

# INFLUÊNCIA DA IMPLANTAÇÃO DE ATIVIDADES DE GARIMPO DE PEDRAS PRECIOSAS NA QUALIDADE DAS ÁGUAS NO MUNICÍPIO DE SÃO MARTINHO DA SERRA – RS

*Nadia Bernardi Bonumá<sup>1</sup>; Maria do Carmo Cauduro Gastaldini<sup>2</sup>, João Batista Dias de Paiva<sup>3</sup>, Álisson Simonetti<sup>4</sup>, Letícia Zorzella<sup>5</sup>.*

**RESUMO** --- O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade das águas superficiais sob impacto de garimpo em uma pequena bacia hidrográfica, nas cabeceiras do Rio Ibicuí-Mirim, no município de São Martinho da Serra - RS. A bacia em estudo abrange uma área total de 33,12 km<sup>2</sup>, onde é desenvolvida a atividade de extração de pedras preciosas. Os resultados mostram que houve aumento nos valores de condutividade elétrica, turbidez e sólidos, devido às atividades de garimpo. A atividade de extração em São Martinho da Serra ainda está no início e, no entanto, os resultados indicam a influência do garimpo na qualidade da água do rio. Isso demonstra a necessidade de um monitoramento contínuo dos recursos hídricos, para que possam ser tomadas atitudes que venham a minimizar os impactos ambientais causados pelo garimpo de pedras preciosas.

**ABSTRACT**--- This research was developed to evaluate the quality of waters under to the artisanal mining (garimpo) impact in a catchment, at the headwater of Ibicuí-Mirim River, in São Martinho da Serra - RS. The catchment area is 33.12 km<sup>2</sup> and the land-use is predominantly agricultural and the extraction of gemstones activity. The results presented an increasing on the electric conductivity, turbidity and solids values due to mineral extraction. Despite that mining is a recent activity in São Martinho da Serra, it is already causing local deterioration of the water quality. The results showed the necessity of a continuous water resources monitoring process, in order to minimize the negative environmental effects of the gemstones exploitation activity.

**Palavras-chave:** qualidade da água, garimpo, impactos ambientais.

1) Engenheira Civil, Mestre em Engenharia Civil-Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - UFSM. Faixa de Camobi, Km 9 Campus Universitário Santa Maria – RS 97105-900. Santa Maria, RS. Tel.:(55) 3225-1579. E-mail: [nadiabonuma@yahoo.com.br](mailto:nadiabonuma@yahoo.com.br).

2) Engenheira Civil, Doutora em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP Professora Adjunta Doutora do Departamento de Hidráulica e Saneamento - Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900, Santa Maria, RS. Tel.:(55) 3220-8423. E-mail: [mcarmo@ct.ufsm.br](mailto:mcarmo@ct.ufsm.br)

3) Engenheiro Civil, Doutor em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP Professor Titular do Departamento de Hidráulica e Saneamento - Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900, Santa Maria, RS. Tel.:(55) 3220-8483. E-mail: [paiva@ct.ufsm.br](mailto:paiva@ct.ufsm.br)

4) Estudante de Engenharia Civil - UFSM. Faixa de Camobi, Km 9 Campus Universitário Santa Maria – RS 97105-900. Santa Maria, RS. E-mail: [a\\_s\\_milani@yahoo.com.br](mailto:a_s_milani@yahoo.com.br)

5) Estudante de Engenharia Civil – UFSM. Faixa de Camobi, Km 9 Campus Universitário Santa Maria – RS 97105-900. Santa Maria, RS. E-mail: [letizr@mail.ufsm.br](mailto:letizr@mail.ufsm.br)

---

## 1 – INTRODUÇÃO

As atividades de mineração e de garimpo são essenciais para o desenvolvimento econômico do mundo atual, pois os minérios extraídos da natureza são utilizados ou como matéria-prima ou como parte do processo industrial de muitos dos produtos utilizados pelo homem. No entanto, esta relação de dependência gera um conflito para a sociedade, que tem de arcar com os reflexos gerados pela degradação dessas áreas de exploração mineral e seus entornos.

No caso específico da extração de pedras preciosas, a própria natureza da lavra implica em alterações do meio ambiente, que podem refletir numa deterioração da qualidade da água dos mananciais.

De acordo com Kopezinski (2000) o impacto ambiental, positivo e/ou negativo causado pela atividade extrativa dependerá exclusivamente da ação antrópica. A atividade humana é que determinará o tipo, a magnitude e as conseqüências da alteração ambiental no meio a ser minerado.

Desde o início de sua colonização até os dias atuais, o Brasil sofre reflexos de uma atividade extrativa, desordenada e de pouco controle tecnológico o que acaba sendo um aspecto negativo relacionado às atividades minerais no país.(Gonçalves *et al.* 2003).

A procura por metais preciosos, gemas, ou outro mineral de grande importância econômica, ainda é observada no Brasil, igual à época dos bandeirantes, pela garimpagem de “forma artesanal”, principalmente nas regiões Norte e Centro-Oeste, bem como no Estado de Minas Gerais. (Pires *et al.*, 1999).

Conforme Limaverde (1980) *apud* Alberti *et al.*(2003) na garimpagem de “forma artesanal” é comum ocorrer uma ocupação desordenada das áreas de ocorrências, haja vista a falta de planejamento, diferentemente do que acontece num processo normal de jazimento desde o desenvolvimento de pesquisa de uma ocorrência mineral.

As pedras preciosas são enriquecimentos minerais no interior da massa rochosa gerados por efeito de magmatismo acompanhado de calor e pressão. Esses são extraídos em jazidas que produzem grandes cicatrizes e exigem grande remanejamento de rocha.

Segundo Agostini (1998) a lavra pela sua própria natureza, é uma atividade que implica em alterações do meio ambiente, cujos reflexos podem ultrapassar os limites das áreas dos trabalhos mineiros, atingindo o solo, o subsolo, os recursos hídricos da superfície e subsuperfície, além da fauna, flora, atmosfera e até o próprio ser humano. A lavra a céu aberto ocasiona um impacto ambiental maior, pois as modificações paisagísticas ocasionadas pela remoção de segmento de um morro inteiro ajudam a aumentar o impacto visual.

O Estado do Rio Grande do Sul é conhecido no Brasil e no Exterior como um dos grandes fornecedores de gemas do mundo, não propriamente pela diversificação de pedras, mas pelo significativo volume de gemas que produz, especialmente ágata e ametista, estando ranqueado entre os maiores produtores de gemas do País. (Alberti *et al*, 2003).

Este tipo de atividade tem uma grande relevância no desenvolvimento sócio-econômico das regiões junto aos locais de extração e beneficiamento. Entretanto essa atividade também é responsável por grandes modificações na paisagem e meio ambiente, podendo causar um alto grau de deterioração nos recursos hídricos, mesmo após o término da atividade extrativa.

Apesar disso a poluição hídrica gerada por esses garimpos tem sido pouco estudada, uma vez que não existem dados suficientes nem sobre o potencial das reservas minerais e tão pouco sobre o processo extrativo das lavras existentes e o passivo ambiental gerado.

A quantificação das cargas poluidoras afluentes ao corpo d'água, sob o ponto de vista de Von Sperling (1996), torna-se necessário para a avaliação do impacto da poluição e da eficácia das medidas de controle. Sendo necessários levantamentos de campo na área de estudo, incluindo amostragem de poluentes, análises de laboratório, medição de vazões entre outros.

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma avaliação da qualidade das águas superficiais sob impacto do garimpo de pedras preciosas, na cabeceira da bacia hidrográfica do Rio Ibicuí-Mirim, localizada no município de São Martinho da Serra – RS.

