

## IV-065 - AVALIAÇÃO DA INCOMPATIBILIDADE ENTRE A QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO REIS MAGOS (ES) E OS PADRÕES DE ENQUADRAMENTO

**Jose Antonio Tosta dos Reis<sup>(1)</sup>**

Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos/USP. Professor do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo.

**Antonio Sérgio Ferreira Mendonça**

Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos pela Colorado State University. Pós-doutorado pela Cornell University. Professor do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo.

**Brunna Oliveira Guimarães**

Mestranda em Engenharia de Saúde Pública e Desenvolvimento Sustentável pela Universidade Federal do Espírito Santo. Professora do Departamento de Engenharia Ambiental da Faculdade FAESA.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, Vitória, ES. CEP: 29.075-910. Telefone: (27) 4009-2648. tosta@ct.ufes.br.

### RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a utilização das curvas probabilísticas para avaliar a incompatibilidade entre qualidade da água do rio Reis Magos (curso d'água de domínio do estado do Espírito Santo) e os padrões de enquadramento dos corpos de água interiores fixados por meio da Resolução CONAMA nº 357/2005. Para a construção das curvas de probabilidade foi utilizada a função de distribuição acumulada. Os resultados demonstraram que os parâmetros nitrogênio total, fósforo total e coliformes termotolerantes apresentaram elevados percentuais de incompatibilidade, em todos os trechos analisados, independentemente da classe de uso.

**PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade de água, enquadramento, análise probabilística.

### INTRODUÇÃO

Dentre os recursos naturais, a água se destaca pela estreita relação com a sociedade e a economia, seja pela demanda do desenvolvimento industrial e tecnológico, seja pela demanda do desenvolvimento industrial e tecnológico, seja pelo bem estar e sobrevivência do homem. No entanto, o atual padrão de consumo colocou os recursos hídricos numa posição vulnerável de degradação e escassez, mostrando-se incompatível com a manutenção desse recurso para a atual e para futuras gerações (TUCCI, 2001).

O monitoramento ambiental tem a capacidade de permitir, no longo prazo, descrição das tendências de evolução da qualidade das águas por meio da quantificação de variáveis físicas, químicas e biológicas. Deste modo, o monitoramento deve permitir o diagnóstico ambiental de uma bacia hidrográfica estudada e, por consequência, a avaliação das respostas dos ambientes aquáticos (em termos espaciais e temporais) aos impactos antrópicos na sua área de drenagem ou de influência (CUNHA E CALIJURI, 2010),

A partir dos dados do monitoramento da qualidade da água, curvas de probabilidade podem ser construídas a fim de permitir uma avaliação da ocorrência de incompatibilidade entre as concentrações dos parâmetros observados nos corpos d'água e os respectivos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para as diferentes classes de qualidade de corpos d'água doce. Desta forma, a análise probabilística de ocorrência de incompatibilidade constitui ferramenta complementar ao monitoramento, permitindo o tratamento dos dados brutos originalmente gerados.

A avaliação das porcentagens de ocorrência de incompatibilidade pode oferecer subsídios e servir de base para a estruturação de planos de manejo e para a prática de ações voltadas à manutenção da qualidade ambiental, bem como estabelecer orientações gerais para as discussões acerca do enquadramento dos corpos d'água, conforme pressupostos estabelecidos pela Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Mais que uma simples classificação, o enquadramento dos corpos de água é um importante instrumento de planejamento. Conforme observa Leeuwstein (2000), o enquadramento é um instrumento de planejamento de extrema relevância para garantir à água um nível de qualidade que pode assegurar os seus usos preponderantes, permitindo fortalecer a relação entre gestão ambiental e gestão de recursos hídricos e promover a proteção e a recuperação dos recursos hídricos. O objetivo do enquadramento é diminuir os custos de combate à poluição mediante ações preventivas permanentes e assegurar a qualidade dos recursos hídricos, considerando a saúde e o bem estar humano, assim como o equilíbrio ecológico aquático, além de assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas. Entretanto, como existem conflitos de usos nas bacias, sua aplicação pode acarretar consequências econômicas, sociais e ambientais.

