí, que é o recurso hídrico que apresenta a melhor qualidade da água, dentre os afluentes do lago avaliados no presente estudo. Consequentemente, as cargas poluidoras provenientes, principalmente, dos rios Gravataí e Sinos são atenuadas pela influência do rio Jacuí.

Contrariando o observado na etapa de diagnóstico do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Lago Guaíba, durante o período monitorado, a qualidade da água se mostrou compatível aos padrões de

qualidade da Classe 3 da Resolução nº 357/2005 do CONAMA. Consequentemente, o manancial apresentou, considerando apenas os parâmetros monitorados, condições próprias para seu uso como fonte de captação de água para abastecimento público, no trecho monitorado.

O resultado do estudo é limitado pelo período de monitoramento, realizado majoritariamente durante o inverno, o qual é caracterizado chuvas constantes de baixa intensidade. O número de medições também influencia a qualidade dos resultados, assim, recomendam-se mais pontos de amostragem ou um período de estudo maior, possibilitando maior exatidão aos resultados.

### **Agradecimentos**

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), à FEPAM pela bolsa de Iniciação Científica (PROBIC-FAPERGS/FEPAM) a Nicolas Artifon Dorneles, aluno da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre.

À Geog. Rejane Maria Valdameri, Divisão de Planejamento, Qualidade Ambiental e Geoprocessamento, FEPAM.

### **Referências bibliográficas**

APHA, AWWA & WEF. 2005. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 21<sup>st</sup> ed. American Public Health Association. Washington D.C.

BENDATI, Maria Mercedes *et al.* Avaliação da qualidade da água do lago Guaíba (Rio Grande do Sul, Brasil) como suporte para a gestão da bacia hidrográfica. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27, 2000, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: Abes, 2003. Não paginado. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/v-076.pdf>>. Acesso em: abril 2017.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos**. Org. Carlos Jesus Brandão... [et al.]. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA. 2011. 326p. il.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: abril 2017.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº 237/1997**. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Disponível em: <<http://www.mma>

gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em: novembro 2016.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 274/2000.** Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27400.html>>. Acesso em: novembro 2016.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 357/2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27400.html>>. Acesso em: novembro 2016.

CUNHA, C. L. N.; FERREIRA, A. P. **Modelagem matemática para avaliação dos efeitos de despejos orgânicos nas condições sanitárias de águas ambientais.** Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 22, n.8, p. 1715-1725, ago, 2006.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUAS E ESGOTOS - DMAE/RS. A ocorrência de florações no lago Guaíba. Disponível em: <[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/cs/usu\\_doc/ocorrencia\\_de\\_floracoes\\_lago\\_guaiba.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/cs/usu_doc/ocorrencia_de_floracoes_lago_guaiba.pdf)> Acesso em: junho 2017

ECOPLAN. 2014. Plano de Trabalho Consolidado (Fase C). Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do lago Guaíba. 70p. il.

SILVA FILHO, Heraldo Antunes. **Nitrificação em sistemas de lodo ativado,** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Sanitária) – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2009

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER – FEPAM/RS. **Monitoramento da Qualidade da Água do lago Guaíba:** Relatório Técnico Nº 27/2016. Processo Nº 6764-05.67/16-0. Porto Alegre, 2016.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER – FEPAM/RS. 2016. Sema e Fepam apresentam resultados da 1ª semana de monitoramento da qualidade da água do Guaíba. Notícias Ambientais. Em 21/07/2016. Disponível em: <[http://www.fepam.rs.gov.br/noticias/noticia\\_detalhe\\_net.asp?id=14411](http://www.fepam.rs.gov.br/noticias/noticia_detalhe_net.asp?id=14411)> Acesso em: outubro 2016.

FRANCO, Robson Maia. **Escherichia coli: Ocorrência em suínos abatidos na grande Rio e sua viabilidade experimental em linguça fresca tipo toscana,** 2002. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Centro de Ciências Médicas, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2002. Disponível em: <[http://www.uff.br/higiene\\_veterinaria/teses/robson\\_franco\\_completa\\_doutorado.pdf](http://www.uff.br/higiene_veterinaria/teses/robson_franco_completa_doutorado.pdf)>. Acesso em: novembro 2016.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ - IRGA. Médias climatológicas. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/conteudo/766/medias-climatologicas>> Acesso em: novembro. 2016.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6.ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

LEITE, E. H., HAASE, J. F., PINEDA, M. D. S., COBALCHINI, M. S.; SILVA, M. L. C. **Qualidade das águas do rio Gravataí: Período 92/94**. Relatório Final. Porto Alegre: FEPAM, 1996. 65 p. ROSSATO, M. S.; MARTINS, R. L. Geoprocessamento da Bacia Hidrográfica do lago Guaíba. Porto Alegre, 2001.