## **2 – METODOLOGIA**

### **2.1 – A bacia de estudo**

A área de estudo deste trabalho é uma sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí Mirim situada entre as coordenadas 53°52'46" e 53°57'14" de longitude Oeste e as coordenadas 29°30'16" e 29°35'04" de latitude Sul. Possui área total de 33,12 km<sup>2</sup>.

Esta bacia localiza-se no município de São Martinho da Serra, pertencente a uma região do Rio Grande do Sul considerada de elevado potencial gemológico, e onde uma cooperativa de garimpeiros (COOMAR) realiza a atividade de extração de pedras preciosas (ametistas, ágatas). A Figura 1 mostra a bacia em estudo.

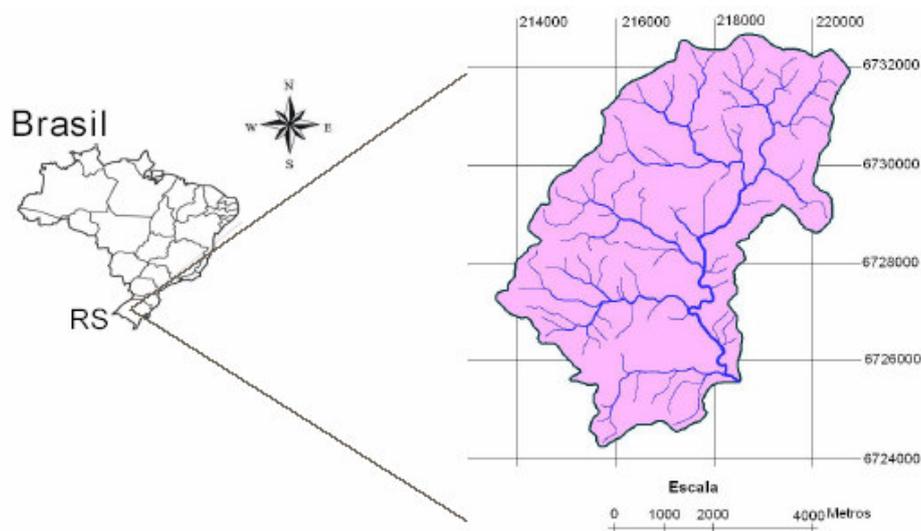


Figura 1 – Localização geográfica da área de estudo no município de São Martinho da Serra.

## 2.2 – Campanhas de coleta de amostras

As amostras de águas foram coletadas em tempo seco nos três pontos de monitoramento da bacia em estudo: à montante e à jusante da área de mineração e na saída do principal garimpo em atividade. As coletas de amostras foram realizadas no centro da seção dos três pontos de amostragem, de maneira manual, através de frascos identificados apropriadamente.

Periodicamente, foi realizada a determinação dos seguintes parâmetros de qualidade: temperatura do ar, temperatura da água, pH, condutividade elétrica, turbidez, OD, DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos totais, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, sólidos fixos, sólidos voláteis, coliformes totais e coliformes termotolerantes, objetivando a identificação de eventuais alterações na qualidade da água.

Foram feitas, também, cinco investigações detalhadas, para a quantificação dos seguintes parâmetros: Alcalinidade, Alumínio, Cálcio, Cádmi, Cobre, Cromo, Ferro, Fluoreto, Fosfato, Magnésio, Manganês, Mercúrio, Nitrato, Sódio e Zinco. Sendo que os parâmetros Cádmi, Fluoreto e Mercúrio foram avaliados somente uma vez, devido à não detecção destes parâmetros.

As análises dos metais foram realizadas no Laboratório de Análises Químicas Industriais e Ambientais (LAQIA) do Centro de Ciências Naturais e Exatas da UFSM e as análises dos demais parâmetros foram feitas no Laboratório de Saneamento Ambiental (LASAM), do Departamento de Hidráulica e Saneamento do Centro de Tecnologia da UFSM.

A tabela 1 apresenta os parâmetros monitorados, unidades, técnicas e locais onde foram analisados:

Tabela 1 – Parâmetros monitorados, unidades, técnicas e locais de análise.

<b>Parâmetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Técnica analítica</b>	<b>Local</b>
Sólidos	mg/L	Standard Methods	LASAM
Temperatura	°C	Terminal InoLab e Oxímetro YSI	LASAM
Turbidez	UNT	Turbidímetro SL-2k	LASAM
pH	-	Terminal Multiparâmetros InoLab	LASAM
Alcalinidade	-	Standard Methods	LASAM
Condutividade	µS/cm	Terminal Multiparâmetros InoLab	LASAM
OD	mg/L	Terminal InoLab e Oxímetro YSI	LASAM
DBO <sub>5</sub>	mg/L	Standard Methods	LASAM
DQO	mg/L	Standard Methods	LASAM
Coliformes	NMP/100mL	Standard Methods	LASAM
Alumínio	mg/L	ICP – OES	LAQIA
Cálcio	mg/L	Espectometria atômica	LAQIA
Cobre	mg/L	ICP – OES	LAQIA
Cromo	mg/L	ICP – OES	LAQIA
Ferro	mg/L	Espectometria atômica	LAQIA
Magnésio	mg/L	Espectometria atômica	LAQIA
Manganês	mg/L	Espectometria atômica	LAQIA
Sódio	mg/L	Espectometria atômica	LAQIA
Zinco	mg/L	ICP – OES	LAQIA
Fosfato	mg/L	Standard Methods	LASAM
Nitrato	mg/L	Standard Methods	LASAM

### 3 – RESULTADOS

#### 3.1 – Avaliação dos parâmetros de qualidade

Foram coletadas amostras de água em três pontos: à jusante e à montante da área de mineração e na saída do principal garimpo em atividade (ponto intermediário). Esses valores foram comparados com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05, para corpos d'água de Classe 2.

Conforme mostra a figura 1 não houve variações significativas na temperatura da água entre os pontos de monitoramento.

As concentrações de oxigênio dissolvido encontradas são, em geral, maiores que a concentração mínima para a classe 2 (5 mg/L), com valores que indicam bons percentuais da concentração de saturação, exceto no ponto de garimpo (Figura 2).

Quanto à análise do conteúdo orgânico conforme a Figura 3, a concentração média de DBO<sub>5</sub> encontrada nos pontos de montante e jusante foi muito pequena, abaixo dos limites de detecção do método de análise (2 mg/L). Já, no ponto intermediário, a concentração média de DBO<sub>5</sub> foi 5 mg/L - um pouco superior ao limite da Classe 2 (5 mg/L), com valores variando de 3 a 6 mg/L.

A DQO no ponto intermediário foi mais elevada que nos pontos de montante e jusante, devido a interferência do garimpo (Figura 4). A relação DQO/DBO<sub>5</sub> nos três pontos foi elevada, segundo

Braile e Cavalcanti (1979 apud MACÊDO, 2001) isso significa que a fração inerte de poluição, ou seja, não biodegradável é alta, confirmando o fato de que a principal fonte de contaminação não é orgânica, como já era esperado.

A figura 5 mostra os resultados de condutividade elétrica. Os valores no ponto de jusante foram superiores aos valores no ponto de montante. No ponto intermediário, os valores foram mais elevados que nos outros dois pontos: o valor médio de condutividade elétrica foi de 221  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , com valores variando de 204 a 239  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Os resultados de pH que são mostrados na figura 6, mantiveram-se numa faixa de 6,0 a 8,0, dentro dos limites da classe 2. Os valores foram bastante próximos entre si mostrando que a atividade de garimpo, praticamente, não interfere neste parâmetro.

O comportamento dos parâmetros sólidos totais, dissolvidos, suspensos totais, suspensos voláteis e suspensos fixos é semelhante, conforme mostram as figuras 7, 8, 9, 10 e 11. Os valores do ponto de jusante foram maiores que os de montante, porém menores do que os valores do ponto intermediário. A concentração média de sólidos dissolvidos no ponto de garimpo foi de 504 mg/L, com valores variando de 140 a 1586 mg/L, esses valores ultrapassam o limite da classe 2 (500 mg/L).