O enquadramento pode ser enxergado como uma meta a ser alcançada, ao longo do tempo, mediante um conjunto de medidas necessárias, dentre as quais tem-se o exemplo dos programas de investimentos em tratamento de esgotos. Deste modo, caso o corpo de água enquadrado já ofereça as condições de qualidade mínimas exigidas para a sua classe, as ações de gestão deverão respeitar e garantir a manutenção dessas condições. Por outro lado, deverão ser buscados investimentos e ações de natureza regulatória, necessários ao alcance da meta final de qualidade da água desejada se as condições de qualidade estiverem aquém do limites estabelecidos para a classe em que o corpo hídrico foi enquadrado, ressalvados os parâmetros que não atendam aos limites devido às condições naturais. Nesse caso, poderão ser estipuladas metas intermediárias progressivas, de caráter obrigatório, atreladas a prazos e adequação de instrumentos de gestão ambiental e de recursos hídricos (BARTH, 2002).

No sentido de contribuir para a implantação do enquadramento como instrumento de gestão, o principal objetivo deste trabalho é analisar a utilização das curvas probabilísticas de incompatibilidade entre a qualidade da água do rio Reis Magos (curso d'água de domínio do estado do Espírito Santo) e os padrões de enquadramento dos corpos de água interiores fixados por meio da Resolução CONAMA nº 357/2005.

## ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Reis Magos abrange os municípios capixabas de Fundão, Ibiraçu, Santa Tereza, Santa Leopoldina e Serra, abrigando uma população de aproximadamente 275.000 habitantes. A nascente do principal rio da bacia está localizada na região montanhosa do município de Santa Tereza e a sua foz no município da Serra, no balneário de Nova Almeida. A região apresenta clima predominantemente tropical úmido e os totais anuais precipitados habitualmente não superam 1700mm. A bacia possui área de drenagem de aproximadamente 700 km<sup>2</sup> e a vazão média de longo período na foz no rio Reis Magos é de cerca de 19,25 m<sup>3</sup>/s.

As contribuições de esgotos domésticos e industriais, associadas aos lançamentos decorrentes de atividades agrícolas, constituem as principais fontes de degradação da qualidade das águas dos corpos d'água da bacia do rio Reis Magos. Neste sentido, também merecem atenção a remoção das matas ciliares, o desenvolvimento generalizado de processos erosivos e a extração descontrolada de areia.

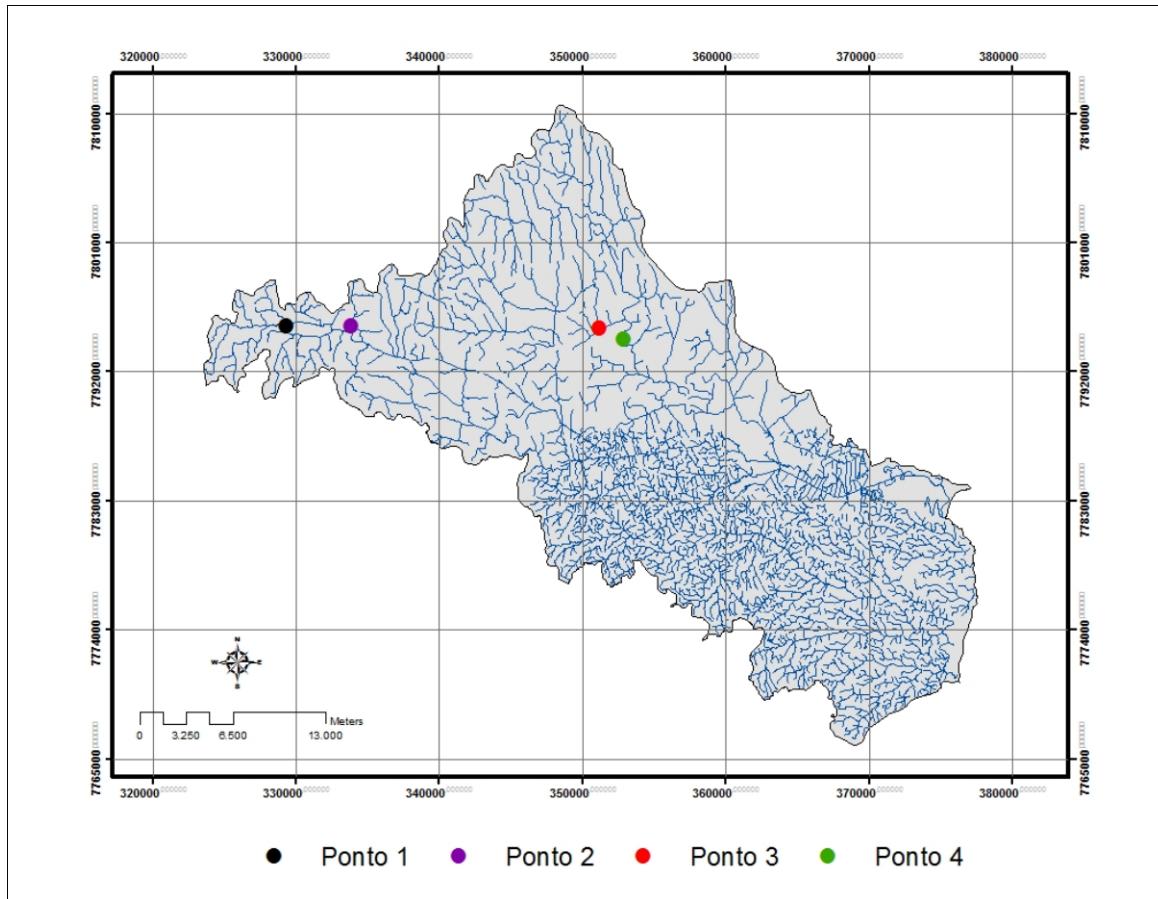
## MATERIAIS E MÉTODOS

### Monitoramento hidrológico e de qualidade de água

As informações sobre qualidade de água utilizadas neste trabalho são decorrentes do monitoramento realizado pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) no período compreendido entre os anos de 1999 a 2010. Na bacia do rio Reis Magos o acompanhamento da qualidade de água é realizado em quatro diferentes pontos de monitoramento, conforme descrição constante da Tabela 1 e representação gráfica apresentada por meio da Figura 1

**Tabela 1: Localização e coordenadas geográficas dos pontos de monitoramento da água na bacia hidrográfica do rio Reis Magos**

| Pontos de coleta | Localização e coordenadas geográficas   |
|------------------|---|
| Ponto 1          | A montante da cidade de Santa Teresa, na fazenda Cachoeirinha Alta, Km 4<br>(Latitude 329361N e Longitude 7795203E) |
| Ponto 2          | Na ponte sobre o Rio, a jusante da cidade de Santa Teresa<br>(Latitude 333875N e Longitude 7795180E)                |
| Ponto 3          | A montante da cidade de Fundão<br>(Latitude 351173N e Longitude 7795055E)   |
| Ponto 4          | A jusante da cidade de Fundão<br>(Latitude 352893N e Longitude 7794266)   |



**Figura 1: Hidrografia e pontos de monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Reis Magos**

Os parâmetros considerados neste estudo foram turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO5,20), coliformes termotolerantes, oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e pH. Os referidos parâmetros foram avaliados em cada um dos pontos de monitoramento, a partir dos resultados de 24 (vinte e quatro) campanhas de campo.

#### Curvas probabilísticas

Para a construção das curvas de probabilidade foi utilizada a função de distribuição acumulada. O valor da função de distribuição acumulada  $[F(x)]$  é, para cada número real  $x$ , dada de acordo com a Equação (1).

$$F(x) = P(X \leq x) \quad (1)$$

O valor de P ( $X \leq x$ ) representa a probabilidade de que a variável X resulte em um valor inferior ou igual a x. A probabilidade de interesse nesta pesquisa referiu-se, nos casos de não excedência (para o oxigênio dissolvido) ou de excedência (para os demais parâmetros analisados), ao valor de F (x), para x igual ao padrão de qualidade ambiental, ou seja, ao limite preconizado pela Resolução CONAMA no 357/2005 (BRASIL, 2005) para a classe de enquadramento considerada. Tal porcentagem representou, em termos práticos, a probabilidade de incompatibilidade com o enquadramento legal.

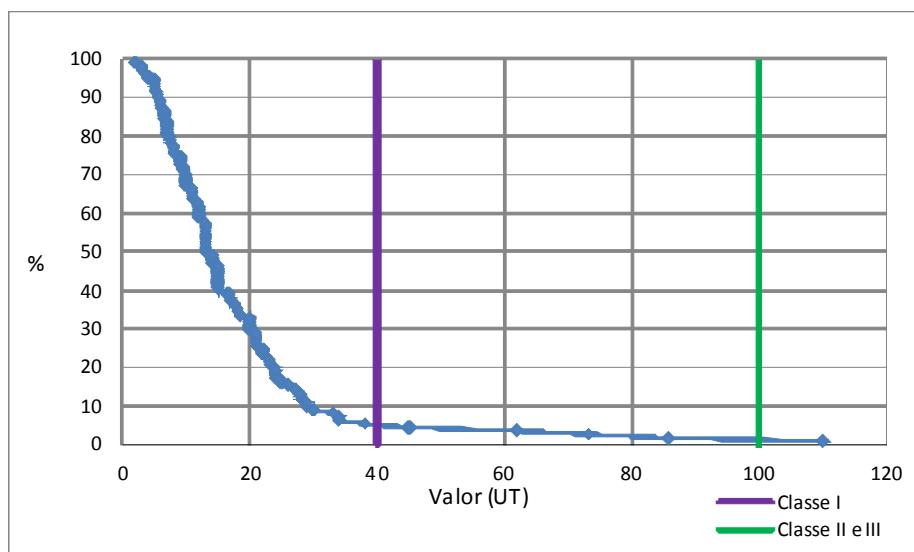
Neste trabalho, foram construídas curvas de probabilidade por parâmetro de qualidade de água a) para cada ponto de monitoramento do rio Reis Magos e b) para todos os pontos de forma agrupada. Ainda que os corpos d'água da bacia do rio Reis Magos sejam considerados classe 2, em função da inexistência de enquadramento, neste trabalho foram avaliadas, por parâmetro analisado, as probabilidades de incompatibilidade com os padrões fixados para rios classe 1, 2 e 3.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

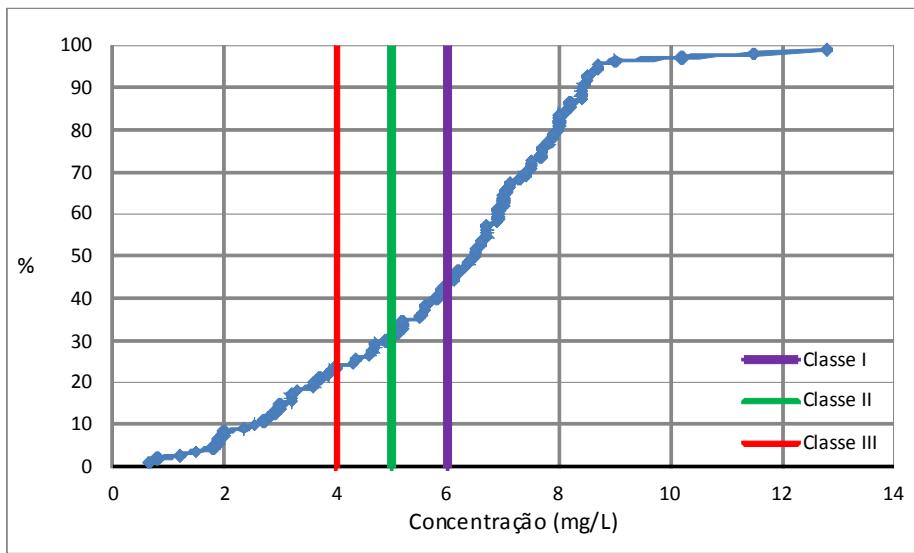
Para a avaliação da variação espacial da qualidade, foram elaboradas curvas de incompatibilidade por ponto de amostragem. Adicionalmente, foram construídas curvas de incompatibilidade considerando todos os resultados relativos aos pontos de coleta, de forma agrupada. Os resultados obtidos nesta etapa do trabalho estão reunidos na Tabela 2 e, para os parâmetros turbidez, OD, DBO e nitrogênio total, quando considerado o agrupamento dos pontos de monitoramento, representados graficamente pelas Figuras de 2 a 5.

**Tabela 2: Porcentagem de não atendimento por ponto de monitoramento e por classe de qualidade de água**

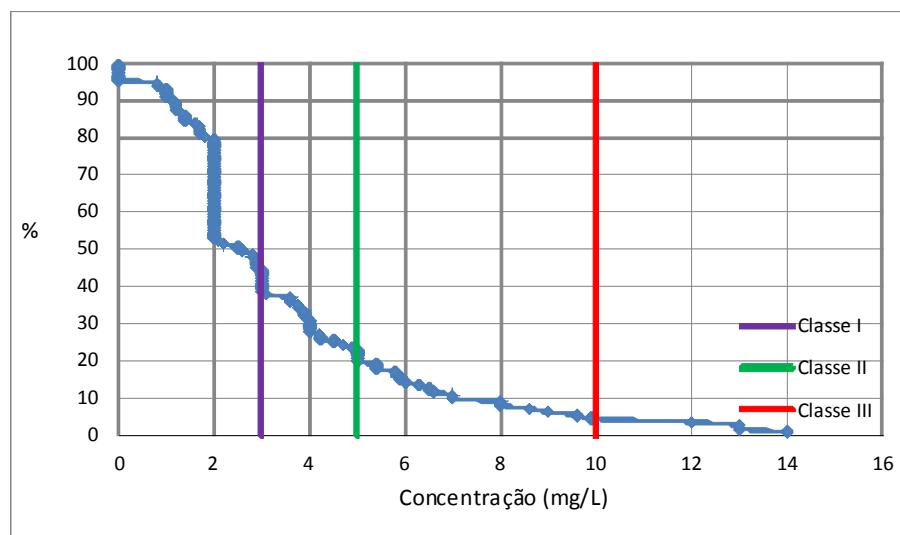
| Ponto            | Classe | Parâmetros de qualidade de água |     |          |     |                |               |            |                  |
|------------------|--------|---------------------------------|-----|----------|-----|----------------|---------------|------------|------------------|
|                  |        | pH                              | OD  | Turbidez | DBO | Sólidos Totais | Fósforo Total | Coliformes | Nitrogênio Total |
| 1                | I      | 12%                             | 8%  | 0%       | 28% | 0%             | 60%           | 98%        | 8%               |
|                  | II     | 12%                             | 0%  | 0%       | 14% | 0%             | 48%           | 90%        | 8%               |
|                  | III    | 12%                             | 0%  | 0%       | 0%  | 0%             | 10%           | 80%        | 0%               |
| 2                | I      | 8%                              | 93% | 8%       | 86% | 6%             | 96%           | 93%        | 52%              |
|                  | II     | 8%                              | 79% | 3%       | 62% | 6%             | 93%           | 90%        | 52%              |
|                  | III    | 8%                              | 65% | 3%       | 12% | 6%             | 86%           | 86%        | 18%              |
| 3                | I      | 10%                             | 11% | 7%       | 22% | 4%             | 60%           | 86%        | 8%               |
|                  | II     | 10%                             | 9%  | 0%       | 4%  | 4%             | 50%           | 60%        | 8%               |
|                  | III    | 10%                             | 7%  | 0%       | 0%  | 4%             | 9%            | 40%        | 0%               |
| 4                | I      | 18%                             | 66% | 11%      | 37% | 0%             | 85%           | 96%        | 30%              |
|                  | II     | 18%                             | 37% | 0%       | 7%  | 0%             | 57%           | 81%        | 30%              |
|                  | III    | 18%                             | 22% | 0%       | 3%  | 0%             | 35%           | 78%        | 0%               |
| Pontos Agrupados | I      | 11%                             | 43% | 7%       | 39% | 2%             | 76%           | 98%        | 20%              |
|                  | II     | 11%                             | 30% | 2%       | 22% | 2%             | 62%           | 82%        | 20%              |
|                  | III    | 11%                             | 23% | 2%       | 15% | 2%             | 34%           | 72%        | 5%               |



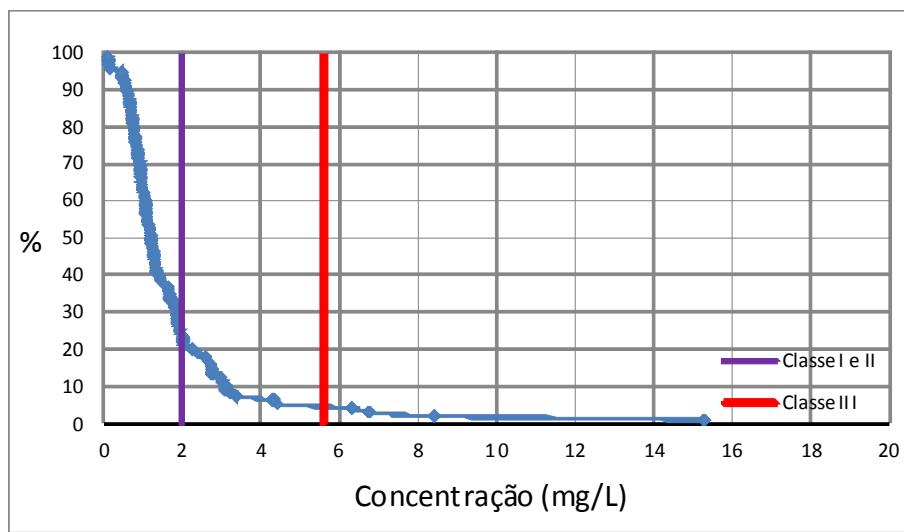
**Figura 2: Curva de probabilidade de excedência para o parâmetro turbidez - Resultados obtidos a partir do agrupamento dos registros de qualidade de água nos diferentes pontos de monitoramento.**



**Figura 3: Curva de probabilidade de excedência para o parâmetro oxigênio dissolvido - Resultados obtidos a partir do agrupamento dos registros de qualidade de água nos diferentes pontos de monitoramento.**



**Figura 4: Curva de probabilidade de excedência para o parâmetro demanda bioquímica de oxigênio - Resultados obtidos a partir do agrupamento dos registros de qualidade de água nos diferentes pontos de monitoramento.**



**Figura 5: Curva de probabilidade de excedência para o parâmetro nitrogênio total - Resultados obtidos a partir do agrupamento dos registros de qualidade de água nos diferentes pontos de monitoramento.**

A partir da simples inspeção dos resultados reunidos na Tabela 2 e dos gráficos constantes nas figuras de 02 a 05 (e suas similares para os demais parâmetros de qualidade e por ponto de monitoramento), apresentam-se como relevantes as seguintes considerações:

- O padrão ambiental estabelecido para o parâmetro turbidez em rios de classes 2 e 3 (100 UNT) foi superado apenas no segundo ponto de monitoramento, ainda que com baixa frequência de excedência (3%); para os demais pontos, o percentual de incompatibilidade entre a qualidade de água e o padrão ambiental se apresentou nulo. O padrão de turbidez para rios de classe 1 (40 UNT), por sua vez, não foi respeitado nos pontos de monitoramento 2, 3 e 4, com frequência, variando entre 7% (ponto de coleta 3) e 11% (ponto de coleta 4);

- O parâmetro pH é regulado por um mesmo padrão de qualidade em todas as classes de enquadramento (valores oscilando entre 6 e 9), o que explica uma mesma freqüência de não atendimento para todas as classes de uso. Neste estudo, os percentuais de incompatibilidade entre padrão ambiental e condição de qualidade oscilou entre 8% (Ponto 2) e 18% (Ponto 4);
- Dos nutrientes avaliados, apenas o padrão referente ao nitrogênio total em rios classe 3 foi atendido nos pontos de monitoramento 1, 3 e 4. Os padrões para o nitrogênio total em rios classe 1 não foi atendido com freqüência variando entre 8% (Ponto 1) e 52% (Ponto 2). A freqüência de não atendimento referente ao fósforo total foi substancialmente maior, variando entre 10% (Ponto 4 e padrão de enquadramento classe 3) e 96% (Ponto 2 e padrão de enquadramento classe 1). A atividade agropecuária praticada em boa parcela da bacia do rio Reis Magos pode ser apontada como a principal causa deste resultado;
- Os padrões de qualidade associados ao parâmetro OD em rios classes 2 e 3 (respectivamente 5 mg/L e 4 mg/L) foram atendidos apenas no primeiro ponto de monitoramento (Ponto 1). Nos demais pontos de monitoramento, os padrões das classes 2 e 3 não foram respeitados com freqüência variando entre 7% (ponto 3 e padrão de enquadramento classe 3) e 79% (ponto 3 e padrão de enquadramento classe 2). O padrão estabelecido para classe 1 (6 mg/L) não foi respeitado com freqüência, variando entre 8% (ponto 1) e 93% (ponto 2).
- Para o parâmetro DBO5,20, apenas o padrão de qualidade associado aos rios classe 3 (10 mg/L) foi atendido nos pontos de monitoramento 1 e 3. Nos demais pontos de monitoramento a freqüência de não atendimento dos padrões variaram entre 3% (Ponto 4 e padrão de enquadramento classe 3) e 86% (Ponto 2 e padrão de enquadramento classe 1);
- Para o parâmetro coliformes termotolerantes foram observados elevados percentuais de incompatibilidade entre a qualidade e o padrão ambiental, independente da classe de uso ou do ponto de monitoramento considerado. Os padrões não foram respeitados com freqüência variando entre 40% (ponto 3 e padrão de enquadramento classe 3) e 98% (Ponto 1 e padrão de enquadramento classe 1). A disposição de esgotos domésticos ao longo de toda a extensão do rio Reis Magos e de seus afluentes pode ser apontada como a principal causa para este resultado;

## **CONCLUSÕES**

A análise dos resultados por ponto de monitoramento permitiu a observação da variação espacial da compatibilidade dos valores de parâmetros de qualidade de água com os padrões relativos às diversas classes de enquadramento no rio Reis Magos. Os resultados demonstraram que os parâmetros nitrogênio total, fósforo total e coliformes termotolerantes apresentaram elevados percentuais de incompatibilidade, em todos os trechos analisados, independentemente da classe de uso. A disposição de esgotos domésticos e a intensa atividade agropecuária, comuns em toda a bacia hidrográfica, podem ser apontadas como as causas destes resultados.

A análise agrupada de todos os pontos de monitoramento, sugerindo a possibilidade de um enquadramento único para todo o curso d'água, produziu, para a maior parte dos parâmetros de qualidade analisados, freqüências de não atendimento dos padrões ambientais superiores àquelas freqüências de não atendimento associadas à três (pontos 1, 3 e 4) dos quatro pontos de monitoramento considerados neste estudo.

Resultados como os obtidos no presente estudo, pelo fato de apresentarem variações espaciais de compatibilidade entre parâmetros de qualidade de água e os padrões relativos a diferentes classes de uso preconizadas pela Resolução CONAMA 357/2005, podem contribuir para tomadas de decisão, tecnicamente fundamentadas, a respeito de intervenções prioritárias para a conservação e recuperação dos sistemas aquáticos.

Recomenda-se o desenvolvimento e implementação de monitoramento qualitativo dos cursos d'água da bacia do rio Reis Magos, com aumento no número de pontos e na freqüência amostral, para que as análises de incompatibilidades com padrões de qualidade de águas se tornem, gradativamente, mais precisas.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. BARTH, F.T. "Aspectos Institucionais do Gerenciamento de Recursos Hídricos". In: Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 2a ed. São Paulo. Escrituras Editora. p. 565-600, 2002
2. BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente: Resolução N° 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2005.
3. BRASIL. Política Nacional dos Recursos Hídricos: Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 1997.
4. CUNHA, D.G.F.; CALIJURI, M.C. "Análise probabilística de ocorrência de incompatibilidade da qualidade da água com o enquadramento legal de sistemas aquáticos – estudo de caso do rio Parqueira-Açu (SP)". Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v.15, n.4, pp. 337-346, 2010.
5. LEEUWESTEIN, J.M.; NETTO, O.M.C. Uma Avaliação da Aplicação do Instrumento de Enquadramento de Corpos de Água em Países Selecionados. Simpósio ABRH - I Simposio de Recursos Hídricos do Centro Oeste Brasília. Brasília, DF, 2000.
6. TUCCI, C.E.M. Gestão da Água no Brasil. Brasília, DF: UNESCO, 2001.