RODRIGUES, M. L. K.; TERRA, N. R.; LEMOS, C. T.; FERRARO, L. M. W.; GUERRA, M. P. L.; PASQUALINI, J. P.; STIVAL, V.; VARGAS, V. M. F. **Avaliação multidisciplinar e integrada da qualidade dos sedimentos do Rio Gravataí, RS**. In: I CONGRESSO INTERNACIONAL DE HIDROSEDIMENTOLOGIA, 2015, Porto Alegre, RS, SED104. Anais eletrônicos... Porto Alegre, 2015. Disponível em: <<http://www.cong-hidrossedimentologia.com.br/anais/>>. Acesso em: nov 2016.

TEBALDI, Charles. **Relação entre parâmetros de qualidade de água e dados do sensor OLI, LANDSAT 8, no Guaíba – Rio Grande do Sul, Brasil**, 2015. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. 2.ed. Minas Gerais: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.



# RELATO

## Participação da FEPAM no 2º Ensaio de Proficiência por Comparação Interlaboratorial da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais

Míriam de Freitas Soares

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler, Departamento de Pesquisa e Análises Laboratoriais, Rua Aurélio Porto, 45, CEP 90620-090, Porto Alegre - RS. E-mail: miriam-soares@fepam.rs.gov.br

Nos dias 28, 29 e 30 de novembro de 2016 ocorreu em Brasília, DF, a Oficina Analítica do 2º Ensaio de Proficiência (EP) por Comparação Interlaboratorial da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais, uma demanda da Agência Nacional de Águas (ANA), sob a coordenação da Rede Metrológica do RS, com apoio de grupo técnico composto por representantes da ANA, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e Rede Metrológica - RS. O EP contou com a participação de 33 laboratórios nos ensaios, representantes de 22 estados da Federação e o Distrito Federal. Além da apresentação e discussões dos resultados, seis palestras foram proferidas.

A Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Röessler (FEPAM) participou das avaliações dos resultados do 2º EP apresentados nesta oficina. A Analista Ambiental, Quím. Dra. Míriam de Freitas Soares, da Divisão de Química do Departamento de Pesquisa e Análises Laboratoriais, representou a FEPAM nas discussões.

Segundo a ANA, o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA) surgiu a partir de uma série de necessidades relacionadas ao monitoramento da qualidade das águas no Brasil que influenciam diretamente na gestão dos recursos hídricos e na solução de conflitos entre os diversos usos da água. Tem como meta geral oferecer à sociedade conhecimento adequado da qualidade das águas superficiais brasileiras, através da padronização e de informações sobre a realização das coletas e análises laboratoriais, de forma a subsidiar os tomadores de decisão (agências governamentais, ministérios, órgãos gestores de recursos hídricos e de meio ambiente) na definição de políticas públicas para a recuperação da qualidade das águas,

contribuindo com a gestão sustentável dos recursos hídricos (Agência Nacional de Águas, 2017).

O Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água – QUALIÁGUA, o qual faz parte do PNQA, estabelece metas mínimas às unidades da federação que participam do programa: metas de monitoramento e divulgação e as metas estruturantes. As metas estruturantes compreendem frequência mínima de amostragem, capacitação de técnicos responsáveis pelas atividades do monitoramento e melhoria nas atividades de laboratório. A participação em exercícios de intercalibração contempla estas atividades de melhoria. Deste modo, a participação nos EP faz parte do cumprimento das metas estruturantes nas quais se insere a obrigatoriedade de participação da FEPAM nos Ensaios de Proficiência por 05 (cinco) anos, segundo o contrato estabelecido. A certificação das metas estruturantes ocorre a cada 12 (doze) meses.

#### **O EP teve o propósito de:**

- Determinar o desempenho individual dos participantes para os ensaios propostos;
- Propiciar subsídios aos participantes para a identificação e solução de problemas analíticos;
- Identificar diferenças interlaboratoriais;
- Agregar valor ao controle da qualidade dos participantes; e
- Fornecer confiança adicional aos clientes dos participantes.