Os valores de turbidez podem ser observados na figura 12. Nos pontos de montante e jusante mantiveram-se bem abaixo do limite da classe 2 (100 UNT), sendo que os valores de jusante foram maiores que os valores de montante. No ponto intermediário o valor médio foi de 91 UNT, com valores variando de 56 a 111 UNT. Esse aumento significativo demonstra que existe relação entre os parâmetros sólidos e turbidez.

A figura 13 mostra o comportamento do parâmetro coliformes totais, sendo que os valores nos pontos de jusante e intermediário foram superiores aos valores de montante.

A figura 14 mostra os resultados para coliformes termotolerantes. Os valores encontrados no ponto de montante são inferiores ao limite da Classe 2 (1000 NMP/100 mL). No ponto de jusante o valor médio de coliformes termotolerantes foi 1084 NMP/100 mL, com valores variando de 374 a 2444 NMP/100 mL. No ponto intermediário o valor médio foi 2817 NMP/100 mL, com valores variando de 358 a 7825 NMP/100 mL. O aumento nas concentrações dos coliformes termotolerantes após a área de garimpo pode ser justificada pela presença de garimpeiros na região ou devido à contribuição da atividade agropastoril no entorno das minas.

Para os três pontos de monitoramento as concentrações médias de Fosfato foram elevadas se comparadas com o limite da classe 2 para Fósforo Total: 0,1 mg/L. Conforme as figuras 15 e 16 houve interferência do garimpo nas concentrações de nitrato e fosfato.

As concentrações de Alumínio total, Cobre total e Ferro total foram elevadas nos três pontos de monitoramento, se comparados com os limites da Resolução CONAMA 357/05 (Figuras 17, 19 e

21). No entanto, cabe ressaltar que os limites da Resolução são para Alumínio, Cobre e Ferro dissolvidos.

As figuras 18, 19, 21, 22, 23, 24 e 25 mostram que houve um pequeno aumento nas concentrações no ponto de jusante, dos seguintes elementos: Cálcio, Cobre, Ferro, Magnésio, Manganês, Sódio e Zinco, indicando a interferência da área de mineração.

As concentrações médias de Zinco total também foram superiores ao limite da Resolução CONAMA 357/05, nos três pontos. Os outros elementos apresentaram concentrações inferiores aos limites estabelecidos por essa Resolução.

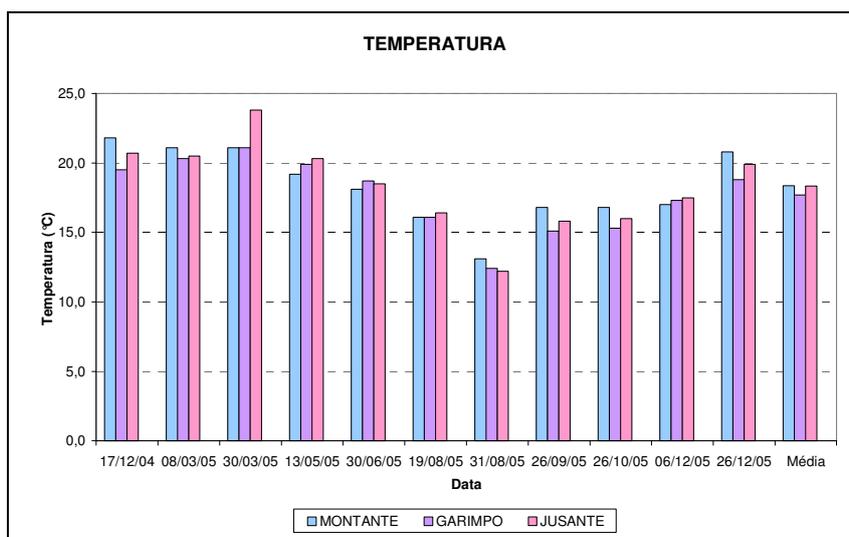


Figura 1– Valores de temperatura da água.

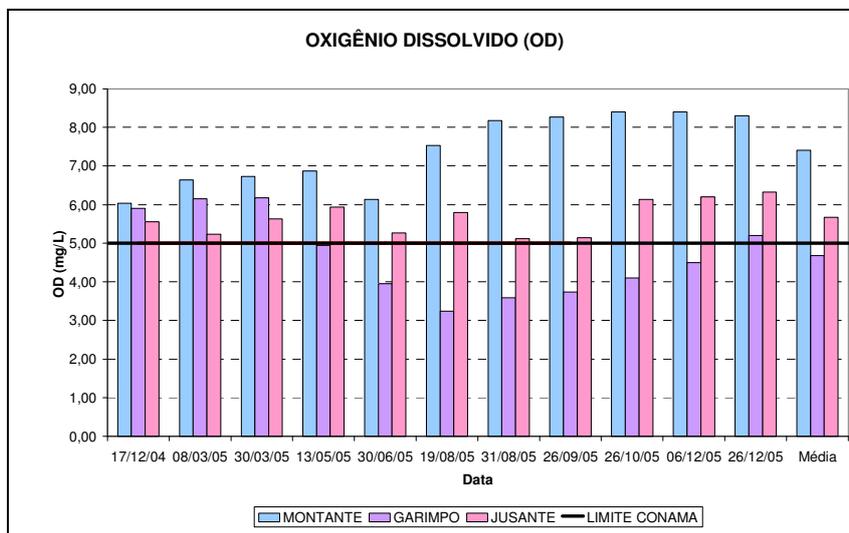


Figura 2– Valores de oxigênio dissolvido (OD).

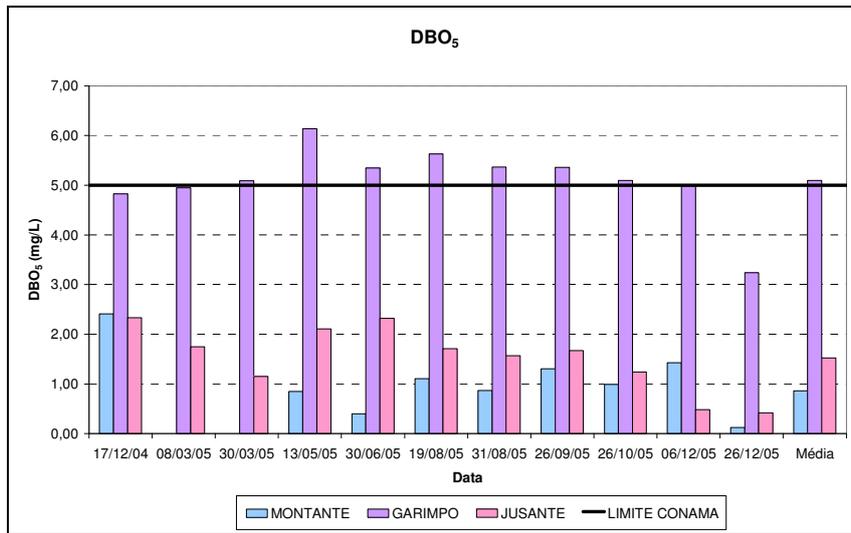


Figura 3 – Valores de DBO<sub>5</sub>.

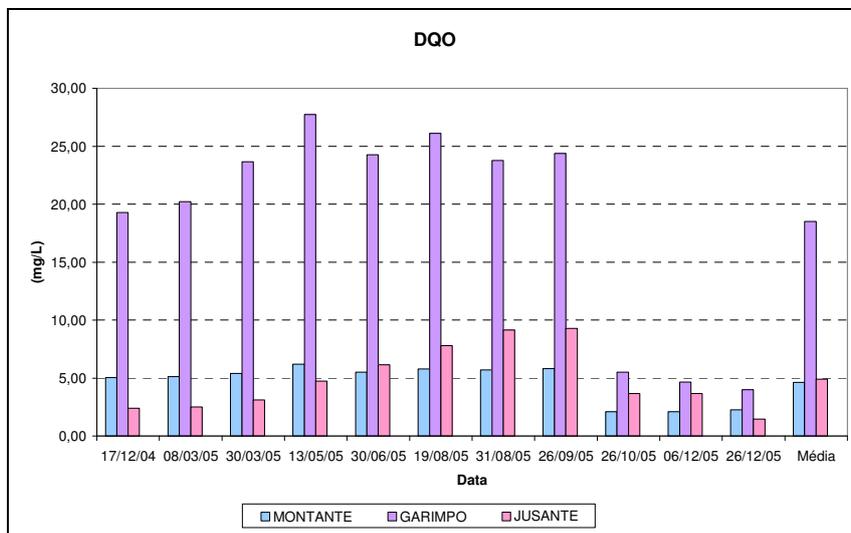


Figura 4 – Valores de DQO.

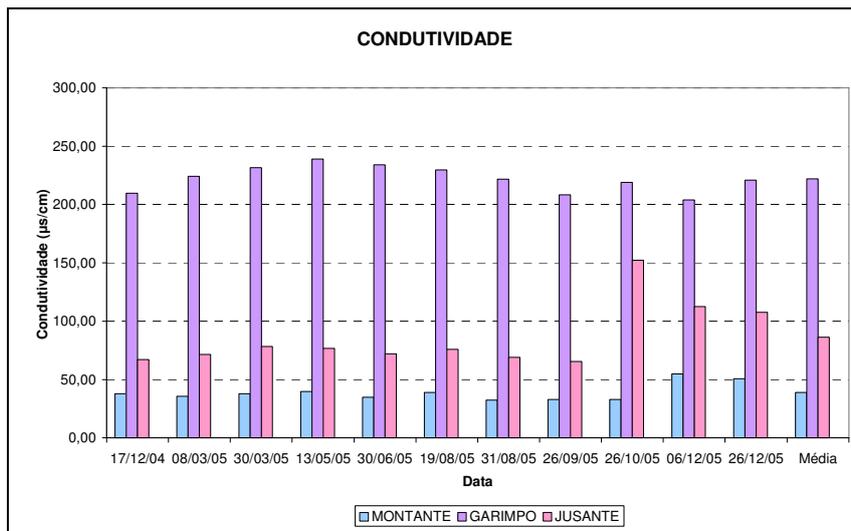


Figura 5 - Valores de condutividade elétrica .

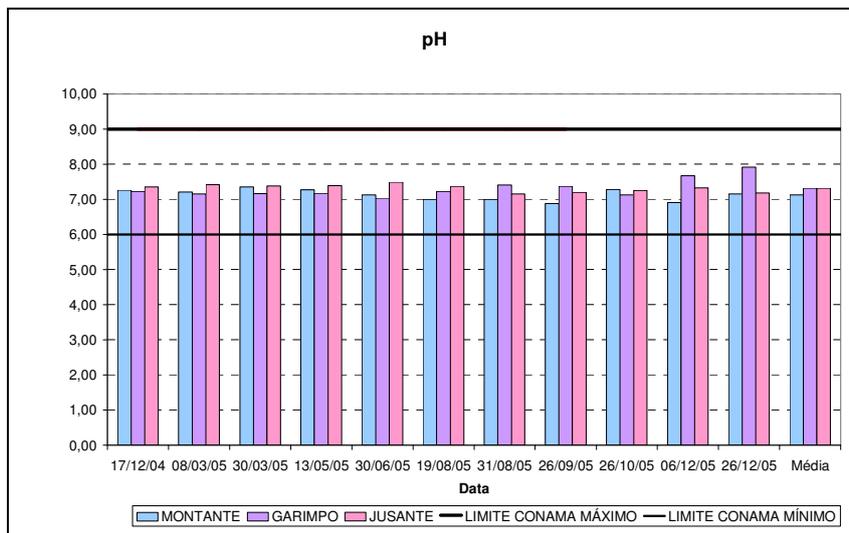


Figura 6 – Valores de pH.

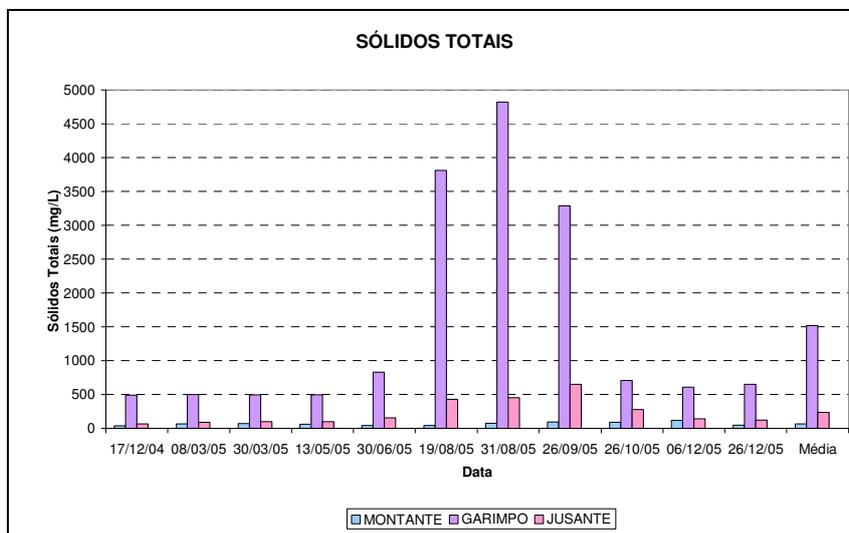


Figura 7 – Valores de sólidos totais.

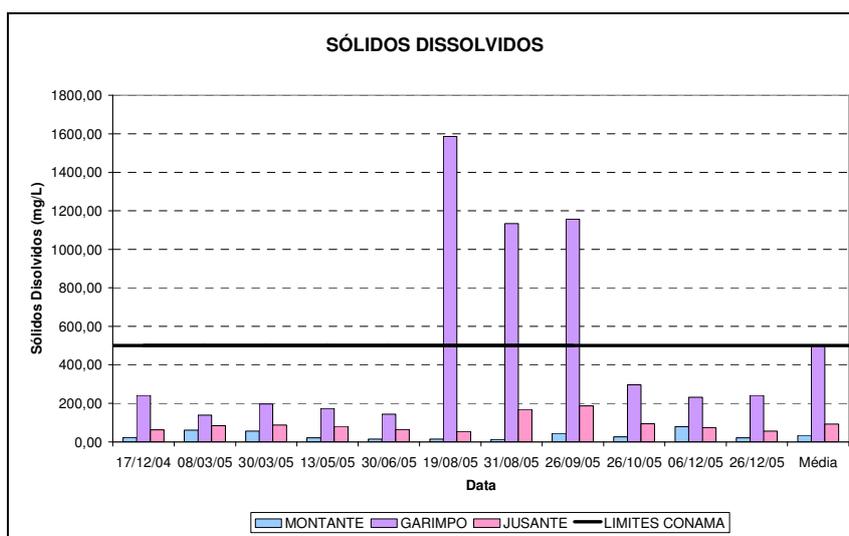


Figura 8 – Valores de sólidos dissolvidos totais.

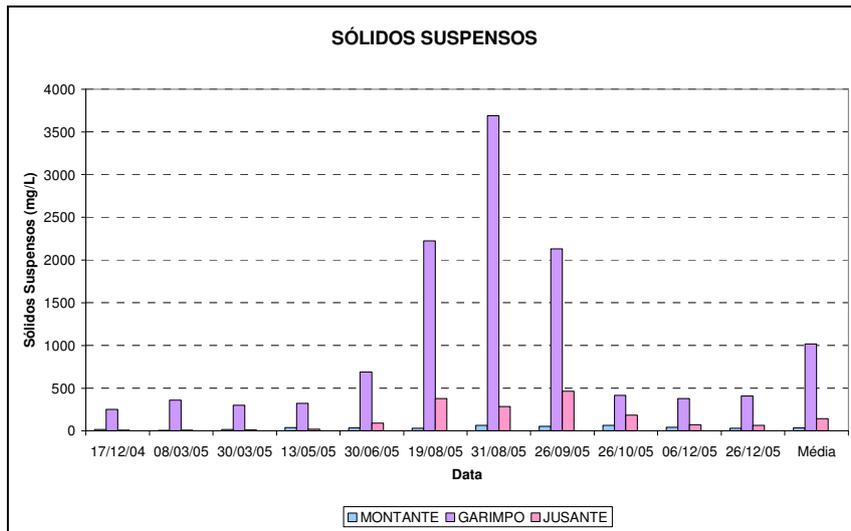


Figura 9 – Valores de sólidos suspensos totais.

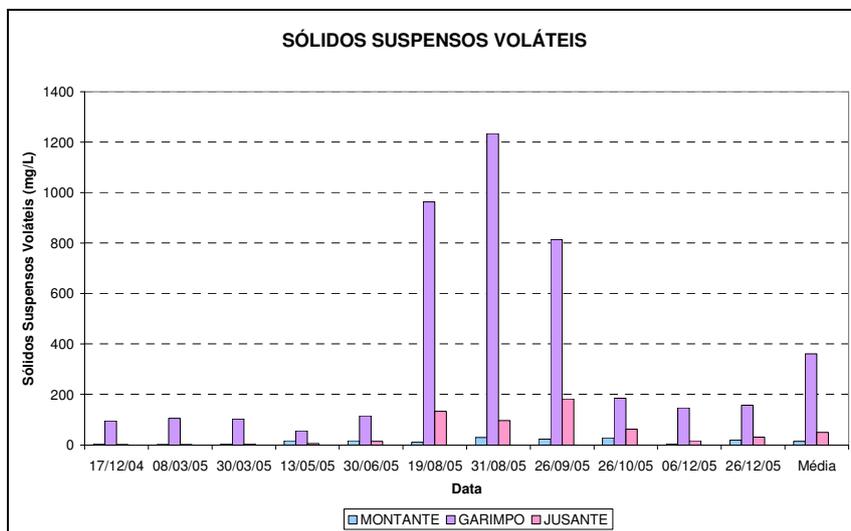


Figura 10 – Valores de sólidos suspensos voláteis.

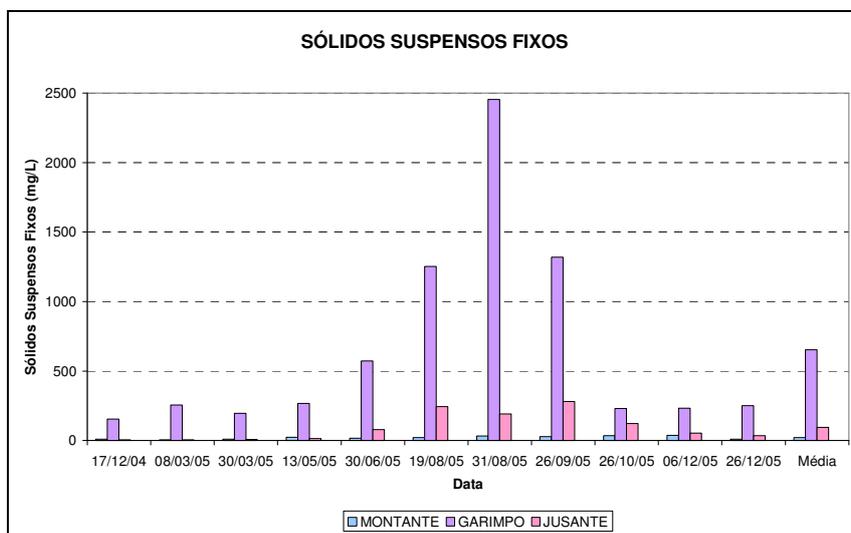


Figura 11 – Valores de sólidos suspensos fixos.

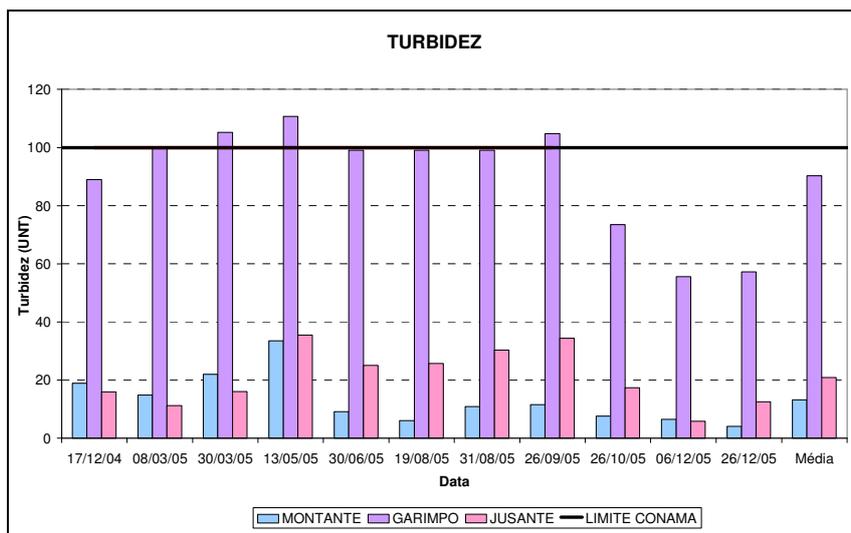


Figura 12 – Valores de turbidez.

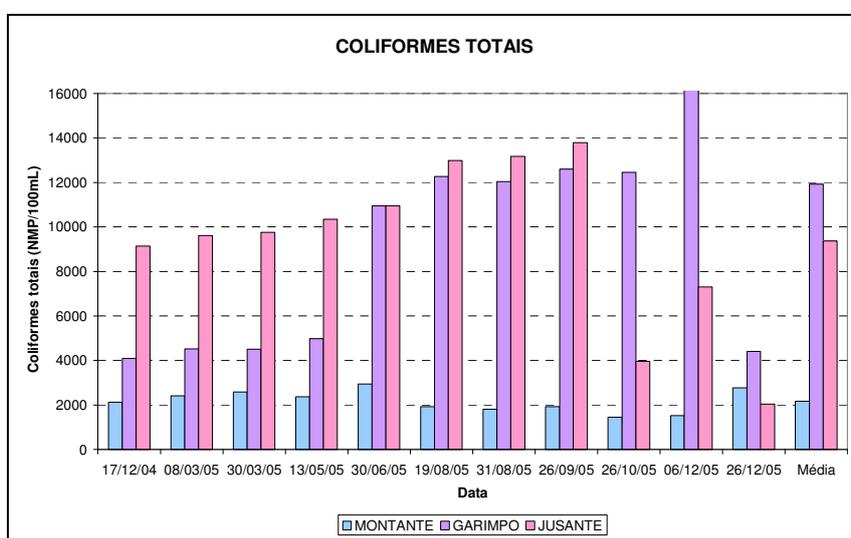


Figura 13 – Valores de coliformes totais.

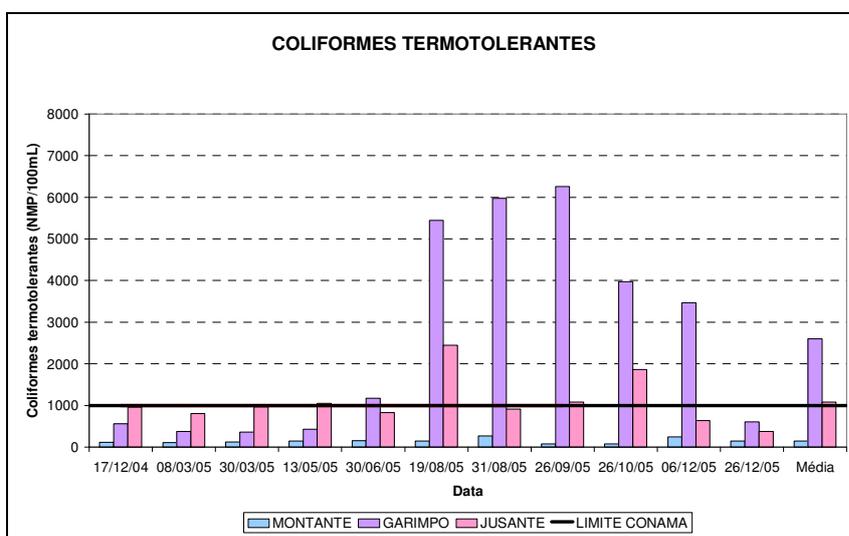


Figura 14 – Valores de coliformes termotolerantes.

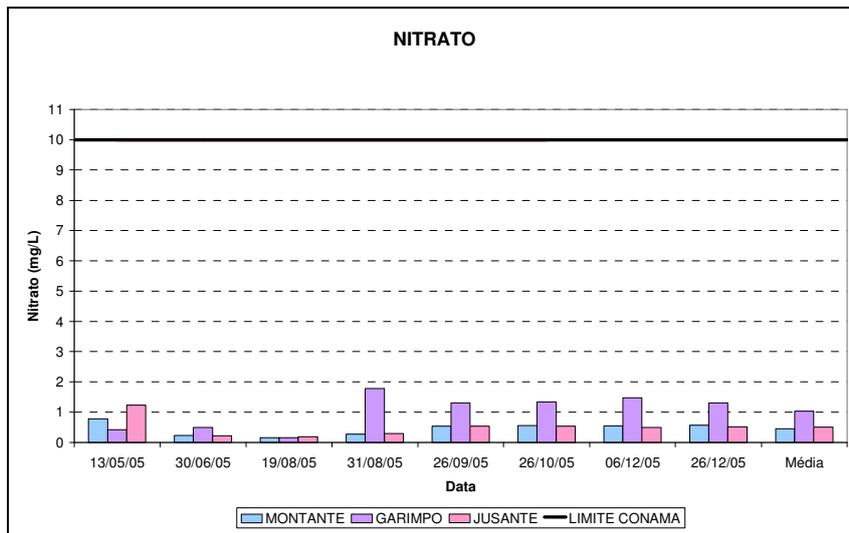


Figura 15 – Valores de nitrato.

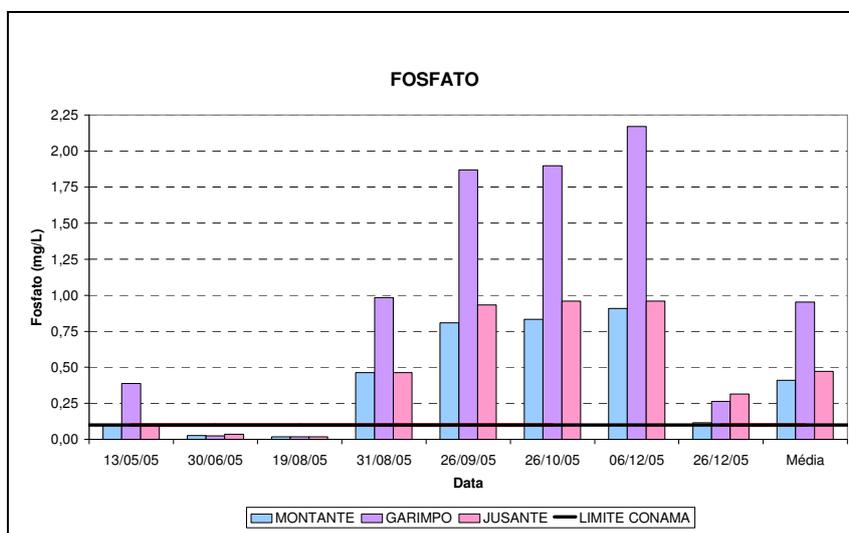


Figura 16 – Valores de fosfato.

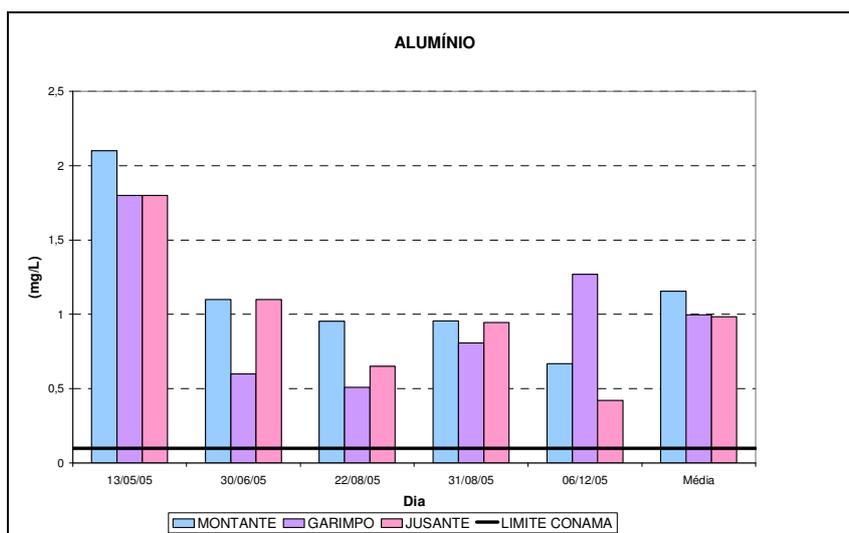


Figura 17 – Valores de Alumínio.

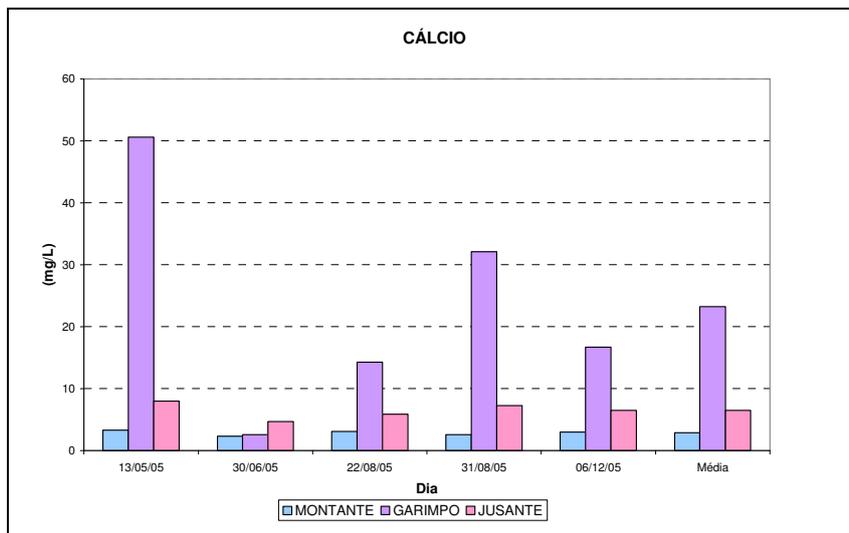


Figura 18 – Valores de Cálcio.

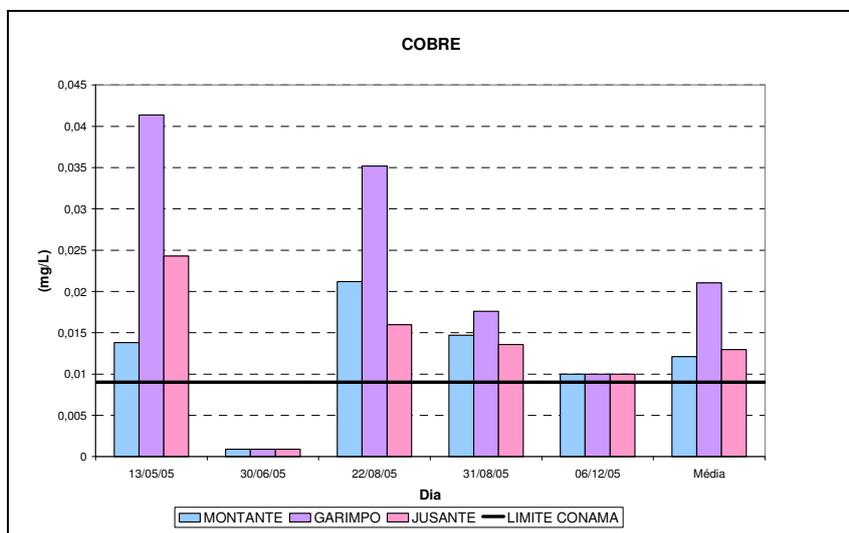


Figura 19 – Valores de Cobre.

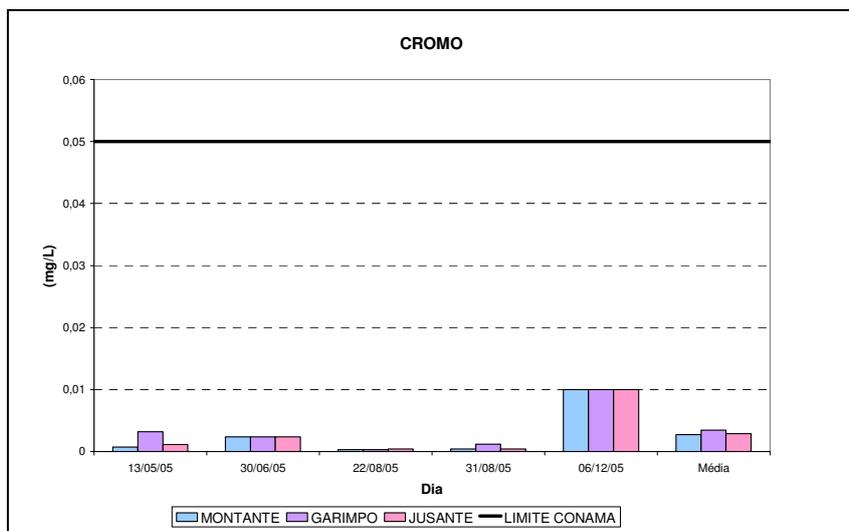


Figura 20 – Valores de Cromo.

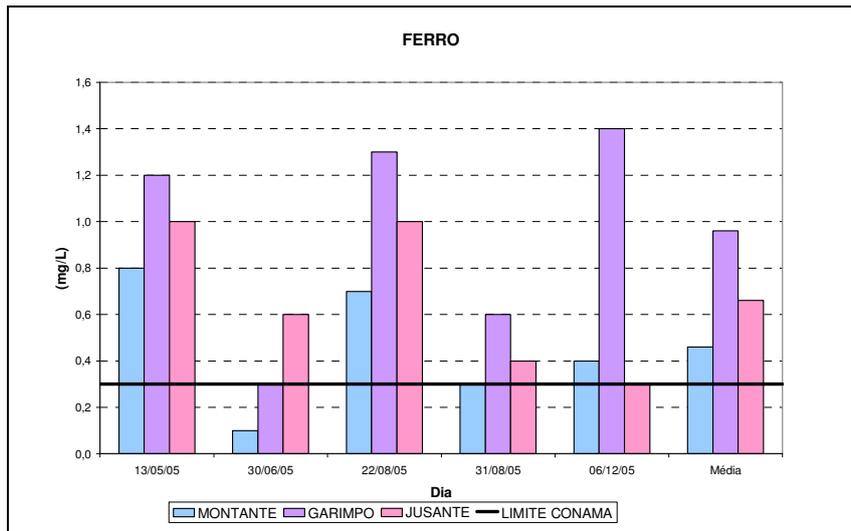


Figura 21 – Valores de Ferro.

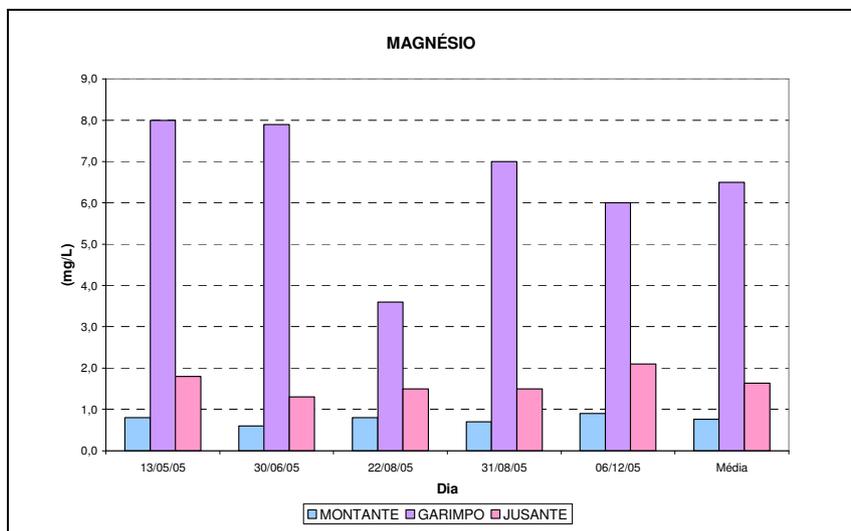


Figura 22 – Valores de Magnésio.

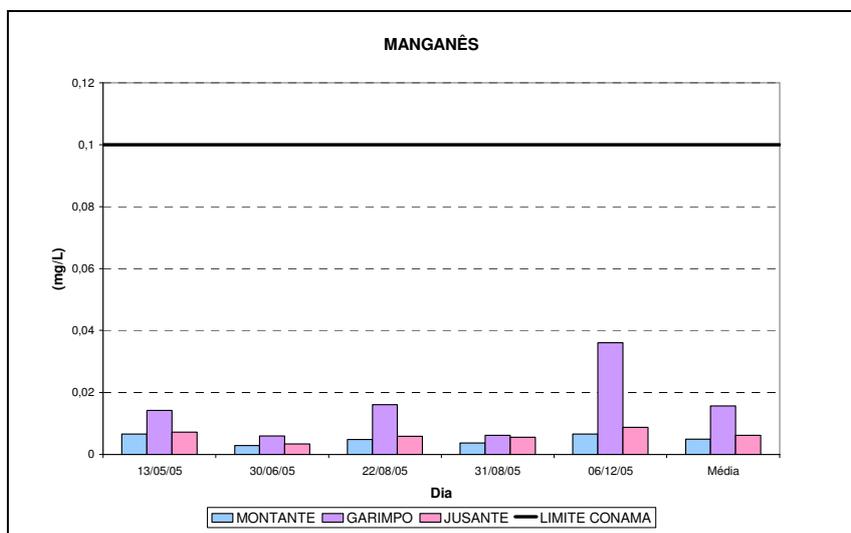


Figura 23 – Valores de Manganês.

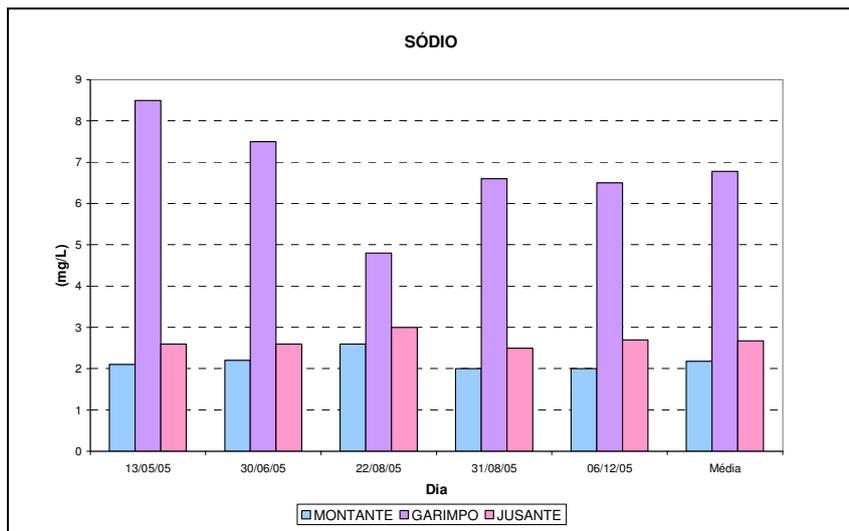


Figura 24 – Valores de Sódio.

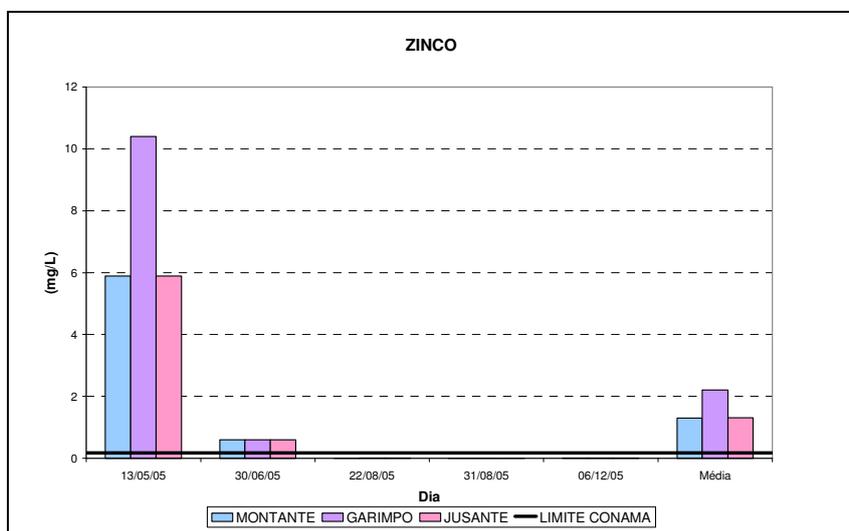


Figura 25 – Valores de Zinco.

#### 4 – CONCLUSÕES

Este trabalho visou avaliar a qualidade da água numa pequena bacia hidrográfica, nas cabeceiras da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí Mirim, após a implantação de atividades de garimpo de pedras preciosas.

Na análise das características de tempo seco, os resultados mostram que a contaminação orgânica, avaliada através da DBO<sub>5</sub>, DQO, OD e sólidos suspensos voláteis, é muito pequena, mas com crescimento de montante para jusante da área de extração mineral. O aumento dos níveis de coliformes totais e termotolerantes, ao longo do curso d'água pode ser justificada pela a atividade agropastoril que é desenvolvida no entorno das áreas de garimpo da bacia em estudo.

As concentrações elevadas de Alumínio, Cobre, Ferro, Zinco e Fosfato, podem ser devido às características geológicas da bacia. Mas, cabe salientar que houve um aumento dos teores naturais dos parâmetros Cálcio, Cobre, Ferro, Fosfato, Magnésio, Manganês, Nitrato, Sódio e Zinco na água. Esse incremento pode ser devido à atividade de garimpo, pela dissolução de compostos químicos na drenagem.

Os elevados valores de condutividade elétrica no ponto de garimpo indicam a presença de sais dissolvidos na água, de origem geoquímica. Além disso, houve um aumento nas concentrações de sólidos e turbidez após a área de extração mineral, devido aos grandes remanejamentos de rochas e movimentações de terra.

A atividade de garimpo em São Martinho da Serra ainda está incipiente e, no entanto, os resultados indicam a interferência da extração de pedras preciosas na qualidade da água, principalmente nos parâmetros sólidos e turbidez. Existem perspectivas de crescimento da atividade na região, inclusive com o início da etapa de beneficiamento das pedras, o que poderá causar um aumento do processo de degradação ambiental da região.

Apesar desta atividade indicar impacto na qualidade da água, a poluição hídrica gerada por esses garimpos tem sido pouco estudada. O conhecimento sobre o processo extrativo das lavras e o passivo ambiental gerado ainda é escasso. A literatura existente sobre a poluição gerada por atividades mineradoras refere-se, principalmente, à drenagem e aos efluentes em termos de metais pesados ou elementos radioativos.

Face ao exposto recomenda-se o monitoramento dos recursos hídricos no entorno de áreas de garimpo e mineração, se possível, mesmo antes da abertura das minas, para que se possa estabelecer o limite natural das características da água no local, que servirá para comparar com os valores encontrados após o início das atividades mineradoras. Bem como a intensificação de pesquisas nessa área, para que sejam gerados os dados, modelos e critérios de dimensionamento para as medidas de controle da poluição e os processos de tratamento dos efluentes.

Através do gerenciamento dos recursos hídricos e das lições aprendidas com os erros de experiências degradantes anteriores, será possível conciliar o desenvolvimento econômico e o crescimento das atividades produtivas com a preservação da qualidade da água dos mananciais.

## **5 – AGRADECIMENTOS**

À FAPERGS pelo auxílio à pesquisa; ao CNPq e à CAPES pelas bolsas de pesquisa, iniciação científica e mestrado concedidas; aos técnicos de laboratório Alcides Sartori e Thiago Augusto Formentini e aos alunos de iniciação científica Débora Missio, Fábio Mari Malqui e Felipe Dal'Masso pelo auxílio nos trabalhos de campo e análises de qualidade da água.

## BIBLIOGRAFIA

APHA AWWA, WEF. (1998) “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.*” 20.Ed., Washington DC: American Public Health Association.

ALBERTI, E. A.; SILVA, G. S. da; REIS, J. T.; PIRES, C. A. F. (2003). “*O caráter dicotômico da produção de ametista no Estado do Rio Grande do Sul*”. *Ciência e Natura*. Santa Maria: v.25, pp. 189 - 210.

AGOSTINI, I.M. (et al.). (1998) “*Ágata do Rio Grande do Sul*”. Ministério de Minas e Energia; Departamento Nacional de Produção Mineral. - Brasília: DNPM. 272 p.; il. - (Série Difusão Tecnológica, nº 5).

CONAMA (2005) Conselho Nacional do Meio Ambiente: Resolução n 357. Diário Oficial da União 17/03/2005 (Brasil).

GONÇALVES, L.D.P.; LIMA, N. de F.C.; SOUZA, R.N.B. de (2003). “*Impactos ambientais em área de garimpo: O caso do garimpo de Caxias, Município de Luís Domingues-MA.*” in 10º Simpósio Brasileiro de Geografia Física e Aplicada. Disponível em:  
< <http://geografia.igeo.uerj.br/xsbgfa/cdrom/eixo3/3.4/116/116.htm>.> Acesso em: 24 de outubro de 2004.

KOPEZINSKI, I. (2000) “*Mineração x meio ambiente: considerações legais, principais impactos ambientais e seus processos modificadores*”. Ed. Universidade/UFRGS, Porto Alegre.

MACÊDO, J. A B. de (2001) “*Águas & águas – Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas.*” Macêdo, Juiz de Fora, 302 p.

SPERLING, M. v. (1996) “*Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*”. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1). 2. ed., Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/Universidade Federal de Minas Gerais Belo Horizonte - MG, 243 p.