

# QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Projeto Águas de Minas



## Relatório

# Monitoramento das Águas Superficiais na Bacia do Rio Mucuri em 2001

**feam**  
FUNDAÇÃO ESTADUAL  
DO MEIO AMBIENTE

**ANA**  
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

**IGAM**  
INSTITUTO MINEIRO  
DE GESTÃO DAS ÁGUAS

**GOVERNO DE  
MINAS  
GERAIS**  
**MEIO AMBIENTE**  
Aqui se constrói um país.

Belo Horizonte, dezembro de 2002



# QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



## RELATÓRIO DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO MUCURI EM 2001

**Projeto: Sistema de Monitoramento da Qualidade das Águas  
Superficiais do Estado de Minas Gerais - Águas de Minas**

Belo Horizonte  
Dezembro, 2002

---

**SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE  
E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – SEMAD**

---

**SECRETÁRIO**

Celso Castilho de Souza

---

**INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM**

---

**DIRETOR GERAL**

Willer Hudson Pós

**DIRETORIA DE CONTROLE DAS ÁGUAS**

Célia Maria Brandão Froes

**COORDENAÇÃO PROJETO ÁGUAS DE MINAS**

Zenilde das Graças Guimarães da Silva

---

**FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - FEAM**

---

**PRESIDENTE**

Willer Hudson Pós

**DIRETORIA DE QUALIDADE AMBIENTAL**

Márcia Cristina Marcelino Romanelli

**DIVISÃO DE QUALIDADE DA ÁGUA E DO SOLO**

Alcione Ribeiro de Mattos

Rosângela Moreira Gurgel Machado

**DIVISÃO DE AVALIAÇÃO E PLANEJAMENTO AMBIENTAL**

Adriano Tostes de Macedo

Instituto Mineiro de Gestão das Águas.

I59q

Qualidade das águas superficiais no Estado de Minas  
em 2001/ Instituto Mineiro de Gestão das Águas. --- Belo  
Horizonte: IGAM, 2002.  
205p. : mapas

1. Qualidade da água – Minas Gerais.
2. Bacia Hidrográfica do Rio Grande. I. Título

CDU: 556.51(815.1)

Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM  
Rua Santa Catarina, 1354 – Lourdes  
Fone: (31) 3337-3355 - Fax: (31) 3337-3283  
30.160-081 - Belo Horizonte - Minas Gerais  
E-mail: [diretoriageral@igam.mg.gov.br](mailto:diretoriageral@igam.mg.gov.br)  
Home Page: [www.igam.mg.gov.br](http://www.igam.mg.gov.br)

Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM  
Av. Prudente de Moraes, 1671 – Santa Lúcia  
Fone: (31) 3298-6372 - Fax: (31) 3298-6394  
30.380-000 - Belo Horizonte – Minas Gerais  
E-mail: [feam@feam.br](mailto:feam@feam.br)  
Home Page: [www.feam.br](http://www.feam.br)



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



### **RELATÓRIO DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO MUCURI EM 2001**

**Projeto: Sistema de Monitoramento da Qualidade das Águas  
Superficiais do Estado de Minas Gerais - Águas de Minas**

---

Trabalho realizado com recursos do Governo do  
Estado de Minas Gerais / Conselho Estadual de  
Recursos Hídricos e Agência Nacional de Águas

---

Belo Horizonte  
Dezembro, 2002

## **IGAM – INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS**

### **Equipe Técnica**

Ana Laura de Moura Dayrell, Bióloga  
Estephânia Cristina Foscarini Ferreira, Engenheira  
Fábio Sebastião Duarte de Melo, Químico  
João Alves da Silva Filho, Geógrafo  
Katiane Cristina de Brito Almeida, Bióloga  
Maria Beatriz Gomes e Souza Dabés, Bióloga  
Michel Jeber Hamdan, Geógrafo  
Paulo Sérgio de Souza Magalhães, Engenheiro  
Rômulo Cajueiro de Melo, Biólogo  
Zenilde das Graças Guimarães da Silva, Química

### **Estagiária**

Michele Aparecida Gomes Alves, estudante de Química

### **Apoio**

Bruno Lourenço de Oliveira, ASSPROM  
Denise Duarte Carrilho, Secretária  
Cristiane Peixoto Vieira, Engenheira  
Elisa de Castro Bruzzi Boechat, Geógrafa  
Joaquim Caetano de Aguirre Jr., Engenheiro  
Marys Lene Braga Almeida, Engenheira  
Sílvia Pires e Albuquerque, Engenheira

## **FEAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE**

### **Equipe Técnica**

Alcione Ribeiro de Mattos, Engenheira  
Alexandra Fátima Saraiva Soares, Engenheira  
Antônio Alves dos Reis, Engenheiro  
Flávia Lima D. T. Costa, Engenheira  
José Eduardo Nunes de Queiroz, Geógrafo  
Lilian Mara de Souza, Engenheira  
Mauro Campos Trindade, Engenheiro  
Vânia Lúcia Souza Figueiredo, Geógrafa

### **Estagiário**

Petterson Gualberto Ribeiro, estudante de Engenharia

### **Coletas e Análises Laboratoriais:**

## **CETEC – FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS**

### **Presidente**

Antonio Orlando Macedo Ferreira

### **Coordenadora do Setor de Medições Ambientais**

Ciomara Rabelo de Carvalho

### **Coordenador do Projeto PSAM**

José Antonio Cardoso

### **Responsável pelo Laboratório de Ecotoxicologia**

Fábio de Castro Patrício



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## SUMÁRIO

# QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



## APRESENTAÇÃO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2 UNIDADES DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS .</b>      | <b>3</b>  |
| <b>3 PARÂMETROS INDICATIVOS DA QUALIDADE DAS ÁGUAS .....</b>           | <b>4</b>  |
| <b>4 INDICADORES DA QUALIDADE DAS ÁGUAS .....</b>                      | <b>6</b>  |
| 4.1 Índice de Qualidade das Águas – IQA .....                          | 6         |
| 4.2 Contaminação por tóxicos – CT.....                                 | 7         |
| <b>5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>                             | <b>8</b>  |
| 5.1 Rede de Monitoramento .....  | 8         |
| 5.2 Coletas e Análises .....   | 10        |
| 5.3 Metodologia Analítica .....  | 24        |
| 5.4 Avaliação Temporal .....   | 27        |
| 5.5 Avaliação Espacial .....   | 28        |
| 5.6 Obtenção de Dados Hidrológicos .....                               | 29        |
| 5.7 Avaliação Ambiental .....  | 32        |
| 5.8 Ações de Controle Ambiental .....                                  | 33        |
| <b>6 SITUAÇÃO NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001 .....</b>              | <b>34</b> |
| <b>7 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA DO RIO JEQUITINHONHA.....</b>       | <b>53</b> |
| <b>8 CONSIDERAÇÕES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DE 2001 .....</b>        | <b>55</b> |
| <b>9 AVALIAÇÃO AMBIENTAL EM 2001 .....</b>                             | <b>66</b> |
| <b>10 AÇÕES DE CONTROLE DECORRENTES DO MONITORAMENTO EM 2000 .....</b> | <b>71</b> |
| <b>11 BIBLIOGRAFIA.....</b>  | <b>73</b> |



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

**ANEXOS**

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



|   |          |
|---|----------|
| <b>Anexo A – Municípios com sede na bacia do Rio Jequitinhonha .....</b>                          | <b>A</b> |
| <b>Anexo B – Outorgas superficiais e subterrâneas em 2001 .....</b>                               | <b>B</b> |
| <b>Anexo C – Descrição das estações de amostragem .....</b>                                       | <b>C</b> |
| <b>Anexo D – Significado sanitário dos parâmetros de qualidade de água<br/>Selecionados .....</b> | <b>D</b> |
| <b>Anexo E – Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade de<br/>água em 2001 .....</b>   | <b>E</b> |

### LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Relação dos parâmetros analisados nas campanhas<br>Completas.....  | 11 |
| Tabela 2 – Relação dos parâmetros comuns a todas as estações de<br>amostragem analisados nas campanhas intermediárias ..... | 11 |
| Tabela 3 – Relação dos parâmetros específicos analisados nas<br>campanhas intermediárias por estação de amostragem.....     | 12 |
| Tabela 4 – Relação dos métodos de ensaios utilizados no Projeto Águas<br>de Minas .....                                     | 24 |
| Tabela 5 – Pontos de monitoramento com problemas de transferência de<br>Vazão .....   | 30 |

### LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Evolução Temporal dos Dados de Qualidade: Ocorrência de<br>Qualidade das Águas – IQA e Contaminação por Tóxicos no<br>Estado de Minas Gerais..... | 34 |
| Figura 2 - Ocorrência de IQA por ponto de amostragem - UPGRHs SF1 e SF4<br>.....   | 36 |
| Figura 3 - Ocorrência de IQA por ponto de amostragem - UPGRH SF2 .....   | 36 |
| Figura 4 - Ocorrência de IQA por ponto de amostragem - UPGRH SF3 .....   | 37 |
| Figura 5 - Ocorrência de IQA por ponto de amostragem UPGRHs SF6, SF7,<br>SF8, SF9 e SF10 .....   | 37 |
| Figura 6 - Ocorrência de IQA por ponto de amostragem UPGRH SF5 .....   | 38 |



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



|  |    |
|--|----|
| Figura 7 - Ocorrência de IQA por ponto de amostragem UPGRHs GD1 a GD8 .....  | 39 |
| Figura 8 - Ocorrência de IQA por ponto de amostragem UPGRHs PN1, PN2 e PN3.....  | 39 |
| Figura 9 - Ocorrência de IQA por ponto de amostragem UPGRHs DO1 e DO3 .....  | 40 |
| Figura 10 - Ocorrência de IQA por ponto de amostragem UPGRHs PS1 e PS2 .....   | 41 |
| Figura 11 - Ocorrência de IQA por ponto de amostragem UPGRHs JQ1, JQ2, MU1 e PA1.....  | 42 |
| Figura 12 - Ocorrência de parâmetros avaliados na Contaminação por Tóxicos no Estado de Minas Gerais .....   | 43 |
| Figura 13 - Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos alta e média nas bacias hidrográficas UPGRHs SF1 e SF4 .....                 | 43 |
| Figura 14 - Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos alta e média nas bacias hidrográficas UPGRH SF2.....                         | 44 |
| Figura 15 - Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos alta e média nas bacias hidrográficas UPGRH SF3.....                         | 44 |
| Figura 16 - Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos alta e média nas bacias hidrográficas UPGRHs SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10 ..... | 44 |
| Figura 17 - Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos alta e média nas bacias hidrográficas UPGRH SF5.....                         | 45 |
| Figura 18 - Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos alta e média nas bacias hidrográficas UPGRHs GD1 a GD8.....                  | 45 |
| Figura 19 - Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos alta e média nas bacias hidrográficas UPGRHs PN1, PN2 e PN3.....             | 45 |
| Figura 20 - Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos alta e média nas bacias hidrográficas UPGRHs DO1 a DO5.....                  | 46 |





Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



|  |    |
|--|----|
| Figura 21 - Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos alta e média nas bacias hidrográficas UPGRHs PS1 e PS2 ..... | 46 |
| Figura 22 - Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos alta e média nas bacias hidrográficas UPGRHs JQ1 a JQ3.....  | 46 |
| Figura 23 - Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos alta e média nas bacias hidrográficas UPGRHs PA1 e MU1 ..... | 47 |
| Figura 24 - Frequência da ocorrência de parâmetros acima dos limites da legislação UPGRHs SF1 e SF4 .....  | 47 |
| Figura 25 - Frequência da ocorrência de parâmetros acima dos limites da legislação UPGRH SF2.....  | 48 |
| Figura 26 - Frequência da ocorrência de parâmetros acima dos limites da legislação UPGRH SF3.....  | 48 |
| Figura 27 - Frequência da ocorrência de parâmetros acima dos limites da legislação UPGRHs SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10 .....                                  | 48 |
| Figura 28 - Frequência da ocorrência de parâmetros acima dos limites da legislação UPGRH SF5.....  | 49 |
| Figura 29 - Frequência da ocorrência de parâmetros acima dos limites da legislação UPGRHs GD1 a GD8.....   | 49 |
| Figura 30 - Frequência da ocorrência de parâmetros acima dos limites da legislação UPGRHs PN1, PN2 e PN3.....  | 50 |
| Figura 31 - Frequência da ocorrência de parâmetros acima dos limites da legislação UPGRHs DO1 a DO5 .....  | 50 |
| Figura 32 - Frequência da ocorrência de parâmetros acima dos limites da legislação UPGRH PS1 e PS2.....  | 51 |
| Figura 33 - Frequência da ocorrência de parâmetros acima dos limites da legislação UPGRHs JQ1 a JQ3, PA1 e MU1 .....                                       | 51 |
| Figura 34 - Frequência da ocorrência de metais acima dos limites da Legislação no Estado de Minas Gerais .....   | 51 |
| Figura 35 - Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites da Legislação no Estado de Minas Gerais .....  | 51 |
| Figura 36 - Mapa da Qualidade das Águas Superficiais em 2001 da bacia do Rio Jequitinhonha .....   | 54 |



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



### APRESENTAÇÃO

A água é a substância fundamental para a existência de vidas. O ser humano a utiliza de várias formas tornando-a indispensável para o desenvolvimento de suas várias atividades. São importantes os seus usos tais como, o abastecimento público e industrial, a irrigação, a produção de energia elétrica e as atividades de lazer e recreação, bem como a preservação da vida aquática.

Entende-se como qualidade desejável aquela que garanta o não comprometimento das possibilidades dos usos das águas, segundo as necessidades locais e regionais.

O crescimento urbano e industrial que vem ocorrendo nas últimas décadas traz como consequência o comprometimento da qualidade das águas dos rios, lagos e reservatórios. A falta de recursos financeiros nos países em desenvolvimento tem agravado este problema, pela impossibilidade da aplicação de medidas corretivas para reverter esta situação.

O "Projeto Águas de Minas" assume um caráter preventivo, na medida em que serão diagnosticadas as modificações na qualidade das águas advindas da transformação dos ambientes. Tais diagnósticos permitirão a oportuna adoção/adequação de medidas de controle para eventuais problemas.

Com isso serão gerados subsídios importantes para a análise da tendência evolutiva, possibilitando a proposição de medidas corretivas emergenciais a eventuais processos comprometedores da qualidade ambiental, que poderão vir a restringir os usos potenciais do sistema.

Nesse contexto, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM realiza o monitoramento da qualidade das águas através de coletas e análises de águas, e interpretando estes resultados em concordância com a Deliberação Normativa 10/86 do COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental, que fixa o padrão de qualidade que deve ter a água no meio ambiente em função do uso a ela destinada.

Portanto, devemos dar maior prioridade à preservação, ao controle e à utilização racional das águas doces superficiais. Só assim estaremos praticando desenvolvimento sustentável e possibilitando aos comitês de bacias hidrográficas mineiros o uso de uma ferramenta de gestão de grande valia nas tomadas de decisões sobre o uso da água.

Willer Pós, *PhD*  
Diretor Geral do IGAM



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



### 1. INTRODUÇÃO

O Projeto Águas de Minas, em execução há cinco anos, vem permitindo a identificação das tendências da situação de qualidade das águas do Estado de Minas Gerais. A operação da rede de monitoramento iniciou com a seleção de 222 pontos de amostragem, sendo contemplado atualmente com 242 estações. Em busca de melhor representatividade e em atendimento às necessidades inerentes aos programas de controle de poluição das águas, foram introduzidas análises de parâmetros ecotoxicológicos e dados de vazão a partir de 2001.

Foram realizadas análises físico-químicas, bacteriológicas e ecotoxicológicas nas amostras de água coletadas em campanhas de amostragem realizadas nas diversas estações climáticas do ano 2001. Para a rede de monitoramento são apresentadas análises estatísticas que abrangem o conjunto de resultados, obtidos ao longo dos cinco anos, dos principais indicadores de qualidade e quantidade das águas, com o propósito de apresentar uma interpretação mais detalhada. Esta avaliação permite associar a componente quantidade aos indicadores de qualidade em nível sazonal, ao longo do tempo e espacial, contribuindo dessa forma, para a divulgação das informações, de maneira a auxiliar de forma bastante significativa as ações de gestão e de tomada de decisão.

O desenvolvimento dos trabalhos possibilita ao Sistema de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais e aos órgãos vinculados, particularmente ao IGAM e à FEAM, identificarem e implementarem estratégias de aperfeiçoamento de seus instrumentos gerenciais. Destaca-se sua importância para o acompanhamento por seus usuários do quadro geral sobre a qualidade das águas das principais bacias hidrográficas do Estado, Agenda Azul e da efetividade das ações de controle das fontes de poluição e degradação ambiental da Agenda Marrom.

A caracterização da qualidade das águas vem, ademais, estimulando a integração das ações das agendas ambientais do Estado de Minas Gerais e propiciando a adoção de unidades espaciais definidas pelas bacias hidrográficas como unidades de planejamento.

O exercício da articulação de esforços entre o IGAM e a FEAM representa um primeiro passo para a introdução de novas variáveis, tais como os aspectos de quantidade e disponibilidade dos recursos hídricos, no processo de avaliação da qualidade.

A adoção das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos - UPGRH, como um dos referenciais de análise deverá, igualmente, permitir a inserção das informações geradas no âmbito do processo de decisão política e administrativa no gerenciamento integrado de recursos hídricos, proporcionando, entre outras informações, um referencial comum entre o Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH.

É importante ressaltar que o alcance dos objetivos é gradativo e a continuidade do projeto vem proporcionando a interação efetiva entre os



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



órgãos gestores e os usuários, com vistas ao alcance da gestão sustentável dos recursos hídricos.

Todavia, para a efetivação de um processo amplo de monitoramento, é necessário detalhar o conhecimento regional da qualidade das águas superficiais, proporcionado pela operação da macro-rede de monitoramento do Projeto Águas de Minas. Nesse sentido, prevê-se o estabelecimento de redes dirigidas voltadas para uma avaliação mais precisa da efetividade das medidas de controle das fontes potenciais de poluição cujos projetos já se encontram em andamento pelas Agendas Azul e Marrom. Tais redes deverão assumir configurações específicas em função dos diferentes níveis de concentração de atividades da Agenda Marrom nas bacias hidrográficas do Estado. Estas configurações permitirão, assim, um melhor conhecimento dos fatores de pressão e dos resultados ambientais das medidas de controle dos processos de licenciamento implantados.

A operação conjunta da macro-rede e das redes dirigidas permite o afinamento progressivo das estratégias gerenciais das Agendas Azul e Marrom, com maior comunicabilidade dos resultados e clareza no processo de planejamento do Estado de Minas Gerais, bem como para um acompanhamento direto da sociedade.





Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



### 3. PARÂMETROS INDICATIVOS DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

A poluição das águas tem como origem diversas fontes, associadas ao tipo de uso e ocupação do solo, dentre as quais destacam-se:

- efluentes domésticos;
- efluentes industriais;
- carga difusa urbana e agrosilvipastoril;
- mineração;
- natural;
- acidental.

Cada uma das fontes citadas acima possuem características próprias quanto aos poluentes que carregam. Os esgotos domésticos, por exemplo, apresentam compostos orgânicos biodegradáveis, nutrientes e microrganismos patogênicos. Já para os efluentes industriais há uma maior diversificação nos contaminantes lançados nos corpos d'águas, em função dos tipos de matérias-primas e processos industriais utilizados. O deflúvio superficial urbano contém, geralmente, todos os poluentes que se depositam na superfície do solo. Na ocorrência de chuvas, os materiais acumulados em valas, bueiros, etc., são arrastados pelas águas pluviais para os cursos d'águas superficiais, constituindo-se numa fonte de poluição tanto maior quanto menos eficiente for a coleta de esgotos ou a limpeza pública.

A poluição agrosilvipastoril é decorrente das atividades ligadas a agricultura, silvicultura e pecuária. Quanto à atividade agrícola, seus efeitos dependem muito das práticas utilizadas em cada região e da época do ano em que se realizam as preparações do terreno para o plantio, assim como, do uso intensivo dos defensivos agrícolas. A contribuição representada pelo material proveniente da erosão de solos intensifica-se quando da ocorrência de chuvas em áreas rurais. Os agrotóxicos com alta solubilidade em água podem contaminar águas subterrâneas e superficiais através do seu transporte com o fluxo de água.

A poluição natural está associada às chuvas e escoamento superficial, salinização, decomposição de vegetais e animais mortos e a acidental é proveniente de derramamentos acidentais de materiais na linha de produção ou transporte.

De um modo geral, foram adotados parâmetros de monitoramento que permitem caracterizar a qualidade da água e o grau de contaminação dos cursos d'água do estado de Minas Gerais.

No monitoramento são analisados parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e bioensaios ecotoxicológicos de qualidade de água, levando em conta os mais representativos, os quais são relatados a seguir:

Parâmetros Físicos: temperatura, condutividade elétrica, sólidos totais, sólidos dissolvidos, cor, turbidez, sólidos em suspensão, alcalinidade total, alcalinidade bicarbonato, dureza de cálcio, dureza de magnésio;



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



Parâmetros Químicos: pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5,20</sub>), demanda química de oxigênio (DQO), série de nitrogênio (orgânico, amoniacal, nitrato e nitrito), fósforo total, surfactantes aniônicos, óleos e graxas, cianetos, fenóis, cloretos, ferro, potássio, sódio, sulfetos, magnésio, manganês, alumínio, zinco, bário, cádmio, boro, arsênio, níquel, chumbo, cobre, cromo (III), cromo (IV), selênio, mercúrio;

Parâmetros microbiológicos: coliformes fecais, coliformes totais e estreptococos totais;

Bioensaios Ecotoxicológicos: ensaios de toxicidade crônica, inseridos no projeto a partir da terceira campanha de 2001, visando aprimorar as informações referentes à toxicidade causada pelos lançamentos de substâncias tóxicas nos cursos d'água.



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



### 4. INDICADORES DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

Os indicadores da situação ambiental adotados no Projeto Águas de Minas são o Índice de Qualidade das Águas – IQA e a Contaminação por Tóxicos.

A partir dos resultados do IQA e da contaminação por tóxicos de cada estação de amostragem foi produzido o mapa “Qualidade das Águas Superficiais em 2001 no Estado de Minas Gerais”. O nível de qualidade apresentado refere-se à média aritmética anual dos valores de IQA da estação projetada no trecho de curso d’água situado a montante. A contaminação por tóxicos baseia-se no conjunto total de resultados avaliados para cada ponto de amostragem, sendo representada no próprio ponto. Esse mapa foi gerado a partir de bases cartográficas em escalas 1:100.000 e 1:50.000, digitalizadas no contexto do projeto GeoMINAS, cartas topográficas do IBGE utilizando-se o software ArcView.

#### 4.1 Índice de Qualidade das Águas - IQA

O IQA foi desenvolvido pela National Sanitation Foundation, dos Estados Unidos, através de pesquisa de opinião junto a vários especialistas da área ambiental, quando cada técnico selecionou, a seu critério, os parâmetros relevantes para avaliar a qualidade das águas e estipulou, para cada um deles, um peso relativo na série de parâmetros especificados.

O tratamento dos dados da mencionada pesquisa definiu um conjunto de nove parâmetros considerados mais representativos para a caracterização da qualidade das águas: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais. A cada parâmetro foi atribuído um peso, conforme apresentado abaixo, de acordo com a sua importância relativa no cálculo do IQA, e traçadas curvas médias de variação da qualidade das águas em função da concentração do mesmo.

| Parâmetro                                   | Peso - $w_i$ |
|---|--------------|
| Oxigênio dissolvido – OD (%ODSat)           | 0,17         |
| Coliformes fecais (NMP/100mL)               | 0,15         |
| PH  | 0,12         |
| Demanda bioquímica de oxigênio – DBO (mg/L) | 0,10         |
| Nitratos (mg/L NO <sub>3</sub> )            | 0,10         |
| Fosfatos (mg/L PO <sub>4</sub> )            | 0,10         |
| Variação na temperatura (°C)                | 0,10         |
| Turbidez (UNT)                              | 0,08         |
| Resíduos totais (mg/L)                      | 0,08         |

Os resultados laboratoriais gerados são armazenados em um banco de dados em Access, que também efetua comparações entre os valores obtidos.

As metodologias para o cálculo do IQA consideram duas formulações, uma aditiva e outra multiplicativa. Neste trabalho, adota-se o IQA multiplicativo, que é calculado pela seguinte fórmula:



$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i}$$

Sendo:

qi = qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade;

wi = peso atribuído ao parâmetro.

Para o cálculo do IQA é utilizado um software desenvolvido pelo CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Os valores do índice variam entre 0 e 100, conforme especificado a seguir:

| Nível de Qualidade | Faixa          |
|--------------------|----------------|
| <b>Excelente</b>   | 90 < IQA ≤ 100 |
| <b>Bom</b>         | 70 < IQA ≤ 90  |
| <b>Médio</b>       | 50 < IQA ≤ 70  |
| <b>Ruim</b>        | 25 < IQA ≤ 50  |
| <b>Muito Ruim</b>  | 0 ≤ IQA ≤ 25   |

Assim definido, o IQA reflete a interferência por esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos.

#### 4.2. Contaminação por Tóxicos - CT

A contaminação por tóxicos é avaliada considerando-se os seguintes parâmetros: amônia, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cianetos, cobre, cromo hexavalente, índice de fenóis, mercúrio, nitritos, nitratos e zinco.

Em função das concentrações observadas, a contaminação é caracterizada como Baixa, Média ou Alta. A denominação Baixa refere-se à ocorrência de concentrações iguais ou inferiores a 1,2 vezes os limites de classe de enquadramento do trecho do curso d'água onde se localiza a estação de amostragem. Os limites de classe adotados são os definidos pelo Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM na Deliberação Normativa No 10/86. A contaminação Média refere-se à faixa de concentração entre 1,2 a 2,0 vezes os limites mencionados, enquanto que a contaminação Alta refere-se às concentrações superiores ao dobro dos limites. A pior situação identificada no conjunto total de resultados, para qualquer parâmetro tóxico, define a faixa de contaminação do ano de realização das campanhas de amostragem.

| Contaminação | Concentração em relação à classe de enquadramento |
|--------------|---|
| <b>Baixa</b> | concentração ≤ 1,2.P                              |
| <b>Média</b> | 1,2. P < concentração ≤ 2.P                       |
| <b>Alta</b>  | concentração > 2.P                                |

P = Limite de classe definido na Deliberação Normativa COPAM No 10/86



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



### 5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos adotados norteiam-se pelos objetivos principais estabelecidos para os trabalhos de monitoramento da qualidade das águas, que são:

Diagnóstico - conhecer e avaliar as condições de qualidade das águas;  
Divulgação - divulgar a situação de qualidade das águas para os usuários;  
Planejamento - fornecer subsídios para o planejamento da gestão dos recursos hídricos em geral, verificar a efetividade das ações de controle ambiental implementadas e propor prioridades de atuação.

#### 5.1. REDE DE MONITORAMENTO

A rede de monitoramento consiste de 242 estações de amostragem que abrangem as oito maiores bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais cobrindo 577.015 km<sup>2</sup>, o que representa 98,3% de sua área total.

Na definição dos locais de coleta, buscou-se identificar áreas que caracterizassem as condições naturais das águas de cada bacia hidrográfica e as principais interferências antrópicas, especialmente relacionadas à ocupação urbana e às atividades industriais e minerárias, além da agropecuária e silvicultura. Além disso, foram consideradas redes de qualidade de água anteriormente operadas em Minas Gerais e dados dos processos de licenciamento ambiental da FEAM/COPAM.

A localização dos pontos de coleta, efetuada em escritório, foi validada ou remanejada em levantamentos de campo, quando foram efetuados os georeferenciamentos utilizando-se mapas e GPS (Global Position System), o registro fotográfico dos pontos e a otimização dos roteiros das campanhas de coleta.

Em função da grande área da bacia, da diversidade das condições naturais e econômicas da região e visando uma melhor descrição das diferentes características da mesma, a avaliação da bacia do rio São Francisco foi feita em cinco sub-bacias distintas, a saber:

**São Francisco Sul** - abrange a área que se estende das nascentes do rio São Francisco até a confluência com o rio Abaeté, abrangendo as UPGRHs SF1 e SF4;

**Pará** - referente à UPGRH SF2;

**Paraopeba** - referente à UPGRH SF3;

**Velhas** - referente à UPGRH SF5;

**São Francisco Norte** - que inclui além do próprio rio São Francisco a jusante do rio Abaeté, as sub-bacias dos rios Paracatu, Urucuia e Verde Grande, abrangendo as UPGRHs SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10.

A rede em operação (macro-rede) vem sendo adequada ao longo da execução dos trabalhos, adotando-se como referência à experiência desenvolvida pelos países membros da União Européia. Assim sendo, estabeleceu-se como meta a razão de uma estação de monitoramento por 1.000 km<sup>2</sup>, que é a densidade média adotada nos mencionados países.

Considerando-se os níveis de densidade populacional e infra-estrutura industrial, a rede em operação no Estado de Minas Gerais possui uma representatividade superior àquela empregada pela União Européia. Contudo, trata-se de uma macro-rede de monitoramento, permanecendo com abrangência regional para caracterização da qualidade de água. Nessa configuração, o número de pontos de coleta por bacia e sub-bacia contemplada, com as respectivas densidades, conforme apresentado no quadro seguinte.

**Densidade de pontos em cada bacia hidrográfica**

| <b>BACIA HIDROGRÁFICA</b><br>Sub-Bacia | <b>Número de</b><br><b>Pontos de</b><br><b>Amostragem</b> | <b>Densidade</b><br><b>(Pontos/1000 km<sup>2</sup>)</b> |
|--|---|---|
| <b>SÃO FRANCISCO</b>                   | <b>97</b>   | 0,41  |
| São Francisco Sul                      | 12  | 0,37  |
| Pará                                   | 13  | 1,06  |
| Paraopeba                              | 18  | 1,49  |
| Velhas                                 | 29  | 0,98  |
| São Francisco Norte                    | 25  | 0,17  |
| <b>GRANDE</b>                          | <b>42</b>   | 0,48  |
| Mortes                                 | 7   | 1,06  |
| Verde                                  | 12  | 1,74  |
| Restante da Bacia                      | 23  | 0,31  |
| <b>DOCE</b>                            | <b>32</b>   | 0,45  |
| Piracicaba                             | 8   | 1,49  |
| Restante da Bacia                      | 24  | 0,37  |
| <b>PARANAÍBA</b>                       | <b>18</b>   | 0,25  |
| <b>JEQUITINHONHA</b>                   | <b>13</b>   | 0,20  |
| <b>PARAÍBA DO SUL</b>                  | <b>29</b>   | 1,38  |
| Paraibuna                              | 8   | 1,18  |
| Restante da Bacia                      | 21  | 1,48  |
| <b>MUCURI</b>                          | <b>8</b>  | 0,55  |
| <b>PARDO</b>                           | <b>3</b>  | 0,24  |
| <b>TOTAL</b>                           | <b>242</b>  | <b>0,42</b>   |

Observa-se, conforme destacado pelas linhas sombreadas no quadro acima, que a densidade de pontos de algumas sub-bacias é superior à adotada pela União Européia. Nessas regiões, são dominantes as pressões ambientais decorrentes de atividades industriais, minerárias e de infra-estrutura, exigindo, portanto, uma caracterização mais particularizada da qualidade das águas e, dessa forma, dando início a redes mais específicas denominadas redes dirigidas.



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



### 5.2. COLETAS E ANÁLISES

As amostragens e análises são contratadas junto à Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC, órgão vinculado à Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia, sendo realizadas a cada trimestre, com um total anual de 4 campanhas de amostragem por ponto. As amostras coletadas são do tipo simples, de superfície, tomadas preferencialmente na calha principal do curso d'água, tendo em vista que a grande maioria dos pontos de coleta localizam-se em pontes.

São definidos dois tipos de campanhas de amostragem: completas e intermediárias. As campanhas completas, realizadas em janeiro/fevereiro/março e em julho/agosto/setembro, caracterizaram respectivamente os períodos de chuva e estiagem, enquanto que as intermediárias, realizadas nos meses março/abril/maio e outubro/novembro/dezembro, caracterizam os demais períodos climáticos do ano.

Nas campanhas completas é realizada uma extensa série de análises, englobando 50 parâmetros, comuns ao conjunto de pontos de amostragem.

Nas campanhas intermediárias, são analisados 18 parâmetros genéricos em todos os locais, sendo que para as regiões onde a pressão de atividades industriais e minerárias é mais expressiva, como é o caso das sub-bacias dos rios das Velhas, Paraopeba, Pará, Verde e trechos das bacias dos rios Paraíba do Sul, Doce, Grande e São Francisco também são incluídos parâmetros característicos das fontes poluidoras que contribuem para a área de drenagem da estação de coleta.



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



**Tabela 1: Relação dos parâmetros analisados nas campanhas completas**  
**Parâmetros comuns a todos os pontos**

|                                      |                          |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Alcalinidade Bicarbonato             | Fosfato Total            |
| Alcalinidade Total                   | Índice de Fenóis         |
| Alumínio*                            | Magnésio                 |
| Amônia                               | Manganês                 |
| Arsênio                              | Mercúrio                 |
| Bário                                | Níquel                   |
| Boro                                 | Nitrato                  |
| Cádmio                               | Nitrito                  |
| Cálcio                               | Nitrogênio Orgânico      |
| Chumbo                               | Óleos e Graxas           |
| Cianetos                             | Oxigênio Dissolvido - OD |
| Cloretos                             | pH "in loco"             |
| Cobre                                | Potássio                 |
| Coliformes Fecais                    | Selênio                  |
| Coliformes Totais                    | Sódio                    |
| Condutividade Elétrica "in loco"     | Sólidos Dissolvidos      |
| Cor                                  | Sólidos em Suspensão     |
| Cromo(III)                           | Sólidos Totais           |
| Cromo(VI)                            | Surfactantes Aniônicos   |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO | Sulfatos                 |
| Demanda Química de Oxigênio - DQO    | Sulfetos                 |
| Dureza (Cálcio)                      | Temperatura da Água      |
| Dureza (Magnésio)                    | Temperatura do Ar        |
| Estreptococos Fecais                 | Turbidez                 |
| Ferro Solúvel                        | Zinco                    |

\* Este parâmetro foi analisado somente nas bacias dos Rios Doce, Paraíba do Sul e Grande.

**Tabela 2: Relação dos parâmetros comuns a todas as estações de amostragem analisados nas campanhas intermediárias**  
**Parâmetros comuns a todos os pontos**

|                                  |                      |
|----------------------------------|----------------------|
| Amônia                           | Nitrogênio Orgânico  |
| Cloretos                         | Oxigênio Dissolvido  |
| Coliformes Fecais                | pH "in loco"         |
| Condutividade Elétrica "in loco" | Sólidos Dissolvidos  |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio   | Sólidos em Suspensão |
| Demanda Química de Oxigênio      | Sólidos Totais       |
| Fosfato Total                    | Temperatura da Água  |
| Nitrato                          | Temperatura do Ar    |
| Nitrito                          | Turbidez             |

**Tabela 3: Relação dos parâmetros específicos analisados nas campanhas intermediárias por estação de amostragem**

| Parâmetros específicos                     |   |
|--|---|
| Estação                                    | Parâmetros  |
| <b>Bacia do Rio São Francisco</b>          |   |
| <b>UPGRHs SF1 e SF4: Rio São Francisco</b> |   |
| SF001                                      | Cromo(III), Índice de fenóis  |
| SF003                                      | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(VI), Cromo(III), Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco                |
| SF002                                      | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(VI), Cromo(III), Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco                |
| SF004                                      | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(VI), Cromo(III), Índice de fenóis, Mercúrio, Manganês, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco                |
| SF005                                      | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(VI), Cromo(III), Índice de fenóis, Mercúrio, Manganês, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco                |
| SF006                                      | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(VI), Cromo(III), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Mercúrio, Manganês, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| SF007                                      | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco             |
| SF009                                      | Cádmio, Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Surfactantes aniônicos  |
| SF011                                      | Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio  |
| SF013                                      | Cádmio, Cianeto, Cobre, Cor, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco  |
| SF015                                      | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cor, Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Mercúrio, Manganês, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco        |
| SF017                                      | Chumbo, Cianeto, Cobre, Cor, Cromo(VI), Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco                                       |
| <b>UPGRH SF2: Rio Pará</b>                 |   |
| PA001                                      | Chumbo, Cor, Cromo(III), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Níquel, Surfactantes aniônicos  |
| PA002                                      | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cor, Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Mercúrio, Manganês, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco        |
| PA003                                      | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cor, Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Mercúrio, Manganês, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco        |
| PA005                                      | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cor, Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco                            |

**Tabela 3: Relação dos parâmetros analisados nas campanhas intermediárias**

(continuação)

| <b>Parâmetros específicos</b>     |   |
|-----------------------------------|---|
| <b>Estação</b>                    | <b>Parâmetros</b>   |
| <b>Bacia do Rio São Francisco</b> |   |
| <b>UPGRH SF2: Rio Pará</b>        |   |
| PA004                             | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(VI), Cromo(III), Índice de fenóis, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco  |
| PA007                             | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(VI), Cromo(III), Índice de fenóis, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco  |
| PA009                             | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(VI), Cromo(III), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco                 |
| PA010                             | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco                             |
| PA011                             | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco                             |
| PA013                             | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco                             |
| PA015                             | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cor, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco  |
| PA017                             | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cor, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco  |
| PA019                             | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco                 |
| <b>UPGRH SF3: Rio Paraopeba</b>   |   |
| BP079                             | Cádmio, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês   |
| BP084                             | Bário, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Selênio, Surfactantes aniônicos, Sulfetos, Zinco |
| BP080                             | Bário, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Selênio, Surfactantes aniônicos, Sulfetos, Zinco |
| BP026                             | Cádmio, Chumbo, Cobre, Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês   |
| BP027                             | Bário, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Selênio, Surfactantes aniônicos, Sulfetos, Zinco |
| BP029                             | Cádmio, Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês  |
| BP036                             | Cádmio, Chumbo, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês   |
| BP068                             | Cádmio, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês   |

**Tabela 3: Relação dos parâmetros analisados nas campanhas intermediárias**

(continuação)

| Parâmetros específicos            |  |
|-----------------------------------|--|
| Estação                           | Parâmetros   |
| <b>Bacia do Rio São Francisco</b> |  |
| <b>UPGRH SF3: Paraopeba</b>       |  |
| BP086                             | Cádmio, Chumbo, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês  |
| BP070                             | Cádmio, Chumbo, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês  |
| BP088                             | Cádmio, Cianeto, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Surfactantes aniônicos, Sulfetos, Zinco             |
| BP071                             | Cianeto, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Surfactantes aniônicos, Sulfetos, Zinco                     |
| BP072                             | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Surfactantes aniônicos, Sulfetos, Zinco     |
| BP090                             | Cádmio, Chumbo, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Surfactantes aniônicos  |
| BP082                             | Cádmio, Chumbo, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Surfactantes aniônicos  |
| BP076                             | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Zinco  |
| BP083                             | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Zinco   |
| BP078                             | Cádmio, Chumbo, Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês   |
| <b>UPGRH SF5: Rio das Velhas</b>  |  |
| BV013                             | Chumbo, Ferro solúvel, Manganês, Sulfetos  |
| BV035                             | Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cor, Cromo(III), Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Zinco   |
| BV037                             | Arsênio, Cádmio, Cianeto, Cobre, Cor, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Zinco  |
| BV139                             | Arsênio, Cobre, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Zinco  |
| BV062                             | Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco. |
| BV063                             | Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Zinco                             |
| BV067                             | Arsênio, Cobre, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Sulfetos   |
| BV076                             | Boro, Ferro, Índice de fenóis, Manganês, Zinco   |
| BV155                             | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco                   |



**Tabela 3: Relação dos parâmetros analisados nas campanhas intermediárias**

(continuação)

| <b>Parâmetros específicos</b>                                   |  |
|---|--|
| <b>Estação</b>  | <b>Parâmetros</b>  |
| <b>Bacia do Rio São Francisco</b>                               |  |
| <b>UPGRH SF5: Rio das Velhas</b>                                |  |
| BV083   | Cádmio, Chumbo, Cromo(VI), Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Surfactantes aniônicos, Zinco                                     |
| BV154   | Cádmio, Chumbo, Ferro solúvel, Manganês, Níquel, Surfactantes aniônicos  |
| BV105   | Chumbo, Cromo(VI), Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco                         |
| BV160   | Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês  |
| BV130   | Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês  |
| BV153   | Arsênio, Chumbo, Cobre, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco                    |
| BV135   | Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês   |
| BV137   | Arsênio, Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco   |
| BV156   | Arsênio, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos  |
| BV140   | Chumbo, Índice de fenóis, Manganês   |
| BV141   | Arsênio, Cobre, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel   |
| BV161   | Arsênio, Cobre, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel   |
| BV142   | Arsênio, Índice de fenóis, Manganês, Níquel  |
| BV162   | Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel   |
| BV143   | Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel   |
| BV152   | Arsênio, Ferro, Índice de fenóis, Manganês   |
| BV146   | Arsênio, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês   |
| BV147   | Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis   |
| BV148   | Arsênio, Chumbo, Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês  |
| BV149   | Arsênio, Chumbo, Cobre, Cor, Índice de fenóis, Manganês, Níquel  |
| <b>UPGRHs SF6, SF7, SF8, SF9, SF10: Rio São Francisco Norte</b> |  |
| SF019   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cor, Cromo(VI), Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco      |
| SF021   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cor, Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |

**Tabela 3: Relação dos parâmetros analisados nas campanhas intermediárias**

(continuação)

| Parâmetros específicos                                    |  |
|---|--|
| Estação   | Parâmetros   |
| <b>Bacia do Rio São Francisco</b>                         |  |
| <b>UPGRHs SF6, SF7, SF8, SF9, SF10: Rio São Francisco</b> |  |
| SF023   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(VI), Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco                                 |
| SF025   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cor, Cromo(VI), Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco                            |
| SF027   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(VI), Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco                                 |
| SF029   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cor, Cromo(VI), Cromo(III), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| SF031   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cor, Cromo(VI), Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco                            |
| SF033   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(VI), Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco                                 |
| PT003   | Cádmio, Cianeto, Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis  |
| PT001   | Chumbo, Cianeto, Índice de fenóis, Manganês  |
| PT005   | Cádmio, Índice de fenóis   |
| PT007   | Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês  |
| PT009   | Cádmio, Cor, Índice de fenóis, Manganês  |
| PT011   | Cádmio, Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês   |
| PT013   | Cádmio, Chumbo, Cobre, Cor, Índice de fenóis, Manganês   |
| UR001   | Cádmio, Índice de fenóis, Manganês   |
| UR007   | Cádmio, Cor, Cromo(VI), Índice de fenóis   |
| UR009   | Cádmio, Chumbo, Cobre, Índice de fenóis, Níquel  |
| VG001   | Cádmio, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Zinco   |
| VG003   | Cádmio, Cor, Índice de fenóis, Manganês, Zinco   |
| VG004   | Cádmio, Índice de fenóis, Manganês   |
| VG005   | Cádmio, Índice de fenóis, Manganês   |
| VG007   | Cádmio, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês  |
| VG009   | Cádmio, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Zinco   |
| VG011   | Cádmio, Índice de fenóis, Zinco  |

**Tabela 3: Relação dos parâmetros analisados nas campanhas intermediárias**

(continuação)

| Parâmetros específicos                                |   |
|---|---|
| Estação   | Parâmetros  |
| <b>Bacia do Rio Grande</b>                            |   |
| <b>UPGRHs GD1, GD2, GD3, GD4, GD5, GD6, GD7 e GD8</b> |   |
| BG001   | Cádmio, Chumbo, Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Mercúrio  |
| BG003   | Cádmio, Ferro solúvel, Índice de fenóis   |
| BG005   | Cádmio, Chumbo, Ferro solúvel, Índice de fenóis   |
| BG007   | Cádmio, Chumbo, Índice de fenóis, Níquel  |
| BG009   | Cádmio, Cobre, Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis   |
| BG011   | Chumbo, Ferro solúvel, Índice de fenóis   |
| BG012   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| BG010   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| BG014   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| BG013   | Ferro solúvel, Manganês   |
| BG015   | Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo(VI), Ferro solúvel, Manganês, Níquel   |
| BG017   | Chumbo, Cromo(VI), Índice de fenóis, Manganês, Níquel   |
| BG019   | Cádmio, Índice de fenóis, Mercúrio, Manganês  |
| BG021   | Cádmio, Chumbo, Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio  |
| BG023   | Chumbo, Cobre, Cor, Cromo(III), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Zinco  |
| BG025   | Cobre, Índice de fenóis   |
| BG027   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco                       |
| BG028   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco                                 |
| BG029   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco                     |
| BG030   | Cádmio, Chumbo, Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Zinco   |
| BG031   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(VI), Índice de fenóis, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco, Ferro solúvel, Manganês, Mercúrio, Níquel             |
| BG032   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco           |

**Tabela 3: Relação dos parâmetros analisados nas campanhas intermediárias**

(continuação)

| <b>Parâmetros específicos</b>                         |   |
|---|---|
| <b>Estação</b>  | <b>Parâmetros</b>   |
| <b>Bacia do Rio Grande</b>                            |   |
| <b>UPGRHs GD1, GD2, GD3, GD4, GD5, GD6, GD7 e GD8</b> |   |
| BG034   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| BG033   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Índice de fenóis, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco, Ferro solúvel, Manganês           |
| BG035   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| BG036   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| BG037   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| BG039   | Chumbo, Cobre, Ferro solúvel, Manganês, Mercúrio, Níquel, Zinco   |
| BG041   | Chumbo, Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio  |
| BG043   | Cádmio, Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Zinco   |
| BG044   | Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Mercúrio  |
| BG045   | Cádmio, Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel  |
| BG047   | Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês  |
| BG049   | Cobre, Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio   |
| BG051   | Cobre, Índice de fenóis   |
| BG053   | Cádmio, Chumbo, Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Zinco   |
| BG055   | Cobre, Ferro solúvel, Manganês, Mercúrio, Níquel, Zinco   |
| BG057   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Zinco                         |
| BG058   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| BG059   | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Zinco  |
| BG061   | Cádmio, Chumbo, Cobre, Índice de fenóis   |
| BG063   | Cádmio, Chumbo, Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Surfactantes aniônicos  |

**Tabela 3: Relação dos parâmetros analisados nas campanhas intermediárias**

(continuação)

| <b>Parâmetros específicos</b> |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Estação</b>                | <b>Parâmetros</b>  |
| <b>Bacia do Rio Paranaíba</b> |  |
| <b>UPGRHs PN1, PN2, PN3</b>   |  |
| PB001                         | Cádmio, Cianeto, Cobre, Índice de fenóis                                     |
| PB003                         | Cádmio, Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês                     |
| PB005                         | Cádmio, Cobre, Cor, Índice de fenóis, Manganês                               |
| PB007                         | Chumbo, Cobre, Índice de fenóis, Manganês                                    |
| PB009                         | Cádmio, Chumbo, Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês             |
| PB011                         | Cádmio, Cobre, Ferro solúvel, Manganês                                       |
| PB013                         | Cádmio, Cianeto, Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis                      |
| PB015                         | Cádmio, Cobre, Ferro solúvel   |
| PB017                         | Cádmio, Cobre, Índice de fenóis, Manganês                                    |
| PB019                         | Cádmio, Chumbo, Cobre, Índice de fenóis, Manganês                            |
| PB021                         | Cádmio, Chumbo, Cobre, Índice de fenóis, Manganês                            |
| PB022                         | Cádmio, Chumbo, Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês.            |
| PB023                         | Cádmio, Chumbo, Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis                       |
| PB025                         | Cádmio, Cianeto, Cobre, Índice de fenóis                                     |
| PB027                         | Cádmio, Cobre, Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Zinco                   |
| PB029                         | Cádmio, Chumbo, Cobre, Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Zinco |
| PB031                         | Cádmio, Cobre, Índice de fenóis  |
| PB033                         | Cádmio, Chumbo, Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Níquel               |

**Tabela 3: Relação dos parâmetros analisados nas campanhas intermediárias**

(continuação)

| <b>Parâmetros específicos</b>         |   |
|---------------------------------------|---|
| <b>Estação</b>                        | <b>Parâmetros</b>   |
| <b>Bacia do Rio Doce</b>              |   |
| <b>UPGRHs DO1, DO2, DO3, DO4, DO5</b> |   |
| RD001                                 | Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês  |
| RD004                                 | Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis  |
| RD007                                 | Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês  |
| RD013                                 | Cobre, Índice de fenóis   |
| RD009                                 | Cobre   |
| RD019                                 | Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês  |
| RD018                                 | Cobre, Índice de fenóis, Manganês   |
| RD021                                 | Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis  |
| RD023                                 | Chumbo, Cianeto, Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Sulfetos   |
| RD025                                 | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| RD026                                 | Chumbo, Cianeto, Cobre, Ferro solúvel, Manganês, Sulfetos, Surfactantes aniônicos   |
| RD027                                 | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| RD029                                 | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| RD030                                 | Cobre, Níquel   |
| RD032                                 | Cobre, Ferro solúvel, Manganês  |
| RD031                                 | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| RD034                                 | Cobre   |
| RD035                                 | Cobre   |
| RD033                                 | Cobre, Índice de fenóis, Manganês   |
| RD039                                 | Cobre, Índice de fenóis, Manganês   |
| RD040                                 | Cobre   |
| RD044                                 | Cobre   |
| RD045                                 | Cobre, Ferro solúvel, Manganês, Sulfetos  |
| RD049                                 | Cobre, Ferro solúvel, Sulfetos  |
| RD053                                 | Cianeto, Cobre, Ferro solúvel, Manganês, Sulfetos   |
| RD056                                 | Cianeto, Cobre, Ferro solúvel, Sulfetos   |
| RD057                                 | Cianeto, Cobre, Ferro solúvel, Sulfetos   |
| RD058                                 | Cianeto, Cobre, Ferro solúvel, Sulfetos   |
| RD059                                 | Cianeto, Cobre, Ferro solúvel, Sulfetos   |
| RD064                                 | Cianeto, Cobre, Ferro solúvel, Sulfetos   |
| RD065                                 | Cianeto, Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Sulfetos   |
| RD067                                 | Cianeto, Cobre, Ferro solúvel, Sulfetos   |

**Tabela 3: Relação dos parâmetros analisados nas campanhas intermediárias**

(continuação)

| <b>Parâmetros específicos</b>  |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Estação</b>                 | <b>Parâmetros</b>  |
| <b>Bacia do Paraíba do Sul</b> |  |
| <b>UPGRHs PS1, PS2</b>         |  |
| BS060                          | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Selênio, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco           |
| BS002                          | Cobre, Cor, Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Selênio  |
| BS006                          | Alumínio, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Selênio, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| BS083                          | Alumínio, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Selênio, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| BS017                          | Alumínio, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Selênio, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| BS083                          | Alumínio, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Selênio, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| BS018                          | Alumínio, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Selênio, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| BS085                          | Alumínio, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Selênio, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| BS061                          | Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Selênio  |
| BS024                          | Alumínio, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Selênio, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| BS028                          | Cobre, Cor, Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis   |
| BS029                          | Alumínio, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Selênio, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| BS031                          | Ferro solúvel, Índice de fenóis, Óleos e Graxas, Selênio, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco  |
| BS032                          | Alumínio, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Selênio, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| BS075                          | Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Selênio, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco           |
| BS033                          | Ferro solúvel, Índice de fenóis, Surfactantes aniônicos, Zinco   |
| BS077                          | Alumínio, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Selênio, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



**Tabela 3: Relação dos parâmetros analisados nas campanhas intermediárias**

(continuação)

| Parâmetros específicos             |  |
|------------------------------------|--|
| Estação                            | Parâmetros   |
| <b>Bacia do Rio Paraíba do Sul</b> |  |
| <b>UPGRHs PS1, PS2</b>             |  |
| BS071                              | Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Zinco   |
| BS042                              | Chumbo, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos   |
| BS043                              | Chumbo, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Sulfetos, Surfactantes aniônicos   |
| BS073                              | Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Selênio  |
| BS046                              | Chumbo, Cianeto, Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Surfactantes aniônicos  |
| BS049                              | Alumínio, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Selênio, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco |
| BS050                              | Alumínio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Níquel, Surfactantes aniônicos   |
| BS054                              | Alumínio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Níquel, Surfactantes aniônicos   |
| BS059                              | Ferro solúvel, Índice de fenóis, Surfactantes aniônicos  |
| BS081                              | Alumínio, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Selênio, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco         |
| BS058                              | Alumínio, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo(III), Cromo(VI), Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Selênio, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco         |
| BS057                              | Ferro solúvel, Índice de fenóis, Surfactantes aniônicos  |
| BS056                              | Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Surfactantes aniônicos   |



**Tabela 3: Relação dos parâmetros analisados nas campanhas intermediárias**

(continuação)

| <b>Parâmetros específicos</b>     |   |
|-----------------------------------|---|
| <b>Estação</b>                    | <b>Parâmetros</b>   |
| <b>Bacia do Rio Jequitinhonha</b> |   |
| <b>UPGRHs JQ1, JQ2, JQ3</b>       |   |
| JE001                             | Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel                        |
| JE003                             | Cobre, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês                                |
| JE005                             | Cádmio, Cobre, Cor, Manganês, Zinco   |
| JE007                             | Cádmio, Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel, Zinco |
| JE009                             | Cobre, Cor, Ferro solúvel, Manganês, Níquel                                     |
| JE011                             | Cádmio, Cobre, Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel           |
| JE013                             | Cobre, Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel                   |
| JE015                             | Cobre, Cor, Ferro solúvel, Manganês, Níquel                                     |
| JE017                             | Cádmio, Cobre, Cor, Ferro solúvel, Manganês, Níquel                             |
| JE019                             | Cádmio, Cobre, Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Níquel           |
| JE021                             | Cádmio, Cobre, Cor, Índice de fenóis, Manganês, Níquel, Zinco                   |
| JE023                             | Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio                        |
| JE025                             | Cádmio, Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel        |
| <b>Bacia do Rio Mucuri</b>        |   |
| <b>UPGRHs MU1</b>                 |   |
| MU001                             | Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês                                  |
| MU003                             | Cádmio, Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio, Níquel        |
| MU005                             | Cianeto, Cor, Índice de fenóis, Manganês  |
| MU006                             | Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio                        |
| MU007                             | Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês, Mercúrio                        |
| MU009                             | Chumbo, Cor, Ferro solúvel, Manganês  |
| MU011                             | Cor, Índice de fenóis, Manganês, Sólidos dissolvidos totais                     |
| MU013                             | Cor, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Manganês                                  |
| <b>Bacia do Rio Pardo</b>         |   |
| <b>UPGRHs PA1</b>                 |   |
| PD001                             | Chumbo, Cobre, Ferro solúvel  |
| PD003                             | Cor, Ferro solúvel  |
| PD005                             | Ferro solúvel, Índice de fenóis   |



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



### 5.3. METODOLOGIA ANALÍTICA

Na Tabela 4 são apresentadas as metodologias das variáveis avaliadas no monitoramento do Projeto “Águas de Minas”.

**Tabela 4 :Relação dos métodos de ensaios utilizados no Projeto Águas de Minas**

| Ensaio                   | Tipo de ensaio                             | Referência Normativa |
|--------------------------|--|----------------------|
| Alcalinidade bicarbonato | titulação potenciométrica                  | APHA 2320 B          |
| Alcalinidade total       | titulação potenciométrica                  | APHA 2320 B          |
| Alumínio total           | espectrometria de AA - chama               | APHA 3111 D          |
| Arsênio total            | espectrometria de AA - gerador de hidretos | APHA 3114 B          |
| Bário total              | espectrometria de AA - chama               | APHA 3111 D          |
| Boro total               | espectrometria de AA - plasma              | APHA 3120 B          |
| Cádmio total             | espectrometria de AA - forno de grafite    | APHA 3113 B          |
| Cálcio total             | espectrometria de AA - chama               | APHA 3111 D          |
| Chumbo total             | espectrometria de AA - forno de grafite    | APHA 3113 B          |
| Cianeto total            | potenciométrico - ion seletivo             | APHA 4500-CN- F      |
| Cloreto                  | colorimétrico/tiocianato mercúrico         | USGS-I-1187 78       |
| Cobre total              | espectrometria de AA - forno de grafite    | APHA 3113 B          |
| Coliformes fecais        | tubos múltiplos                            | APHA 9221 E          |
| Coliformes totais        | tubos múltiplos                            | APHA 9221 B          |
| Condutividade elétrica   | condutivímetro                             | APHA 2510 B          |
| Cor real                 | centrifugação/comparação/colorimétrica     | APHA 2120 B          |
| Cromo hexavalente        | colorimétrico difenilcarbazida             | APHA 3500-Cr D       |
| Cromo total              | espectrometria de AA - chama               | APHA 3111 B          |
| DBO                      | Winkler/incubação                          | ABNT NBR 12614       |
| DQO                      | refluxo fechado/titulação                  | ABNT NBR 10357       |

**Tabela 4 :Relação dos métodos de ensaios utilizados no Projeto Águas de Minas**

(continuação)

| Ensaio               | Tipo de ensaio                             | Referência Normativa |
|----------------------|--|----------------------|
| Dureza de cálcio     | titulação EDTA                             | APHA 3500-Ca D       |
| Dureza de magnésio   | diferença                                  | APHA 3500-Mg E       |
| Estreptococos        | Tubos múltiplos                            | APHA 9230 B          |
| Ferro bivalente      | colorimétrico/1-10 fenantrolina            | APHA 3500-Fe D       |
| Ferro total          | espectrometria de AA - chama               | APHA 3111 B          |
| Fósforo              | separação/ascórbico/molibdato              | APHA 4500-P E        |
| Índice de fenóis     | clorofórmio/aminoantipirina                | ABNT NBR 10740       |
| Magnésio total       | espectrometria de AA - chama               | APHA 3111 B          |
| Manganês total       | espectrometria de AA - chama               | APHA 3111 B          |
| Mercúrio total       | espectrometria de AA - vapor frio          | APHA 3112 B          |
| Níquel total         | espectrometria de AA - forno de grafite    | APHA 3113 B          |
| Nitrogênio amoniacal | destilação/nesslerização                   | ABNT NBR 10560       |
| Nitrogênio nítrico   | redução cádmio/colorimétrico               | APHA 4500 NO3- E     |
| Nitrogênio nitroso   | sulfanilamida/ N-1naftil etileno diamina   | ABNT NBR 12619       |
| Nitrogênio orgânico  | digestão/colorimétrico                     | APHA 4500-Norg B     |
| Óleos e graxas       | partição gravimétrica                      | APHA 5520 B          |
| Oxigênio dissolvido  | Winkler modificado                         | ABNT NBR 10559       |
| pH                   | potenciometria                             | ABNT NBR 9251        |
| Potássio total       | espectrometria de AA - chama               | APHA 3111 B          |
| Selênio total        | espectrometria de AA – gerador de hidretos | APHA 3114 B          |
| Sódio total          | espectrometria de AA - chama               | APHA 3111 B          |
| Sólidos dissolvidos  | filtração/evaporação/gravimétrico          | ABNT NBR 10664       |



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



**Tabela 4 :Relação dos métodos de ensaios utilizados no Projeto Águas de Minas**

(continuação)

| Ensaio                   | Tipo de ensaio                       | Referência Normativa |
|--------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| Sólidos em suspensão     | filtração/secagem/gravimétrico       | ABNT NBR 10664       |
| Sólidos totais           | evaporação/gravimétrico              | ABNT NBR 10664       |
| Sulfatos                 | turbidimétrico                       | APHA 4500-SO42- E    |
| Sulfetos                 | arraste/iodométrico                  | APHA 4500-S2-        |
| Surfactantes aniônicos   | colorimétrico/azul de metileno       | ABNT NBR 10738       |
| Temperatura da água / ar | termômetro a álcool                  | APHA 2550 B          |
| Toxicidade aguda         | Água – ensaio com Daphnia similis    | ABNT NBR 12713       |
| Toxicidade crônica       | Água – ensaio com Ceriodaphnia dubia | ABNT NBR 13373       |
| Turbidez                 | turbidimétrico                       | APHA 2130 B          |
| Zinco total              | espectrometria de AA - chama         | APHA 3111 B          |



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



### 5.4. AVALIAÇÃO TEMPORAL

Um importante aspecto na avaliação da qualidade da água em um corpo hídrico é acompanhar a sua tendência de evolução no tempo possibilitando, dessa forma a identificação de medidas preventivas bem como a eficiência de algumas medidas adotadas.

O acompanhamento da evolução temporal da qualidade das águas pode ser traduzido dentro de rigorosas hipóteses estatísticas. Entretanto, o período de monitoramento relativamente curto das águas do estado dificulta, no momento, a aplicação de modelos auto-regressivos que utilizam testes de hipótese para indicar uma tendência na evolução do índice de qualidade das águas utilizado.

A análise por ora empreendida, resume-se a uma avaliação visual de gráficos que tratam da evolução do IQA desde 1997 até 2001, tentando descrever a evolução da qualidade das águas nos diferentes corpos d'água do estado de Minas Gerais sem contudo, saber se o aumento ou diminuição do Índice de Qualidade das Águas em uma determinada bacia é estatisticamente significativa ou se tal diferença não é devida simplesmente a variações amostrais.

Além disso, selecionou-se alguns dos cinquenta parâmetros monitorados periodicamente, conforme a sua representatividade na bacia hidrográfica em análise para relacioná-los com a vazão média gerada no curso d'água nos dias das coletas.

Alguns parâmetros foram observados ao longo dos anos e comparados com os limites de classe de enquadramento do curso d'água em análise conforme a Deliberação Normativa COPAM No 10/86. Outros foram ajustados através do cálculo da Média Móvel dos meses anteriores, o que possibilitou a minimização dos efeitos das variações de curto período, dando prioridade ao comportamento mais geral da série observada.

Considerando que o regime hidrológico desempenha uma importante função na qualidade das águas de um corpo d'água, contemplou-se, a partir desse relatório, valores de vazões médias geradas nos pontos de monitoramento de qualidade, buscando dessa forma, entender o comportamento atípico de alguns parâmetros do monitoramento.

Em gráficos de IQA x Vazão, são apresentados os valores do Índice de Qualidade das Águas no ano 2001 nas quatro campanhas de amostragem, bem como os valores médio, mínimo e máximo ocorridos desde o início do monitoramento de cada estação de amostragem e a vazão nos dias de coletas em 2001. Gráficos com as vazões médias mensais e a variação do IQA ao longo dos anos também são apresentados.



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



### 5.5. AVALIAÇÃO ESPACIAL

Considerando que a qualidade das águas varia em função de uma enormidade de fatores tais como: uso e ocupação do solo da bacia de drenagem, existência de indústrias com lançamento de efluentes diversificados, verifica-se a importância da análise do perfil espacial para se identificar os trechos mais críticos.

Alguns parâmetros foram selecionados para uma avaliação de comportamento ao longo do curso d'água monitorado, entretanto a análise efetuada até o momento se refere a uma avaliação qualitativa do comportamento espacial desses parâmetros sendo descritas as alterações observadas ao longo do rio ou bacia hidrográfica. Cabe ressaltar que deverá ser acrescentado, como objeto futuro desse relatório, uma introdução de representações gráficas para visualização da assimetria da distribuição, da faixa de variação de dados e da detecção de possíveis pontos extremos.



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



### 5.6. OBTENÇÃO DOS DADOS HIDROLÓGICOS

Para uma correlação adequada dos dados quali-quantitativos de um corpo d'água, medições simultâneas deveriam ser realizadas nos pontos de amostragem. Entretanto, a medição da quantidade de água que escoar em uma seção em um intervalo qualquer de tempo é bastante complexa, dificultando a introdução desse procedimento em conjunto com a amostragem da qualidade. Soma-se a isso, a diferença de objetivos e momento quando da criação da rede de monitoramento de qualidade cujo objetivo principal dessa é a identificação de fontes de poluição.

A obtenção dos dados de vazão nos pontos de monitoramento de qualidade foi feita da seguinte forma: nos locais cuja localização coincide com a de postos fluviométricos, as vazões observadas foram utilizadas diretamente; não ocorrendo coincidência, as vazões foram obtidas a partir de transferência de informações fluviométricas para os locais sem observação.

Esse processo de transferência de informação conhecido como regionalização hidrológica consiste em interpolar linearmente entre duas estações, uma a montante e outra a jusante, proporcionalmente às respectivas áreas de drenagem.

Estações localizadas em afluentes foram consideradas para o cálculo da vazão específica - vazão proporcionalmente à respectiva área de drenagem.

Dessa forma, utilizou-se esse processo de regionalização para obtenção de vazões em locais de monitoramento. A equação de transferência ou simplesmente o fator multiplicador no caso de existir apenas uma estação a montante ou a jusante estão apresentados na tabela seguinte, em conjunto com os códigos das estações, área de drenagem e curso d'água onde as coletas são realizadas.

Em função das características de propagação das vazões de um curso d'água, esse método de regionalização, em geral, não deveria ser aplicado para vazões diárias, sendo usado normalmente para a transferência de vazões médias mensais. Entretanto, em locais onde as estações fluviométricas e de monitoramento estão muito próximas pode-se aceitar essa transferência, obtendo-se a vazão média diária no ponto de monitoramento. Contudo, deve ser considerado que esse dado não deve ser usado para nenhum tipo de projeto ou dimensionamento de obras hidráulicas.

Para obtenção dos dados de vazão média diária e mensal foram selecionadas todas as estações existentes do estado de Minas Gerais operadas por diversas entidades. Entretanto, considerando a necessidade de disponibilização contínua desses dados de medição optou-se, a princípio, pela adoção da rede de monitoramento operada pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL em conjunto com a Agência Nacional de Águas - ANA.

A incorporação de dados quantitativos aos parâmetros de qualidade consistiu basicamente de um levantamento das áreas de drenagem dos 242 pontos de monitoramento no estado, escolha das estações fluviométricas que poderiam ser utilizadas para transferência, obtenção da relação cota X vazão e dados de medição diária de cota. A consistência dos dados, quase sempre realizada pelo órgão operador da rede, foi reavaliada a partir da introdução de dados brutos das últimas campanhas de medição e os dados fluviométricos foram gerados nos pontos de observação e transferidos para os locais de monitoramento qualitativo.

As análises que relacionam a vazão diária do curso d'água em cada um dos pontos monitorados com os parâmetros qualitativos serão avaliadas considerando a qualidade dos dados de vazão obtida para o ponto tendo em vista as incertezas na transferência de vazões diárias principalmente no período chuvoso.

Para alguns locais de monitoramento de parâmetros qualitativos não foi possível a obtenção de vazões já que não existia estação fluviométrica em operação no mesmo curso d'água ou em rios que a princípio tivessem as mesmas características – área de drenagem, bacia de contribuição, tipo de cobertura, uso do solo, grau de urbanização. Em outros locais, apesar dos dados de vazão terem sido gerados, cabe ressaltar a baixa confiabilidade dos dados diários principalmente devido as grandes diferenças nas áreas de drenagem e portanto nos tempos de viagem dessa vazão. A tabela seguinte apresenta os pontos onde os dados fluviométricos não foram gerados ou ainda, locais onde a pouca confiabilidade pode comprometer as análises e sugere que para acompanhamentos futuros, sejam instalados pontos de monitoramento de vazão nesses locais.

**Tabela 5: Pontos de monitoramento com problemas de transferência de vazão**

| Curso d'água         | Estação de qualidade | Observações                         |
|----------------------|----------------------|-------------------------------------|
| Ribeirão Sucuriú     | SF009                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Rio Indaiá           | SF011                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Rio São Francisco    | SF015                | estação em reservatório             |
| Rio Betim            | BP071                | ausência de estação fluviométrica   |
| Ribeirão dos Macacos | BP076                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Ribeirão Sarzedo     | BP086                | ausência de estação fluviométrica   |
| Rio Betim            | BP088                | estação a jusante de reservatório   |
| Ribeirão Grande      | BP090                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Verde Grande         | VG007                | baixa qualidade dos dados medidos   |
| Verde Grande         | VG009                | ausência de estação fluviométrica   |
| Verde Grande         | VG011                | baixa qualidade dos dados medidos   |
| Rio Itabira          | BV035                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Ribeirão Água Suja   | BV062                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Ribeirão Sabará      | BV076                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Ribeirão Jequitibá   | BV140                | ausência de estação fluviométrica   |
| Ribeirão do Onça     | BV154                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Ribeirão Arrudas     | BV155                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Ribeirão das Neves   | BV160                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Rio Cipó             | BV162                | pouca confiabilidade no dado gerado |



**Tabela 5: Pontos de monitoramento com problemas de transferência de vazão**

(continuação)

| Curso d'água         | Estação de qualidade | Observações                         |
|----------------------|----------------------|-------------------------------------|
| Rio Pará             | PA001                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Ribeirão Paiol       | PA002                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Ribeirão Paciência   | PA010                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Ribeirão das Almas   | UR009                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Rio Paraibuna        | BS032                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Rio Novo             | BS046                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Ribeirão Meia Pataca | BS049                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Rio Xopotó           | BS071                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Ribeirão das Posses  | BS073                | ausência de estação fluviométrica   |
| Rio Paraíba do Sul   | BS075                | ausência de estação fluviométrica   |
| Rio Santa Bárbara    | RD027                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Rio Grande           | BG007                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Rio Formiga          | BG023                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Rio Grande           | BG051                | estação a jusante de reservatório   |
| Ribeirão da Bocaina  | BG053                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Córrego da Gameleira | BG057                | pouca confiabilidade no dado gerado |
| Rio Grande           | BG061                | estação a jusante de reservatório   |
| Rio Paranaíba        | PB007                | estação a jusante de reservatório   |
| Rio Araguari         | PB019                | ausência de estação fluviométrica   |
| Rio Araguari         | PB021                | ausência de estação fluviométrica   |
| Rio Paranaíba        | PB025                | estação a jusante de reservatório   |
| Rio Paranaíba        | PB031                | estação a jusante de reservatório   |

Os pontos de monitoramento de qualidade da água em reservatórios não foram, nesse relatório, objeto de correlação com o volume armazenado ou com outros parâmetros tais como o tempo de residência, etc. Esse assunto deverá ser abordado nos próximos relatórios buscando-se ampliar a rede de monitoramento com o trabalho de medição desenvolvido pelos operadores desses reservatórios.

Nas tabelas de resultados de cada bacia hidrográfica analisada são apresentados para cada ponto de amostragem da rede de monitoramento do projeto Águas de Minas, as vazões médias diárias correspondentes ao dia da amostragem.

A inclusão dos aspectos quantitativos do recurso hídrico a esse relatório permite interpretar, com maior profundidade, as alterações presentes em cada parâmetro que se correlaciona com a disponibilidade, uma vez que variações temporais dos parâmetros qualitativos podem ser consequência tanto da efetiva alteração do aporte de poluentes, como de variações de concentração decorrente de alteração na vazão.



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



### 5.7. AVALIAÇÃO AMBIENTAL

Na quantificação dos empreendimentos potencialmente poluidores foram selecionados, a partir da Deliberação COPAM 01/90, as atividades com grande potencial poluidor para a variável ambiental água, quais sejam: metalúrgica, papel e papelão, couros e peles, química, produtos farmacêuticos e veterinários, têxtil, produtos alimentares e bebidas.

A avaliação conjunta dessas informações deu subsídio à elaboração de quadros-resumo que especificam, por bacia e sub-bacia estudada, as principais características físicas e antrópicas que exercem pressões sobre a qualidade das águas.

Esse mesmo processo interativo norteou a definição das ações prioritárias recomendadas neste relatório, que se inscrevem no contexto das orientações da Política Estadual de Controle da Poluição Ambiental. As recomendações apresentadas foram sintetizadas a partir do tríplice referencial estabelecido pelo sistema Pressão – Estado – Resposta, desenvolvido pelo Departamento de Meio Ambiente da Organização de Coordenação e Desenvolvimento Econômico - OCDE. Esse sistema baseia-se nos seguintes princípios de causalidade:

- As atividades humanas exercem pressões sobre o meio ambiente, alterando o estado dos recursos naturais em qualidade e disponibilidade;
- A sociedade apresenta respostas a essas mudanças através de políticas setoriais, econômicas e ambientais.



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



### **5.8. AÇÕES DE CONTROLE AMBIENTAL**

Em decorrência da definição das ações prioritárias recomendadas no relatório da qualidade das águas do ano 2000, que foi publicado em outubro de 2001, buscou-se informações no âmbito FEAM/COPAM sobre as ações efetuadas para o controle ambiental a partir da divulgação do relatório.

As ações de controle ambiental efetivadas no período 2001/2002 estão apresentadas em um quadro-resumo conforme as Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos – UPGRH e os municípios diretamente envolvidos com as respectivas atividades antrópicas.

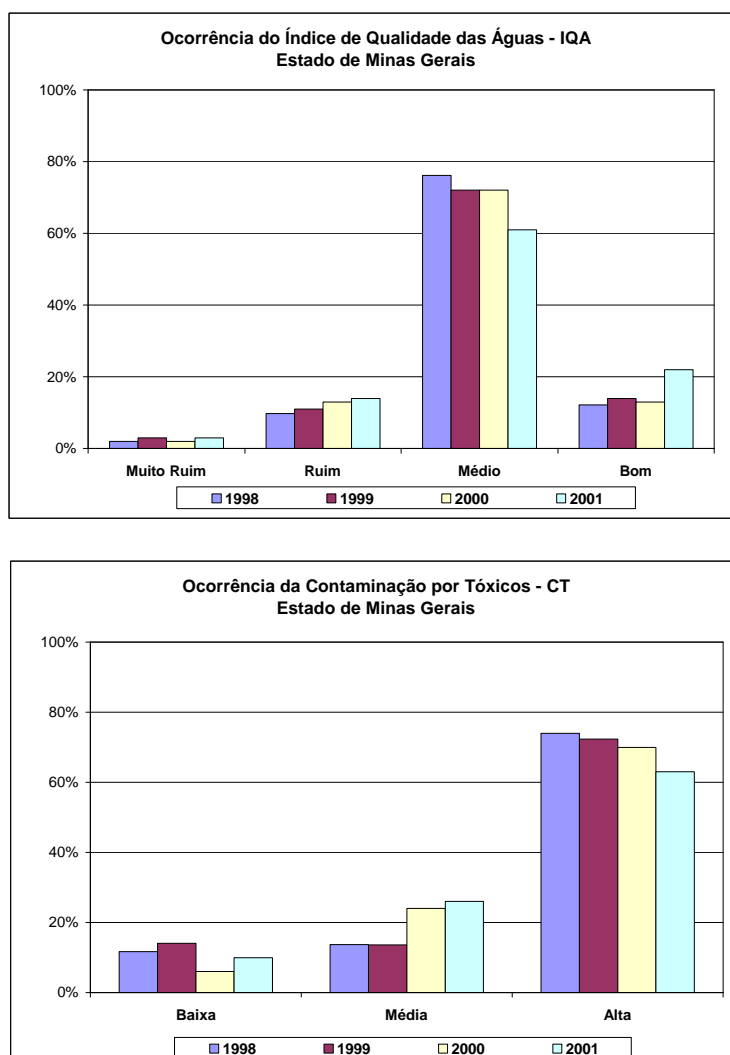
Deve-se observar que as ações de controle apresentadas não são apenas decorrentes do monitoramento da qualidade das águas, como também de ações de melhoria da qualidade ambiental de um modo geral.

É objetivo do projeto Águas de Minas a ampliação da divulgação das ações de controle recomendadas às diversas instituições que trabalham no âmbito do gerenciamento ambiental e de recursos hídricos, fortalecendo o sistema de tomada de decisões para a melhoria da qualidade das águas e conseqüentemente a qualidade ambiental, em todo estado de Minas Gerais.

### 6. SITUAÇÃO NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001

Os resultados das análises laboratoriais realizadas em 2001 permitiram a obtenção dos indicadores da situação ambiental, Índice de Qualidade de Águas - IQA e Contaminação por Tóxicos. A situação geral no estado com relação a esses indicadores pode ser observada na Figura 1.

**Figura 1:** Evolução Temporal dos Dados de Qualidade: Ocorrência de Qualidade das Águas – IQA e Contaminação por Tóxicos no Estado de Minas Gerais.



Conforme a Figura 1, pode-se observar que os cursos d'água do estado de Minas Gerais se mantêm preponderantemente com valores de IQA médio. A análise comparativa da distribuição dos valores médios anuais de IQA demonstra que não houve uma variação significativa das condições de qualidade das águas ao longo desses quatro anos. Com relação ao ano 2001, observa-se um aumento na ocorrência do Índice de Qualidade das Águas bom, estando este situado, em torno de 22% das ocorrências totais. As faixas de qualidade muito ruim e ruim foram observadas em cerca de 3 e 13%, respectivamente, dos pontos monitorados em todo o estado.

As Figuras 2 a 11 apresentam os índices de qualidade das águas, dos anos 2000 e 2001, em cada estação de amostragem das bacias hidrográficas. A ocorrência de médias anuais de IQA no intervalo considerado muito ruim foi percebida principalmente nas bacias do Rio Paraíba do Sul e do Rio São Francisco. Na bacia do Rio Paraíba do Sul são críticas as condições do Rio Xopotó (BS077) e Ribeirão Ubá (BS071), ambos nas proximidades de Ubá, e do Rio Paraíba a jusante da cidade de Juiz de Fora (BS017). Na bacia do Rio São Francisco são preocupantes os estados de degradação do Rio das Velhas a jusante do Ribeirão da Mata (BV153), Ribeirão do Onça (BV154) e Ribeirão Arrudas próximo de sua foz no Rio das Velhas (BV155). A situação da qualidade das águas do Rio Betim, sub-bacia do Rio Paraopeba, permanece com estado de degradação preocupante, apresentando índice de qualidade muito ruim no trecho próximo de sua foz no Rio Paraopeba (BP071). Além disso, observou-se um certo grau de comprometimento no trecho a jusante do Reservatório de Vargem das Flores (BP088), que passou a apresentar índice de qualidade médio.

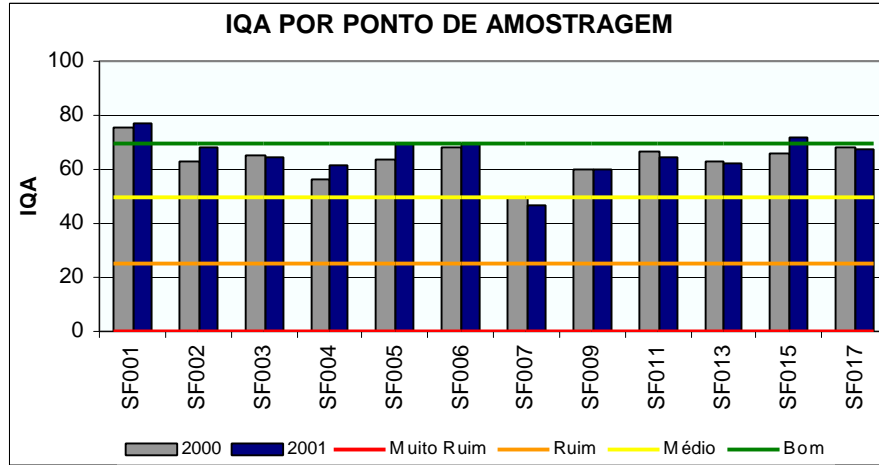
Observou-se a predominância do índice de qualidade médio anual no estado de Minas Gerais. O índice de qualidade bom pode ser observado nas bacias do Rio Paranaíba e no Rio São Francisco. Podem ser citados também trechos da bacia do Rio Grande, dentre eles, o Rio Grande a jusante dos Reservatórios de Itutinga (BG007) e de Furnas (BG051) e a montante da foz do Rio Pardo (BG061), o Rio Verde, a montante da cidade de Itanhandu (BG025) e o Rio Uberaba a montante da cidade de Uberaba (BG058), como outras regiões onde foram encontradas boas condições para a qualidade de água.

Todavia, se considerados os valores correspondentes a cada uma das quatro campanhas de amostragem realizadas ao longo do ano, verificou-se que em muitas das estações ocorreram valores extremos, com índice de qualidade bom na estiagem e ruim, ou mesmo muito ruim, no período chuvoso. A elevada variabilidade do comportamento dos valores de IQA está associada, na maioria dos casos, à grande variação nas concentrações de materiais em suspensão.

De um modo geral, foi constatada uma melhoria em relação ao índice de qualidade das águas, sobretudo nas bacias do Rio Grande, Paranaíba, Jequitinhonha e Mucuri, onde o IQA bom foi registrado com maior frequência em 2001. Quando se compara a incidência de IQA ruim e muito ruim na bacia do Rio São Francisco nos anos 2000 e 2001, observa-se uma redução na qualidade das águas na sub-bacia do Rio das Velhas. Este comportamento é atribuído principalmente a alteração do índice de qualidade ruim para muito ruim em alguns pontos de amostragem.

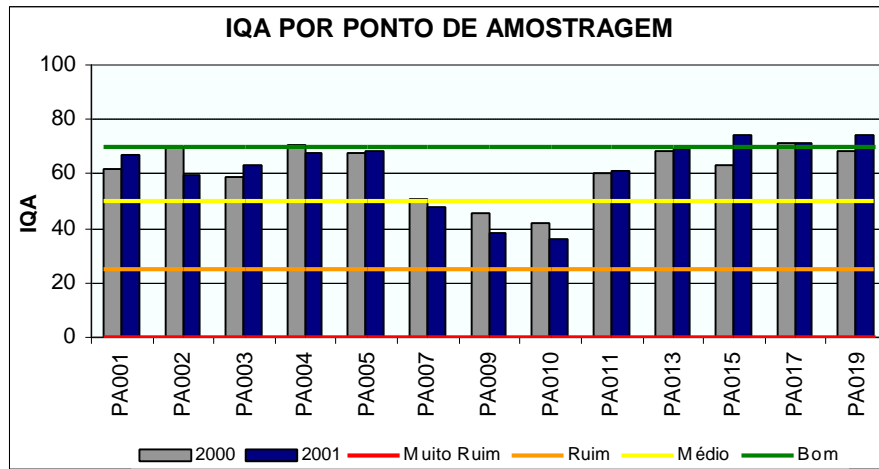
**BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO**

**São Francisco Sul**



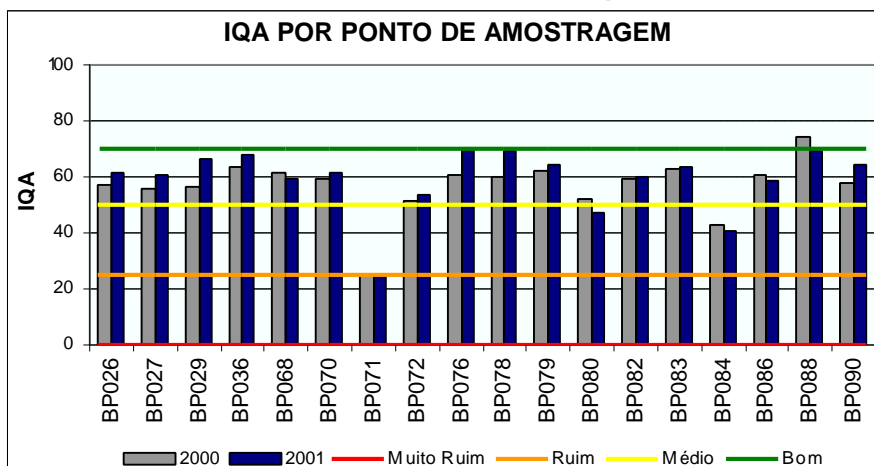
**Figura 2:** Ocorrência de IQA por ponto de amostragem UGRHs SF1 e SF4

**Sub-Bacia do Rio Pará**



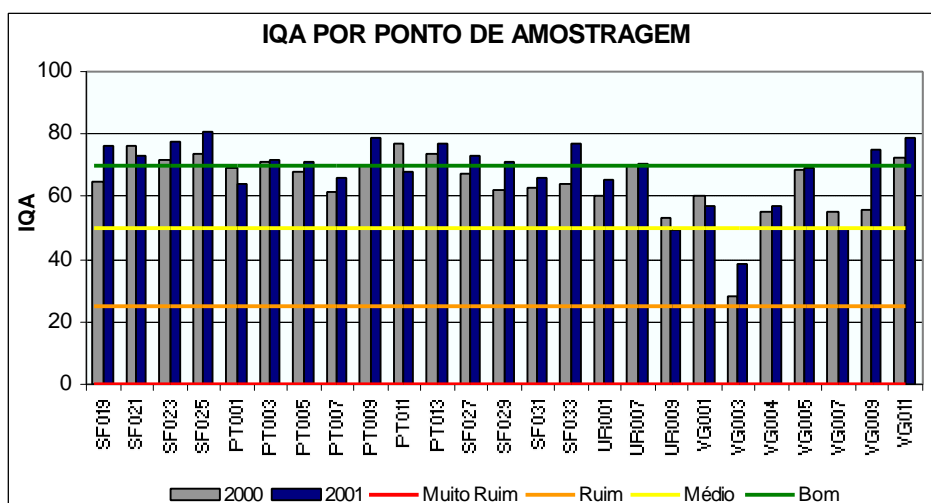
**Figura 3:** Ocorrência de IQA por ponto de amostragem UGRH SF2

## Sub-Bacia do Rio Paraopeba



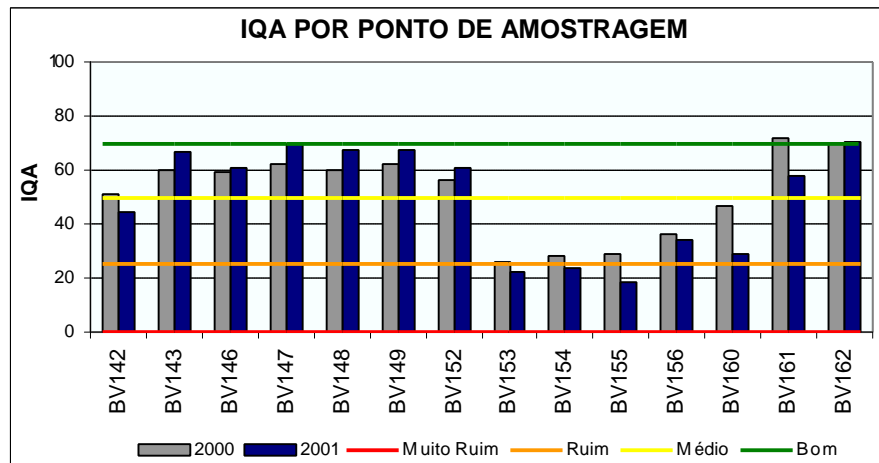
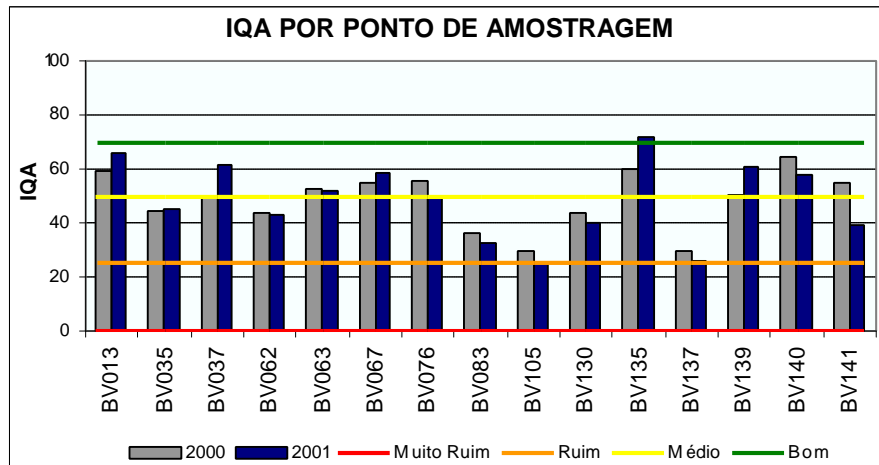
**Figura 4:** Ocorrência de IQA por ponto de amostragem UPRH SF3

## Rio São Francisco Norte



**Figura 5:** Ocorrência de IQA por ponto de amostragem UPRHs SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10

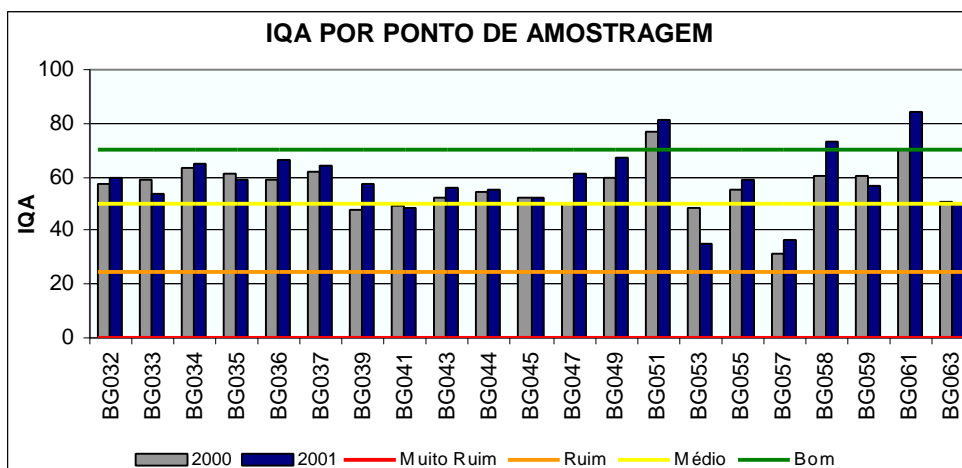
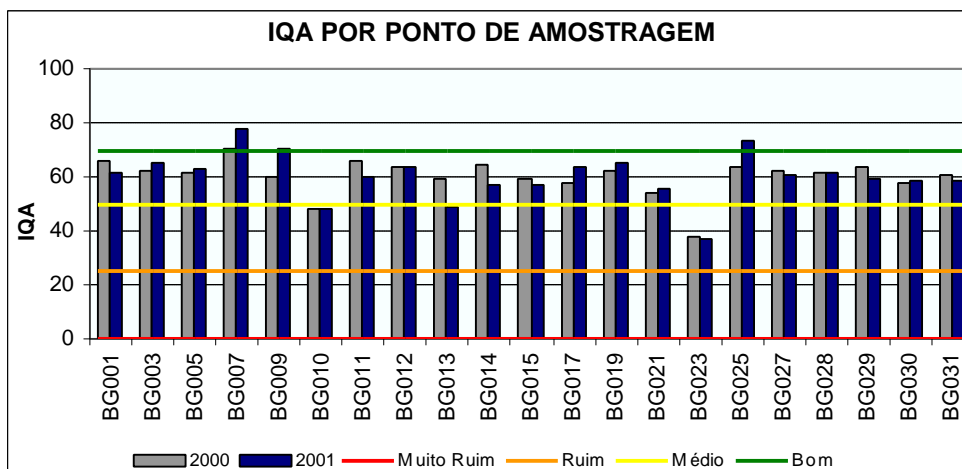
**Sub-Bacia do Rio das Velhas**



**Figura 6:** Ocorrência de IQA por ponto de amostragem  
UPGRH SF5

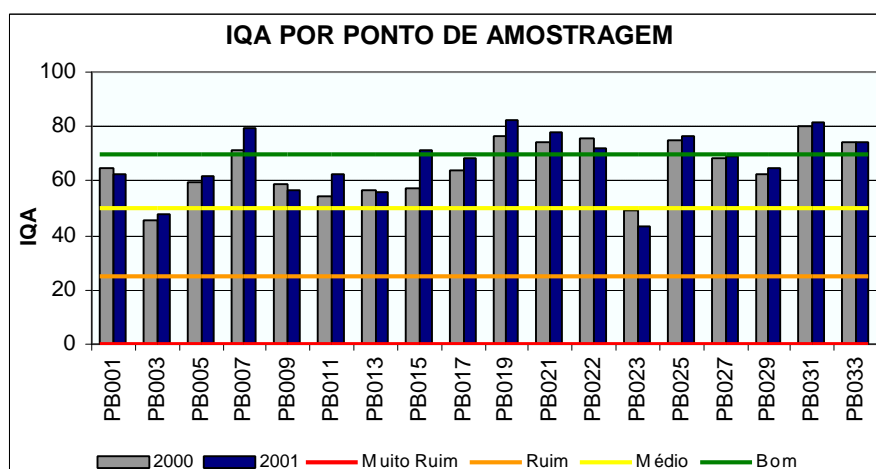


**BACIA DO RIO GRANDE**



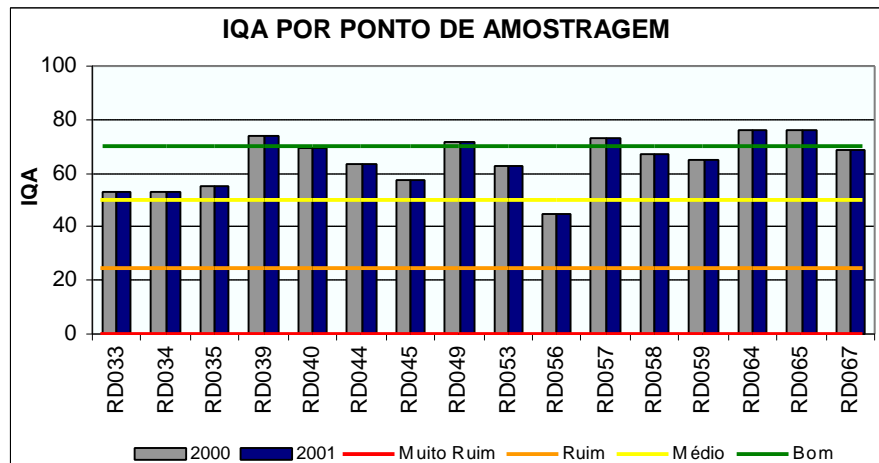
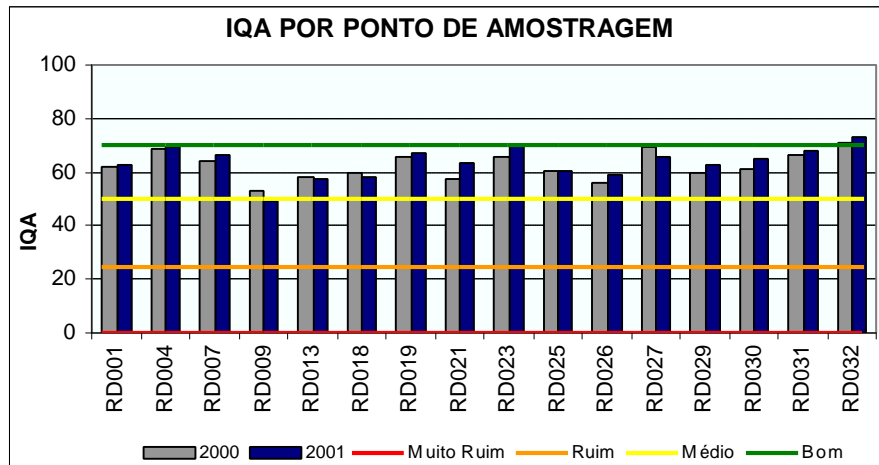
**Figura 7:** Ocorrência de IQA por ponto de amostragem UGRHs GD1 a GD8

**BACIA DO RIO PARANAIBA**



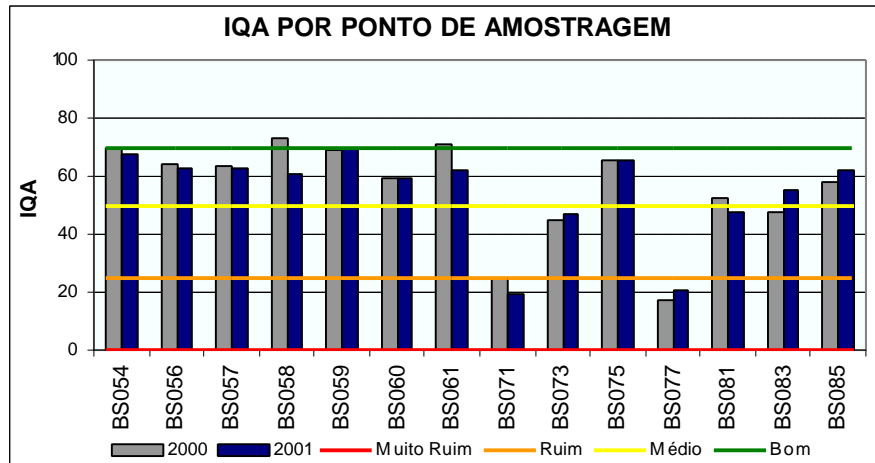
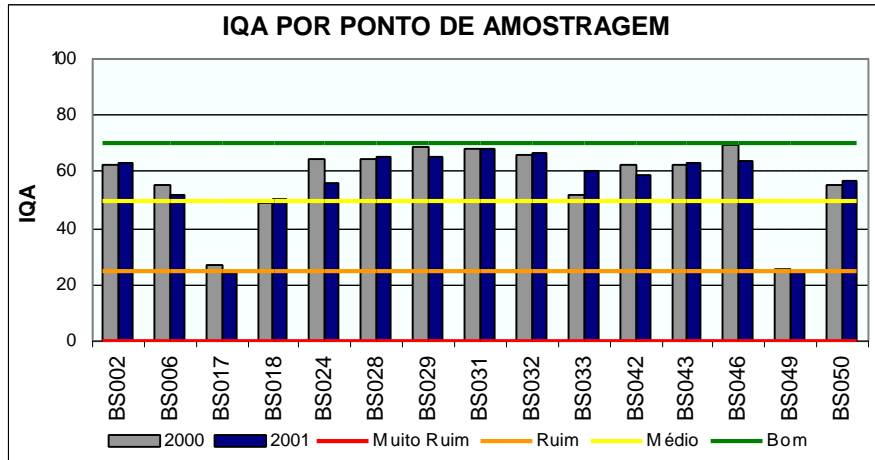
**Figura 8:** Ocorrência de IQA por ponto de amostragem UGRHs PN1, PN2 e PN3

**BACIA DO RIO DOCE**



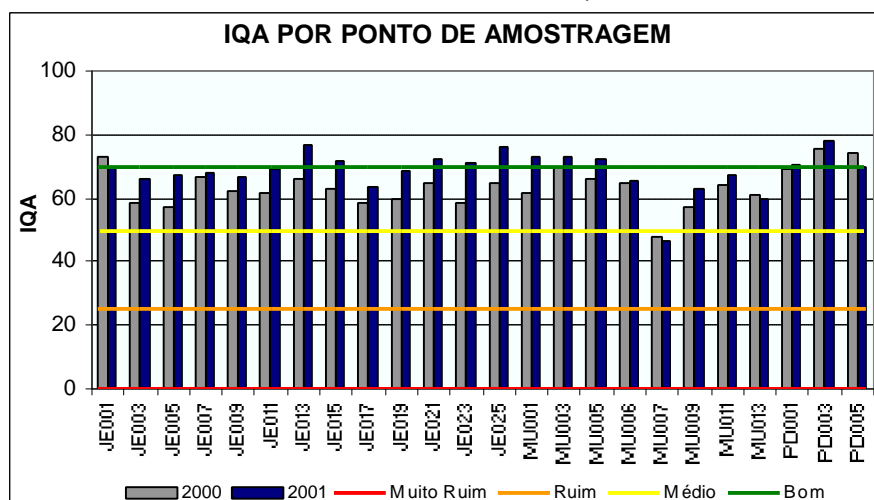
**Figura 9:** Ocorrência de IQA por ponto de amostragem UPGRHs DO1 a DO5

**BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL**



**Figura 10:** Ocorrência de IQA por ponto de amostragem UGRHs PS1 e PS2

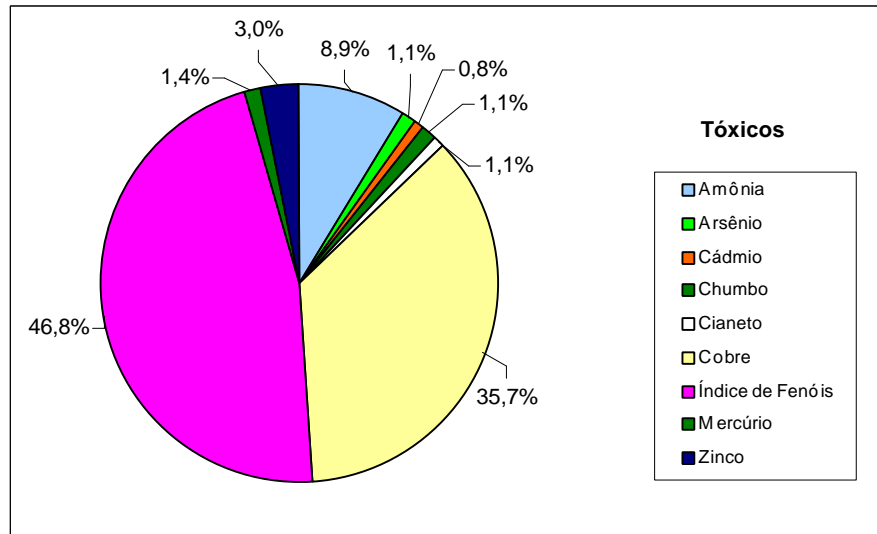
**BACIAS DOS RIOS JEQUITINHONHA, PARDO E MUCURI**



**Figura 11:** Ocorrência de IQA por ponto de amostragem UGRHs JQ1 a JQ3, MU1 e PA1

Em relação à Contaminação por Tóxicos (Figuras 13 a 23), observa-se um predomínio da contaminação alta, como nos anos anteriores. Os principais responsáveis por esta contaminação alta foram os parâmetros cobre, índice de fenóis e amônia. Vale ressaltar que as altas freqüências de contaminação por cobre foram mais expressivas nas bacias do Rio Grande (56%), Rio Doce (52%), São Francisco-Norte (58%), Paraíba do Sul (48%), merecendo destaque a bacia do Rio Paranaíba com registro de 79%. Para o índice de fenóis, as freqüências mais altas foram constatadas na sub-bacia do Rio Paraopeba (64%) e sub-bacia do Rio São Francisco-Sul (50%). A contaminação alta por amônia foi mais freqüente nas bacias do Rio Pará (30%) e Rio Paraopeba (27%). Na bacia do Rio Jequitinhonha houve ocorrência de contaminação alta por cianeto (50%) e zinco (50%).

Índice de fenóis, cobre e amônia juntos, respondem pela maioria das não conformidades com relação aos limites de classe de enquadramento dos parâmetros avaliados na determinação da contaminação por tóxicos, conforme apresentado na Figura 12. O índice de fenóis corresponde a 46,8% do total dessas não conformidades.

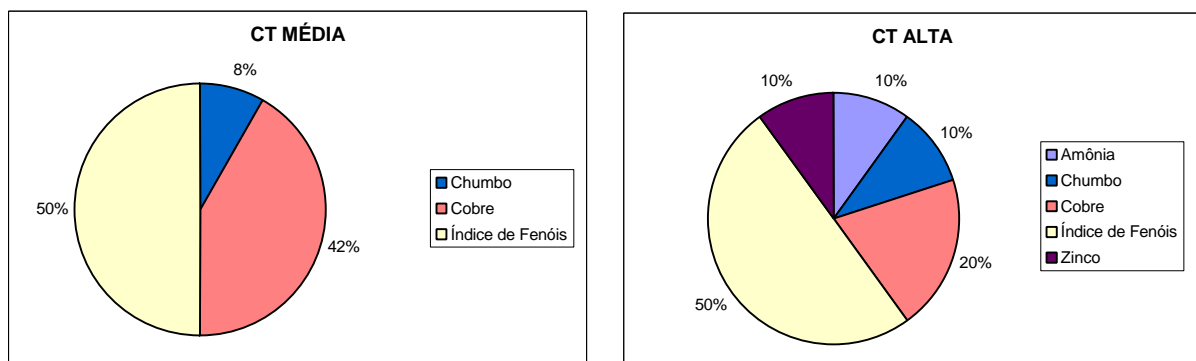


**Figura 12:** Ocorrência de parâmetros avaliados na Contaminação por Tóxicos no Estado de Minas Gerais.

Comparando os dados de 2000 e 2001, foi observada a redução nas ocorrências de índice de fenóis, bem como de amônia, embora de forma menos expressiva. A concentração de cobre, em desconformidade com a legislação vigente, aumentou do total das amostragens de 15%, no ano 2000, para 35,7% em 2001, evidenciando assim, uma situação significativamente agravante com relação a esse parâmetro.

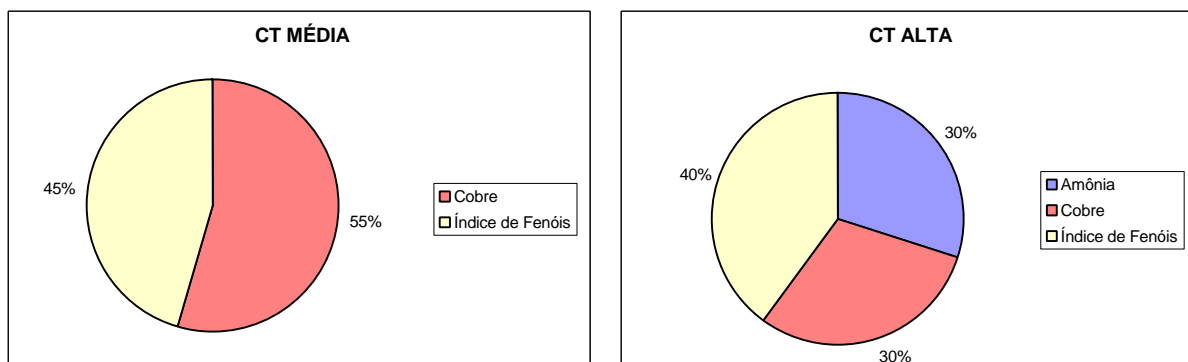
### BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

#### São Francisco Sul



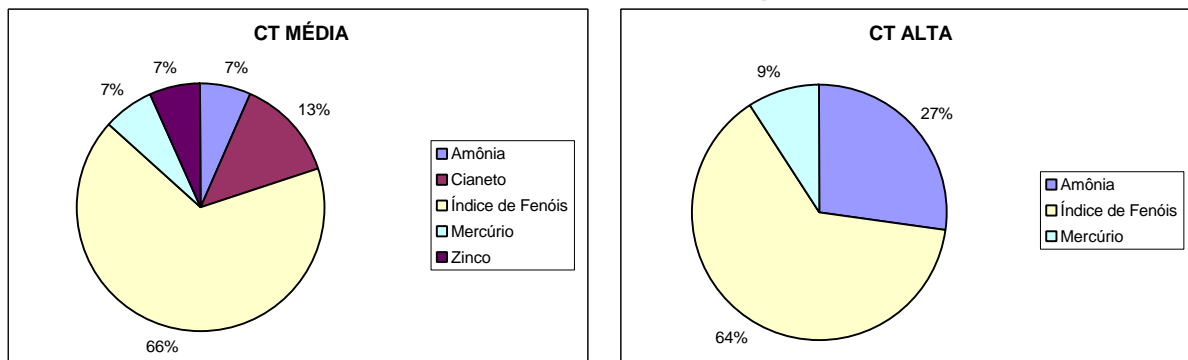
**Figura 13:** Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos alta e média nas bacias hidrográficas UPRHs SF1 e SF4

**Sub-Bacia do Rio Pará**



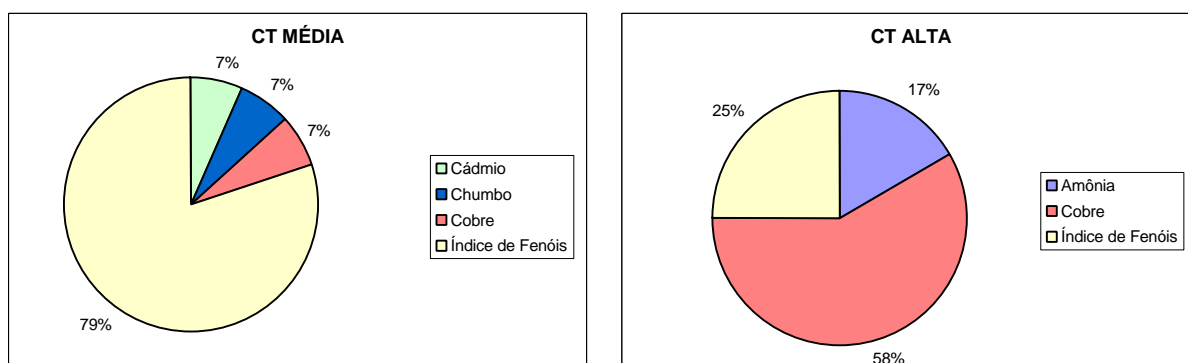
**Figura 14:** Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos alta e média nas bacias hidrográficas UPRH SF2

**Sub-Bacia do Rio Paraopeba**



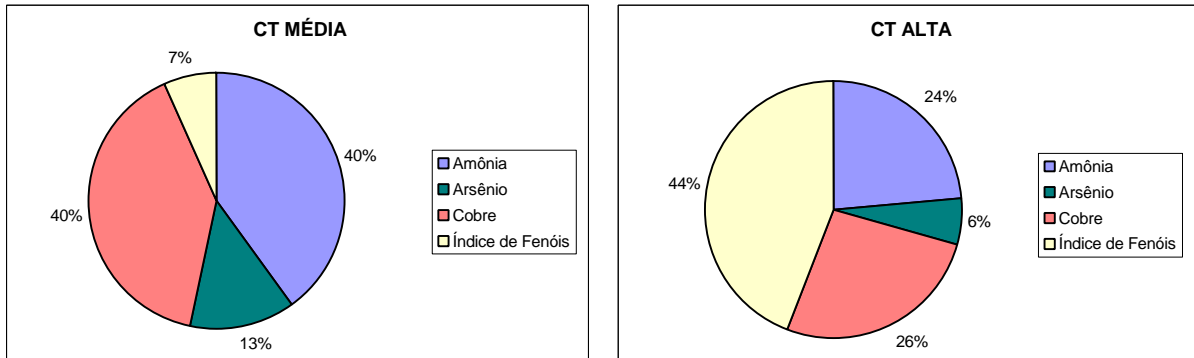
**Figura 15:** Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos alta e média nas bacias hidrográficas UPRH SF3

**São Francisco Norte**



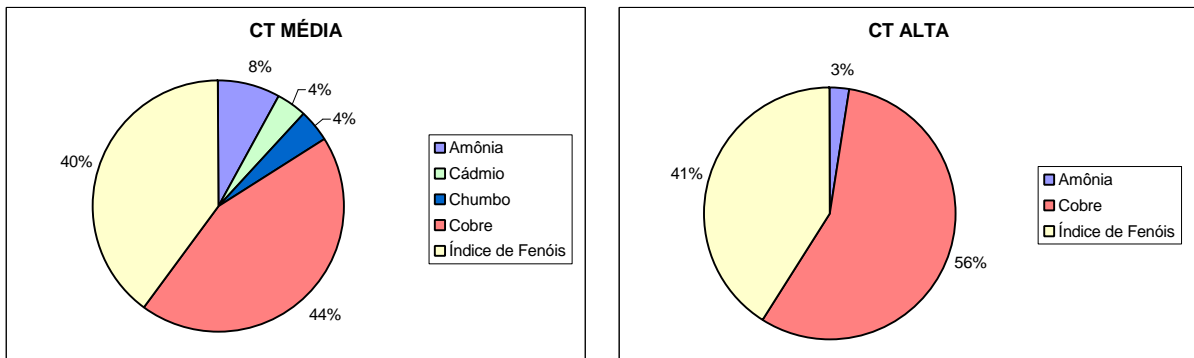
**Figura 16:** Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos alta e média nas bacias hidrográficas UPRHs SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10

**Sub-Bacia do Rio das Velhas**



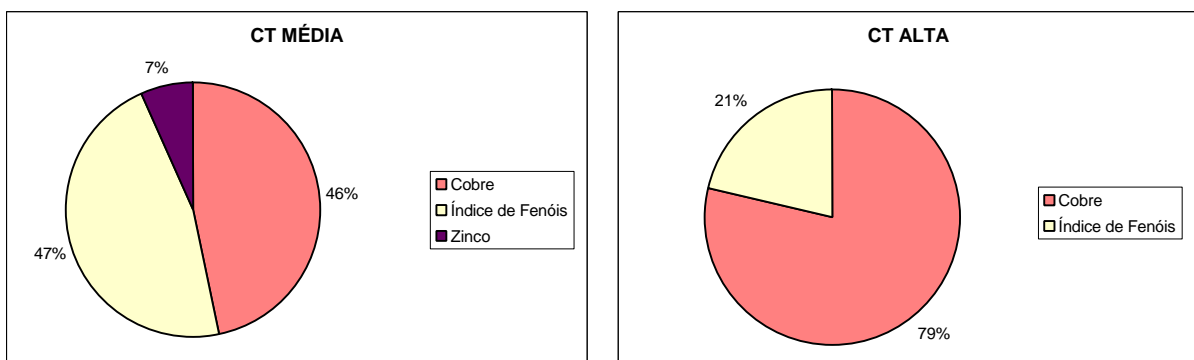
**Figura 17:** Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos alta e média nas bacias hidrográficas UPRH SF5

**BACIA DO RIO GRANDE**



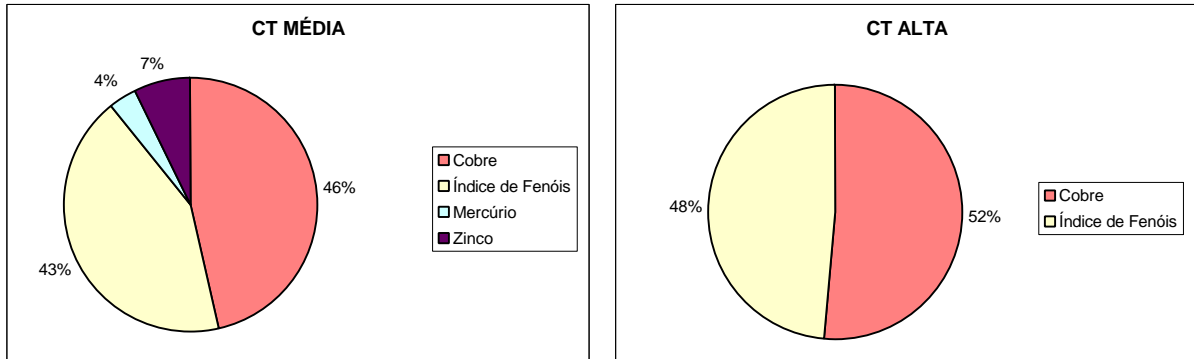
**Figura 18:** Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos alta e média nas bacias hidrográficas UPRHs GD1 a GD8

**BACIA DO RIO PARANAIBA**



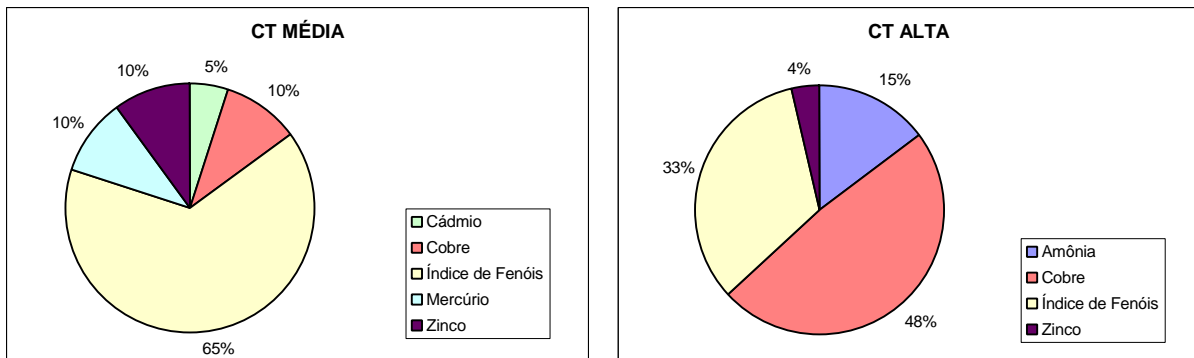
**Figura 19:** Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos alta e média nas bacias hidrográficas UPRHs PN1, PN2 e PN3

**BACIA DO RIO DOCE**



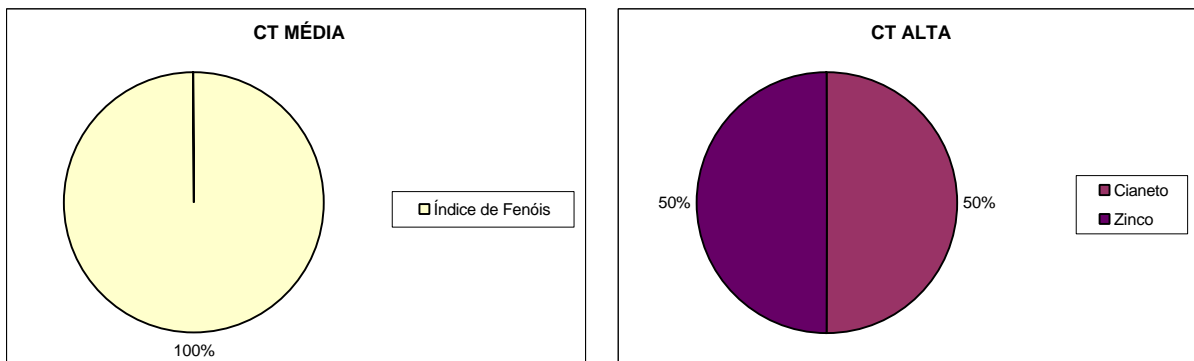
**Figura 20:** Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos alta e média nas bacias hidrográficas UPRHs DO1 a DO5

**BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL**



**Figura 21:** Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos alta e média nas bacias hidrográficas UPRHs PS1 e PS2

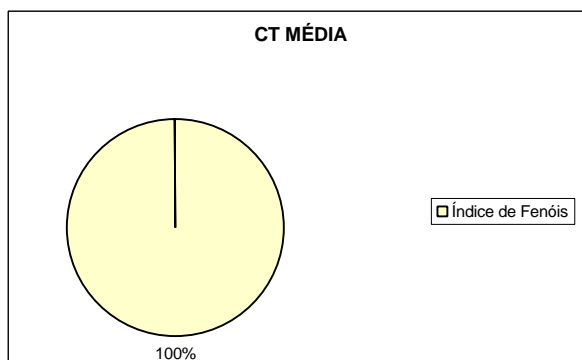
**BACIA DO RIO JEQUITINHONHA**



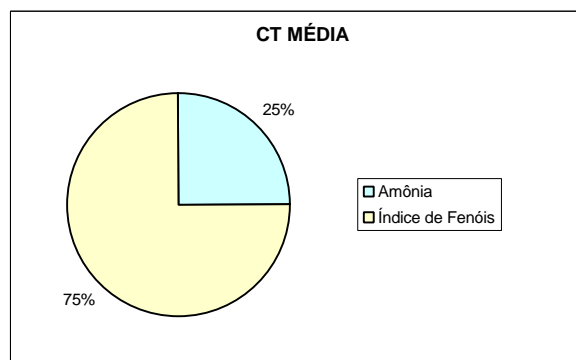
**Figura 22:** Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos alta e média nas bacias hidrográficas UPRHs JQ1 a JQ3



**BACIA DO RIO PARDO**



**BACIA DO RIO MUCURI**



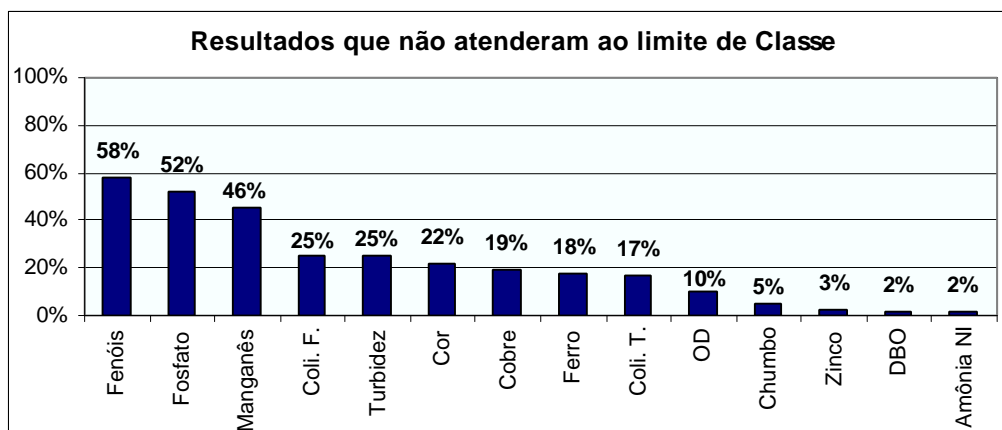
**Figura 23:** Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos média nas bacias hidrográficas UGRHs PA1 e MU1

As Figuras 24 a 33 mostram os parâmetros que ocorreram fora dos limites de classe de enquadramento. Pode-se observar que, das análises totais realizadas, as determinações de fosfato acima dos limites de classe foram registradas na maioria das bacias hidrográficas, com exceção das bacias do Rio Doce, Grande e Paraíba do Sul, onde o alumínio se destacou em maior quantidade e do Rio São Francisco-Sul que registrou as maiores ocorrências para o índice de fenóis.

A situação indesejada para o fosfato é atribuída ao limite definido na legislação DNCOPAM 10/86, considerado muito restritivo para as condições naturais das águas estado, porém existem registros de teores críticos decorrentes de lançamentos de esgotos sanitários e efluentes industriais em muitos dos cursos d'água monitorados.

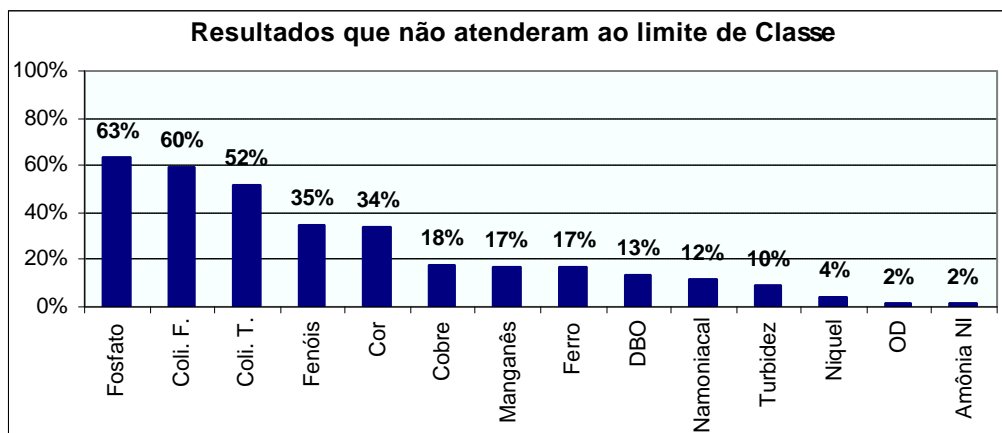
**BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO**

**São Francisco Sul**



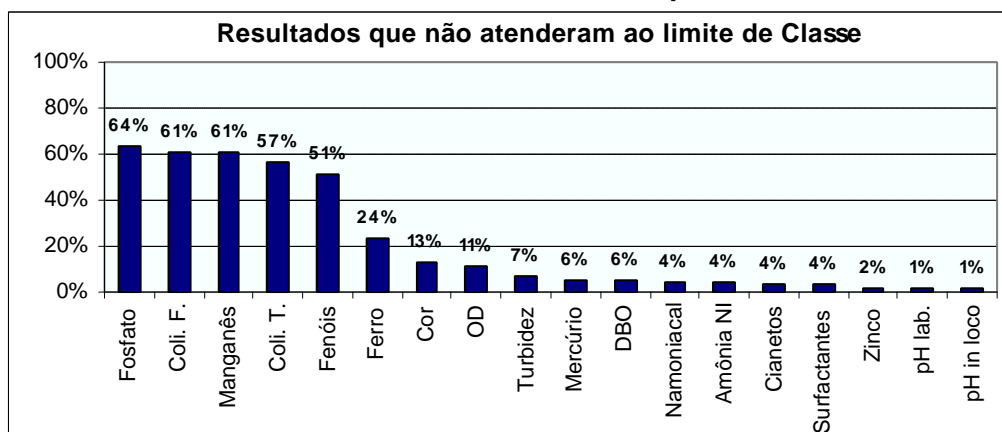
**Figura 24:** Frequência da ocorrência de parâmetros acima dos limites da legislação – UGRHs SF1 e SF4

**Sub-Bacia do Rio Pará**



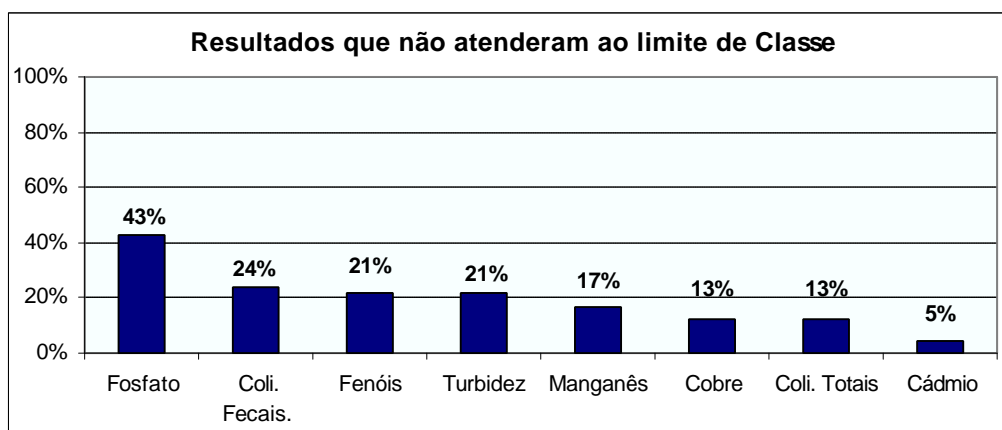
**Figura 25:** Frequência da ocorrência de parâmetros acima dos limites da legislação – UGRH SF2

**Sub-Bacia do Rio Paraopeba**



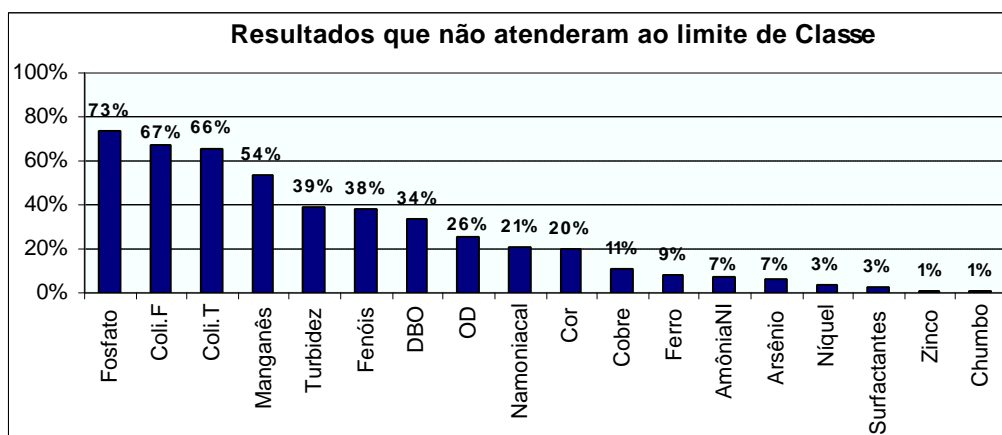
**Figura 26:** Frequência da ocorrência de parâmetros acima dos limites da legislação – UGRH SF3

**São Francisco Norte**



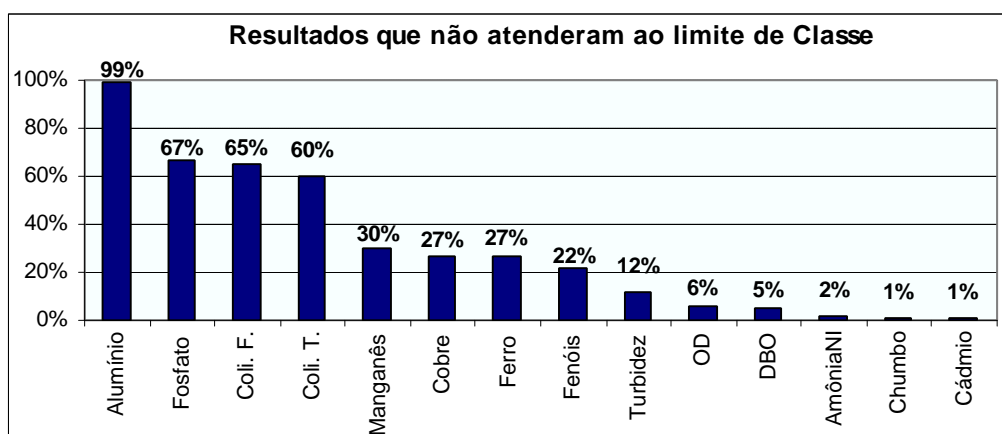
**Figura 27:** Frequência da ocorrência de parâmetros acima dos limites da legislação – UGRHs SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10

## Sub-Bacia do Rio das Velhas



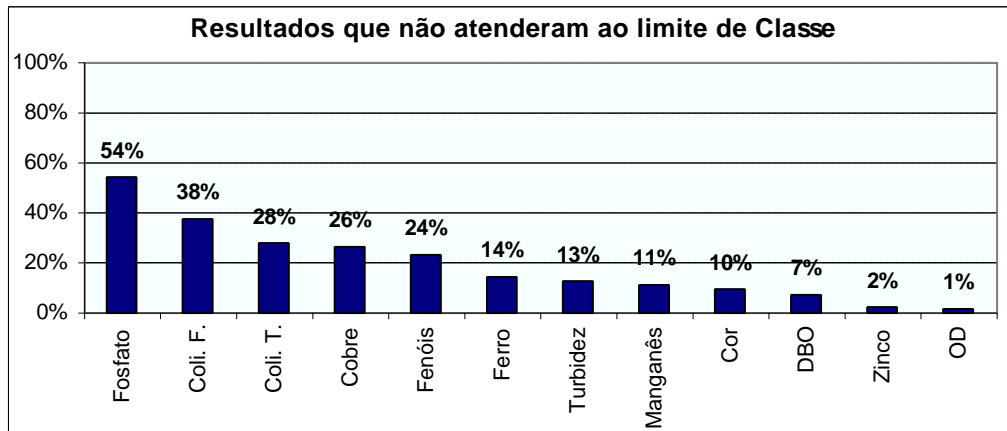
**Figura 28:** Frequência da ocorrência de parâmetros acima dos limites da legislação – UPGRH SF5

## BACIA DO RIO GRANDE



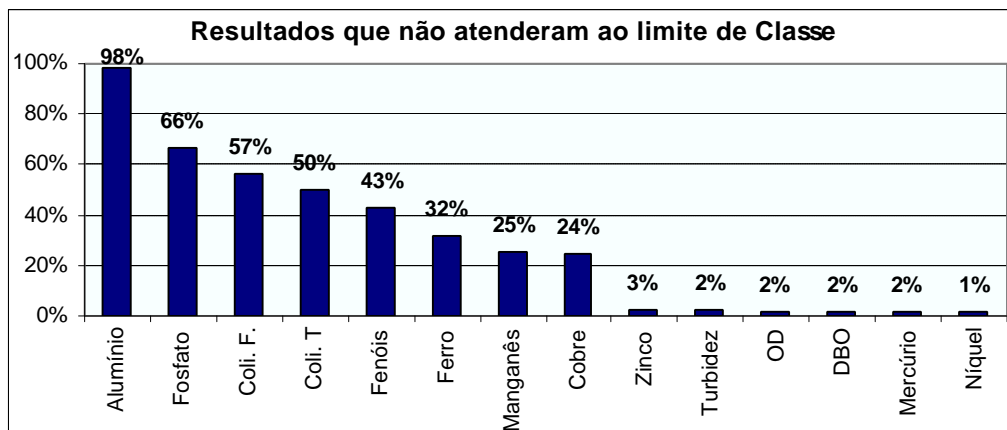
**Figura 29:** Frequência da ocorrência de parâmetros acima dos limites da legislação - UPGRHs GD1 a GD8

**BACIA DO RIO PARANAIBA**



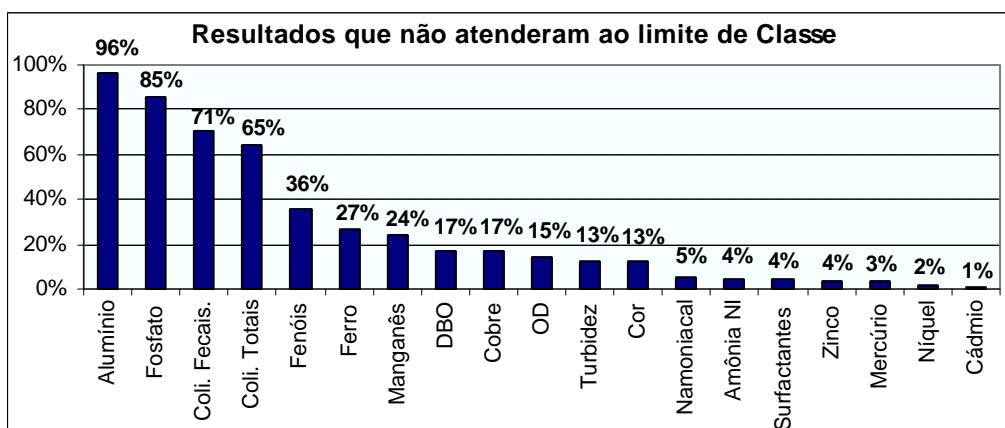
**Figura 30:** Frequência da ocorrência de parâmetros acima dos limites da legislação – UPGRHs PN1, PN2 e PN3

**BACIA DO RIO DOCE**



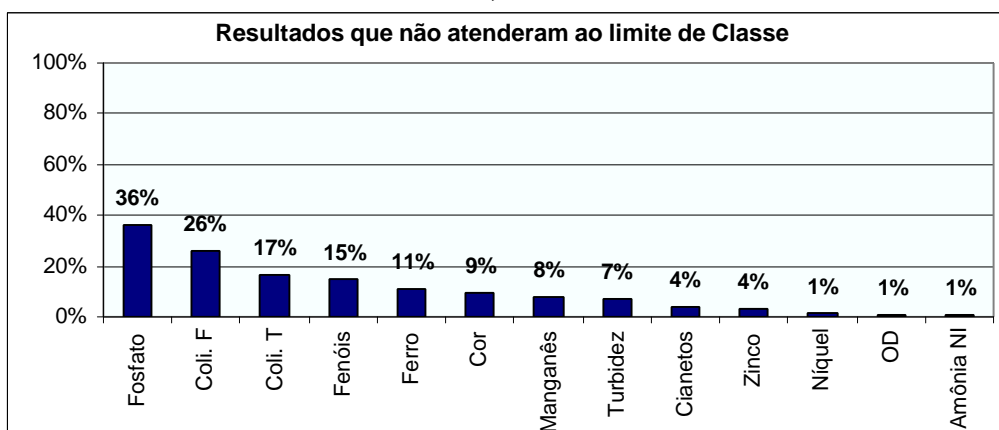
**Figura 31:** Frequência da ocorrência de parâmetros acima dos limites da legislação – UPGRHs DO1 a DO5

**BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL**



**Figura 32:** Frequência da ocorrência de parâmetros acima dos limites da legislação – UPGRHs PS1 e PS2

**BACIAS DOS RIOS PARDO, JEQUITINHONHA E MUCURI**



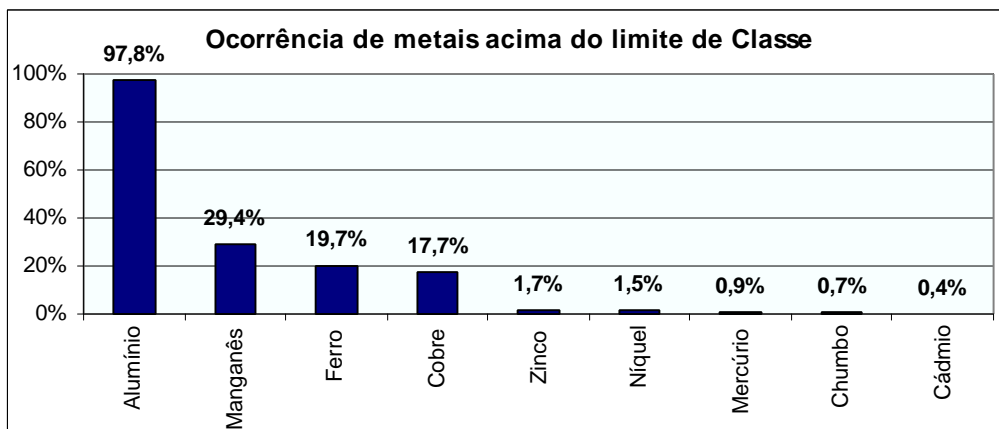
**Figura 33:** Frequência da ocorrência de parâmetros acima dos limites da legislação – UPGRHs JQ1 a JQ3, PA1 e MU1

A Figura 34 mostra a ocorrência de metais em desacordo com o limite estabelecido pela legislação em todo o estado de Minas Gerais. Os parâmetros que apresentaram maior desconformidade foram o alumínio e o manganês com respectivamente, 97,8 e 29,4% da incidência de metais em desacordo com a legislação ambiental. Contudo, deve-se observar que os metais, com algumas exceções, não são monitorados nas campanhas intermediárias, ou até mesmo todas as estações de amostragem, como é o caso do alumínio. Também merecem menção, em função dos números considerados significativos de não atendimento aos padrões, as espécies ferro solúvel (19,7%) e cobre (17,7%).

O manganês, o ferro e o alumínio são considerados importantes constituintes dos solos (substratos) do estado de Minas Gerais, sendo, portanto, considerados constituintes naturais das águas que drenam o território mineiro. Contudo, a constatação de teores extremamente elevados desses elementos denotam a existência de atividades de metalurgia, mineração ou

manejo do solo sem os procedimentos adequados para preservação da integridade dos sistemas aquáticos.

### ESTADO DE MINAS GERAIS – 2001



**Figura 34:** Frequência da ocorrência de metais acima dos limites da legislação

Dos demais parâmetros que não atenderam ao limite de classe de enquadramento em todo o estado (Figura 35) verificou-se principalmente as seguintes ocorrências no total das amostras analisadas: 62,2% de fosfato total, 52,7% de coliformes fecais e 32,7% de índice de fenóis.

### ESTADO DE MINAS GERAIS - 2001



**Figura 35:** Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites da legislação.

Relativamente ao índice de fenóis, o padrão estabelecido na legislação (0,001 mg/L) coincide com o limite de detecção do método analítico empregado. Apesar disso, foi evidente a relação de teores elevados de índice de fenóis com o lançamento de despejos industriais, especialmente do ramo metalúrgico. Também foi evidente a presença de concentrações muito elevadas de índice de fenóis em trechos situados a jusante de grandes centros urbanos. Isto pode está associado à presença de compostos fenólicos em desinfetantes domésticos.

## 7. Caracterização Geral da Bacia do Rio Mucuri

### Caracterização Geral da Bacia

|                              |                           |
|------------------------------|---------------------------|
| Área de Drenagem             | 14.800 km <sup>2</sup>    |
| Municípios com sede na bacia | 13 municípios             |
| População (IBGE, 2000)       | 205.132 Urbana            |
|                              | 91.713 Rural              |
| Outorgas Superficiais 2001   | 0,02305 m <sup>3</sup> /s |
| Outorgas Subterrâneas 2001   | 0 m <sup>3</sup> /h       |

### Principais Constituintes

Ribeirão Americana, Ribeirão do Gavião, Rio Mucuri, Rio Mucuri do Sul, Rio Pampã, Rio Preto, Rio Todos os Santos, Rio Urucu e Ribeirão Marambaia.

### Usos do Solo

No alto curso do Rio Mucuri e sub-bacias dos rios Todos os Santos e Marambaia estão presentes garimpos de gemas e diamantes. Ainda no alto curso do Rio Mucuri identifica-se as atividades agrícola, pecuária e florestal. As indústrias alimentícias destacam-se no baixo curso do Rio Mucuri e sub-bacias do Rio Todos os Santos.

### Usos da Água

Abastecimento doméstico, dessedentação de animais, irrigação, pesca e recreação de contato primário.

Figura 36 - BACIAS DO RIOS PARDO, JEQUITINHONHA E MUCURI - UPGRHs PA1, JQ1, JQ2, JQ3 E MU1  
 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS EM 2001



**Legenda**

- Sede Municipal

**BACIAS**

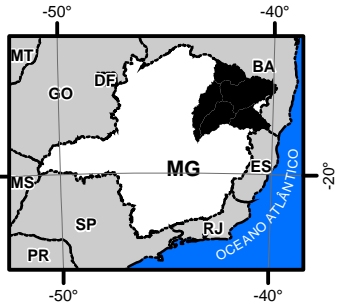
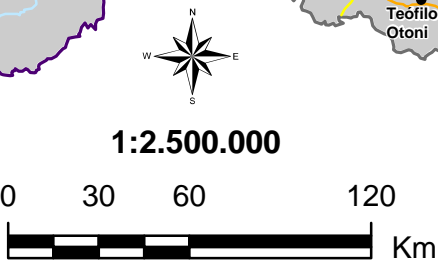
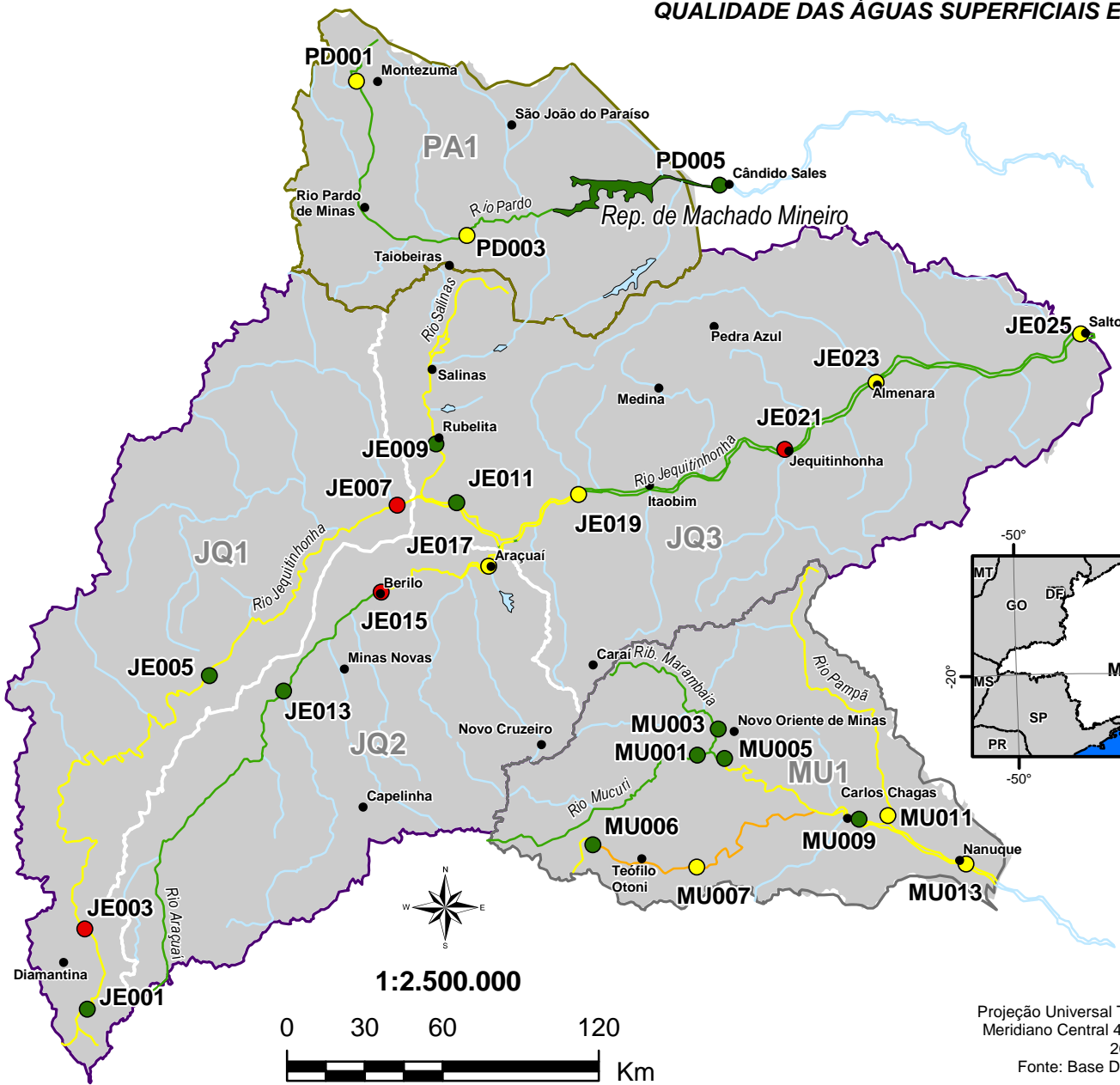
- Bacia do Rio Jequitinhonha
- Bacia do Rio Pardo
- Bacia do Rio Mucuri
- UPGRHs PA1, JQ1, JQ2, JQ3 e MU1

**CONTAMINAÇÃO POR TÓXICOS**

- Baixa
- Média
- Alta

**ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA**

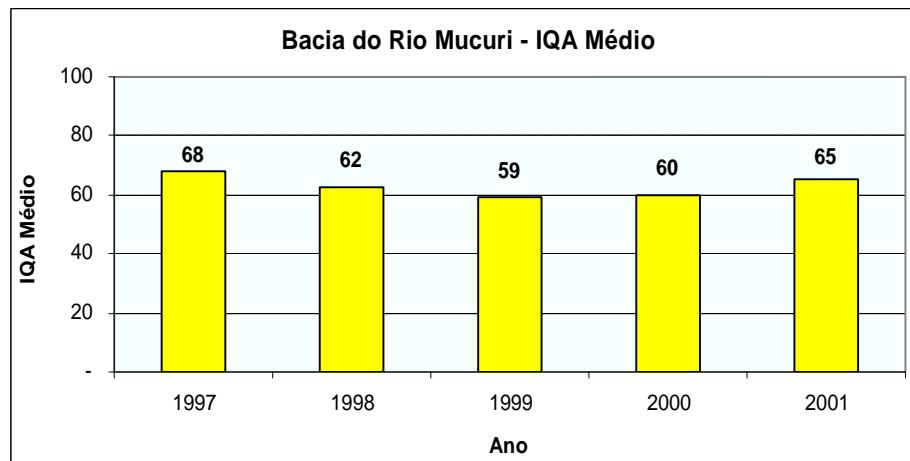
- Sem Estação de Amostragem
- Excelente FAIXA 90 < IQA <= 100
- Bom FAIXA 70 < IQA <= 90
- Médio FAIXA 50 < IQA <= 70
- Ruim FAIXA 25 < IQA <= 50
- Muito Ruim FAIXA 00 < IQA <= 25



Projeção Universal Transversa de Mercator  
 Meridiano Central 45° W - Datum SAD69  
 2002  
 Fonte: Base Digital GeoMINAS



### Evolução Temporal do IQA Médio na Bacia do Rio Mucuri



## 8. Considerações e discussão dos Resultados de 2001

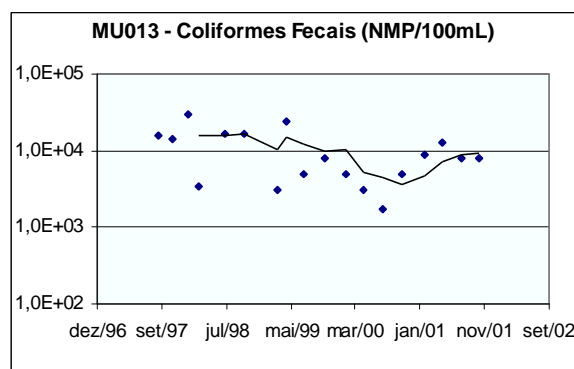
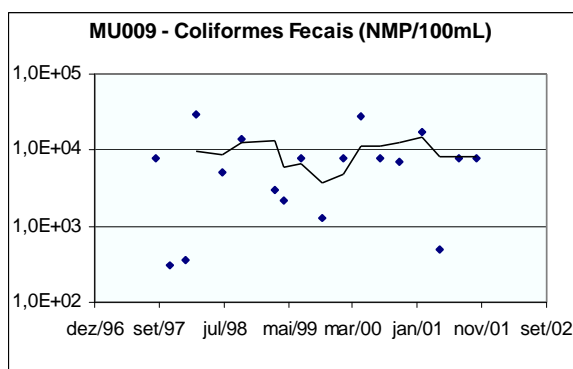
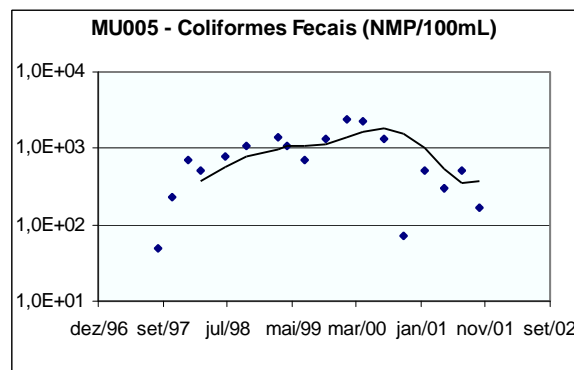
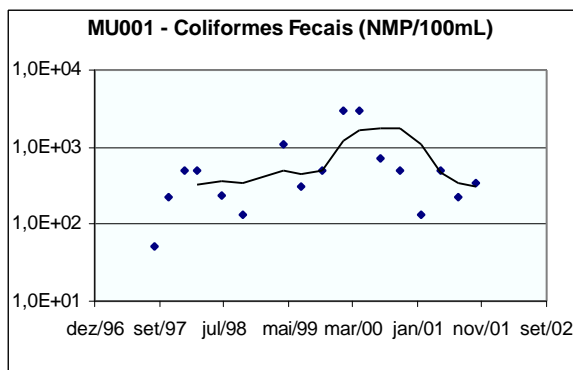
### *Rio Mucuri*

#### UPGRH MU1

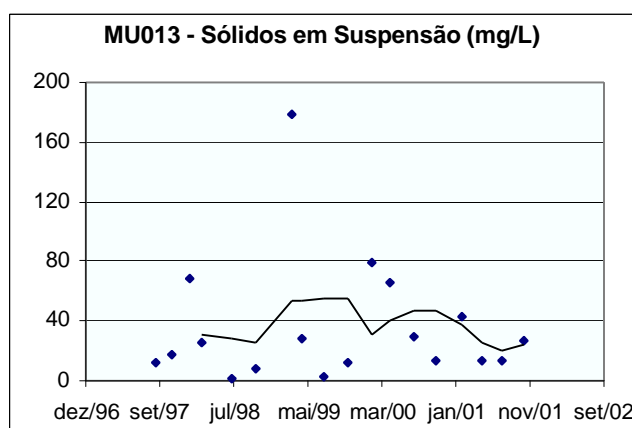
**Estações de Amostragem:** MU001, MU005, MU009 e MU013

O Índice de Qualidade das Águas apontou uma pequena melhoria no ano 2001, quando comparado ao ano anterior, nos trechos do Rio Mucuri a montante (MU001) e a jusante da foz do Ribeirão Marambaia (MU005) que registraram índice de qualidade bom. No Rio Mucuri a jusante da cidade de Carlos Chagas (MU009) e a jusante de Nanuque (MU013) foram observados índices de qualidade médio. Esta condição está associada principalmente à contaminação por coliformes fecais provenientes dos esgotos domésticos das cidades de Nanuque e Carlos Chagas.

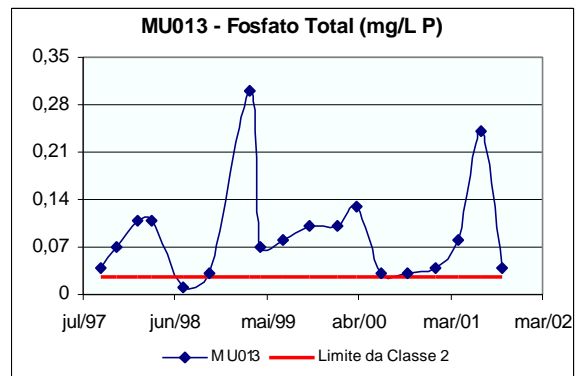
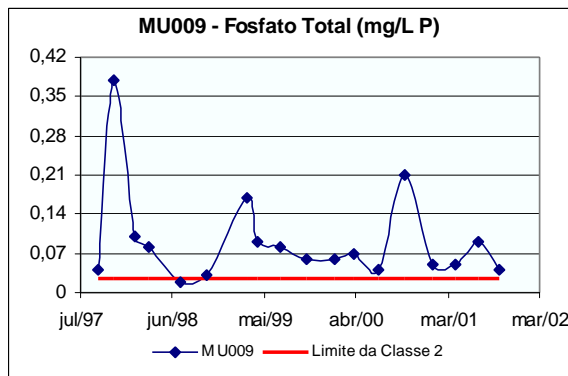
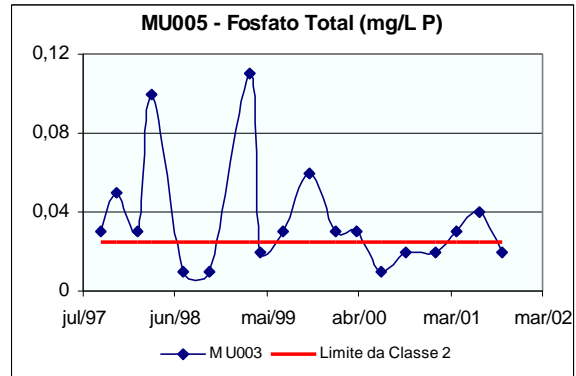
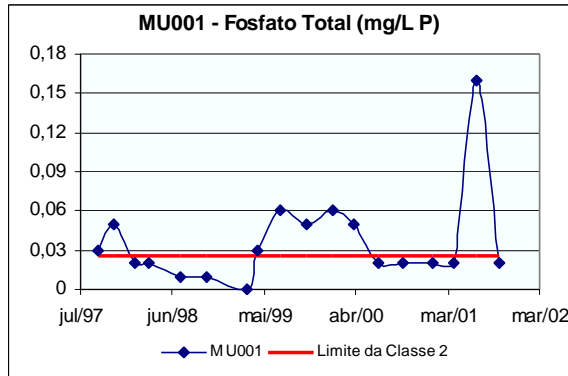
As águas do Rio Mucuri a jusante (MU001) e a montante da foz do Ribeirão Marambaia (MU005) apresentaram uma diminuição na contagem de coliformes fecais nas campanhas de 2001, enquanto no Rio Mucuri a jusante da cidade de Carlos Chagas (MU009) e a jusante da cidade de Nanuque (MU013) observou-se respectivamente uma estabilização e um aumento dos coliformes fecais.



Os resultados de sólidos em suspensão indicaram uma pequena elevação da carga de materiais em suspensão no ponto situado no Rio Mucuri a jusante da cidade de Nanuque (MU013) na coleta realizada no período chuvoso (4ª campanha), decorrente da poluição difusa referente as atividades minerárias, desenvolvidas no município de Nanuque e ao manejo inadequado do solo.

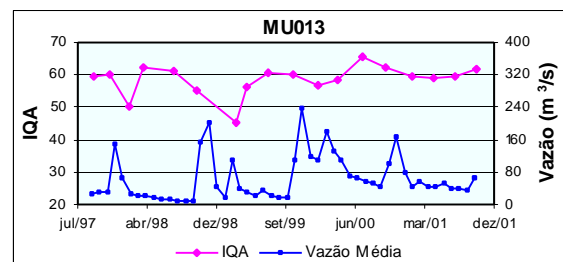
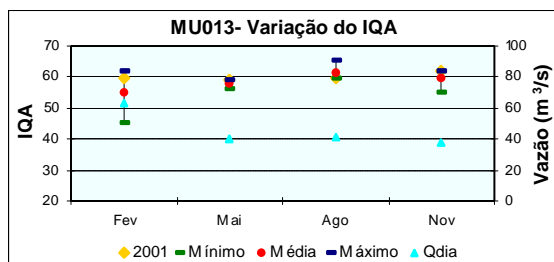
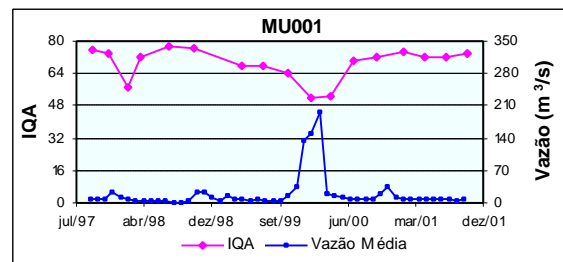
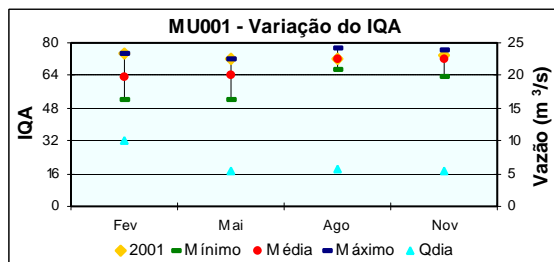


A concentração de fosfato total apresentou-se acima do limite estabelecido na legislação em todos os pontos de amostragem do Rio Mucuri, em pelo menos uma das campanhas do ano 2001.

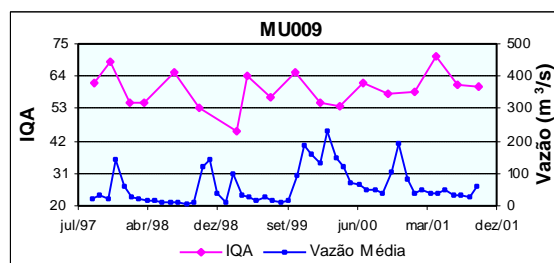
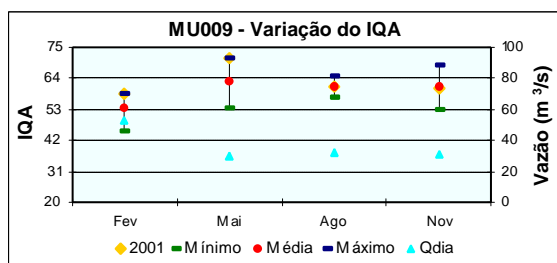
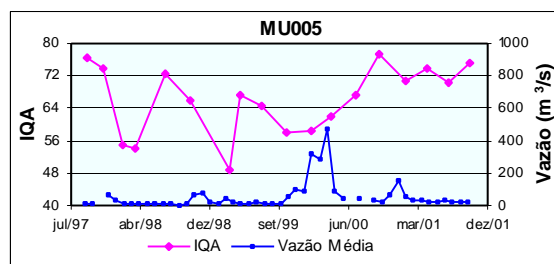
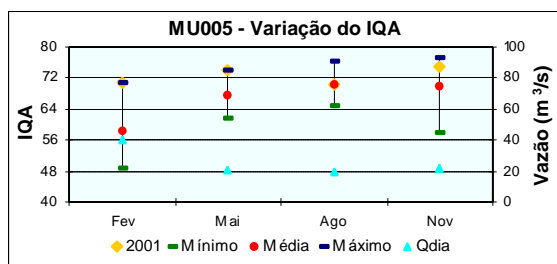


A condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos apresentaram-se dentro da normalidade. Os resultados de turbidez e cor, da mesma forma, apresentaram valores relativamente baixos, ao longo do curso da bacia.

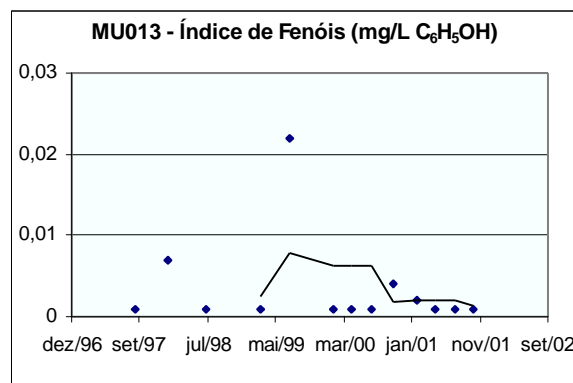
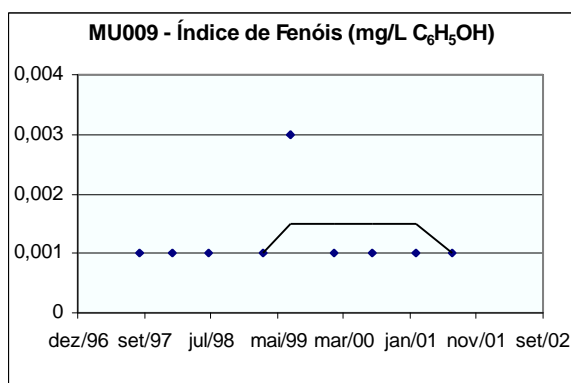
Observou-se pouca variação no índice de qualidade das águas no Rio Mucuri a montante da foz do Ribeirão Marambaia (MU001) e no Rio Mucuri a jusante da cidade de Nanuque (MU013), pois praticamente não houve variação na vazão.

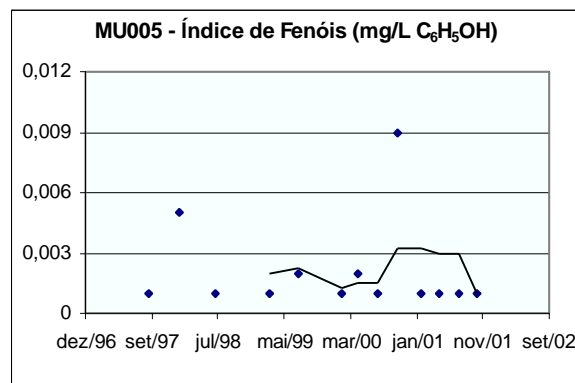
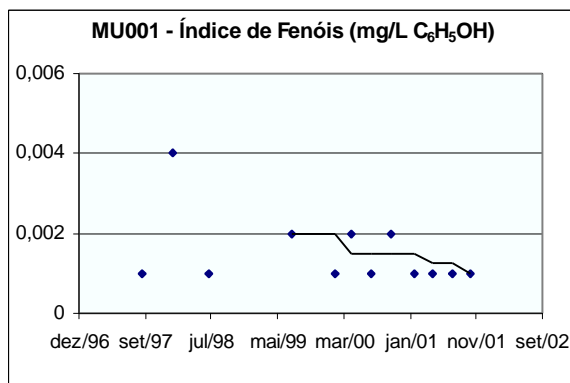


No Rio Mucuri a jusante da foz do Ribeirão Marambaia (MU005) e a jusante de Carlos Chagas (MU009) verificou-se melhoria no índice de qualidade das águas na segunda campanha de 2001 apesar de não se observar alterações na vazão.



A Contaminação por Tóxicos média ocorreu devido ao índice de fenóis, no trecho a jusante da cidade de Nanuque (MU013), que apresentou níveis médios. Verificou-se uma diminuição significativa deste parâmetro nos pontos de amostragem do Rio Mucuri quando comparados aos resultados apresentados nos anos anteriores, sugerindo uma melhoria no quadro geral da bacia.





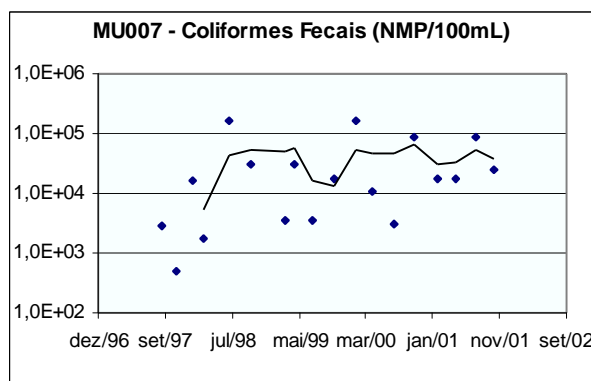
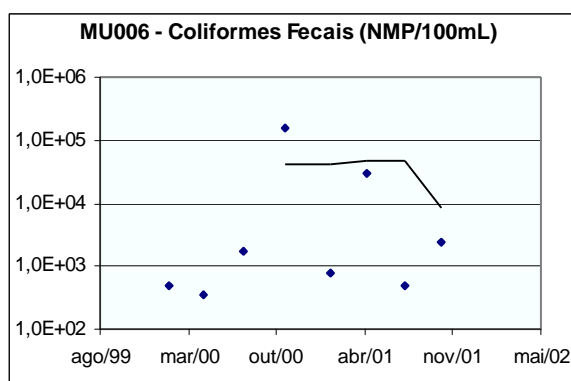
### Rio Todos os Santos

#### UPGRH MU1

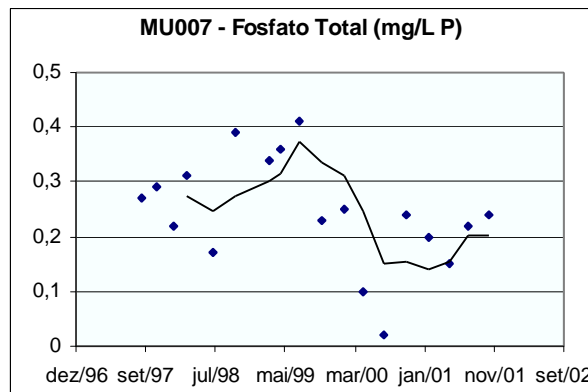
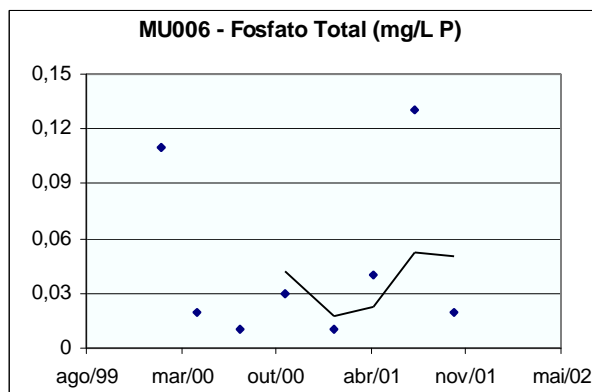
**Estações de Amostragem: MU006 e MU007**

O Índice de Qualidade das Águas apresentou-se médio no Rio Todos os Santos no trecho a montante da cidade de Teófilo Otoni (MU006) e ruim no trecho a jusante da localidade de Pedro Versiani (MU007), provavelmente em função da influência desse núcleo urbano, conforme indicaram os resultados de nutrientes, materiais orgânicos, coliformes fecais e oxigênio dissolvido.

Nas duas estações de amostragem se observou uma pequena diminuição da contagem de coliformes fecais nas campanhas de 2001, porém este parâmetro ainda se encontra acima do limite estabelecido na legislação.

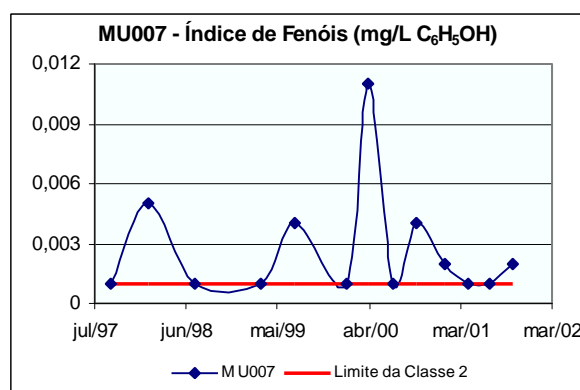
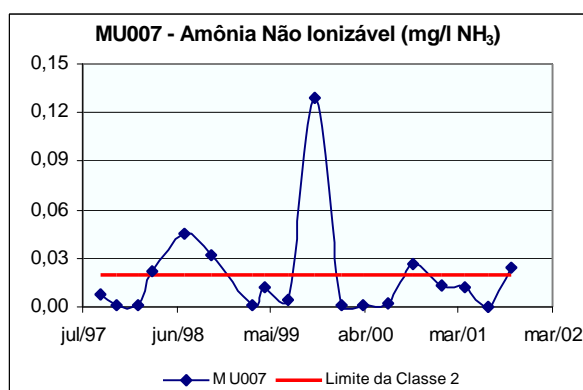


No trecho a jusante da localidade de Pedro Versiani (MU007) observou-se que a concentração de fosfato total apresentou valores acima dos permitidos na legislação destacando-se os maiores índices na bacia do Rio Mucuri.

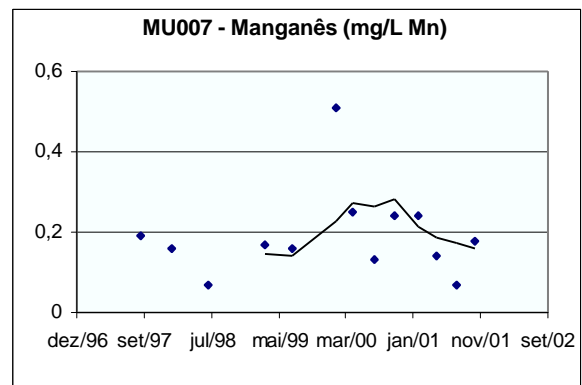
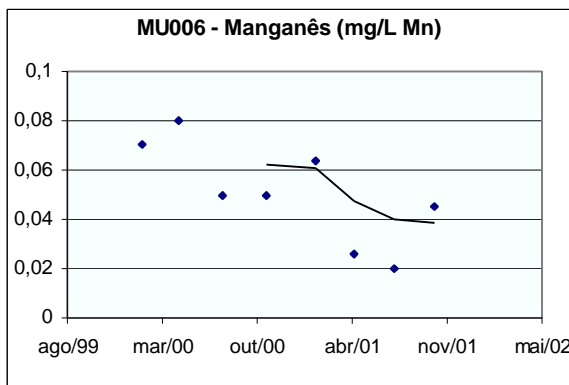
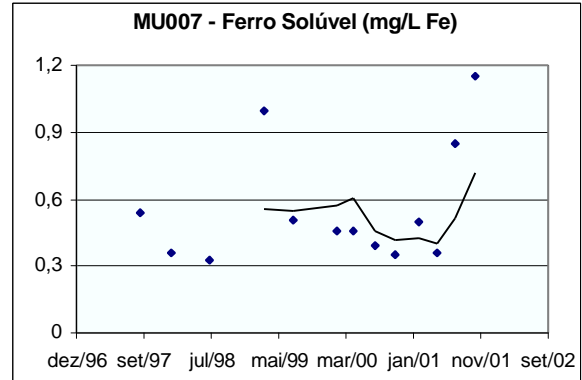
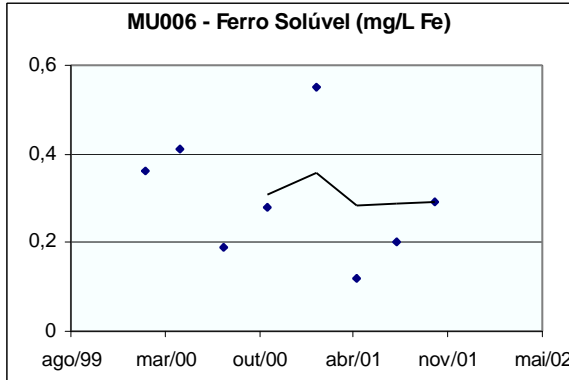


Com relação a contaminação por tóxicos, observou-se uma melhora em relação ao ano 2000 no Rio Todos os Santos, que passou a registrar contaminação baixa a montante de Teófilo Otoni (MU006) e média a jusante da localidade de Pedro Versiani (MU007), visto que no ano anterior apresentaram contaminação alta.

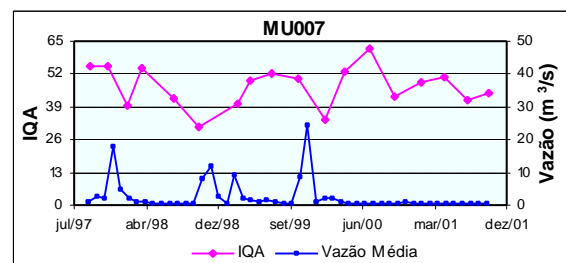
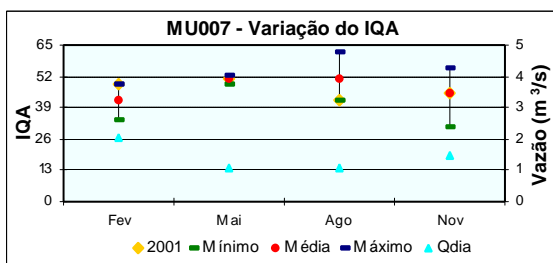
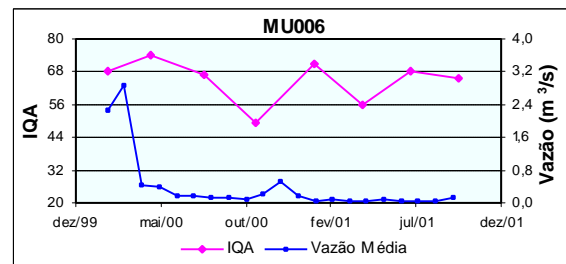
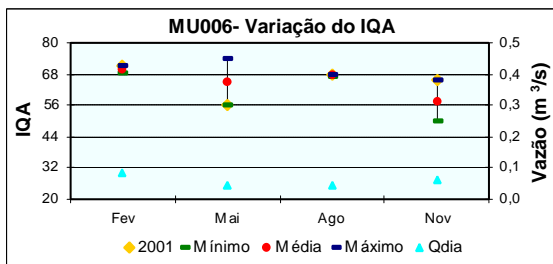
No Rio Todos os Santos a jusante da localidade de Pedro Versiani (MU007) a contaminação por tóxicos média foi decorrente da amônia não ionizável na quarta campanha e índice de fenóis nas primeira e quarta campanhas de 2001 que se apresentaram fora dos limites da legislação. No Rio Todos os Santos a montante da cidade de Teófilo Otoni (MU006) todos os parâmetros tóxicos apresentaram-se conformes.



As concentrações de ferro solúvel e manganês foram registradas com altos níveis nas duas estações, destacando-se a situação mais crítica no trecho a jusante da localidade de Pedro Versiani (MU007), com registros máximos de 1,15mg/L Fe e 0,242mg/L Mn enquanto os valores limites da legislação são 0,3mg/L Fe e 0,1mg/L Mn, em decorrência das atividades minerárias desenvolvidas na cidade de Teófilo Otoni.



No Rio Todos os Santos a montante da cidade de Teófilo Otoni (MU006) e a jusante da localidade de Pedro Versiani (MU007), sobretudo nos anos 2000 e 2001, quase não se observou variação na vazão.



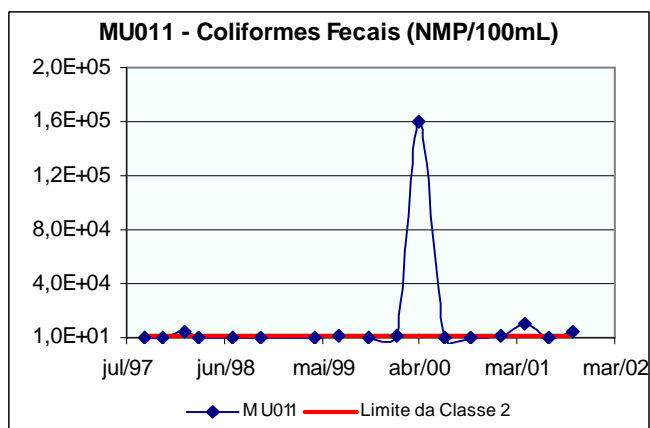
## Rio Pampã

### UPGRH MU1

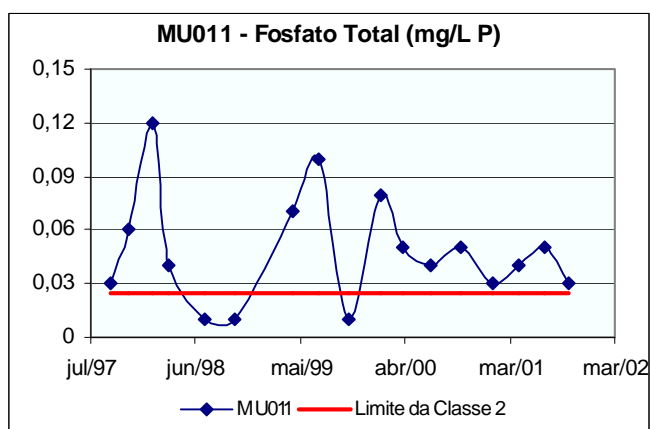
#### Estação de Amostragem: MU011

O Rio Pampã monitorado a montante do Rio Mucuri (MU011) apresentou Índice de Qualidade das Águas médio no ano 2001, sendo que em duas campanhas monitoradas nesse ano (primeira e terceira) verificou-se índice de qualidade bom.

O Rio Pampã, enquadrado como classe 2, apresentou contagem de coliformes Fecais acima do limite estabelecido na legislação, nas segunda e quarta campanhas de 2001.

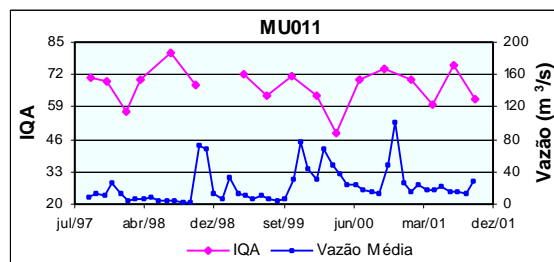
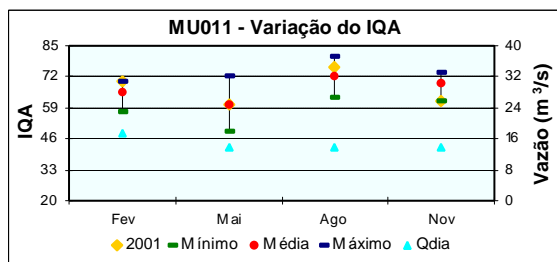


O Fósforo Total também foi responsável pela condição final de qualidade no Rio Pampã, apresentando concentrações acima do valor padrão da legislação nas segunda e terceira campanhas de 2001.

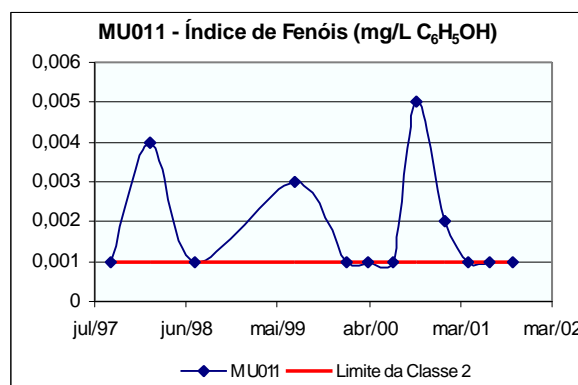
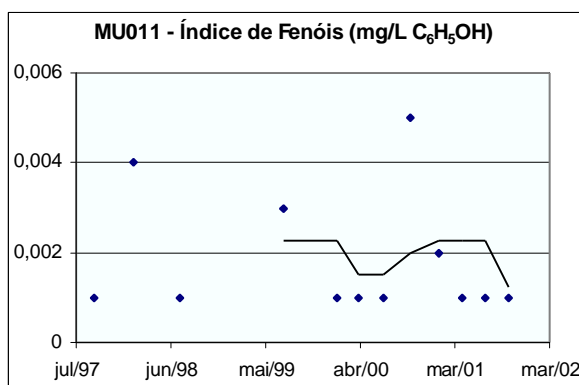


Não foi possível verificar uma correlação direta entre os dados de qualidade e quantidade no Rio Pampã a montante do Rio Mucuri (MU011).





A Contaminação por Tóxicos foi baixa para todos os parâmetros, exceto para o índice de fenóis, na primeira campanha de 2001, resultando em um nível médio final de contaminação por tóxicos nesse curso d'água. Contudo, pode-se verificar redução na concentração de índice de fenóis em 2001 quando comparada aos anos anteriores.

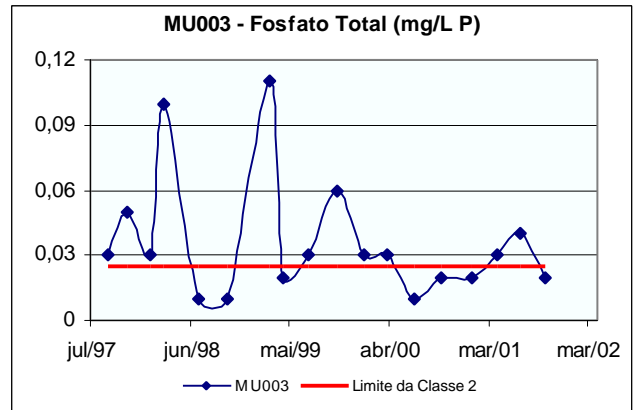
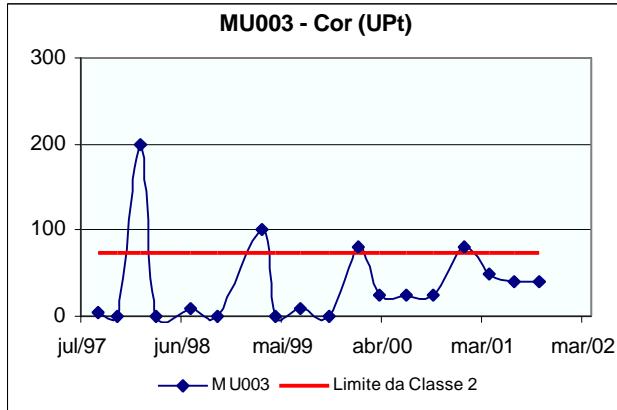


### Ribeirão Marambaia

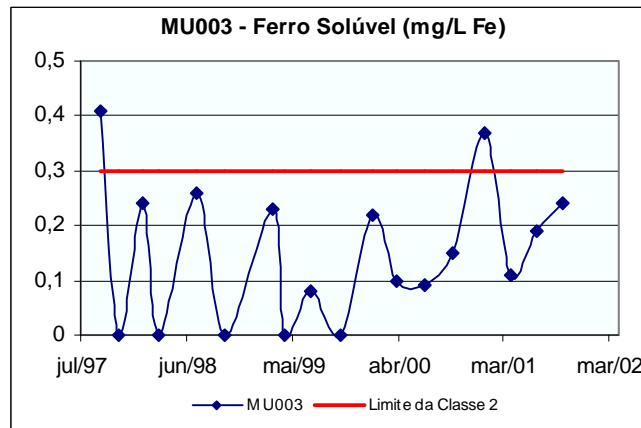
#### UPGRH MU1

#### Estação de Amostragem: MU003

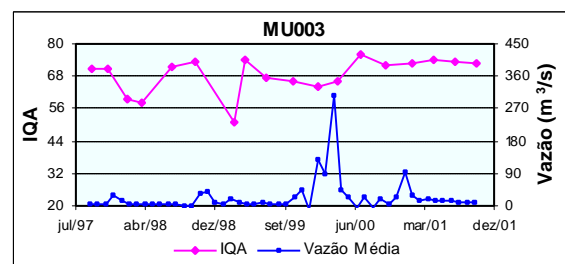
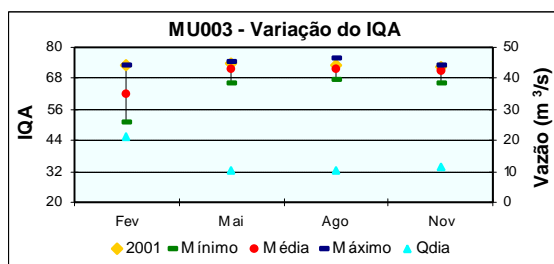
O Ribeirão Marambaia monitorado a montante do Rio Mucuri (MU003) apresentou Índice de Qualidade das Águas bom no ano 2001. Apenas os parâmetros cor, fosfato total e ferro solúvel apresentaram-se acima dos limites estabelecidos na legislação em uma das campanhas do ano 2001.



A Contaminação por Tóxicos no Ribeirão Marambaia foi baixa, apresentando assim uma melhoria em relação ao ano 2000.



Os dados constantes do IQA ao longo do ano 2001 podem estar associados à pouca variação fluviométrica observada no Ribeirão Marambaia a montante do Rio Mucuri (MU003).





Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



### **9. Avaliação Ambiental em 2001**

**BACIA DO RIO MUCURI**  
**Qualidade das Águas – Avaliação Ambiental 2001**

**Curso d'água: Rio Mucuri**

**UPGRH: MU1**

**Estações de amostragem: MU001, MU005, MU009 e MU013**

| FATORES DE PRESSÃO  | INDICADORES DE DEGRADAÇÃO                           | AÇÕES DE CONTROLE  |
|---|---|--|
| Atividades Industriais <ul style="list-style-type: none"> <li>● Alimentícias</li> </ul>             | Coliformes fecais, fosfato total e índice de fenóis | Adequar e/ou regularizar os sistemas de controle ambiental das Indústrias de abate de animais localizadas no município de Carlos Chagas. |
| Atividades de Infra-Estrutura <ul style="list-style-type: none"> <li>● Saneamento básico</li> </ul> | Coliformes fecais, fosfato total e índice de fenóis | Dar seqüência às ações de saneamento, em curso, junto aos municípios de Carlos Chagas e Nanuque  |

**Curso d'água: RioPampã**

**UPGRH: MU1**

**Estações de amostragem: MU011**

| FATORES DE PRESSÃO  | INDICADORES DE DEGRADAÇÃO                            | AÇÕES DE CONTROLE   |
|---|--|---|
| Atividades Industriais <ul style="list-style-type: none"> <li>● Alimentícias</li> </ul>             | Coliformes fecais, fosfato total e índice de fenóis. | Adequar e/ou regularizar os sistemas de controle ambiental das Indústrias de abate de animais localizada no município de Carlos Chagas. |
| Atividades de Infra-Estrutura <ul style="list-style-type: none"> <li>● Saneamento básico</li> </ul> | Coliformes fecais, fosfato total e índice de fenóis  | Dar seqüência às ações de saneamento junto ao município de Carlos Chagas.   |

**BACIA DO RIO MUCURI**  
**Qualidade das Águas – Avaliação Ambiental 2001**

**Curso d'água: Rio Todos os Santos**  
**UPGRH: MU1**  
**Estações de amostragem: MU006 e MU007**

| FATORES DE PRESSÃO   | INDICADORES DE DEGRADAÇÃO  | AÇÕES DE CONTROLE  |
|--|--|--|
| Atividades Industriais <ul style="list-style-type: none"> <li>● Alimentícias</li> <li>● Curtume</li> </ul>   | Coliformes fecais, fosfato total, amônia não ionizável, OD e sólidos em suspensão<br><br>Coliformes totais, amônia não ionizável, OD e sólidos em suspensão. | Adequar e/ou regularizar os sistemas de controle ambiental das Indústrias de Laticínios localizadas no município de Teófilo Otoni.<br><br>Implantar e/ou adequar os sistemas de controle ambiental dos curtumes localizados no município de Teófilo Otoni. |
| Atividades Minerárias <ul style="list-style-type: none"> <li>● Extração de minerais não-metálicos</li> </ul> | Ferro solúvel, manganês e sólidos em suspensão   | Implementar ou adequar os sistemas de controle ambiental das mineradoras localizadas no município de Teófilo Otoni.  |
| Atividades de Infra-Estrutura <ul style="list-style-type: none"> <li>● Saneamento básico</li> </ul>          | Coliformes fecais, fosfato total, amônia não ionizável, OD, ferro solúvel, índice de fenóis e sólidos em suspensão.  | Implementar e dar seqüência às ações de saneamento junto ao município de Teófilo Otoni.  |



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



### **10. Ações de controle decorrentes do monitoramento em 2000**



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## BACIA DO RIO MUCURI

### AÇÕES DE CONTROLE 2000



| MUNICÍPIO     | ATIVIDADE  | AÇÕES APLICADAS  |
|---------------|--|--|
| Teófilo Otoni | Extração de Pedras e Outros Materiais para Construção. | Certificado de Licença de Operação, Certificado de Licença de Instalação e Auto de Fiscalização  |
|               | Saneamento Básico                                      | Acompanhamento pela FEAM do processo de licenciamento ambiental no município de Pedra Azul: Estação de Tratamento de Esgoto – ETE em processo de licenciamento. Houve o envio de um ofício à Prefeitura Municipal de Teófilo Otoni solicitando ações de saneamento básico, relacionadas ao sistema de coleta e tratamento de esgotos sanitários e à Promotoria Pública de Teófilo Otoni solicitando apoio na implementação das ações, pela Prefeitura, relativas ao saneamento básico. |



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas



## 11. BIBLIOGRAFIA

ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Denominações urbanas**. Disponível em <[www.almg.gov.br](http://www.almg.gov.br)>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12649**: caracterização de cargas poluidoras na mineração. Rio de Janeiro, 1992. 30p.

\_\_\_\_\_. **NBR 9897**: planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987. 23p.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE MUNICÍPIOS. **Dados de municípios mineiros**. Disponível em: <[www.ammunicipios.org.br](http://www.ammunicipios.org.br)>.

BRAILE, P.M., CAVALCANTI, J.E.W.A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**: São Paulo: CETESB, 1993. 765p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Significado sanitário dos parâmetros de qualidade selecionados para utilização na rede de monitoramento**. Disponível em: <[www.cetesb.sp.gov.br/informacoesambientais/qualidade\\_dos\\_rios/parâmetros](http://www.cetesb.sp.gov.br/informacoesambientais/qualidade_dos_rios/parâmetros)>.

\_\_\_\_\_. **Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo. Relatórios Ambientais**. São Paulo: CETESB, 1999.391p.

COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS. **Levantamento aerogeofísico do Estado de Minas Gerais**. Disponível em: <[www.comig.com.br/portugues/menu/menuhtml/index.htm](http://www.comig.com.br/portugues/menu/menuhtml/index.htm)>.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Inventário das estações fluviométricas**. Brasília: DNAEE, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Consumo e reservas de minério de ferro**. Disponível em: <[www.dnpm.gov.br/pluger16.html](http://www.dnpm.gov.br/pluger16.html)>. 2002.

\_\_\_\_\_. **Sumário da produção mineral do Brasil em 2000**. Disponível em: <[www.dnpm.gov.br/sm2001.html](http://www.dnpm.gov.br/sm2001.html)>. 2002.

DERÍSIO, C.A. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. São Paulo: CETESB, 1992. 202p.

PATRÍCIO, F.C. **Avaliação da toxicidade do pesticida aldicarbe e duas espécies de peixes de água doce, *Brachydanio rerio* e *Orthospinus franciscensis***. Dissertação de mestrado. Lavras: UFLA, 1998. 76p.

FIGUEIREDO, V.L.S. **Enquadramento das águas da bacia hidrográfica do rio Verde**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 1998. 50p.





Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas



- FIGUEIREDO, V.L.S.; MAZZINI, A.L.A. **Enquadramento das águas da bacia hidrográfica do rio das Velhas**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 1997. 60p.
- FLORENCIO, E. **Enquadramento das águas da bacia hidrográfica do rio Paraibuna**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 1997. 50p
- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Diagnóstico ambiental do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 1983. v. 4 (Série de Publicações Técnicas, 10).
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. **Processos de licenciamento e fiscalização (Sistema FEAM)**. Belo Horizonte, 1989 a 2000.
- \_\_\_\_\_. **Licenciamento ambiental: coletânea de legislação**. Belo Horizonte: FEAM, 1998. 380p. v. 5.(Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios)
- \_\_\_\_\_. **Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais em 1998**. Belo Horizonte: FEAM, 1999. 87p.
- \_\_\_\_\_. **Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais em 1999**. Belo Horizonte: FEAM, 2000. 81p.
- \_\_\_\_\_. **Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais em 2000**. Belo Horizonte: FEAM, 2000. 112p.
- \_\_\_\_\_. **Agenda Marron: Indicadores Ambientais 2002**. Belo Horizonte: FEAM, 2002. 68p.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cartas topográficas**. Rio de Janeiro: IBGE. Escalas de 1:50.000; 1:100.000 e 1:250.000.
- \_\_\_\_\_. **Pesquisa da pecuária municipal**. Minas Gerais: IBGE, 2000.
- \_\_\_\_\_. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais**. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>.
- \_\_\_\_\_. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais 1999**. Perfil dos Municípios Brasileiros. Rio de Janeiro, 2001. 121p.
- \_\_\_\_\_. **Pesquisa Industrial 2000**. Volume 19, número 1, EMPRESA. Rio de Janeiro, 2000.
- \_\_\_\_\_. **Pesquisa Industrial 2000**. Volume 19, número 1, PRODUTO. Rio de Janeiro, 2000.
- \_\_\_\_\_. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000**. Rio de Janeiro, 2002.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Totais de outorgas concedidas por unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos.** Belo Horizonte: 2001. Base de Dados.

\_\_\_\_\_. **Programa de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do rio São Francisco:** avaliação das interferências ambientais da mineração nos recursos hídricos na bacia do Alto rio das Velhas. sub-projeto 1.2. Belo Horizonte: IGAM, 2001. 20p.

KNIE, J. **Proteção ambiental com testes ecotoxicológicos. Experiências com a análise das águas e dos efluentes no Brasil.** Florianópolis, 1998. 14p.

KRENKEL, P.A.; NOVOTNY, V. **Water quality management.** New York: Academic Press, 1980. 671p.

LEÃO, M.M.D. et al. **Desenvolvimento tecnológico para controle ambiental na indústria têxtil/malha de pequeno e médio porte.** Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1998. 204p.

MACÊDO, J. A. B. **Introdução a Química Ambiental;** Química & Meio Ambiente & Sociedade 1ª ed. Juiz de Fora: Jorge Macedo, 2002, 487p.

MACÊDO, J. A. B. **Águas & Águas;** Química & Meio Ambiente & Sociedade 1ª ed. Juiz de Fora: ORTOFARMA, 2000, 505p.

MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental:** metais pesados, mitos, mistificações e fatos. São Paulo: ProduQuímica, 1994. 153p.

MINAS GERAIS. Secretaria do Estado de Ciência e Tecnologia et al, **Diagnóstico ambiental do Vale do Paraopeba.** Belo Horizonte, 1996.

PÁDUA, H. B. **Alcalinidade, condutividade e salinidade em sistemas aquáticos.** Disponível em [www.ccinet.com.br/tucunare/alcalinidade.htm](http://www.ccinet.com.br/tucunare/alcalinidade.htm). Acesso em: 06 ago. 2001.

PÁDUA, H. B. **Dureza total das águas na aquicultura.** Disponível em: [www.ccinet.com.br/tucunare/dureza.htm](http://www.ccinet.com.br/tucunare/dureza.htm). Acesso em: 06 ago. 2001.

PAREY, V.P. **Manuais para gerenciamento de recursos hídricos; relevância de parâmetros de qualidade das águas aplicados a águas correntes.** Paraná: GTZ, Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina, 1993. 227p.

QUEIROZ, J.F.; STRIXINO, S.T.; NASCIMENTO, V.M.C. **Organismos bentônicos bioindicadores da qualidade das águas da bacia do médio São Francisco.** EMBRAPA, 2000. 4p.



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas



Resumo da 1ª versão do relatório "**Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos de Minas Gerais**". Processo de Codificação de Cursos D'água, jun 1999

ROMANELLI, M.C.M.; MACIEL, P. **Enquadramento das águas da bacia hidrográfica do rio Paraopeba**. Belo Horizonte: FEAM, 1996. 50p.

SCHVARTSMAN, S. **Intoxicações agudas**. 4ª ed. São Paulo: UFMG Editora Universitária, 1991.

SHREVE, R.N., BRINK Jr. J.A. **Indústrias de processos químicos**. 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980. 718p.

Von SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. VOL 1, 2 ed. Belo Horizonte: UFMG, 1996. 243p.

STANDART METHODS: for the examination of water and wastewater. 18 ed. Baltimore: APHA, 1992.

SULCOSA – Sulfato de Cobre S.A. **Usos e composição química do sulfato de cobre**. Disponível em: <[www.rcp.net.pe/usr/sulcosa/sulfa.htm](http://www.rcp.net.pe/usr/sulcosa/sulfa.htm)>. Acesso em: 26 jul. 2001.

TEIXEIRA, J.A.O. **Enquadramento das águas da bacia hidrográfica do rio Pará**. Belo Horizonte: FEAM, 1998. 45p

TRAIN, R.E. **Quality criteria for water**. Washington D.C.: Environmental Protection Agency, 1979. 256p.

WHITE, G. F. **Biodegradation of industrial compounds**. Environmental Biochemistry Research Staff. Disponível em: <[www.cf.ac.uk/biosi/research/Biochemistry/staff/gfw.html](http://www.cf.ac.uk/biosi/research/Biochemistry/staff/gfw.html)>. Acesso em: 20 set. 2000.



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

# QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



## ANEXOS



# QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



## **Anexo A** **Municípios Com Sede na Bacia do Rio Mucuri**



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

Qualidade das Águas Superficiais  
no Estado de Minas Gerais em 2001



| UPGRH MU1             |                |                |               |
|-----------------------|----------------|----------------|---------------|
| MUNICIPIO             | POPULAÇÃO      |                |               |
|                       | TOTAL          | URBANA         | RURAL         |
| Águas Formosas        | 17.845         | 12594          | 5.251         |
| Carlos Chagas         | 21.994         | 14.190         | 7.804         |
| Catuji                | 7.332          | 1.574          | 5.758         |
| Crisólita             | 5.298          | 1.478          | 3820          |
| Fronteira dos Vales   | 4.902          | 2.929          | 1.973         |
| Itaipé                | 10.751         | 4.079          | 6672          |
| Ladainha              | 15.832         | 3.983          | 11849         |
| Nanuque               | 41.619         | 37.781         | 3.838         |
| Novo Oriente de Minas | 9.974          | 3.836          | 6.138         |
| Pavão                 | 8.912          | 5.177          | 3.735         |
| Poté                  | 14.780         | 8.201          | 6.579         |
| Serra dos Aimorés     | 8.182          | 6.498          | 1.684         |
| Teófilo Otoni         | 129.424        | 102812         | 26.612        |
| <b>TOTAL</b>          | <b>296.845</b> | <b>205.132</b> | <b>91.713</b> |



# QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



## **Anexo B** **Outorgas Superficiais e Subterrâneas em 2001**

## Outorgas Superficiais e Subterrâneas 2001

### - UPGRHs MU1 -

| Curso d'água                          | Bacia Federal | Bacia Estadual      | Município     | Latitude    | Longitude   | Uso                                   | Vazão (m³/s) | Data       |
|---------------------------------------|---------------|---------------------|---------------|-------------|-------------|---------------------------------------|--------------|------------|
| Córrego Quejeme                       | Rio Mucuri    | Rio Urucu           | Carlos Chagas | 17° 54' 10" | 41° 01' 08" | Abastecimento                         | 0,00500      | 12/01/2001 |
| Córrego do Chifre                     | Rio Mucuri    | Rio Preto           | Itaipé        | 17° 22' 55" | 41° 36' 18" | Irrig                                 | 0,00500      | 07/04/2001 |
| Afluente do Córrego Capitólio pela MD | Rio Mucuri    | Rio Todos os Santos | Teófilo Otoni | 17° 55' 19" | 41° 34' 26" | Irrig                                 | 0,00150      | 15/08/2001 |
| Afluente do Rio Marambaia             | Rio Mucuri    | Rio Marambaia       | Caraí         | 17° 13' 32" | 41° 25' 42" | Irrig                                 | 0,00100      | 28/08/2001 |
| Rio Mucuri do Sul                     | Rio Mucuri    | Rio Mucuri do Sul   | Malacacheta   | 17° 50' 05" | 42° 00' 40" | Irrig                                 | 0,00055      | 24/10/2001 |
| Córrego Cascalho                      | Rio Mucuri    | Rio Marambaia       | Caraí         | 17° 15' 35" | 41° 33' 02" | Cons. Humano,<br>Dess.animais e Irrig | 0,01000      | 22/12/2001 |

Fonte: Divisão de Cadastro e Outorga do IGAM





# QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



## **Anexo C** **Descrição das Estações de amostragem**

**Descrição das Estações de Amostragem  
- UPRHs MU01 -**

| <b>Estação</b> | <b>Descrição</b>  | <b>Latitude</b> |    |    | <b>Longitude</b> |    |    | <b>Altitude (m)</b> |
|----------------|---|-----------------|----|----|------------------|----|----|---------------------|
| MU001          | Rio MUCURI a montante da foz do Rib. Marambaia                | 17              | 29 | 40 | 41               | 18 | 44 | 400                 |
| MU003          | Ribeirão MARAMBAIA próximo de sua foz no Rio Mucuri           | 17              | 24 | 06 | 41               | 14 | 18 | 400                 |
| MU005          | Rio MUCURI a jusante da foz do Rib.Marambaia                  | 17              | 29 | 31 | 41               | 14 | 14 | 300                 |
| MU006          | Rio TODOS OS SANTOS a montante da cidade de Teófilo Otoni     | 17              | 50 | 28 | 41               | 41 | 18 | 700                 |
| MU007          | Rio TODOS OS SANTOS a jusante da localidade de Pedro Versiani | 17              | 52 | 56 | 41               | 18 | 22 | 300                 |
| MU009          | Rio MUCURI a jusante da cidade de Carlos Chagas               | 17              | 42 | 16 | 40               | 43 | 17 | 200                 |
| MU011          | Rio PAMPÁ a montante da foz no Rio Mucuri                     | 17              | 42 | 22 | 40               | 36 | 33 | 200                 |
| MU013          | Rio MUCURI a jusante da cidade de Nanuque                     | 17              | 50 | 10 | 40               | 22 | 26 | 150                 |



# QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



## **Anexo D** **Significado Sanitário dos Parâmetros de Qualidade** **de Água Selecionados**

## I. PARAMETROS FÍSICOS

### Temperatura

A temperatura da água é um fator que influencia a grande maioria dos processos físicos, químicos e biológicos na água, assim como, outros processos como a solubilidade dos gases dissolvidos. Uma elevada temperatura faz diminuir a solubilidade dos gases, por exemplo, o oxigênio dissolvido, além de aumentar a taxa de transferência de gases, o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis.

Os organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferencial em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo. Variações de temperatura são partes do regime climático normal e corpos d'água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical.

### Cor

A cor é originada de forma natural, da decomposição da matéria orgânica, principalmente dos vegetais – ácidos húmicos e fúlvicos, além do ferro e manganês. A origem antropogênica surge dos resíduos industriais e esgotos domésticos. Apesar de ser pouco freqüente a relação entre cor acentuada e risco sanitário nas águas coradas, a cloração da água contendo a matéria orgânica dissolvida responsável pela cor pode gerar produtos potencialmente cancerígenos, dentre eles, os trihalometanos.

### Turbidez

A turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. A alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas.

### Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica da água é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions e pela temperatura. As principais fontes dos sais naturalmente contidos nas águas correntes e de origem antropogênica são: descargas industriais de sais, consumo de sal em residências e no comércio, excreções de sais pelo homem e por animais.

A condutância específica fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade específica da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

### **Alcalinidade**

É a quantidade de íons na água que reagirão para neutralizar os íons hidrogênio. Os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos, carbonatos e os hidróxidos. As origens naturais da alcalinidade são a dissolução de rochas e as reações do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), resultantes da atmosfera ou da decomposição da matéria orgânica, com a água. Além desses, os despejos industriais são responsáveis pela alcalinidade nos cursos d'água. Esta variável deve ser avaliada por ser importante no controle do tratamento de água, estando relacionada com a coagulação, redução de dureza e prevenção da corrosão em tubulações.

### **Dureza**

É a concentração de cátions multimetálicos em solução. Os cátions mais freqüentemente associados à dureza são os cátions divalentes Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>. As principais fontes de dureza são a dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio, exemplificando as rochas calcáreas e os despejos industriais. A ocorrência de determinadas concentrações de dureza causa um sabor desagradável e pode ter efeitos laxativos. Além disso, causa incrustação nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores, em função da maior precipitação nas temperaturas elevadas.

### **Sólidos**

Todas as impurezas da água, com exceção dos gases dissolvidos contribuem para a carga de sólidos presentes nos corpos d'água. Os sólidos podem ser classificados de acordo com seu tamanho e características químicas. Os sólidos em suspensão, contidos em uma amostra de água, apresentam, em função do método analítico escolhido, características diferentes e, conseqüentemente, têm designações distintas.

A unidade de medição normal para o teor em sólidos não dissolvidos é o peso dos sólidos filtráveis, expresso em mg/L de matéria seca. Dos sólidos filtrados pode ser determinado o resíduo calcinado (em % de matéria seca), que é considerado uma medida da parcela da matéria mineral. O restante indica, como matéria volátil, a parcela de sólidos orgânicos.

Dentro dos sólidos filtráveis encontram-se, além de uma parcela de sólidos turvos, também os seguintes tipos de sólidos/substâncias não dissolvidos: Sólidos flutuantes, que em determinadas condições estão boiando, e são determinados, através de aparelhos adequados, em forma de peso ou volume; sólidos sedimentáveis, que em determinadas condições afundam. Neste caso, o resultado é anotado preferencialmente como volume (mL/L) acrescentado pelo tempo de



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



formação; sólidos não sedimentáveis, que não dão sujeitos nem à flotação, nem à sedimentação.

## II. PARÂMETROS QUÍMICOS

### Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH define o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução. Os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e, em consequência, alterações bruscas do pH de uma água pode acarretar no desaparecimento dos seres presentes na mesma. Os valores fora das faixas recomendadas podem alterar o sabor da água e contribuir para corrosão do sistema de distribuição de água, ocorrendo assim, uma possível extração do ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio, e dificultar a descontaminação das águas.

### Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução de sua concentração no meio. Através da medição do teor de oxigênio dissolvido, os efeitos de resíduos oxidáveis sobre águas receptoras e a eficiência do tratamento dos esgotos, durante a oxidação bioquímica, podem ser avaliados. Os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade de um corpo d'água natural manter a vida aquática.

### Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

É definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbicas, isto é, avalia a quantidade de oxigênio dissolvido, em mg/L, que será consumida pelos organismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20° C é freqüentemente usado e referido como DBO<sub>5,20</sub>.

Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da micro-flora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis e ainda, pode obstruir os filtros de areia utilizadas nas estações de tratamento de água.



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



### **Demanda Química de Oxigênio (DQO)**

É a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica através de um agente químico. Os valores da DQO normalmente são maiores que os da DBO, sendo o teste realizado num prazo menor e em primeiro lugar, orientando o teste da DBO. A análise da DQO é útil para detectar a presença de substâncias resistentes a degradação biológica. O aumento da concentração da DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem industrial.

### **Nitrogênio Nitrato**

É a principal forma de nitrogênio encontrada nas águas. Concentrações de nitratos superiores a 5mg/L demonstram condições sanitárias inadequadas, pois a principal fonte de nitrogênio nitrato são dejetos humanos e animais. Os nitratos estimulam o desenvolvimento de plantas, sendo que organismos aquáticos, como algas, florescem na presença destes e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagero, processo denominado de eutrofização.

### **Nitrogênio Nitrito**

É uma forma química do nitrogênio normalmente encontrada em quantidades diminutas nas águas superficiais, pois o nitrito é instável na presença do oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária. O íon nitrito pode ser utilizado pelas plantas como uma fonte de nitrogênio. A presença de nitritos em água indica processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica.

### **Nitrogênio Amoniacal (amônia)**

É uma substância tóxica não persistente e não cumulativa e, sua concentração, que normalmente é baixa, não causa nenhum dano fisiológico aos seres humanos e animais. Grandes quantidades de amônia podem causar sufocamento de peixes.

A concentração total de Nitrogênio é altamente importante considerando-se os aspectos tópicos do corpo d'água. Em grandes quantidades o Nitrogênio contribui como causa da metemoglobinemia (síndrome do bebê azul).

### **Óleos e Graxas**

Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Estas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros. São raramente encontrados em águas naturais, normalmente oriundos de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolina, estradas e vias públicas. Os despejos de origem industrial são os que mais contribuem para o aumento de matérias graxas nos corpos d'água, dentre eles, destacam-se os de refinarias, frigoríficos e indústrias de sabão.



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



A pequena solubilidade dos óleos e graxas constitui um fator negativo no que se refere a sua degradação em unidades de tratamento de despejos por processos biológicos e, quando presentes em mananciais utilizados para abastecimento público, causam problemas no tratamento de água.

A presença de óleos e graxas diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, impedindo dessa forma, a transferência do oxigênio da atmosfera para a água.

Em processo de decomposição a presença dessas substâncias reduz o oxigênio dissolvido elevando a DBO e a DQO, causando alteração no ecossistema aquático. Na legislação brasileira não existe limite estabelecido para esse parâmetro, a recomendação é que os óleos e as graxas sejam virtualmente ausentes para as classes 1, 2 e 3.

### **Fósforo Total**

O fósforo é originado naturalmente da dissolução de compostos do solo e da decomposição da matéria orgânica. A origem antropogênica é oriunda dos despejos domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes. A presença de fósforo nos corpos d'água desencadeia o desenvolvimento de algas ou outras plantas aquáticas desagradáveis, principalmente em reservatórios ou águas paradas, podendo conduzir ao processo de eutrofização.

### **Cádmio (Cd)**

O cádmio possui uma grande mobilidade em ambientes aquáticos, é bioacumulativo e persistente no ambiente, acumula em organismos aquáticos, possibilitando sua entrada na cadeia alimentar. Está presente em águas doces em concentrações traços, geralmente inferiores a 1 µg/L. Pode ser liberado para o ambiente através da queima de combustíveis fósseis e também é utilizado na produção de pigmentos, baterias, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes, acessórios fotográficos, praguicidas etc.

É um subproduto da mineração do zinco. O elemento e seus compostos são considerados potencialmente carcinogênicos e pode ser fator para vários processos patológicos no homem, incluindo disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose, doenças crônicas em idosos e câncer.

### **Bário (Ba)**

Em geral ocorre nas águas naturais em baixas concentrações, variando de 0,7 a 900 µg/L. É normalmente utilizado nos processos de produção de pigmentos, fogos de artifício, vidros e praguicidas. A ingestão de bário, em doses superiores às permitidas, pode causar desde um aumento transitório da pressão sanguínea, por vasoconstrição, até sérios efeitos tóxicos sobre o coração.





Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## Chumbo (Pb)

# QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



Em sistemas aquáticos, o comportamento de compostos de chumbo é determinado principalmente pela hidrossolubilidade. Concentrações de chumbo acima de 0,1mg/L inibem a oxidação bioquímica de substâncias orgânicas, e são prejudiciais para os organismos aquáticos inferiores. Concentrações de chumbo entre 0,2 e 0,5mg/L empobrecem a fauna, e a partir de 0,5mg/L a nitrificação é inibida na água.

A queima de combustíveis fósseis é uma das principais fontes, além da sua utilização como aditivo anti-impacto na gasolina. O chumbo é uma substância tóxica cumulativa. Uma intoxicação crônica por este metal pode levar a uma doença denominada saturnismo, que ocorre na maioria das vezes, em trabalhadores expostos ocupacionalmente. Outros sintomas de uma exposição crônica ao chumbo, quando o efeito ocorre no sistema nervoso central, são: tontura, irritabilidade, dor de cabeça, perda de memória, entre outros. Quando o efeito ocorre no sistema periférico o sintoma é a deficiência dos músculos extensores. A toxicidade do chumbo, quando aguda, é caracterizada pela sede intensa, sabor metálico, inflamação gastro-intestinal, vômitos e diarreias.

## Cobre (Cu)

As fontes de cobre para o meio ambiente incluem corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir de usos agrícolas do cobre como fungicida e pesticida no tratamento de solos e efluentes, além de precipitação atmosférica de fontes industriais.

As principais fontes industriais são as indústrias de mineração, fundição, refinaria de petróleo e têxtil. No homem, a injeção de doses excessivamente altas pode acarretar em irritação e corrosão da mucosa, danos capilares generalizados, problemas hepáticos e renais e irritação do sistema nervoso central seguido de depressão.

## Cromo (Cr)

O cromo está presente nas águas nas formas tri e hexavalente. Na forma trivalente o cromo é essencial ao metabolismo humano e, sua carência, causa doenças. Já na forma hexavalente é tóxico e cancerígeno, sendo assim, os limites máximos estabelecidos basicamente em função do cromo hexavalente. Os organismos aquáticos inferiores podem ser prejudicados por concentrações de cromo acima de 0,1mg/L, enquanto o crescimento de algas já está sendo inibido no âmbito de concentrações de cromo entre 0,03 e 0,032mg/L.

O cromo, como outros metais, acumula-se nos sedimentos. É comumente utilizado em aplicações industriais e domésticas, como na produção de alumínio anodizado, aço inoxidável, tintas, pigmentos, explosivos, papel e fotografia.



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## Níquel (Ni)

# QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



A maior contribuição para o meio ambiente, através da atividade humana, é a queima de combustíveis fósseis. Além disso, as principais fontes são as atividades de mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, indústrias de eletrodeposição e, como fontes secundárias, a fabricação de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes e sorvetes aromatizados. Doses elevadas de níquel podem causar dermatites nos indivíduos mais sensíveis e a fetar nervos cardíacos e respiratórios. O níquel acumula-se no sedimento, em musgos e plantas aquáticas superiores.

## Mercúrio (Hg)

Entre as fontes antropogênicas de mercúrio no meio aquático destacam-se as indústrias cloro-álcali de células de mercúrio, vários processos de mineração e fundição, efluentes de estações de tratamento de esgotos, fabricação de certos produtos odontológicos e farmacêuticos, indústrias de tintas, dentre outras.

O mercúrio prejudica o poder de autodepuração das águas a partir de uma concentração de apenas 18 µg/L. Este pode ser adsorvido em sedimentos e em sólidos em suspensão. O metabolismo microbiano é perturbado pelo mercúrio através de inibição enzimática. Alguns microrganismos são capazes de metilar compostos inorgânicos de mercúrio, aumentando assim sua toxicidade.

O peixe é um dos maiores contribuintes para a carga de mercúrio no corpo humano, sendo que o mercúrio mostra-se mais tóxico na forma de compostos organometálicos. A intoxicação aguda pelo mercúrio, no homem, é caracterizada por náuseas, vômitos, dores abdominais, diarreia, danos nos ossos e morte. A intoxicação crônica afeta glândulas salivares, rins e altera as funções psicológicas e psicomotoras.

## Zinco (Zn)

O zinco é oriundo de processos naturais e antropogênicos, dentre os quais destacam-se a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, siderurgias, cimento, concreto, cal e gesso, indústrias têxteis, termoelétricas e produção de vapor, além dos efluentes domésticos. Alguns compostos orgânicos de zinco são aplicados como pesticidas. O zinco, por ser um elemento essencial para o ser humano, só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito altas, levando às perturbações do trato gastrointestinal.

## Fenóis

Os fenóis são compostos orgânicos, oriundos, nos corpos d'água, principalmente dos despejos industriais. São compostos tóxicos aos organismos aquáticos, em concentrações bastante baixas, e afetam o sabor dos peixes e a aceitabilidade das



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



águas. Para os organismos vivos, os compostos fenólicos são tóxicos protoplasmáticos, apresentando a propriedade de combinar-se com as proteínas teciduais. O contato com a pele provoca lesões irritativas e após ingestão podem ocorrer lesões cáusticas na boca, faringe, esôfago e estômago, manifestadas por dores intensas, náuseas, vômitos e diarreias, podendo ser fatal. Após absorção, tem ação lesiva sobre o sistema nervoso podendo ocasionar cefaléia, paralisias, tremores, convulsões e coma.

### **Ferro (Fe)**

O ferro aparece, normalmente, da dissolução de compostos do solo e dos despejos industriais. O ferro, em quantidade adequada, é essencial ao sistema bioquímico das águas, podendo, em grandes quantidades, se tornar nocivo, dando sabor e cor desagradáveis à água, além de elevar a dureza, tornando-a inadequada ao uso doméstico e industrial.

### **Manganês (Mn)**

É utilizado na fabricação de ligas metálicas e baterias e na indústria química em tintas, vernizes, fogos de artifícios e fertilizantes, entre outros. Sua presença, em quantidades excessivas, é indesejável em mananciais de abastecimento público devido ao seu efeito no sabor, tingimento de instalações sanitárias, aparecimento de manchas nas roupas lavadas e acúmulo de depósitos em sistemas de distribuição. A água potável contaminada com manganês desenvolve a doença denominada manganismo, sintomas similares aos vistos em mineradores de manganês ou trabalhadores de plantas de aço.

### **Cloretos**

As águas naturais, em menor ou maior escala, contém íons resultantes da dissolução de minerais. Os íons cloretos são advindos da dissolução de sais. Um aumento no teor de cloretos na água é indicador de uma possível poluição por esgotos (através de excreção de cloreto pela urina) ou por despejos industriais, e acelera os processos de corrosão em tubulações de aço e de alumínio, além de alterar o sabor da água.

### **Surfactantes**

As substâncias tensoativas reduzem a tensão superficial da água, pois possuem em sua molécula uma parte solúvel e outra não solúvel na água. A constituição dos detergentes sintéticos tem como princípio ativo o denominado “surfactante” e algumas substâncias denominadas de coadjuvantes, como o fosfato. O principal inconveniente dos detergentes na água se relaciona aos fatores estéticos, devido à formação de espumas em ambientes aeróbios.



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## **Sódio (Na)**

# QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



O sódio pode provir, principalmente, de esgotos, fertilizantes, indústrias de papel e celulose. É comumente medido onde a água é utilizada para beber ou para agricultura, particularmente na irrigação.

## **Potássio (K)**

O potássio é encontrado em baixas concentrações nas águas naturais já que rochas que contêm potássio são relativamente resistentes às ações do tempo. Entretanto, sais de potássio são largamente usados na indústria e em fertilizantes para agricultura e entra nas águas doces com descargas industriais e lixiviação das terras agrícolas. O potássio é usualmente encontrado na forma iônica e os sais são altamente solúveis.

## **Cianetos (CN)**

Os cianetos são os sais do hidrácido cianídrico (ácido prússico, HCN) podendo ocorrer na água em forma de ânion ( $\text{CN}^-$ ) ou de cianeto de hidrogênio (HCN). Em valores neutros de pH prevalece o cianeto de hidrogênio.

Cianetos têm um efeito muito tóxico sobre microorganismos. Uma diferenciação analítica entre cianetos livres e complexos é imprescindível, visto que a toxicidade do cianeto livre é muito maior.

Os cianetos são utilizados na indústria galvânica, no processamento de minérios (lixiviação de cianeto) e na indústria química. São também aplicados em pigmentos e praguicidas. Podem chegar às águas superficiais através dos efluentes das indústrias galvânicas, de têmpera, de coque, de gás e de fundições.

## **Alumínio (Al)**

O alumínio é o principal constituinte de um grande número de componentes atmosféricos, particularmente de poeira derivada de solos e partículas originadas da combustão de carvão. Na água, o alumínio é complexado e influenciado pelo pH, temperatura e a presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes.

O alumínio é pouco solúvel em pH entre 5,5 e 6,0, devendo apresentar maiores concentrações em profundidade, onde o pH é menor e pode ocorrer anaerobiose. O aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez.

Outro aspecto chave da química do alumínio é sua dissolução no solo para neutralizar a entrada de ácidos com as chuvas ácidas. Nesta forma, ele é extremamente tóxico à vegetação e pode ser escoado para os corpos d'água.



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



A principal via de exposição humana não ocupacional é pela ingestão de alimentos e água. O acúmulo de alumínio no homem tem sido associado ao aumento de casos de demência senil do tipo Alzheimer. Não há indicação de carcinogenicidade para o alumínio.

### **Sulfetos**

Os sulfetos são combinações de metais, não metais, complexos e radicais orgânicos ou eles são os sais e ésteres do ácido sulfídrico ( $H_2S$ ), respectivamente. A maioria dos sulfetos metálicos de uso comercial são de origem vulcânica. Sulfetos metálicos têm importante papel na química analítica para a identificação de metais. Sulfetos inorgânicos encontram aplicações como pigmentos e substâncias luminescentes. Sulfetos orgânicos e disulfetos são amplamente distribuídos no reino animal e vegetal. Sulfetos orgânicos são aplicados industrialmente como protetores de radiação e queratolítica.

Os íons de sulfeto presentes na água podem precipitar na forma de sulfetos metálicos em condições anaeróbicas e na presença de determinados íons metálicos.

### **Magnésio (Mg)**

O magnésio é um elemento essencial para a vida animal e vegetal. A atividade fotossintética da maior parte das plantas é baseada na absorção da energia da luz solar, para transformar água e dióxido de carbono em hidratos de carbono e oxigênio. Esta reação só é possível devido à presença de clorofila, cujos pigmentos contêm um composto rico em magnésio.

A falta de magnésio no corpo humano, pode provocar diarreia ou vômitos bem como hiperirritabilidade ou uma ligeira calcificação nos tecidos. O excesso de magnésio é prontamente eliminado pelo corpo.

Entre outras aplicações dos seus compostos salientam-se a utilização do óxido de magnésio na fabricação de materiais refratários e nas indústrias de borracha, fertilizantes e plásticos, o uso do hidróxido em medicina como antiácido e laxante, do carbonato básico como material isolante em caldeiras e tubagens e ainda nas indústrias de cosméticos e farmacêutica. Por último os sulfatos (sais de Epsom) são usados como laxantes, fertilizantes para solos empobrecidos em magnésio e ainda nas indústrias têxtil e papelaria; e o cloreto é usado na obtenção do metal, na indústria têxtil e na fabricação de colas e cimentos especiais.

As aplicações do metal são múltiplas, como a construção mecânica, sobretudo nas indústrias aeronáutica e automóvel, quer como metal puro, quer sob a forma de ligas com alumínio e zinco, ou com metais menos frequentes, como o zircônio, o tório, os lantanídeos e outros.



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## **Boro (B)**

# QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



O boro é muito reativo de forma que é dificultada a sua ocorrência no estado livre. Contudo, pode-se encontrá-lo combinado em diversos minerais.

O boro, na sua forma combinada de bórax ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) é utilizado desde tempos imemoriais. O bórax é usado como matéria-prima na produção de vidro de borossilicato, resistente ao calor, para usos domésticos e laboratoriais, familiarmente conhecido pela marca registrada Pirex; bem como na preparação de outros compostos de boro.

O boro elementar é duro e quebradiço, como o vidro, e portanto tem aplicações semelhantes a este. Pode ser adicionado a metais puros, ligas ou outros sólidos, para aumentar a sua resistência plástica, aumentando, assim, a rigidez do material.

O boro elementar não é significativamente tóxico, não podendo ser classificado como veneno; no entanto, quando em pó muito fino, é duro e abrasivo, podendo causar indiretamente problemas de pele, se esta for esfregada depois de estar em contato com ele.

Parecem ser indispensáveis pequenas quantidades de boro para o crescimento das plantas, mas em grandes quantidades é tóxico. O boro acumulado no corpo através da absorção, ingestão ou inalação dos seus compostos, atua sobre o sistema nervoso central, causando hipotensão, vômitos e diarreia e, em casos extremos, coma.

## **Arsênio (As)**

Devido às suas propriedades semi-metálicas, o arsênio é utilizado em metalurgia como um metal aditivo. A adição de cerca de 2% de arsênio ao chumbo permite melhorar a sua esfericidade, enquanto 3% de arsênio numa liga à base de chumbo melhora as propriedades mecânicas e otimiza o seu comportamento a elevadas temperaturas. Pode também ser adicionado em pequenas quantidades às grelhas de chumbo das baterias para aumentar a sua rigidez.

O arsênio, quando muito puro, é utilizado na tecnologia de semicondutores, para preparar arsenieto de gálio. Este composto utiliza-se na fabricação de diodos, LEDs, transistores e lasers. O arsenieto de índio é usado em detetores de infravermelho e em aplicações de efeito de Hall.

A toxicidade do arsênio depende do seu estado químico. Enquanto o arsênio metálico e o sulfureto de arsênio são praticamente inertes, o gás  $\text{AsH}_3$  é extremamente tóxico. De um modo geral, os compostos de arsênio são perigosos, principalmente devido aos seus efeitos irritantes na pele. A toxicidade destes compostos é principalmente devida à ingestão e não à inalação embora deva haver cuidados de ventilação em ambientes industriais que usem compostos de arsênio.



Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



### **Selênio (Se)**

É um elemento raro que tem a particularidade de possuir um odor pronunciado bastante desagradável e que ocorre no estado nativo juntamente com o enxofre ou sob a forma de selenietos em certos minerais.

As principais fontes de selênio são, todavia, os minérios de cobre, dos quais o selênio é recuperado como subproduto nos processos de refinação eletrolítica. Os maiores produtores mundiais são os E.U.A., o Canadá, a Suécia, a Bélgica, o Japão e o Peru.

O selênio e os seus compostos encontram largo uso nos processos de reprodução xerográfica, na indústria vidreira (selenieto de cádmio, para produzir cor vermelho-rubi), como desgaseificante na indústria metalúrgica, como agente de vulcanização, como oxidante em certas reações e como catalisador.

O selênio elementar é relativamente pouco tóxico. No entanto, alguns dos seus compostos são extremamente perigosos. A exposição a vapores que contenham selênio pode provocar irritações dos olhos, nariz e garganta. A inalação desses vapores pode ser muito perigosa devido à sua elevada toxicidade.

## **II. PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS**

### **Coliformes Totais**

O grupo de coliformes totais constitui-se em um grande grupo de bactérias que tem sido isoladas de amostras de águas e solos poluídos e não poluídos, bem como de fezes de seres humanos e outros animais de sangue quente.

### **Coliformes Fecais**

Segundo a Portaria 36 do Ministério da Saúde, os coliformes são definidos como todos os bacilos gram-negativos, aeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativa capazes de crescer na presença de sais biliares ou outros compostos ativos de superfície (surfactantes) com propriedades similares de inibição de crescimento e que fermentam a lactose com produção de aldeído, e gás a 35 °C, em 24-48 horas.

As bactérias do grupo coliforme são uns dos principais indicadores de contaminações fecais, originadas do trato intestinal humano e outros animais. Essas bactérias reproduzem ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar o açúcar. A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratífóide, desintéria bacilar e cólera.

## **Estreptococos Fecais**

Os estreptococos fecais incluem várias espécies ou variedades de estreptococos, tendo no intestino de seres humanos e outros animais de sangue quente, o seu habitat usual. A presença destas bactérias pode indicar a presença de organismos patogênicos na água, causadores de doenças. Estas bactérias não conseguem se multiplicar em águas poluídas, sendo sua presença indicativa de contaminação fecal recente.

A partir de relações conhecidas entre os resultados de coliformes fecais e estreptococos fecais pode-se ter uma indicação se o material fecal presente na água é de origem humana ou animal. A relação menor que um indica que os despejos são preponderantemente provenientes de animais domésticos, enquanto que para despejos humanos a se apresenta maior que quatro. Quando a relação se encontra na faixa entre os dois valores a interpretação se torna duvidosa. Contudo, há algumas restrições para a interpretação sugerida:

- O pH da água deve se encontrar entre 4 e 9, para excluir qualquer efeito adverso do mesmo em ambos os grupos de organismo;
- devem ser feitas no mínimo duas contagens em cada amostra;
- para minimizar erros devidos a diferentes taxas de morte das bactérias, as amostras devem ser coletadas a no máximo 24 horas de fluxo a jusante da fonte geradora;
- somente devem ser empregadas contagens de coliformes fecais obtidas a 44°C.

## **III. BIOENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS**

### **Ensaio de toxicidade Crônica**

Com ampla utilização nos países desenvolvidos, e em uso em alguns estados do Brasil, os testes de toxicidade complementam a metodologia tradicionalmente adotada através de padrões de emissão e de qualidade, para controle de poluição das águas, servindo de instrumento à melhor compreensão e fornecimento de respostas às ações que vem sendo empreendidas, no sentido de se reduzir a toxicidade do despejo líquido, de seu efeito sobre o corpo receptor, e em última instância, promover a melhoria da qualidade ambiental.

Os ensaios de toxicidade consistem na determinação do potencial tóxico de um agente químico ou de uma mistura complexa, sendo os efeitos desses poluentes detectados através da resposta de organismos vivos.





Instituto Mineiro de  
Gestão das Águas

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



No ensaio de toxicidade crônico o organismo aquático utilizado é a *Ceriodaphnia dubia*. São utilizadas as denominações Agudo, Crônico e Não Tóxico, para eventual descrição dos efeitos deletérios sobre os organismos aquáticos. O efeito agudo é caracterizado por uma resposta severa e rápida a um estímulo, a qual se manifesta nos organismos aquáticos em tempos relativamente curtos (0 a 96 horas), sendo o efeito morte o mais observado. O efeito crônico caracteriza-se pela resposta a um estímulo que continua por longos períodos de exposição do organismo ao poluente (1/10 do ciclo vital até a totalidade da vida do organismo) e podem ser expressas através de mudanças comportamentais, alterações fisiológicas, genéticas e de reprodução, etc.

Quando da ocorrência de eventos caracterizando efeito agudo ou crônico nas amostras de água coletada, pode-se considerar que os respectivos corpos de água que estão sendo avaliados não apresentam condições adequadas para a manutenção da vida aquática.



# QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2001



## **Anexo E** **Resultados dos Parâmetros e Indicadores de Qualidade** **das Águas em 2001**



**Resultados das Análises Físico-químicas e Bacteriológicas  
- UPRHs MU01 -**

| Variável               | Padrão   |          |          | Unidade                                 | MU001     |           | MU001     |           | MU001 |  |
|------------------------|----------|----------|----------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|--|
|                        | Classe 1 | Classe 2 | Classe 3 |   | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2  |       |  |
| Classe                 |          |          |          |   | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2  |       |  |
| Data                   |          |          |          |   | 30/1/2001 | 24/4/2001 | 17/7/2001 | 9/10/2001 |       |  |
| Hora                   |          |          |          |   | 9:25      | 9:10      | 9:40      | 9:10      |       |  |
| Tempo                  |          |          |          |   | Bom       | Nublado   | Bom       | Nublado   |       |  |
| Temperatura do Ar      |          |          |          | ° C                                     | 27,0      | 25,0      | 20,0      | 21,0      |       |  |
| Temperatura da Água    |          |          |          | ° C                                     | 28,0      | 25,0      | 19,7      | 22,0      |       |  |
| pH "in loco"           | 6 a 9    | 6 a 9    | 6 a 9    |   | 7,00      | 7,20      | 6,80      | 6,80      |       |  |
| pH laboratório         | 6 a 9    | 6 a 9    | 6 a 9    |   | 6,98      | 7,73      | 7,34      | 7,38      |       |  |
| Condutividade Elétrica |          |          |          | µmho/cm                                 | 42,60     | 43,00     | 42,30     | 45,60     |       |  |
| Cond. Elétrica Lab.    |          |          |          | µmho/cm                                 |           |           |           | 47,00     |       |  |
| Turbidez               | 40       | 100      | 100      | NTU                                     | 35,70     | 16,50     | 12,50     | 15,60     |       |  |
| Cor                    | 30       | 75       | 75       | UPt                                     | 30,00     | 30,00     | 25,00     | 25,00     |       |  |
| Sólidos Totais         |          |          |          | mg / L                                  | 69,00     | 45,00     | 51,00     | 46,00     |       |  |
| Sólidos Dissolvidos    | 500      | 500      | 500      | mg / L                                  | 38,00     | 39,00     | 38,00     | 42,00     |       |  |
| Sólidos Suspensão      |          |          |          | mg / L                                  | 31,00     | 6,00      | 13,00     | 4,00      |       |  |
| Alcalinidade Total     |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 16,30     |           | 11,60     |           |       |  |
| Dureza Total           |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 16,90     |           | 9,10      |           |       |  |
| Dureza de Cálcio       |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 8,60      |           | 6,40      |           |       |  |
| Dureza de Magnésio     |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 8,30      |           | 2,70      |           |       |  |
| Cloretos               | 250      | 250      | 250      | mg / L Cl                               | 3,59      | 3,38      | 3,85      | 3,99      |       |  |
| Potássio               |          |          |          | mg / L K                                | 1,78      |           | 1,94      |           |       |  |
| Sódio                  |          |          |          | mg / L Na                               | 3,68      |           | 4,11      |           |       |  |
| Sulfatos               | 250      | 250      | 250      | mg / L SO <sub>4</sub>                  | < 1,00    |           | < 1,00    |           |       |  |
| Sulfetos               | 0,002    | 0,002    | 0,3      | mg / L S                                | < 0,50    |           | < 0,50    |           |       |  |
| Fosfato Total          | 0,025    | 0,025    | 0,025    | mg / L P                                | 0,02      | 0,02      | 0,16      | 0,02      |       |  |
| Nitrogênio Orgânico    |          |          |          | mg / L N                                | 0,20      |           | 0,30      |           |       |  |
| Nitrogênio Amoniacal   |          |          | 1        | mg / L N                                | < 0,10    | 0,10      | 0,10      | 1,00      |       |  |
| Nitrato                | 10       | 10       | 10       | mg / L N                                | 0,14      | 0,15      | 0,13      | 0,11      |       |  |
| Nitrito                | 1        | 1        | 1        | mg / L N                                | 0,002     | 0,005     | 0,004     | 0,000     |       |  |
| Amônia não Ionizável   | 0,02     | 0,02     |          | mg / L NH <sub>3</sub>                  | 8,18E-04  | 1,05E-03  | 2,88E-04  | 3,40E-03  |       |  |
| OD                     | > 6      | > 5      | > 4      | mg / L                                  | 7,7       | 8,1       | 8,7       | 8,4       |       |  |
| % OD Saturação         |          |          |          | %                                       | 103,1     | 101,8     | 97,7      | 99,0      |       |  |
| DBO                    | 3        | 5        | 10       | mg / L                                  | < 2       | 3         | < 2       | < 2       |       |  |
| DQO                    |          |          |          | mg / L                                  | 22        |           | 12        |           |       |  |
| Cianetos               | 0,01     | 0,01     | 0,2      | mg / L CN                               | < 0,01    |           | < 0,01    |           |       |  |
| Índice de Fenóis       | 0,001    | 0,001    | 0,3      | mg / L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH | < 0,001   | < 0,001   | 0,001     | 0,001     |       |  |
| Óleos e Graxas         | ausentes | ausentes | ausentes | mg / L                                  | 1         |           | 3         |           |       |  |
| Surfactantes Aniônicos | 0,5      | 0,5      | 0,5      | mg / L LAS                              | < 0,05    |           | < 0,05    |           |       |  |
| Coliformes Totais      | 1000     | 5000     | 20000    | NMP / 100 ml                            | 1.100     | 700       | 1.100     | 5.000     |       |  |
| Coliformes Fecais      | 200      | 1000     | 4000     | NMP / 100 ml                            | 130       | 500       | 220       | 350       |       |  |
| Estreptococos Totais   |          |          |          | NMP / 100 ml                            | 240       |           | 23        |           |       |  |
| Alumínio               | 0,1      | 0,1      | 0,1      | mg / L Al                               |           |           |           |           |       |  |
| Arsênio                | 0,05     | 0,05     | 0,05     | mg / L As                               | < 0,0003  |           | < 0,0003  |           |       |  |
| Bário                  | 1        | 1        | 1        | mg / L Ba                               | 0,021     |           | 0,026     |           |       |  |
| Boro                   | 0,75     | 0,75     | 0,75     | mg / L B                                | < 0,07    |           | < 0,07    |           |       |  |
| Cádmio                 | 0,001    | 0,001    | 0,01     | mg / L Cd                               | < 0,0005  |           | < 0,0005  |           |       |  |
| Chumbo                 | 0,03     | 0,03     | 0,05     | mg / L Pb                               | < 0,005   |           | < 0,005   |           |       |  |
| Cobre                  | 0,02     | 0,02     | 0,5      | mg / L Cu                               | < 0,004   |           | < 0,004   |           |       |  |
| Cromo Trivalente       | 0,5      | 0,5      | 0,5      | mg / L Cr                               | < 0,04    |           | < 0,04    |           |       |  |
| Cromo Hexavalente      | 0,05     | 0,05     | 0,05     | mg / L Cr                               | < 0,01    |           | < 0,01    |           |       |  |
| Ferro Solúvel          | 0,3      | 0,3      | 5        | mg / L Fe                               | 0,36      | 0,16      | 0,19      | 0,21      |       |  |
| Manganês               | 0,1      | 0,1      | 0,5      | mg / L Mn                               | 0,065     | 0,023     | 0,028     | 0,055     |       |  |
| Mercúrio               | 0,2      | 0,2      | 2        | µg / L Hg                               | < 0,2     |           | < 0,2     |           |       |  |
| Níquel                 | 0,025    | 0,025    | 0,025    | mg / L Ni                               | < 0,004   |           | < 0,004   |           |       |  |
| Selênio                | 0,01     | 0,01     | 0,01     | mg / L Se                               | < 0,0005  |           | < 0,0005  |           |       |  |
| Zinco Total            | 0,18     | 0,18     | 5        | mg / L Zn                               | 0,02      |           | 0,02      |           |       |  |
| Toxicidade crônica     |          |          |          |   |           |           |           |           |       |  |
| IQA                    |          |          |          |   | 74,7      | 71,8      | 72,0      | 73,5      |       |  |
| CT                     |          |          |          |   | BAIXA     | BAIXA     | BAIXA     | BAIXA     |       |  |
| Vazão                  |          |          |          | m <sup>3</sup> /s                       | 10,18     | 5,56      | 5,79      | 5,56      |       |  |



**Resultados das Análises Físico-químicas e Bacteriológicas  
- UPRHs MU01 -**

| Variável               | Padrão   |          |          | Unidade                                 | MU003     |           | MU003     |           | MU003 |  | MU003 |  |
|------------------------|----------|----------|----------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|--|-------|--|
|                        | Classe 1 | Classe 2 | Classe 3 |   | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2  |       |  |       |  |
| Classe                 |          |          |          |   | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2  |       |  |       |  |
| Data                   |          |          |          |   | 30/1/2001 | 24/4/2001 | 17/7/2001 | 9/10/2001 |       |  |       |  |
| Hora                   |          |          |          |   | 11:00     | 10:45     | 11:00     | 10:20     |       |  |       |  |
| Tempo                  |          |          |          |   | Bom       | Bom       | Bom       | Chuvoso   |       |  |       |  |
| Temperatura do Ar      |          |          |          | ° C                                     | 30,0      | 29,0      | 24,0      | 21,0      |       |  |       |  |
| Temperatura da Água    |          |          |          | ° C                                     | 28,0      | 25,0      | 20,6      | 22,4      |       |  |       |  |
| pH "in loco"           | 6 a 9    | 6 a 9    | 6 a 9    |   | 6,80      | 6,96      | 6,40      | 6,58      |       |  |       |  |
| pH laboratório         | 6 a 9    | 6 a 9    | 6 a 9    |   | 6,80      | 7,61      | 7,18      | 7,15      |       |  |       |  |
| Condutividade Elétrica |          |          |          | µmho/cm                                 | 27,90     | 29,00     | 29,50     | 31,60     |       |  |       |  |
| Cond. Elétrica Lab.    |          |          |          | µmho/cm                                 |           |           |           | 33,00     |       |  |       |  |
| Turbidez               | 40       | 100      | 100      | NTU                                     | 21,30     | 16,30     | 12,40     | 22,10     |       |  |       |  |
| Cor                    | 30       | 75       | 75       | UPt                                     | 80,00     | 50,00     | 40,00     | 40,00     |       |  |       |  |
| Sólidos Totais         |          |          |          | mg / L                                  | 47,00     | 42,00     | 53,00     | 40,00     |       |  |       |  |
| Sólidos Dissolvidos    | 500      | 500      | 500      | mg / L                                  | 32,00     | 30,00     | 30,00     | 24,00     |       |  |       |  |
| Sólidos Suspensão      |          |          |          | mg / L                                  | 15,00     | 12,00     | 23,00     | 16,00     |       |  |       |  |
| Alcalinidade Total     |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 6,70      |           | 5,40      |           |       |  |       |  |
| Dureza Total           |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 13,50     |           | 4,60      |           |       |  |       |  |
| Dureza de Cálcio       |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 5,40      |           | 2,80      |           |       |  |       |  |
| Dureza de Magnésio     |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 8,10      |           | 1,80      |           |       |  |       |  |
| Cloretos               | 250      | 250      | 250      | mg / L Cl                               | 3,33      | 2,65      | 4,19      | 3,92      |       |  |       |  |
| Potássio               |          |          |          | mg / L K                                | 1,42      |           | 1,48      |           |       |  |       |  |
| Sódio                  |          |          |          | mg / L Na                               | 3,49      |           | 3,35      |           |       |  |       |  |
| Sulfatos               | 250      | 250      | 250      | mg / L SO <sub>4</sub>                  | < 1,00    |           | < 1,00    |           |       |  |       |  |
| Sulfetos               | 0,002    | 0,002    | 0,3      | mg / L S                                | < 0,50    |           | < 0,50    |           |       |  |       |  |
| Fosfato Total          | 0,025    | 0,025    | 0,025    | mg / L P                                | 0,02      | 0,03      | 0,04      | 0,02      |       |  |       |  |
| Nitrogênio Orgânico    |          |          |          | mg / L N                                | 0,50      |           | 0,30      |           |       |  |       |  |
| Nitrogênio Amoniacal   |          |          | 1        | mg / L N                                | 0,10      | < 0,10    | 0,90      | < 0,10    |       |  |       |  |
| Nitrato                | 10       | 10       | 10       | mg / L N                                | 0,11      |           | 0,11      | 0,11      |       |  |       |  |
| Nitrito                | 1        | 1        | 1        | mg / L N                                | 0,001     |           | 0,005     | 0,000     |       |  |       |  |
| Amônia não Ionizável   | 0,02     | 0,02     |          | mg / L NH <sub>3</sub>                  | 5,18E-04  | 6,07E-04  | 1,10E-03  | 2,11E-04  |       |  |       |  |
| OD                     | > 6      | > 5      | > 4      | mg / L                                  | 7,9       | 8,1       | 9,1       | 8,7       |       |  |       |  |
| % OD Saturação         |          |          |          | %                                       | 105,8     | 101,8     | 104,1     | 103,4     |       |  |       |  |
| DBO                    | 3        | 5        | 10       | mg / L                                  | 2         | < 2       | < 2       | < 2       |       |  |       |  |
| DQO                    |          |          |          | mg / L                                  | 8         |           | 20        |           |       |  |       |  |
| Cianetos               | 0,01     | 0,01     | 0,2      | mg / L CN                               | < 0,01    |           | < 0,01    |           |       |  |       |  |
| Índice de Fenóis       | 0,001    | 0,001    | 0,3      | mg / L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH | < 0,001   | < 0,001   | 0,001     | < 0,001   |       |  |       |  |
| Óleos e Graxas         | ausentes | ausentes | ausentes | mg / L                                  | 1         |           | < 1       |           |       |  |       |  |
| Surfactantes Aniônicos | 0,5      | 0,5      | 0,5      | mg / L LAS                              | < 0,05    |           | < 0,05    |           |       |  |       |  |
| Coliformes Totais      | 1000     | 5000     | 20000    | NMP / 100 ml                            | 1.400     | 1.100     | 1.100     | 2.200     |       |  |       |  |
| Coliformes Fecais      | 200      | 1000     | 4000     | NMP / 100 ml                            | 300       | 300       | 240       | 280       |       |  |       |  |
| Estreptococos Totais   |          |          |          | NMP / 100 ml                            | 1.700     |           | 50        |           |       |  |       |  |
| Alumínio               | 0,1      | 0,1      | 0,1      | mg / L Al                               |           |           |           |           |       |  |       |  |
| Arsênio                | 0,05     | 0,05     | 0,05     | mg / L As                               | < 0,0003  |           | < 0,0003  |           |       |  |       |  |
| Bário                  | 1        | 1        | 1        | mg / L Ba                               | 0,018     |           | 0,025     |           |       |  |       |  |
| Boro                   | 0,75     | 0,75     | 0,75     | mg / L B                                | < 0,07    |           | < 0,07    |           |       |  |       |  |
| Cádmio                 | 0,001    | 0,001    | 0,01     | mg / L Cd                               | < 0,0005  | < 0,0005  | 0,0009    | < 0,0005  |       |  |       |  |
| Chumbo                 | 0,03     | 0,03     | 0,05     | mg / L Pb                               | < 0,005   |           | 0,025     |           |       |  |       |  |
| Cobre                  | 0,02     | 0,02     | 0,5      | mg / L Cu                               | < 0,004   |           | < 0,004   |           |       |  |       |  |
| Cromo Trivalente       | 0,5      | 0,5      | 0,5      | mg / L Cr                               | < 0,04    |           | < 0,04    |           |       |  |       |  |
| Cromo Hexavalente      | 0,05     | 0,05     | 0,05     | mg / L Cr                               | < 0,01    |           | < 0,01    |           |       |  |       |  |
| Ferro Solúvel          | 0,3      | 0,3      | 5        | mg / L Fe                               | 0,37      | 0,11      | 0,19      | 0,24      |       |  |       |  |
| Manganês               | 0,1      | 0,1      | 0,5      | mg / L Mn                               | 0,031     | 0,019     | 0,023     | 0,034     |       |  |       |  |
| Mercúrio               | 0,2      | 0,2      | 2        | µg / L Hg                               | < 0,2     | < 0,2     | < 0,2     | < 0,2     |       |  |       |  |
| Níquel                 | 0,025    | 0,025    | 0,025    | mg / L Ni                               | < 0,004   | < 0,004   | < 0,004   | < 0,004   |       |  |       |  |
| Selênio                | 0,01     | 0,01     | 0,01     | mg / L Se                               | < 0,0005  |           | < 0,0005  |           |       |  |       |  |
| Zinco Total            | 0,18     | 0,18     | 5        | mg / L Zn                               | 0,06      |           | 0,14      |           |       |  |       |  |
| Toxicidade crônica     |          |          |          |   |           |           |           |           |       |  |       |  |
| ÍQA                    |          |          |          |   | 73,0      | 74,0      | 73,2      | 72,7      |       |  |       |  |
| CT                     |          |          |          |   | BAIXA     | BAIXA     | BAIXA     | BAIXA     |       |  |       |  |
| Vazão                  |          |          |          | m <sup>3</sup> /s                       | 21,44     | 10,49     | 10,12     | 11,53     |       |  |       |  |



**Resultados das Análises Físico-químicas e Bacteriológicas  
- UGRHs MU01 -**

| Variável               | Padrão   |          |          | Unidade                                 | MU005     | MU005     | MU005     | MU005     |
|------------------------|----------|----------|----------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                        | Classe 1 | Classe 2 | Classe 3 |   | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2  |
| Classe                 |          |          |          |   | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2  |
| Data                   |          |          |          |   | 30/1/2001 | 24/4/2001 | 17/7/2001 | 9/10/2001 |
| Hora                   |          |          |          |   | 12:10     | 11:45     | 12:50     | 11:15     |
| Tempo                  |          |          |          |   | Bom       | Bom       | Bom       | Chuvoso   |
| Temperatura do Ar      |          |          |          | ° C                                     | 32,0      | 31,0      | 26,0      | 22,0      |
| Temperatura da Água    |          |          |          | ° C                                     | 29,0      | 26,0      | 21,9      | 22,6      |
| pH "in loco"           | 6 a 9    | 6 a 9    | 6 a 9    |   | 6,90      | 7,00      | 6,80      | 6,66      |
| pH laboratório         | 6 a 9    | 6 a 9    | 6 a 9    |   | 6,83      | 7,65      | 7,27      | 7,22      |
| Condutividade Elétrica |          |          |          | µmho/cm                                 | 37,20     | 37,30     | 39,30     | 39,80     |
| Cond. Elétrica Lab.    |          |          |          | µmho/cm                                 |           |           |           | 42,00     |
| Turbidez               | 40       | 100      | 100      | NTU                                     | 27,40     | 18,30     | 12,20     | 20,60     |
| Cor                    | 30       | 75       | 75       | UPt                                     | 50,00     | 50,00     | 40,00     | 35,00     |
| Sólidos Totais         |          |          |          | mg / L                                  | 63,00     | 49,00     | 46,00     | 50,00     |
| Sólidos Dissolvidos    | 500      | 500      | 500      | mg / L                                  | 36,00     | 37,00     | 45,00     | 35,00     |
| Sólidos Suspensão      |          |          |          | mg / L                                  | 27,00     | 12,00     | 1,00      | 15,00     |
| Alcalinidade Total     |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 10,70     |           | 8,80      |           |
| Dureza Total           |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 9,70      |           | 7,40      |           |
| Dureza de Cálcio       |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 6,70      |           | 4,20      |           |
| Dureza de Magnésio     |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 3,00      |           | 3,20      |           |
| Cloretos               | 250      | 250      | 250      | mg / L Cl                               | 3,96      | 2,79      | 4,76      | 4,47      |
| Potássio               |          |          |          | mg / L K                                | 1,62      |           | 1,86      |           |
| Sódio                  |          |          |          | mg / L Na                               | 3,59      |           | 4,23      |           |
| Sulfatos               | 250      | 250      | 250      | mg / L SO <sub>4</sub>                  | 1,30      |           | < 1,00    |           |
| Sulfetos               | 0,002    | 0,002    | 0,3      | mg / L S                                | < 0,50    |           | < 0,50    |           |
| Fosfato Total          | 0,025    | 0,025    | 0,025    | mg / L P                                | 0,02      | 0,03      | 0,10      | 0,02      |
| Nitrogênio Orgânico    |          |          |          | mg / L N                                | 0,40      |           | 0,20      |           |
| Nitrogênio Amoniacal   |          |          | 1        | mg / L N                                | 0,20      | < 0,10    | < 0,10    | < 0,10    |
| Nitrato                | 10       | 10       | 10       | mg / L N                                | 0,10      | 0,12      | 0,10      | 0,11      |
| Nitrito                | 1        | 1        | 1        | mg / L N                                | 0,001     | 0,003     | 0,004     | 0,001     |
| Amônia não Ionizável   | 0,02     | 0,02     |          | mg / L NH <sub>3</sub>                  | 1,39E-03  | 7,13E-04  | 3,38E-04  | 2,57E-04  |
| OD                     | > 6      | > 5      | > 4      | mg / L                                  | 7,7       | 7,8       | 9,1       | 8,4       |
| % OD Saturação         |          |          |          | %                                       | 104,2     | 99,0      | 105,9     | 99,2      |
| DBO                    | 3        | 5        | 10       | mg / L                                  | < 2       | < 2       | < 2       | < 2       |
| DQO                    |          |          |          | mg / L                                  | 17        |           | 8         |           |
| Cianetos               | 0,01     | 0,01     | 0,2      | mg / L CN                               | < 0,01    | < 0,01    | < 0,01    | < 0,01    |
| Índice de Fenóis       | 0,001    | 0,001    | 0,3      | mg / L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH | < 0,001   | < 0,001   | 0,001     | 0,001     |
| Óleos e Graxas         | ausentes | ausentes | ausentes | mg / L                                  | < 1       |           | 3         |           |
| Surfactantes Aniônicos | 0,5      | 0,5      | 0,5      | mg / L LAS                              | < 0,05    |           | < 0,05    |           |
| Coliformes Totais      | 1000     | 5000     | 20000    | NMP / 100 ml                            | 2.400     | 1.100     | 1.100     | 500       |
| Coliformes Fecais      | 200      | 1000     | 4000     | NMP / 100 ml                            | 500       | 300       | 500       | 170       |
| Estreptococos Totais   |          |          |          | NMP / 100 ml                            | 50        |           | 50        |           |
| Alumínio               | 0,1      | 0,1      | 0,1      | mg / L Al                               |           |           |           |           |
| Arsênio                | 0,05     | 0,05     | 0,05     | mg / L As                               | < 0,0003  |           | < 0,0003  |           |
| Bário                  | 1        | 1        | 1        | mg / L Ba                               | 0,022     |           | 0,026     |           |
| Boro                   | 0,75     | 0,75     | 0,75     | mg / L B                                | < 0,07    |           | < 0,07    |           |
| Cádmio                 | 0,001    | 0,001    | 0,01     | mg / L Cd                               | < 0,0005  |           | < 0,0005  |           |
| Chumbo                 | 0,03     | 0,03     | 0,05     | mg / L Pb                               | < 0,005   |           | < 0,005   |           |
| Cobre                  | 0,02     | 0,02     | 0,5      | mg / L Cu                               | < 0,004   |           | 0,004     |           |
| Cromo Trivalente       | 0,5      | 0,5      | 0,5      | mg / L Cr                               | < 0,04    |           | < 0,04    |           |
| Cromo Hexavalente      | 0,05     | 0,05     | 0,05     | mg / L Cr                               | < 0,01    |           | < 0,01    |           |
| Ferro Solúvel          | 0,3      | 0,3      | 5        | mg / L Fe                               | 0,31      |           | 0,20      |           |
| Manganês               | 0,1      | 0,1      | 0,5      | mg / L Mn                               | 0,051     | 0,026     | 0,029     | 0,039     |
| Mercúrio               | 0,2      | 0,2      | 2        | µg / L Hg                               | < 0,2     |           | < 0,2     |           |
| Níquel                 | 0,025    | 0,025    | 0,025    | mg / L Ni                               | < 0,004   |           | 0,007     |           |
| Selênio                | 0,01     | 0,01     | 0,01     | mg / L Se                               | < 0,0005  |           | < 0,0005  |           |
| Zinco Total            | 0,18     | 0,18     | 5        | mg / L Zn                               | 0,03      |           | 0,06      |           |
| Toxicidade crônica     |          |          |          |   |           |           |           |           |
| ÍQA                    |          |          |          |   | 70,9      | 73,8      | 70,3      | 75,0      |
| CT                     |          |          |          |   | BAIXA     | BAIXA     | BAIXA     | BAIXA     |
| Vazão                  |          |          |          | m <sup>3</sup> /s                       | 40,48     | 20,25     | 19,87     | 21,84     |



**Resultados das Análises Físico-químicas e Bacteriológicas  
- UPRHs MU01 -**

| Variável               | Padrão   |          |          | Unidade                                 | MU006         | MU006         | MU006         | MU006        |
|------------------------|----------|----------|----------|---|---------------|---------------|---------------|--------------|
|                        | Classe 1 | Classe 2 | Classe 3 |   | Classe 2      | Classe 2      | Classe 2      | Classe 2     |
| Classe                 |          |          |          |   | Classe 2      | Classe 2      | Classe 2      | Classe 2     |
| Data                   |          |          |          |   | 31/1/2001     | 24/4/2001     | 18/7/2001     | 10/10/2001   |
| Hora                   |          |          |          |   | 8:30          | 14:10         | 8:25          | 8:35         |
| Tempo                  |          |          |          |   | Nublado       | Bom           | Nublado       | Chuvoso      |
| Temperatura do Ar      |          |          |          | ° C                                     | 23,0          | 27,0          | 20,0          | 18,0         |
| Temperatura da Água    |          |          |          | ° C                                     | 24,0          | 24,5          | 18,0          | 19,8         |
| pH "in loco"           | 6 a 9    | 6 a 9    | 6 a 9    |   | 6,60          | 6,69          | 6,26          | 6,46         |
| pH laboratório         | 6 a 9    | 6 a 9    | 6 a 9    |   | 6,81          | 7,40          | 6,82          | 6,51         |
| Condutividade Elétrica |          |          |          | µmho/cm                                 | 35,70         | 33,30         | 31,20         | 38,90        |
| Cond. Elétrica Lab.    |          |          |          | µmho/cm                                 |               |               |               | 41,00        |
| Turbidez               | 40       | 100      | 100      | NTU                                     | 8,94          | 12,30         | 5,56          | 10,60        |
| Cor                    | 30       | 75       | 75       | UPt                                     | 40,00         | 40,00         | 15,00         | 40,00        |
| Sólidos Totais         |          |          |          | mg / L                                  | 30,00         | 34,00         | 23,00         | 38,00        |
| Sólidos Dissolvidos    | 500      | 500      | 500      | mg / L                                  | 24,00         | 27,00         | 22,00         | 32,00        |
| Sólidos Suspensão      |          |          |          | mg / L                                  | 6,00          | 7,00          | 1,00          | 6,00         |
| Alcalinidade Total     |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 13,10         |               | 8,40          |              |
| Dureza Total           |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 17,20         |               | 6,50          |              |
| Dureza de Cálcio       |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 8,10          |               | 4,50          |              |
| Dureza de Magnésio     |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 9,10          |               | 2,00          |              |
| Cloretos               | 250      | 250      | 250      | mg / L Cl                               | 1,96          | 1,89          | 2,55          | 3,42         |
| Potássio               |          |          |          | mg / L K                                | 0,69          |               | 0,65          |              |
| Sódio                  |          |          |          | mg / L Na                               | 3,52          |               | 3,68          |              |
| Sulfatos               | 250      | 250      | 250      | mg / L SO <sub>4</sub>                  | < 1,00        |               | < 1,00        |              |
| Sulfetos               | 0,002    | 0,002    | 0,3      | mg / L S                                | < <b>0,50</b> |               | < <b>0,50</b> |              |
| Fosfato Total          | 0,025    | 0,025    | 0,025    | mg / L P                                | 0,01          | <b>0,04</b>   | <b>0,13</b>   | 0,02         |
| Nitrogênio Orgânico    |          |          |          | mg / L N                                | 0,30          |               | 0,20          |              |
| Nitrogênio Amoniacal   |          |          | 1        | mg / L N                                | < 0,10        | < 0,10        | 0,20          | 0,80         |
| Nitrato                | 10       | 10       | 10       | mg / L N                                | 0,09          | 0,04          | 0,08          | 0,05         |
| Nitrito                | 1        | 1        | 1        | mg / L N                                | 0,002         | 0,002         | 0,002         | 0,003        |
| Amônia não Ionizável   | 0,02     | 0,02     |          | mg / L NH <sub>3</sub>                  | 2,48E-04      | 3,15E-04      | 1,47E-04      | 1,06E-03     |
| OD                     | > 6      | > 5      | > 4      | mg / L                                  | 7,5           | 6,5           | 7,6           | 7,5          |
| % OD Saturação         |          |          |          | %                                       | 95,4          | 83,5          | 85,1          | 87,3         |
| DBO                    | 3        | 5        | 10       | mg / L                                  | < 2           | 3             | < 2           | < 2          |
| DQO                    |          |          |          | mg / L                                  | 5             |               | 11            |              |
| Cianetos               | 0,01     | 0,01     | 0,2      | mg / L CN                               | < 0,01        |               | < 0,01        |              |
| Índice de Fenóis       | 0,001    | 0,001    | 0,3      | mg / L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH | < 0,001       | < 0,001       | < 0,001       | < 0,001      |
| Óleos e Graxas         | ausentes | ausentes | ausentes | mg / L                                  | < <b>1</b>    |               | <b>2</b>      |              |
| Surfactantes Aniônicos | 0,5      | 0,5      | 0,5      | mg / L LAS                              | < 0,05        |               | < 0,05        |              |
| Coliformes Totais      | 1000     | 5000     | 20000    | NMP / 100 ml                            | 1.300         | <b>30.000</b> | 500           | 2.400        |
| Coliformes Fecais      | 200      | 1000     | 4000     | NMP / 100 ml                            | 800           | <b>30.000</b> | 500           | <b>2.400</b> |
| Estreptococos Totais   |          |          |          | NMP / 100 ml                            | 500           |               | 350           |              |
| Alumínio               | 0,1      | 0,1      | 0,1      | mg / L Al                               |               |               |               |              |
| Arsênio                | 0,05     | 0,05     | 0,05     | mg / L As                               | < 0,0003      |               | < 0,0003      |              |
| Bário                  | 1        | 1        | 1        | mg / L Ba                               | 0,023         |               | 0,028         |              |
| Boro                   | 0,75     | 0,75     | 0,75     | mg / L B                                | < 0,07        |               | < 0,07        |              |
| Cádmio                 | 0,001    | 0,001    | 0,01     | mg / L Cd                               | < 0,0005      |               | < 0,0005      |              |
| Chumbo                 | 0,03     | 0,03     | 0,05     | mg / L Pb                               | < 0,005       |               | < 0,005       |              |
| Cobre                  | 0,02     | 0,02     | 0,5      | mg / L Cu                               | < 0,004       |               | 0,007         |              |
| Cromo Trivalente       | 0,5      | 0,5      | 0,5      | mg / L Cr                               | < 0,04        |               | < 0,04        |              |
| Cromo Hexavalente      | 0,05     | 0,05     | 0,05     | mg / L Cr                               | < 0,01        |               | < 0,01        |              |
| Ferro Solúvel          | 0,3      | 0,3      | 5        | mg / L Fe                               | <b>0,55</b>   | 0,12          | 0,20          | 0,29         |
| Manganês               | 0,1      | 0,1      | 0,5      | mg / L Mn                               | 0,064         | 0,026         | 0,020         | 0,045        |
| Mercúrio               | 0,2      | 0,2      | 2        | µg / L Hg                               | < 0,2         | < 0,2         | < 0,2         | < 0,2        |
| Níquel                 | 0,025    | 0,025    | 0,025    | mg / L Ni                               | < 0,004       |               | 0,011         |              |
| Selênio                | 0,01     | 0,01     | 0,01     | mg / L Se                               | < 0,0005      |               | < 0,0005      |              |
| Zinco Total            | 0,18     | 0,18     | 5        | mg / L Zn                               | 0,02          |               | 0,04          |              |
| Toxicidade crônica     |          |          |          |   |               |               |               |              |
| IQA                    |          |          |          |   | <b>70,9</b>   | <b>56,1</b>   | <b>68,0</b>   | <b>65,5</b>  |
| CT                     |          |          |          |   | <b>BAIXA</b>  | <b>BAIXA</b>  | <b>BAIXA</b>  | <b>BAIXA</b> |
| Vazão                  |          |          |          | m <sup>3</sup> /s                       | 0,09          | 0,05          | 0,05          | 0,06         |



**Resultados das Análises Físico-químicas e Bacteriológicas  
- UPRHs MU01 -**

| Variável               | Padrão   |          |          | Unidade                                 | MU007     | MU007     | MU007     | MU007      |
|------------------------|----------|----------|----------|---|-----------|-----------|-----------|------------|
|                        | Classe 1 | Classe 2 | Classe 3 |   | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2   |
| Classe                 |          |          |          |   | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2   |
| Data                   |          |          |          |   | 31/1/2001 | 24/4/2001 | 18/7/2001 | 10/10/2001 |
| Hora                   |          |          |          |   | 10:00     | 15:40     | 9:50      | 10:15      |
| Tempo                  |          |          |          |   | Bom       | Bom       | Bom       | Chuvoso    |
| Temperatura do Ar      |          |          |          | ° C                                     | 31,0      | 31,0      | 27,0      | 21,0       |
| Temperatura da Água    |          |          |          | ° C                                     | 29,0      | 27,1      | 21,1      | 21,6       |
| pH "in loco"           | 6 a 9    | 6 a 9    | 6 a 9    |   | 6,90      | 7,06      | 6,80      | 6,86       |
| pH laboratório         | 6 a 9    | 6 a 9    | 6 a 9    |   | 7,12      | 7,56      | 7,23      | 7,10       |
| Condutividade Elétrica |          |          |          | µmho/cm                                 | 148,60    | 177,90    | 199,90    | 246,00     |
| Cond. Elétrica Lab.    |          |          |          | µmho/cm                                 |           |           |           | 234,00     |
| Turbidez               | 40       | 100      | 100      | NTU                                     | 38,40     | 23,80     | 15,20     | 20,90      |
| Cor                    | 30       | 75       | 75       | UPt                                     | 40,00     | 50,00     | 35,00     | 60,00      |
| Sólidos Totais         |          |          |          | mg / L                                  | 141,00    | 148,00    | 127,00    | 138,00     |
| Sólidos Dissolvidos    | 500      | 500      | 500      | mg / L                                  | 78,00     | 114,00    | 126,00    | 131,00     |
| Sólidos Suspensão      |          |          |          | mg / L                                  | 63,00     | 34,00     | 1,00      | 7,00       |
| Alcalinidade Total     |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 43,10     |           | 49,20     |            |
| Dureza Total           |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 22,30     |           | 33,60     |            |
| Dureza de Cálcio       |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 14,30     |           | 20,50     |            |
| Dureza de Magnésio     |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 8,00      |           | 13,10     |            |
| Cloretos               | 250      | 250      | 250      | mg / L Cl                               | 13,63     | 12,22     | 21,85     | 23,26      |
| Potássio               |          |          |          | mg / L K                                | 4,39      |           | 6,01      |            |
| Sódio                  |          |          |          | mg / L Na                               | 13,93     |           | 19,60     |            |
| Sulfatos               | 250      | 250      | 250      | mg / L SO <sub>4</sub>                  | 3,40      |           | 3,60      |            |
| Sulfetos               | 0,002    | 0,002    | 0,3      | mg / L S                                | < 0,50    |           | < 0,50    |            |
| Fosfato Total          | 0,025    | 0,025    | 0,025    | mg / L P                                | 0,20      | 0,15      | 0,22      | 0,24       |
| Nitrogênio Orgânico    |          |          |          | mg / L N                                | 0,90      |           | 1,20      |            |
| Nitrogênio Amoniacal   |          |          | 1        | mg / L N                                | 1,90      | 1,40      | 0,10      | 6,40       |
| Nitrato                | 10       | 10       | 10       | mg / L N                                | 1,21      | 0,93      | 1,72      | 0,30       |
| Nitrito                | 1        | 1        | 1        | mg / L N                                | 0,171     | 0,391     | 0,100     | 0,130      |
| Amônia não Ionizável   | 0,02     | 0,02     |          | mg / L NH <sub>3</sub>                  | 1,32E-02  | 1,24E-02  | 3,19E-04  | 2,43E-02   |
| OD                     | > 6      | > 5      | > 4      | mg / L                                  | 5,6       | 5,4       | 5,5       | 3,6        |
| % OD Saturação         |          |          |          | %                                       | 75,8      | 70,2      | 62,9      | 41,6       |
| DBO                    | 3        | 5        | 10       | mg / L                                  | 5         | 5         | 5         | 2          |
| DQO                    |          |          |          | mg / L                                  | 17        |           | 13        |            |
| Cianetos               | 0,01     | 0,01     | 0,2      | mg / L CN                               | < 0,01    |           | < 0,01    |            |
| Índice de Fenóis       | 0,001    | 0,001    | 0,3      | mg / L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH | 0,002     | 0,001     | 0,001     | 0,002      |
| Óleos e Graxas         | ausentes | ausentes | ausentes | mg / L                                  | < 1       |           | 1         |            |
| Surfactantes Aniônicos | 0,5      | 0,5      | 0,5      | mg / L LAS                              | < 0,05    |           | < 0,05    |            |
| Coliformes Totais      | 1000     | 5000     | 20000    | NMP / 100 ml                            | 30.000    | 30.000    | 90.000    | 30.000     |
| Coliformes Fecais      | 200      | 1000     | 4000     | NMP / 100 ml                            | 17.000    | 17.000    | 90.000    | 24.000     |
| Estreptococos Totais   |          |          |          | NMP / 100 ml                            | 8.000     |           | 50.000    |            |
| Alumínio               | 0,1      | 0,1      | 0,1      | mg / L Al                               |           |           |           |            |
| Arsênio                | 0,05     | 0,05     | 0,05     | mg / L As                               | < 0,0003  |           | < 0,0003  |            |
| Bário                  | 1        | 1        | 1        | mg / L Ba                               | 0,054     |           | 0,051     |            |
| Boro                   | 0,75     | 0,75     | 0,75     | mg / L B                                | < 0,07    |           | < 0,07    |            |
| Cádmio                 | 0,001    | 0,001    | 0,01     | mg / L Cd                               | < 0,0005  |           | < 0,0005  |            |
| Chumbo                 | 0,03     | 0,03     | 0,05     | mg / L Pb                               | < 0,005   |           | < 0,005   |            |
| Cobre                  | 0,02     | 0,02     | 0,5      | mg / L Cu                               | < 0,004   |           | 0,007     |            |
| Cromo Trivalente       | 0,5      | 0,5      | 0,5      | mg / L Cr                               | < 0,04    |           | < 0,04    |            |
| Cromo Hexavalente      | 0,05     | 0,05     | 0,05     | mg / L Cr                               | < 0,01    |           | < 0,01    |            |
| Ferro Solúvel          | 0,3      | 0,3      | 5        | mg / L Fe                               | 0,50      | 0,36      | 0,85      | 1,15       |
| Manganês               | 0,1      | 0,1      | 0,5      | mg / L Mn                               | 0,242     | 0,139     | 0,068     | 0,179      |
| Mercúrio               | 0,2      | 0,2      | 2        | µg / L Hg                               | < 0,2     | < 0,2     | < 0,2     | < 0,2      |
| Níquel                 | 0,025    | 0,025    | 0,025    | mg / L Ni                               | < 0,004   |           | 0,006     |            |
| Selênio                | 0,01     | 0,01     | 0,01     | mg / L Se                               | < 0,0005  |           | < 0,0005  |            |
| Zinco Total            | 0,18     | 0,18     | 5        | mg / L Zn                               | 0,04      |           | 0,02      |            |
| Toxicidade crônica     |          |          |          |   |           |           |           |            |
| ÍQA                    |          |          |          |   | 49,0      | 50,7      | 41,9      | 44,8       |
| CT                     |          |          |          |   | MÉDIA     | BAIXA     | BAIXA     | MÉDIA      |
| Vazão                  |          |          |          | m <sup>3</sup> /s                       | 2,07      | 1,08      | 1,08      | 1,48       |



**Resultados das Análises Físico-químicas e Bacteriológicas  
- UPRHs MU01 -**

| Variável               | Padrão   |          |          | Unidade                                 | MU009     | MU009     | MU009     | MU009      |
|------------------------|----------|----------|----------|---|-----------|-----------|-----------|------------|
|                        | Classe 1 | Classe 2 | Classe 3 |   | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2   |
| Classe                 |          |          |          |   | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2   |
| Data                   |          |          |          |   | 31/1/2001 | 25/4/2001 | 18/7/2001 | 10/10/2001 |
| Hora                   |          |          |          |   | 12:00     | 9:40      | 11:20     | 12:05      |
| Tempo                  |          |          |          |   | Bom       | Bom       | Bom       | Chuvoso    |
| Temperatura do Ar      |          |          |          | ° C                                     | 32,0      | 28,0      | 27,0      | 22,0       |
| Temperatura da Água    |          |          |          | ° C                                     | 31,0      | 26,9      | 22,9      | 22,9       |
| pH "in loco"           | 6 a 9    | 6 a 9    | 6 a 9    |   | 7,30      | 7,20      | 7,04      | 7,00       |
| pH laboratório         | 6 a 9    | 6 a 9    | 6 a 9    |   | 7,29      | 7,90      | 7,14      | 7,06       |
| Condutividade Elétrica |          |          |          | µmho/cm                                 | 83,40     | 115,80    | 130,20    | 171,90     |
| Cond. Elétrica Lab.    |          |          |          | µmho/cm                                 |           |           |           | 173,00     |
| Turbidez               | 40       | 100      | 100      | NTU                                     | 23,50     | 13,70     | 14,60     | 27,40      |
| Cor                    | 30       | 75       | 75       | UPt                                     | 30,00     | 50,00     | 25,00     | 40,00      |
| Sólidos Totais         |          |          |          | mg / L                                  | 77,00     | 93,00     | 100,00    | 133,00     |
| Sólidos Dissolvidos    | 500      | 500      | 500      | mg / L                                  | 44,00     | 84,00     | 80,00     | 118,00     |
| Sólidos Suspensão      |          |          |          | mg / L                                  | 33,00     | 9,00      | 20,00     | 15,00      |
| Alcalinidade Total     |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 16,20     |           | 14,80     |            |
| Dureza Total           |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 35,90     |           | 24,00     |            |
| Dureza de Cálcio       |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 24,40     |           | 14,90     |            |
| Dureza de Magnésio     |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 11,50     |           | 9,10      |            |
| Cloretos               | 250      | 250      | 250      | mg / L Cl                               | 14,79     | 16,47     | 23,42     | 33,12      |
| Potássio               |          |          |          | mg / L K                                | 2,00      |           | 2,94      |            |
| Sódio                  |          |          |          | mg / L Na                               | 8,21      |           | 13,00     |            |
| Sulfatos               | 250      | 250      | 250      | mg / L SO <sub>4</sub>                  | 2,30      |           | 2,30      |            |
| Sulfetos               | 0,002    | 0,002    | 0,3      | mg / L S                                | < 0,50    |           | < 0,50    |            |
| Fosfato Total          | 0,025    | 0,025    | 0,025    | mg / L P                                | 0,05      | 0,05      | 0,09      | 0,04       |
| Nitrogênio Orgânico    |          |          |          | mg / L N                                | 0,50      |           | 0,40      |            |
| Nitrogênio Amoniacal   |          |          | 1        | mg / L N                                | < 0,10    | < 0,10    | 0,10      | < 0,10     |
| Nitrato                | 10       | 10       | 10       | mg / L N                                | 0,15      | 0,09      | 0,18      | 0,14       |
| Nitrito                | 1        | 1        | 1        | mg / L N                                | 0,002     | 0,004     | 0,003     | 0,005      |
| Amônia não Ionizável   | 0,02     | 0,02     |          | mg / L NH <sub>3</sub>                  | 1,98E-03  | 1,20E-03  | 6,29E-04  | 5,74E-04   |
| OD                     | > 6      | > 5      | > 4      | mg / L                                  | 7,5       | 7,3       | 8,7       | 7,7        |
| % OD Saturação         |          |          |          | %                                       | 104,7     | 93,5      | 102,3     | 90,6       |
| DBO                    | 3        | 5        | 10       | mg / L                                  | 2         | 3         | 2         | 2          |
| DQO                    |          |          |          | mg / L                                  | 22        |           | 6         |            |
| Cianetos               | 0,01     | 0,01     | 0,2      | mg / L CN                               | < 0,01    |           | < 0,01    |            |
| Índice de Fenóis       | 0,001    | 0,001    | 0,3      | mg / L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH | 0,001     |           | < 0,001   |            |
| Óleos e Graxas         | ausentes | ausentes | ausentes | mg / L                                  | 1         |           | 1         |            |
| Surfactantes Aniônicos | 0,5      | 0,5      | 0,5      | mg / L LAS                              | < 0,05    |           | < 0,05    |            |
| Coliformes Totais      | 1000     | 5000     | 20000    | NMP / 100 ml                            | 50.000    | 3.000     | 8.000     | 24.000     |
| Coliformes Fecais      | 200      | 1000     | 4000     | NMP / 100 ml                            | 17.000    | 500       | 8.000     | 8.000      |
| Estreptococos Totais   |          |          |          | NMP / 100 ml                            | 3.000     |           | 300       |            |
| Alumínio               | 0,1      | 0,1      | 0,1      | mg / L Al                               |           |           |           |            |
| Arsênio                | 0,05     | 0,05     | 0,05     | mg / L As                               | < 0,0003  |           | < 0,0003  |            |
| Bário                  | 1        | 1        | 1        | mg / L Ba                               | 0,035     |           | 0,046     |            |
| Boro                   | 0,75     | 0,75     | 0,75     | mg / L B                                | < 0,07    |           | < 0,07    |            |
| Cádmio                 | 0,001    | 0,001    | 0,01     | mg / L Cd                               | < 0,0005  |           | < 0,0005  |            |
| Chumbo                 | 0,03     | 0,03     | 0,05     | mg / L Pb                               | < 0,005   | < 0,005   | < 0,005   | < 0,005    |
| Cobre                  | 0,02     | 0,02     | 0,5      | mg / L Cu                               | < 0,004   |           | < 0,004   |            |
| Cromo Trivalente       | 0,5      | 0,5      | 0,5      | mg / L Cr                               | < 0,04    |           | < 0,04    |            |
| Cromo Hexavalente      | 0,05     | 0,05     | 0,05     | mg / L Cr                               | < 0,01    |           | < 0,01    |            |
| Ferro Solúvel          | 0,3      | 0,3      | 5        | mg / L Fe                               | 0,34      | 0,11      | 0,20      | 0,23       |
| Manganês               | 0,1      | 0,1      | 0,5      | mg / L Mn                               | 0,062     | 0,043     | 0,040     | 0,061      |
| Mercúrio               | 0,2      | 0,2      | 2        | µg / L Hg                               | 0,2       |           | < 0,2     |            |
| Níquel                 | 0,025    | 0,025    | 0,025    | mg / L Ni                               | < 0,004   |           | 0,022     |            |
| Selênio                | 0,01     | 0,01     | 0,01     | mg / L Se                               | < 0,0005  |           | < 0,0005  |            |
| Zinco Total            | 0,18     | 0,18     | 5        | mg / L Zn                               | 0,04      |           | 0,05      |            |
| Toxicidade crônica     |          |          |          |   |           |           |           |            |
| ÍQA                    |          |          |          |   | 58,8      | 71,1      | 61,0      | 60,3       |
| CT                     |          |          |          |   | BAIXA     | BAIXA     | BAIXA     | BAIXA      |
| Vazão                  |          |          |          | m <sup>3</sup> /s                       | 52,96     | 29,93     | 31,87     | 30,90      |





**Resultados das Análises Físico-químicas e Bacteriológicas  
- UPRHs MU01 -**

| Variável               | Padrão   |          |          | Unidade                                 | MU011     | MU011     | MU011     | MU011      |
|------------------------|----------|----------|----------|---|-----------|-----------|-----------|------------|
|                        | Classe 1 | Classe 2 | Classe 3 |   | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2   |
| Classe                 |          |          |          |   | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2   |
| Data                   |          |          |          |   | 31/1/2001 | 25/4/2001 | 18/7/2001 | 10/10/2001 |
| Hora                   |          |          |          |   | 12:50     | 10:25     | 12:10     | 13:05      |
| Tempo                  |          |          |          |   | Bom       | Bom       | Bom       | Chuvoso    |
| Temperatura do Ar      |          |          |          | ° C                                     | 33,0      | 29,0      | 27,0      | 22,0       |
| Temperatura da Água    |          |          |          | ° C                                     | 31,0      | 27,1      | 23,6      | 23,1       |
| pH "in loco"           | 6 a 9    | 6 a 9    | 6 a 9    |   | 7,70      | 7,45      | 7,30      | 7,33       |
| pH laboratório         | 6 a 9    | 6 a 9    | 6 a 9    |   | 7,67      | 7,93      | 7,37      | 7,48       |
| Condutividade Elétrica |          |          |          | µmho/cm                                 | 179,40    | 225,90    | 339,10    | 435,80     |
| Cond. Elétrica Lab.    |          |          |          | µmho/cm                                 |           |           |           | 429,00     |
| Turbidez               | 40       | 100      | 100      | NTU                                     | 17,50     | 26,30     | 17,40     | 26,50      |
| Cor                    | 30       | 75       | 75       | UPt                                     | 20,00     | 50,00     | 5,00      | 40,00      |
| Sólidos Totais         |          |          |          | mg / L                                  | 132,00    | 176,00    | 257,00    | 296,00     |
| Sólidos Dissolvidos    | 500      | 500      | 500      | mg / L                                  | 90,00     | 161,00    | 237,00    | 291,00     |
| Sólidos Suspensão      |          |          |          | mg / L                                  | 42,00     | 15,00     | 20,00     | 5,00       |
| Alcalinidade Total     |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 23,90     |           | 22,40     |            |
| Dureza Total           |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 43,70     |           | 79,40     |            |
| Dureza de Cálcio       |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 24,40     |           | 40,30     |            |
| Dureza de Magnésio     |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 19,30     |           | 39,10     |            |
| Cloretos               | 250      | 250      | 250      | mg / L Cl                               | 21,07     | 36,12     | 58,94     | 95,17      |
| Potássio               |          |          |          | mg / L K                                | 1,78      |           | 3,38      |            |
| Sódio                  |          |          |          | mg / L Na                               | 16,58     |           | 31,80     |            |
| Sulfatos               | 250      | 250      | 250      | mg / L SO <sub>4</sub>                  | 3,60      |           | 6,20      |            |
| Sulfetos               | 0,002    | 0,002    | 0,3      | mg / L S                                | < 0,50    |           | < 0,50    |            |
| Fosfato Total          | 0,025    | 0,025    | 0,025    | mg / L P                                | 0,03      | 0,04      | 0,05      | 0,03       |
| Nitrogênio Orgânico    |          |          |          | mg / L N                                | 0,60      |           | 0,40      |            |
| Nitrogênio Amoniacal   |          |          | 1        | mg / L N                                | < 0,10    | < 0,10    | 0,10      | < 0,10     |
| Nitrato                | 10       | 10       | 10       | mg / L N                                | 0,06      | 0,09      | 0,08      | 0,08       |
| Nitrito                | 1        | 1        | 1        | mg / L N                                | 0,003     | 0,003     | 0,002     | 0,003      |
| Amônia não Ionizável   | 0,02     | 0,02     |          | mg / L NH <sub>3</sub>                  | 4,86E-03  | 2,14E-03  | 1,20E-03  | 1,24E-03   |
| OD                     | > 6      | > 5      | > 4      | mg / L                                  | 7,7       | 7,8       | 8,5       | 8,4        |
| % OD Saturação         |          |          |          | %                                       | 107,5     | 100,3     | 101,5     | 99,3       |
| DBO                    | 3        | 5        | 10       | mg / L                                  | < 2       | 2         | < 2       | < 2        |
| DQO                    |          |          |          | mg / L                                  | 13        |           | 13        |            |
| Cianetos               | 0,01     | 0,01     | 0,2      | mg / L CN                               | < 0,01    |           | < 0,01    |            |
| Índice de Fenóis       | 0,001    | 0,001    | 0,3      | mg / L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH | 0,002     | < 0,001   | < 0,001   | < 0,001    |
| Óleos e Graxas         | ausentes | ausentes | ausentes | mg / L                                  | 2         |           | 1         |            |
| Surfactantes Aniônicos | 0,5      | 0,5      | 0,5      | mg / L LAS                              | < 0,05    |           | < 0,05    |            |
| Coliformes Totais      | 1000     | 5000     | 20000    | NMP / 100 ml                            | 1.300     | 11.000    | 900       | 5.000      |
| Coliformes Fecais      | 200      | 1000     | 4000     | NMP / 100 ml                            | 800       | 11.000    | 110       | 5.000      |
| Estreptococos Totais   |          |          |          | NMP / 100 ml                            | 30        |           | 23        |            |
| Alumínio               | 0,1      | 0,1      | 0,1      | mg / L Al                               |           |           |           |            |
| Arsênio                | 0,05     | 0,05     | 0,05     | mg / L As                               | < 0,0003  |           | < 0,0003  |            |
| Bário                  | 1        | 1        | 1        | mg / L Ba                               | 0,036     |           | 0,069     |            |
| Boro                   | 0,75     | 0,75     | 0,75     | mg / L B                                | < 0,07    |           | < 0,07    |            |
| Cádmio                 | 0,001    | 0,001    | 0,01     | mg / L Cd                               | < 0,0005  |           | < 0,0005  |            |
| Chumbo                 | 0,03     | 0,03     | 0,05     | mg / L Pb                               | < 0,005   |           | < 0,005   |            |
| Cobre                  | 0,02     | 0,02     | 0,5      | mg / L Cu                               | < 0,004   |           | < 0,004   |            |
| Cromo Trivalente       | 0,5      | 0,5      | 0,5      | mg / L Cr                               | < 0,04    |           | < 0,04    |            |
| Cromo Hexavalente      | 0,05     | 0,05     | 0,05     | mg / L Cr                               | < 0,01    |           | < 0,01    |            |
| Ferro Solúvel          | 0,3      | 0,3      | 5        | mg / L Fe                               | 0,25      |           | 0,14      |            |
| Manganês               | 0,1      | 0,1      | 0,5      | mg / L Mn                               | 0,068     | 0,065     | 0,065     | 0,111      |
| Mercúrio               | 0,2      | 0,2      | 2        | µg / L Hg                               | < 0,2     |           | < 0,2     |            |
| Níquel                 | 0,025    | 0,025    | 0,025    | mg / L Ni                               | < 0,004   |           | 0,010     |            |
| Selênio                | 0,01     | 0,01     | 0,01     | mg / L Se                               | < 0,0005  |           | < 0,0005  |            |
| Zinco Total            | 0,18     | 0,18     | 5        | mg / L Zn                               | 0,03      |           | 0,05      |            |
| Toxicidade crônica     |          |          |          |   |           |           |           |            |
| ÍQA                    |          |          |          |   | 70,1      | 60,2      | 75,8      | 61,9       |
| CT                     |          |          |          |   | MÉDIA     | BAIXA     | BAIXA     | BAIXA      |
| Vazão                  |          |          |          | m <sup>3</sup> /s                       | 17,63     | 14,01     | 14,01     | 14,01      |



**Resultados das Análises Físico-químicas e Bacteriológicas  
- UPRHs MU01 -**

| Variável               | Padrão   |          |          | Unidade                                 | MU013     | MU013     | MU013     | MU013      |
|------------------------|----------|----------|----------|---|-----------|-----------|-----------|------------|
|                        | Classe 1 | Classe 2 | Classe 3 |   | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2   |
| Classe                 |          |          |          |   | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2  | Classe 2   |
| Data                   |          |          |          |   | 31/1/2001 | 25/4/2001 | 18/7/2001 | 10/10/2001 |
| Hora                   |          |          |          |   | 14:35     | 11:40     | 13:35     | 14:20      |
| Tempo                  |          |          |          |   | Bom       | Bom       | Bom       | Chuvoso    |
| Temperatura do Ar      |          |          |          | ° C                                     | 34,0      | 29,0      | 27,0      | 22,0       |
| Temperatura da Água    |          |          |          | ° C                                     | 31,0      | 27,5      | 24,1      | 23,0       |
| pH "in loco"           | 6 a 9    | 6 a 9    | 6 a 9    |   | 8,10      | 7,78      | 7,50      | 7,21       |
| pH laboratório         | 6 a 9    | 6 a 9    | 6 a 9    |   | 7,77      | 8,01      | 7,04      | 7,38       |
| Condutividade Elétrica |          |          |          | µmho/cm                                 | 130,10    | 181,30    | 234,00    | 275,50     |
| Cond. Elétrica Lab.    |          |          |          | µmho/cm                                 |           |           |           | 278,00     |
| Turbidez               | 40       | 100      | 100      | NTU                                     | 16,90     | 16,70     | 6,17      | 15,10      |
| Cor                    | 30       | 75       | 75       | UPt                                     | 10,00     | 50,00     | 5,00      | 20,00      |
| Sólidos Totais         |          |          |          | mg / L                                  | 103,00    | 139,00    | 170,00    | 204,00     |
| Sólidos Dissolvidos    | 500      | 500      | 500      | mg / L                                  | 60,00     | 125,00    | 157,00    | 177,00     |
| Sólidos Suspensão      |          |          |          | mg / L                                  | 43,00     | 14,00     | 13,00     | 27,00      |
| Alcalinidade Total     |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 18,60     |           | 15,90     |            |
| Dureza Total           |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 28,80     |           | 45,40     |            |
| Dureza de Cálcio       |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 15,40     |           | 24,50     |            |
| Dureza de Magnésio     |          |          |          | mg / L CaCO <sub>3</sub>                | 13,40     |           | 20,90     |            |
| Cloretos               | 250      | 250      | 250      | mg / L Cl                               | 20,44     | 30,60     | 53,60     | 63,15      |
| Potássio               |          |          |          | mg / L K                                | 1,99      |           | 3,46      |            |
| Sódio                  |          |          |          | mg / L Na                               | 11,87     |           | 25,10     |            |
| Sulfatos               | 250      | 250      | 250      | mg / L SO <sub>4</sub>                  | 3,40      |           | 3,20      |            |
| Sulfetos               | 0,002    | 0,002    | 0,3      | mg / L S                                | < 0,50    |           | < 0,50    |            |
| Fosfato Total          | 0,025    | 0,025    | 0,025    | mg / L P                                | 0,04      | 0,08      | 0,24      | 0,04       |
| Nitrogênio Orgânico    |          |          |          | mg / L N                                | 0,20      |           | 0,30      |            |
| Nitrogênio Amoniacal   |          |          | 1        | mg / L N                                | < 0,10    | < 0,10    | 0,60      | < 0,10     |
| Nitrato                | 10       | 10       | 10       | mg / L N                                | 0,02      | 0,03      | 0,08      | 0,12       |
| Nitrito                | 1        | 1        | 1        | mg / L N                                | 0,001     | 0,003     | 0,003     | 0,006      |
| Amônia não Ionizável   | 0,02     | 0,02     |          | mg / L NH <sub>3</sub>                  | 1,15E-02  | 4,61E-03  | 1,17E-02  | 9,34E-04   |
| OD                     | > 6      | > 5      | > 4      | mg / L                                  | 8,1       | 7,8       | 8,6       | 8,5        |
| % OD Saturação         |          |          |          | %                                       | 112,5     | 100,6     | 103,2     | 99,7       |
| DBO                    | 3        | 5        | 10       | mg / L                                  | 3         | 3         | < 2       | 2          |
| DQO                    |          |          |          | mg / L                                  | 17        |           | 16        |            |
| Cianetos               | 0,01     | 0,01     | 0,2      | mg / L CN                               | < 0,01    |           | < 0,01    |            |
| Índice de Fenóis       | 0,001    | 0,001    | 0,3      | mg / L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH | 0,002     | < 0,001   | < 0,001   | < 0,001    |
| Óleos e Graxas         | ausentes | ausentes | ausentes | mg / L                                  | 1         |           | < 1       |            |
| Surfactantes Aniônicos | 0,5      | 0,5      | 0,5      | mg / L LAS                              | < 0,05    |           | < 0,05    |            |
| Coliformes Totais      | 1000     | 5000     | 20000    | NMP / 100 ml                            | 28.000    | 30.000    | 13.000    | 30.000     |
| Coliformes Fecais      | 200      | 1000     | 4000     | NMP / 100 ml                            | 9.000     | 13.000    | 8.000     | 8.000      |
| Estreptococos Totais   |          |          |          | NMP / 100 ml                            | 700       |           | 2.400     |            |
| Alumínio               | 0,1      | 0,1      | 0,1      | mg / L Al                               |           |           |           |            |
| Arsênio                | 0,05     | 0,05     | 0,05     | mg / L As                               | < 0,0003  |           | 0,0007    |            |
| Bário                  | 1        | 1        | 1        | mg / L Ba                               | 0,036     |           | 0,065     |            |
| Boro                   | 0,75     | 0,75     | 0,75     | mg / L B                                | < 0,07    |           | < 0,07    |            |
| Cádmio                 | 0,001    | 0,001    | 0,01     | mg / L Cd                               | < 0,0005  |           | < 0,0005  |            |
| Chumbo                 | 0,03     | 0,03     | 0,05     | mg / L Pb                               | < 0,005   |           | < 0,005   |            |
| Cobre                  | 0,02     | 0,02     | 0,5      | mg / L Cu                               | < 0,004   |           | < 0,004   |            |
| Cromo Trivalente       | 0,5      | 0,5      | 0,5      | mg / L Cr                               | < 0,04    |           | < 0,04    |            |
| Cromo Hexavalente      | 0,05     | 0,05     | 0,05     | mg / L Cr                               | < 0,01    |           | < 0,01    |            |
| Ferro Solúvel          | 0,3      | 0,3      | 5        | mg / L Fe                               | 0,27      | 0,11      | 0,16      | 0,15       |
| Manganês               | 0,1      | 0,1      | 0,5      | mg / L Mn                               | 0,060     | 0,050     | 0,032     | < 0,003    |
| Mercúrio               | 0,2      | 0,2      | 2        | µg / L Hg                               | < 0,2     |           | < 0,2     |            |
| Níquel                 | 0,025    | 0,025    | 0,025    | mg / L Ni                               | < 0,004   |           | 0,012     |            |
| Selênio                | 0,01     | 0,01     | 0,01     | mg / L Se                               | < 0,0005  |           | < 0,0005  |            |
| Zinco Total            | 0,18     | 0,18     | 5        | mg / L Zn                               | 0,02      |           | 0,03      |            |
| Toxicidade crônica     |          |          |          |   |           |           |           |            |
| ÍQA                    |          |          |          |   | 59,8      | 59,1      | 59,5      | 61,8       |
| CT                     |          |          |          |   | MÉDIA     | BAIXA     | BAIXA     | BAIXA      |
| Vazão                  |          |          |          | m <sup>3</sup> /s                       | 63,21     | 40,23     | 41,15     | 38,41      |

**Legenda:**

**9,5:** Valores em **vermelho** indicam resultados não conformes em 20% do padrão de classe.

**IQA:** **Excelente**  $90 < \text{IQA} = 100$

**Bom**  $70 < \text{IQA} = 90$

**Médio**  $50 < \text{IQA} = 70$

**Ruim**  $25 < \text{IQA} = 50$

**Muito Ruim**  $0 < \text{IQA} = 25$

**CT:** **Baixa** Concentração =  $1,2 \cdot P$

**Média**  $1,2 \cdot P < \text{Concentração} = 2 \cdot P$

**Alta** Concentração  $> 2 \cdot P$

P = Limite de classe definido na Deliberação Normativa COPAM No 10/86

**Vazão:** Inferida por método de regionalização.