O evento iniciou-se com as boas vindas dadas pelo Sr. Eurides de Oliveira - Superintendente Adjunto de Gestão da Rede Hidrometeorológica da ANA que substituiu o Sr. Ney Maranhão - Representante da mesma agência. Também se pronunciaram na abertura o Sr. Filipe de Medeiros Albano - Coordenador da Rede Metrológica do Rio Grande do Sul – RMRS, e a Sra. Patrícia da Silva Trentin - Gerente da Divisão de Metrologia e Calibração da CETESB.

Na sequência, iniciou-se a apresentação dos resultados dos Ensaios de Campo e Físico-Químicos de Laboratório, pelo Sr. Filipe.

Seguiram-se as discussões pertinentes a estes parâmetros, onde foram relatadas dificuldades, dúvidas que surgiram durante a execução do ensaio ou para reportar resultados, observações sobre metodologias, experiência dos laboratórios nos ensaios e sugestões para melhoria na execução das análises envolvendo os parâmetros. A rodada de discussões foi chamada de “rodada 360°” (Figura 1) uma vez que cada participante comentou sobre sua atuação nos ensaios em discussão. A participação da FEPAM nos ensaios de campo e físico-químicos foi positiva em relação a ambos os quesitos precisão e exatidão, usados na avaliação dos laboratórios no EP.



**Figura 1** - “rodada 360°” de discussão dos resultados. Foto: Rede Metrológica RS

Em seguida, foram apresentados pelo Sr. Filipe os resultados dos Ensaios Biológicos (Coliformes Termotolerantes e *Escherichia coli*, Clorofila-*a*, Cianobactérias e Fitoplâncton).

A FEPAM participou em todos os ensaios e teve excelentes resultados no EP, com desempenho “Satisfatório” em todos os ensaios de campo e físico-químicos e “Conforme” em todos os ensaios biológicos, como pode ser visto na Figura 2, que mostra a FEPAM dentre os únicos seis laboratórios com resultados Satisfatório/Conforme em todos os ensaios. No Quadro 1 é apresentado o percentual de participação nos ensaios e desempenho nos mesmos. Observa-se que somente dois laboratórios, dentre eles a FEPAM, apresentaram todos os resultados e todos com bom desempenho. A diferença de percentual de 93% no caso da FEPAM (laboratório 29) e 96% do laboratório 22 está no fato de terem sido contabilizados dois métodos empregados por este laboratório para um mesmo parâmetro, cujos resultados foram apresentados em duplicidade.

De acordo com o desempenho da FEPAM nesta rodada de ensaios interlaboratoriais, observa-se a excelência nos resultados produzidos e, por conseguinte, da instituição nos quesitos amostragem, análises químicas e biológicas. O rigor na execução dos ensaios, bem como no controle e na qualidade de resultados obtidos nas divisões e serviços do Departamento de Pesquisa e Análises Laboratoriais da FEPAM demonstram a sua capacidade de subsidiar a avaliação, o monitoramento e a divulgação de informações sobre a qualidade das águas superficiais do Estado do Rio Grande do Sul.

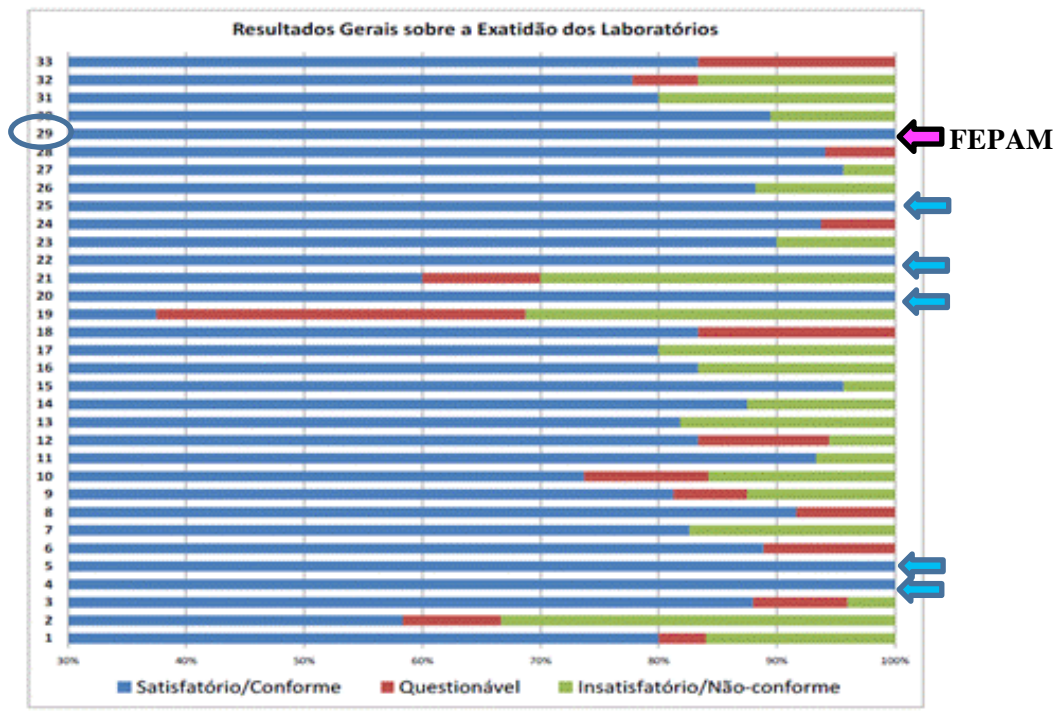


Figura 2 - Gráfico com dados gerais sobre exatidão dos laboratórios

Quadro 1 - Resultados gerais sobre exatidão dos laboratórios.

| Código do Laboratório | Satisfatório / Conforme | Questionável | Insatisfatório / Não-conforme | % de Resultados enviados (N máximo = 27) |
|-----------------------|-------------------------|--------------|-------------------------------|--|
| 1                     | 80%                     | 4%           | 16%                           | 93%                                      |
| 2                     | 58%                     | 8%           | 33%                           | 44%                                      |
| 3                     | 88%                     | 8%           | 4%                            | 93%                                      |
| 4                     | 100%                    | 0%           | 0%                            | 26%                                      |
| 5                     | 100%                    | 0%           | 0%                            | 85%                                      |
| 6                     | 89%                     | 11%          | 0%                            | 67%                                      |
| 7                     | 83%                     | 0%           | 17%                           | 85%                                      |
| 8                     | 92%                     | 8%           | 0%                            | 44%                                      |
| 9                     | 81%                     | 6%           | 13%                           | 59%                                      |
| 10                    | 74%                     | 11%          | 16%                           | 70%                                      |
| 11                    | 93%                     | 0%           | 7%                            | 56%                                      |
| 12                    | 83%                     | 11%          | 6%                            | 67%                                      |
| 13                    | 82%                     | 0%           | 18%                           | 41%                                      |
| 14                    | 88%                     | 0%           | 13%                           | 59%                                      |
| 15                    | 96%                     | 0%           | 4%                            | 85%                                      |
| 16                    | 83%                     | 0%           | 17%                           | 44%                                      |
| 17                    | 80%                     | 0%           | 20%                           | 56%                                      |
| 18                    | 83%                     | 17%          | 0%                            | 22%                                      |
| 19                    | 38%                     | 31%          | 31%                           | 59%                                      |
| 20                    | 100%                    | 0%           | 0%                            | 26%                                      |
| 21                    | 60%                     | 10%          | 30%                           | 37%                                      |
| 22                    | 100%                    | 0%           | 0%                            | 96%                                      |
| 23                    | 90%                     | 0%           | 10%                           | 37%                                      |
| 24                    | 94%                     | 6%           | 0%                            | 59%                                      |
| 25                    | 100%                    | 0%           | 0%                            | 85%                                      |
| 26                    | 88%                     | 0%           | 12%                           | 63%                                      |
| 27                    | 96%                     | 0%           | 4%                            | 85%                                      |
| 28                    | 94%                     | 6%           | 0%                            | 63%                                      |
| 29                    | 100%                    | 0%           | 0%                            | 93%                                      |
| 30                    | 89%                     | 0%           | 11%                           | 70%                                      |
| 31                    | 80%                     | 0%           | 20%                           | 19%                                      |
| 32                    | 78%                     | 6%           | 17%                           | 67%                                      |
| 33                    | 83%                     | 17%          | 0%                            | 22%                                      |

**Referência**

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponível em: < <http://portalpnqa.ana.gov.br/> >. Acesso em: 22-02-2017

# NORMAS PARA PUBLICAÇÃO

## Normas gerais para apresentação dos trabalhos

---

- 1.0- O estilo de redação deverá ser claro e coerente na exposição das idéias, observando-se o uso adequado da linguagem. Recomenda-se que o trabalho passe por uma revisão gramatical especializada antes de sua submissão à Comissão Editorial.
- 1.1- Os trabalhos deverão ser digitados com o editor de texto Microsoft Word versão 6.0 ou superior.
- 1.2- Em folha anexa ao corpo do texto, deverão constar o(s) nome(s) completo(s) do(s) autor(es) (ou, se necessário, a forma preferencial de sua citação), seguido(s) do nome e local da instituição a qual está(ão) vinculado(s).
- 1.3- No caso de trabalho elaborado por vários autores, designar o autor para envio de correspondência, com endereço postal completo e e-mail.
- 1.4- Os títulos e subtítulos deverão estar em negrito e ter apenas a primeira letra da primeira palavra em maiúscula.
- 1.5- O texto deverá ser escrito em português, utilizado-se o tipo Cambria, com tamanho de fonte 12, espaço 1,15 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 2,5 cm.
- 1.6- Palavras estrangeiras deverão ser citadas em itálico. Nomes científicos de espécies e substâncias químicas, bem como unidades de pesos e medidas, deverão obedecer regras e padrões internacionais.
- 1.7- As referências bibliográficas deverão estar de acordo com a NBR-6023 da ABNT.
- 1.8- Os trabalhos deverão ser encaminhados por e-mail para: [comissaoeditorial@fepam.rs.gov.br](mailto:comissaoeditorial@fepam.rs.gov.br).
- 1.9- Normas adicionais para Artigo Técnico, Revisão de Literatura, Comunicação Técnica e Tradução de Trabalho: a avaliação inicial dos trabalhos incluídos nessas categorias será realizada pelos membros da Comissão Editorial, que decidirão sobre sua aceitação na íntegra, aceitação mediante adequação prévia, ou recusa. Trabalhos aceitos previamente serão, na sequência, avaliados por pareceristas *ad hoc* no processo *blind review*. Tal prática assegura isenção, agilidade e objetividade do processo de seleção dos trabalhos.
- 2.0- Extensão dos textos: Artigos Técnicos e de Revisão de Literatura deverão ter no mínimo 05 laudas e no máximo 12 laudas (tamanho A4). A Comissão Editorial poderá deliberar sobre pedidos de exceções acima deste número. Comunicações Técnicas deverão ter no máximo 06 laudas e Traduções de Trabalho no máximo 10 laudas.
- 2.1- Título do artigo: em português e em inglês, deverá ser conciso, claro e expressar o conteúdo geral do artigo.
- 2.2- Resumo e *Abstract*: cada artigo deverá ser acompanhado de resumo em português e *Abstract* em inglês, com extensão máxima de 200 palavras cada. Deverão ser digitados com a fonte tipo Cambria, tamanho 12.
- 2.3- Palavras-chave: Visando à confecção de instrumentos de busca, deverão ser apresentadas, em ordem alfabética, três a cinco palavras-chave ou termos-chave, em português e em inglês (*keywords*). A Comissão Editorial poderá, a seu critério, substituir ou acrescentar palavras-chave/*keywords*, que possam melhor auxiliar na recuperação *online* dos trabalhos.
- 2.4- A inclusão de ilustrações, gráficos, desenhos, quadros, tabelas, fotografias, etc. deverá se restringir ao necessário para o entendimento do texto. Esses elementos deverão estar próximos do trecho onde são mencionados e acompanhados de suas respectivas legendas ou títulos, citando a fonte. 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 13 cm de largura.

- 2.5- Citações de até 03 (três) linhas deverão ser incluídas no texto entre aspas duplas. Citações com mais de 03 linhas deverão ser recuadas 06 cm a partir da margem, com recuo tamanho de fonte 10, espaçamento simples.
- 2.6- Corpo do texto: deverá ter uma estrutura lógica e sequencial de apresentação, sendo subdividido em subtítulos indicativos dos tópicos abordados. Os subtítulos deverão estar em negrito e não numerados. 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 (ou Resultados e Discussão) Conclusões, Agradecimentos (quando pertinentes) e Referências Bibliográficas; (b) Introdução, Considerações Teóricas, Conclusões, Agradecimentos (quando pertinentes) e Referências Bibliográficas.
- 3- Normas para as demais seções:
- 3.1- Opinião: O texto livre, com título, não excedendo 1000 palavras. O nome, a instituição e o e-mail do remetente deverão ser citados no final do texto.
- 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, inclusa 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 2.4; 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 dos(as) autor(as).

O template para edição do artigo está disponível no endereço eletrônico da FeR: <http://www.fepam.rs.gov.br/fepamemrevista/Revista.asp>. O autor principal é responsável por certificar-se sobre a aprovação, por todos os co-autores, da versão final do manuscrito e de seu consentimento para publicação na FeR. 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, verificando o mais recente número da revista e acessando periodicamente este espaço na rede eletrônica da FEPAM.

Apoio à diagramação eletrônica desta edição:

