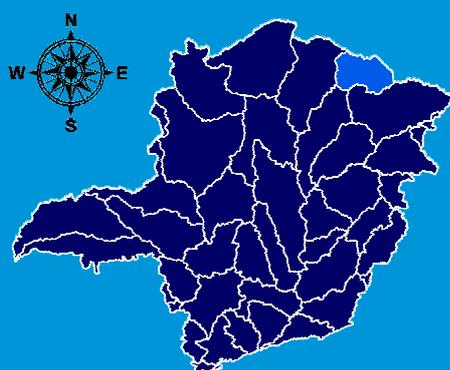
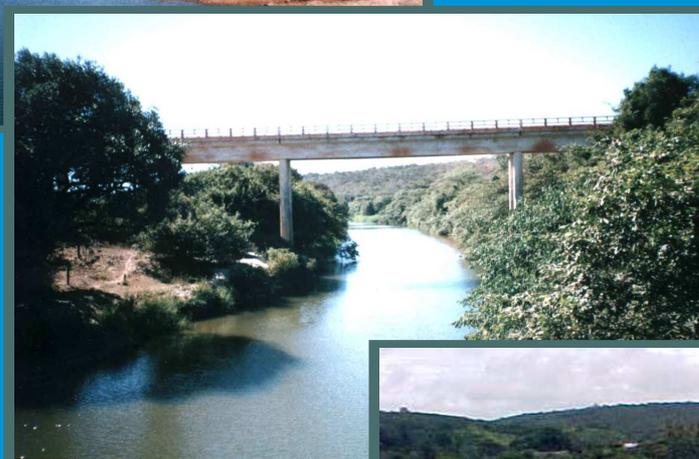
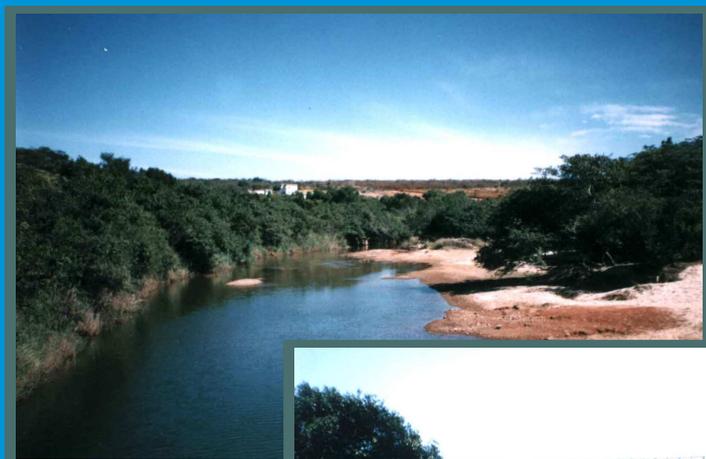


QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO ESTADO DE MINAS GERAIS INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS

RELATÓRIO: MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO PARDO EM 2005



PROJETO ÁGUAS DE MINAS

Apoio:



feam
FUNDAÇÃO ESTADUAL
DO MEIO AMBIENTE

Realização:



Belo Horizonte, dezembro de 2006



QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

RELATÓRIO DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO PARDO EM 2005

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

Belo Horizonte
Dezembro/2006



QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

**SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento
Sustentável**

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Diretoria de Instrumentalização e Controle

Divisão de Sistema de Informações

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente

CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais

Diretoria de Desenvolvimento e Serviços Tecnológicos

Setor de Medições Ambientais



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Coordenação do Projeto Águas de Minas

Zenilde das Graças Guimarães Viola

Equipe Técnica

Cristiane Freitas de Azevedo Barros, Bióloga
Leonardo Corradi Coelho, Geógrafo
Karla Maria Machado Souza Pereira, Bióloga
Katiane Cristina de Brito Almeida, Bióloga
Ludmila Vieira Lage, Estatística
Mateus Carlos de Almeida, Engenheiro Hídrico
Milton Olavo de Paiva Franco, Químico
Patrícia Sena Coelho, Bióloga
Raquel Souza Mendes, Bióloga
Rômulo Cajueiro de Melo, Biólogo
Sérgio Pimenta Costa, Biólogo
Vanessa Kelly Saraiva, Química
Wanderlene Ferreira Nacif, Química
Zenilde das Graças Guimarães Viola, Química

Apoio

Denise Duarte Carrilho – Diretoria de Instrumentalização e Controle/DIC
Divisão de Regulação de Usos/DvRU
Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais/SIMGE

CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais

Coordenação do Setor de Medições Ambientais – SAM

José Antonio Cardoso

Equipe Técnica

Fábio de Castro Patrício, Biólogo
José Antônio Cardoso, Químico
Olguita Geralda Ferreira Rocha, Química e Bioquímica Farmacêutica
Patrícia Pedrosa Marques, Química
Sávio Gonçalves Rosa, Biólogo



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. A Resolução CONAMA 357/2005 e a Qualidade das Águas do Estado.....	3
2. UNIDADES DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	4
3. PARÂMETROS INDICATIVOS DA QUALIDADE DAS ÁGUAS.....	9
3.1. Significado Ambiental dos Parâmetros.....	10
3.1.1. Parâmetros Físicos.....	10
3.1.2. Parâmetros Químicos.....	12
3.1.3. Parâmetros Microbiológicos.....	21
3.1.4. Bioensaios Ecotoxicológicos.....	23
4. INDICADORES DA QUALIDADE DAS ÁGUAS.....	24
4.1. Índice de Qualidade das Águas – IQA.....	24
4.2. Contaminação por Tóxicos - CT.....	26
4.3. Bioensaios Ecotoxicológicos.....	26
5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	27
5.1. Rede de Monitoramento.....	27
5.2. Coletas e Análises.....	28
5.2.1. Coletas.....	28
5.2.2. Análises.....	42
5.3. Avaliação Temporal.....	43
5.4. Avaliação Espacial.....	44
5.5. Avaliação Ambiental – Pressão x Estado x Resposta.....	44
6. OUTORGA.....	46
6.1. O Que é Outorga de Direito de Uso.....	46
6.2. Modalidades de Outorga.....	46
6.3. A Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos em Minas Gerais.....	47
6.4. A Quem Solicitar.....	47
6.5. Como Solicitar a Outorga.....	47
6.6. Quando se Deve Solicitar a Outorga.....	48
6.7. Os Usos de Recursos Hídricos Sujeitos a Outorga.....	48
6.8. Usos que independem da Outorga.....	48
6.9. Procedimento para Solicitação de Outorga.....	48
6.10. Documentação Necessária para a Obtenção da Outorga.....	49



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

7. SITUAÇÃO NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005.....	50
7.1. IQA – Índice de Qualidade das Águas nas Bacias Hidrográficas.....	52
7.2. CT – Contaminação por Tóxicos nas Bacias Hidrográficas.....	63
7.3. Parâmetros em desacordo com a legislação.....	70
7.3.1. No Estado de Minas Gerais.....	70
7.3.2. Nas bacias hidrográficas.....	71
7.4. Ensaios de Toxicidade.....	77
7.5. A Situação Atual das Outorgas em Minas Gerais.....	80
8. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA DO RIO PARDO NO ESTADO DE MINAS GERAIS.....	84
9. CONSIDERAÇÕES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DE 2005.....	88
9.1. Rio Pardo.....	88
10. AVALIAÇÃO AMBIENTAL	90
10.1. Análise das Violações.....	90
11. AÇÕES DE CONTROLE AMBIENTAL – RESPOSTA.....	94
11.1. Contaminação por esgoto sanitário.....	94
11.2. Contaminação por metais tóxicos.....	94
12. BIBLIOGRAFIA.....	95
 ANEXOS	
Anexo A – Municípios com Sede na Bacia do Rio Pardo.....	A-1
Anexo B – Curvas de Qualidade e Equações para Cálculo do Índice de Qualidade das Águas.....	B-1
Anexo C – Classificação das Coleções de Água.....	C-1
Anexo D – Resultados dos Parâmetros e Indicadores de Qualidade das Águas em 2005.....	D-1

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 –	Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos em Minas Gerais (UPGRHs), suas respectivas áreas de drenagem, população e número de estações de amostragem.....	6
Tabela 5.1 -	Relação dos parâmetros analisados nas campanhas completas...	29
Tabela 5.2 -	Relação dos parâmetros comuns a todas as estações de amostragens analisados nas campanhas intermediárias.....	29
Tabela 5.3 -	Relação dos parâmetros específicos analisados nas campanhas intermediárias por estação de amostragem.....	30
Tabela 5.4 -	Relação dos métodos de ensaios utilizados no Projeto "Águas de Minas".....	42
Tabela 7.1 –	Resultados dos testes de ecotoxicidade realizados entre Agosto/2004 e Dezembro/2005.....	78
Tabela 7.2 -	Vazões outorgadas em Minas Gerais no ano de 2005.....	81
Tabela 7.3 -	Porcentagem de uso em Minas Gerais em 2005.....	82
Tabela 7.4 -	Número de outorgas em 2005 por bacia.....	83
Tabela 8.1 -	Descrição das estações de amostragem da bacia do rio Pardo.....	85
Tabela 10.1 -	Classificação dos parâmetros monitorados em ordem decrescente segundo o percentual de violações de classe de enquadramento da bacia do rio Pardo no período de 1997 a 2005.....	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 7.1:	Evolução temporal dos dados de qualidade: Índice de Qualidade da Água – IQA e Contaminação por Tóxicos – CT no Estado de Minas Gerais.....	51
Figura 7.2:	IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRH SF5.....	53
Figura 7.3:	IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem - UPGRH SF3.....	54
Figura 7.4:	IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRH SF2.....	54
Figura 7.5:	IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10	55
Figura 7.6:	IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs SF1 e SF4.....	56
Figura 7.7:	IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs GD1 a GD8	57
Figura 7.8:	IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs DO1 a DO5	58
Figura 7.9:	IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs PS1 e PS2.....	59
Figura 7.10:	IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs PN1, PN2 e PN3.....	60
Figura 7.11:	IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs JQ1, JQ2 e JQ3.....	61
Figura 7.12:	IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs MU1.....	62
Figura 7.13:	IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs PA1.....	62
Figura 7.14:	Ocorrência de parâmetros avaliados na Contaminação por Tóxicos no Estado de Minas Gerais.....	63
Figura 7.15:	Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRH SF5.....	64
Figura 7.16:	Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRH SF3.....	65
Figura 7.17:	Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta – UPGRH SF2.....	65
Figura 7.18:	Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Média – UPGRH SF1 e SF4.....	66



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Figura 7.19:	Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRHs SF6, SF7, SF8, SF9, SF10.....	66
Figura 7.20:	Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Média – UPGRHs GD1 a GD8.....	67
Figura 7.21:	Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRHs DO1 a DO5.....	67
Figura 7.22:	Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRHs PS1 e PS2.....	68
Figura 7.23:	Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Média – UPGRHs PN1, PN2 e PN3.....	68
Figura 7.24:	Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRHs JQ1 a JQ3, PA1 e MU1.....	69
Figura 7.25:	Frequência da ocorrência de metais fora dos limites estabelecidos na legislação.....	70
Figura 7.26:	Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação.....	71
Figura 7.27:	Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPGRH SF5.....	72
Figura 7.28:	Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPGRH SF3.....	72
Figura 7.29:	Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPGRH SF2.....	73
Figura 7.30:	Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPGRHs SF1 e SF4.....	73
Figura 7.31:	Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPGRHs SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10...	74
Figura 7.32:	Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação - UPGRHs GD1 a GD8.....	74
Figura 7.33:	Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação - UPGRHs DO1 a DO5.....	75
Figura 7.34:	Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação - UPGRHs PS1 e PS2.....	75
Figura 7.35:	Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação - UPGRHs PN1, PN2 e PN3.....	76
Figura 7.36:	Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação - UPGRHs JQ1 a JQ3, PA1 e MU1.....	76
Figura 7.37:	Percentuais de estações com resultados positivos de ecotoxicidade nas bacias do rio Grande e Paranaíba.....	79
Figura 7.38:	Baixa, Média e Alta ocorrência de ecotoxicidade nas bacias dos rios Grande e Paranaíba nos anos de 2004 e 2005.....	80



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Figura 7.39: Evolução das outorgas ano a ano.....	83
Figura 8.1: Evolução Temporal da Média Anual do IQA na bacia do Rio Pardo.....	87

LISTA DE MAPAS

Mapa 2.1: Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos em Minas Gerais (UPGRHs).....	5
Mapa 8.1: Mapa da Qualidade das Águas Superficiais em 2005 da bacia do Rio Pardo.....	86



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

APRESENTAÇÃO

O Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), autarquia vinculada à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), através do Projeto Águas de Minas, desenvolve esforços permanentes para conhecer a qualidade das águas do Estado, um dos pressupostos do desenvolvimento socioeconômico sustentável.

As informações contidas neste material, no conjunto das complexas questões ambientais, são ferramentas estratégicas para a gestão compartilhada e descentralizada dos recursos hídricos em Minas Gerais, além de ser um dos apoios indispensáveis às decisões dos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH) e ao gerenciamento correto dos recursos hídricos.

A água, fonte de vida humana, animal e vegetal, não pode ser fabricada em laboratório, nem possui derivados. Para a manutenção da vida, é preciso assegurar água em quantidade e qualidade.

Paulo Teodoro de Carvalho
Diretor Geral do IGAM



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

1. INTRODUÇÃO

A água, recurso natural limitado, constitui bem de domínio público, conforme dispõe a Constituição Federal/88 em seus artigos 20 e 21, e a Lei Nº 9.433/97. Como tal, necessita de instrumentos de gestão a serem aplicados na bacia hidrográfica, unidade territorial fundamental. Tais instrumentos visam assegurar às atuais e futuras gerações água disponível em qualidade e quantidade adequadas mediante seu uso racional e prevenir situações hidrológicas críticas, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

Em Minas Gerais, a Constituição Estadual/89 delinea ações gerais para gerenciamento e proteção dos recursos hídricos mineiros. A Lei 12.584/97 cria o IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas – em substituição ao antigo DRH – Departamento de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais – órgão do Sistema Estadual de Meio Ambiente (SISEMA), ligado ao Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), cuja finalidade é a promoção do gerenciamento das águas de Minas Gerais de acordo com as ações previstas na legislação.

O Projeto Águas de Minas vem atender a uma das ações previstas na Lei 12.584, de criação do IGAM, em seu Art. 5º inciso X – proceder à avaliação da rede de monitoramento da qualidade das águas no Estado - e também contribui para a implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos, que foi instituída pela Lei Nº 13.199/99 fundamentada na Lei Federal Nº 9.433/97.

O monitoramento das águas em Minas Gerais teve seu início em 1977, com a rede de amostragem operada pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC, e que visava às bacias do rio das Velhas, rio Paraopeba e rio Paraíba do Sul para o Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM - até o ano de 1988. A FEAM monitorou a bacia hidrográfica do rio Verde de 1987 a 1995 utilizando os serviços do CETEC. A seguir, contratando os serviços da GEOSOL - Geologia e Sondagens – e, posteriormente, do CETEC, monitorou as bacias hidrográficas do rio das Velhas e do rio Paraopeba de 1993 a 1997.

Com o *status* adquirido pela questão hídrica refletida na promulgação da Lei 9.433/97 e a conseqüente criação de órgãos federais e estaduais dirigidos ao gerenciamento racional das águas, o trabalho de monitoramento foi reforçado pela FEAM, em 1997, desta vez com um monitoramento mais amplo e completo, estendido às oito principais bacias hidrográficas mineiras por meio de convênio com o Ministério do Meio Ambiente - MMA. No final de 1999, o Governo do Estado de Minas Gerais, por intermédio do Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH, também destinou recursos para o Projeto Águas de Minas, passando o IGAM a integrar a coordenação do mesmo. Em 2002, por estar melhor inserido nas competências da Agenda Azul do que nas da Agenda Marrom, a coordenação geral deste Projeto passou para o IGAM, com participação da FEAM principalmente na elaboração do quadro Pressão-Estado-Resposta, que associa as alterações encontradas na qualidade das águas às diferentes fontes de poluição. Desde então, o IGAM tem sido responsável pela coordenação, operação e divulgação dos resultados do Projeto Águas de Minas.

O Projeto Águas de Minas, em execução há oito anos, vem permitindo identificar alterações na qualidade das águas do Estado, refletidas em tendências observadas. A operação da rede de monitoramento teve início com a seleção de 222 pontos de amostragem aos quais se foram agregando outros, levando a um total de 244 estações amostradas em frequência



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

trimestral em 2005. Na última campanha realizada ao final desse ano, foram acrescentadas dezesseis novas estações de amostragem, totalizando 260 pontos. As novas estações estão distribuídas entre as bacias dos rios das Velhas (4), Paraopeba (2), Pará (3) e São Francisco em suas porções Norte (5) e Sul (2). A descrição dos novos pontos pode ser observada nas tabelas específicas de cada bacia.

O IGAM pretende, através do Projeto “Águas de Minas”, atingir os seguintes objetivos:

- avaliar as condições reais das águas superficiais mineiras por meio de análises *in loco* e em laboratório de amostras coletadas nas estações de monitoramento;
- verificar as alterações espaciais e temporais na qualidade das águas, tentando ressaltar tendências observáveis;
- correlacionar essas condições com as características de ocupação das diferentes bacias;
- fornecer uma medida da eficácia dos sistemas de controle de outros órgãos do Sistema Estadual do Meio Ambiente em relação às atividades potencialmente causadoras de impacto;
- facilitar a identificação e a implementação de estratégias de aperfeiçoamento de instrumentos gerenciais;
- definir bacias ou corpos de água onde o detalhamento da macro-rede mostre-se necessário, mediante redes dirigidas;
- divulgar aos órgãos do judiciário e aos usuários de água o relatório anual de qualidade das águas superficiais;
- disponibilizar via *Internet* os resultados trimestrais do monitoramento, bem como relatórios e mapas.

Para atingir esses objetivos, foram estabelecidas as análises a serem realizadas nas amostras de água coletadas. Além dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos já usuais são realizados ensaios de toxicidade com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*. As amostras coletadas nas campanhas completas (período chuvoso e estiagem) foram submetidas à avaliação de cerca de 50 parâmetros. Já as amostras das campanhas intermediárias foram submetidas às análises de 16 parâmetros.

Alguns dos resultados são utilizados no cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA) multiplicativo, desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos, e na interpretação dos dados de Contaminação por Tóxicos (CT), desenvolvido pela FEAM, tomando por base, no ano de 2005, os limites de classe definidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) na Resolução CONAMA 357/2005.

Os resultados permitem inferir a qualidade das águas dos corpos de água nas Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRHs) em Minas Gerais, estabelecidas pela DN Nº 06/02 do CERH, descritas em seu anexo único. A adoção das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos - UPGRHs, 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.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Para o conjunto de resultados dos principais indicadores de qualidade e quantidade das águas, obtidos ao longo dos seis anos de monitoramento, são apresentadas avaliações em nível sazonal, ao longo do tempo e espacial, com o propósito de apresentar uma interpretação mais detalhada. Além de outras considerações, esta avaliação permite associar a componente quantidade aos indicadores de qualidade, 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 Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais e a aos órgãos vinculados identificarem e implementarem estratégias de aperfeiçoamento de seus instrumentos gerenciais. Destaca-se a importância do Projeto Águas de Minas, que permite aos usuários de água, o acompanhamento do quadro geral sobre a qualidade das águas das principais bacias hidrográficas do Estado, competência da Agenda Azul (IGAM), e para a efetividade das ações de controle das fontes de poluição e degradação ambiental da Agenda Marrom (FEAM).

A caracterização da qualidade das águas, bem como os aspectos de quantidade dos recursos hídricos vêm, ademais, estimulando a integração das ações das agendas ambientais do Estado de Minas Gerais.

É importante ressaltar que o alcance dos objetivos é gradativo e a continuidade do projeto vem proporcionando a interação efetiva entre os órgãos gestores e os usuários, com vistas ao alcance da gestão sustentável dos recursos hídricos.

1.1. A resolução CONAMA 357/2005 e a qualidade das águas do Estado

Para avaliação da qualidade das águas no Estado de Minas Gerais, no âmbito do Projeto Águas de Minas, o Instituto Mineiro de Gestão de Águas vinha, até 2004, utilizando os limites estabelecidos na deliberação normativa nº10/1986, do Conselho Estadual de Meio Ambiente. No entanto, em vista da necessidade de revisão desta DN, e da revisão da Resolução Federal do CONAMA nº20 de 1986, com sua publicação em março de 2005, optou-se por adotar esta legislação mais recente para embasar esta avaliação anual da qualidade das águas de Minas Gerais.

A resolução CONAMA 357/2005 trouxe modificações significativas para a preservação dos recursos hídricos, podendo-se citar:

- Reconhecimento da importância de variáveis biológicas na avaliação da qualidade da água, considerando os testes de toxicidade e o monitoramento da densidade de cianobactérias e da concentração de clorofila-a como necessários para o enquadramento de um dado corpo de água;
- Estabelecimento de padrões de fósforo total específicos para cada tipo de ambiente (lêntico, lótico e intermediário) e a adequação da análise da concentração de nitrogênio amoniacal em função do pH;
- Com relação aos metais alumínio e cobre, passaram a ser consideradas, especificamente, as parcelas dissolvidas, responsáveis por causar problemas para abastecimento público e à biota, enquanto o cromo passou a ser avaliado em sua



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

totalidade e não mais em suas formas tri ou hexavalente, como estabelecido pela DN 10/86;

Atualmente, a Deliberação Normativa COPAM nº10 de 1986, está passando por revisão para se adequar às condições da Resolução CONAMA 357/2005.

2. UNIDADES DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS (UPGRHs)

A preservação e a utilização racional dos recursos hídricos é um aspecto importante na atualidade para a resolução de problemas agudos relacionados à questão hídrica, visando ao bem estar de todos e à preservação do meio ambiente.

A pressão antrópica devido ao desenvolvimento das atividades econômicas e o adensamento populacional de forma desordenada vêm ocasionando crescentes problemas aos recursos hídricos. Em virtude disso, as instâncias públicas e civis mobilizaram-se para a criação de legislação e políticas específicas, a fim de fundamentar a gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos.

Dessa forma, gerou-se uma demanda do CERH ao IGAM no sentido de identificar e definir unidades de planejamento e gestão dos recursos hídricos no Estado, com o objetivo de orientar as ações relacionadas à aplicação da Política Estadual de Recursos Hídricos no âmbito estadual. Os trabalhos culminaram no estabelecimento das UPGRHs na Deliberação Normativa Nº 06/02 expedida pelo CERH.

Nesse contexto, foi necessário selecionar os municípios por UPGRH, tendo-se adotado como princípio que a localização do distrito sede define a inserção do mesmo na Unidade. A única exceção refere-se ao município de Contagem, considerado na UPGRH SF5 (Alto e Médio Cursos do rio das Velhas), embora seu distrito sede esteja localizado na sub-bacia do rio Paraopeba. Tal consideração baseou-se nas características específicas de distribuição da população e atividades econômicas do município, que geram pressões mais representativas na vertente da sub-bacia do rio das Velhas. Para as bacias cujas UPGRHs estão descritas neste volume, a relação dos municípios pertencentes a elas com a sua população urbana e rural são apresentadas no Anexo A.

As UPGRHs, que são unidades físico-territoriais, identificadas dentro das bacias hidrográficas do Estado, apresentam uma identidade regional caracterizada por aspectos físicos, sócio-culturais, econômicos e políticos. Apesar do caráter técnico na concepção dessas unidades, sua definição foi resultado de um consenso entre os vários níveis de decisão relacionados à gestão das águas.

As 36 UPGRHs resultantes desse trabalho, detalhadas na Tabela 2.1 e ilustradas no Mapa 2.1, são adotadas pelo IGAM, pela SEPLAN (Secretaria Estadual de Planejamento e Coordenação Geral) e pela ANA (Agência Nacional das Águas) na gestão dos recursos hídricos em território mineiro.

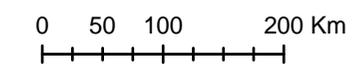
Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRHs) - Minas Gerais



2006. O ano dos resultados.

BACIAS FEDERAIS

- Bacias do Leste
- Rio Doce
- Rio Grande
- Rio Jequitinhonha
- Paraíba do Sul
- Paranaíba
- Rio Pardo
- Rio Piracicaba/Jaguari
- Rio São Francisco
- Principais Rios



Execução:
Projeto Águas de Minas
2006

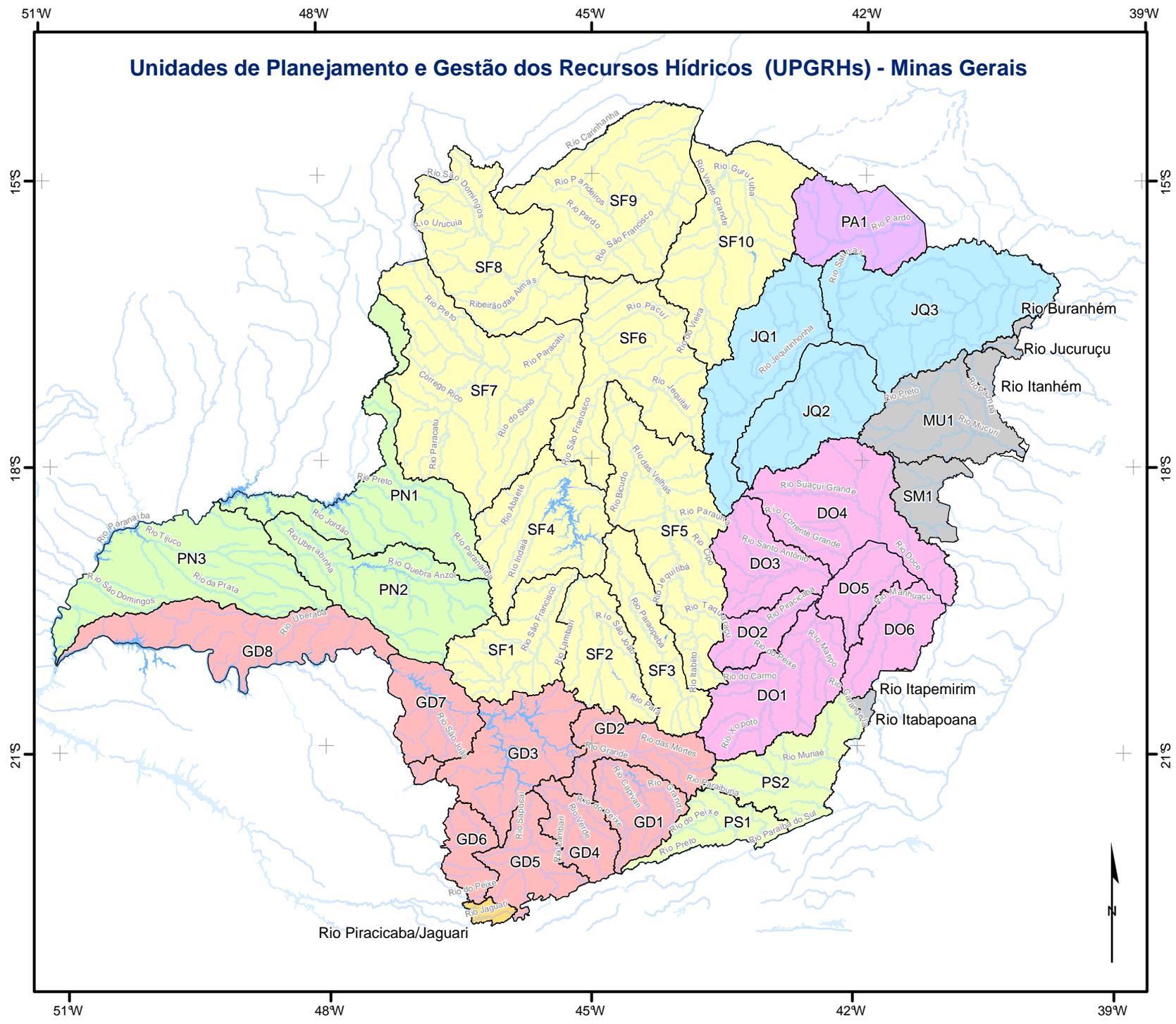


Tabela 2.1: Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos em Minas Gerais (UPGRH), suas respectivas áreas de drenagem, população e número de estações de amostragem

Bacia	UPGRH	nº	Área Drenada (Km ²)	Municípios com sede	População Total	População Urbana	População Rural	nº Estações de amostragem	Densidade (Est/1000Km ²)	
Rio São Francisco (SF)	Sul	SF1 - Nascentes até confluência Rio Pará	14.204	20	214.094	177.685	36.409	7	0,49	
		SF4 - Entorno Represa Três Marias	18.714	15	182.769	154.168	28.601	7	0,37	
		Subtotal Sul	2	32.918	35	396.863	331.853	65.010	14	0,43
	Norte	SF6 - SF jusante Rio Abaeté até jusante do Rio Uruçuia		25.129	7	79.594	55.042	24.552	4	0,16
		SF7 - Bacia Rio Paracatu		41.512	12	256.454	199.856	56.598	8	0,19
		SF8 - Bacia Rio Uruçuia e afluentes esquerdos do SF		25.136	8	79.704	46.754	32.950	4	0,16
		SF9 - SF jusante confluência Uruçuia até a montante do Rio Carinhanha		31.259	17	235.010	119.783	115.227	8	0,26
		SF10 - Bacia Rio Verde Grande		27.043	22	641.784	476.054	165.730	7	0,26
		Subtotal Norte	5	150.079	66	1.292.546	897.489	395.057	31	0,21
	Pará	SF2 - Bacia do Rio Pará		12.262	27	631.887	547.941	83.946	16	1,30
	Paraopeba	SF3 - Bacia do Rio Paraopeba		12.092	35	909.486	814.609	94.877	21	1,74
	Velhas	SF5 - Bacia Rio das Velhas até foz no SF		28.092	56	4.307.828	4.121.255	186.573	33	1,17
		TOTAL SF	10	235.443	219	7.538.610	6.713.147	825.463	115	0,49
Rio Paranaíba (PN)	PN1 - Nascentes Rio Paranaíba até jusante Barragem Itumbiara		22.292	18	430.955	361.277	69.678	5	0,22	
	PN2 - Bacia Rio Araguari		21.567	13	741.486	696.543	44.943	8	0,37	
	PN3 - Baixo curso, de Itumbiara até a foz		26.973	13	211.641	176.801	34.840	5	0,19	
	TOTAL PN	3	70.832	44	1.384.082	1.234.621	149.461	18	0,25	

Tabela 2.1: Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos em Minas Gerais (UPGRH), suas respectivas áreas de drenagem, população e número de estações de amostragem

Bacia	UPGRH	nº	Área Drenada (Km ²)	Municípios com sede	População Total	População Urbana	População Rural	nº Estações de amostragem	Densidade (Est/1000Km ²)
Rio Grande (GD)	GD1 - Nascentes Rio Grande até confluência Rio das Mortes		8.805	21	131.998	93.889	38.109	5	0,57
	GD2 - Bacias Rios das Mortes e Jacaré		10.547	30	519.465	440.254	79.211	9	0,85
	GD3 - Entorno Represa de Furnas		16.562	36	670.651	511.408	159.243	1	0,06
	GD4 - Bacia Rio Verde		6.924	23	420.301	352.206	68.095	12	1,73
	GD5 - Bacia Rio Sapucaí		8.882	40	524.504	390.969	133.535	7	0,79
	GD6 - Bacias Rios Pardo e Mogi-Guaçu		5.983	20	378.631	296.219	82.412	1	0,17
	GD7 - Entorno Represa do Peixoto e Ribeirão Sapucaí		9.856	18	294.816	245.288	49.528	3	0,30
	GD8 - Baixo curso Rio Grande jusante Reservatório do Peixoto		18.785	18	457.099	403.239	53.860	4	0,21
	TOTAL GD	8	86.344	206	3.397.465	2.733.472	663.993	42	0,49
Rio Doce (DO)	DO1 - Nascentes Rio Piranga até confluência Rio Piracicaba		17.631	63	673.708	413.513	260.195	9	0,51
	DO2 - Bacia Rio Piracicaba		5.707	17	686.401	638.836	47.565	9	1,58
	DO3 - Bacia Rio Santo Antônio e margem esquerda Rio Doce entre Piracicaba e Sto. A.		10.799	23	200.885	117.757	83.128	1	0,09
	DO4 - Bacia Rio Suaçuí-Grande		20.537	46	1.055.941	815.427	240.514	5	0,24
	DO5 - Bacias Rio Caratinga		8.689	19	241.116	161.651	79.465	4	0,46
	DO6 - Bacia do Rio Manhuaçu		11.080	25				4	0,36
		TOTAL DO	6	74.443	193	2.858.051	2.147.184	710.867	32

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS
NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Tabela 2.1: Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos em Minas Gerais (UPGRH), suas respectivas áreas de drenagem, população e número de estações de amostragem

Bacia	UPGRH	nº	Área Drenada (Km ²)	Municípios com sede	População Total	População Urbana	População Rural	nº Estações de amostragem	Densidade (Est/1000Km ²)
Rio Jequitinhonha (JQ)	JQ1 - Nascentes até montante Rio Salinas		19.803	10	100.006	61.705	38.301	4	0,2
	JQ2 - Bacia Rio Araçuaí		16.273	21	282.969	120.559	162.410	3	0,18
	JQ3 - Rio Jequitinhonha do Rio Salinas até divisa do Estado		29.775	29	391.139	247.597	143.542	6	0,2
	TOTAL JQ	3	65.851	60	774.114	429.861	344.253	13	0,2
Rio Paraíba do Sul (PS)	PS1 - Bacia do Rio Paraibuna		7.223	22	598.644	551.273	47.371	13	1,8
	PS2 - Bacias Rios Pomba e Muriaé		13.553	58	760.535	601.577	158.958	16	1,18
	TOTAL PS	2	20.776	80	1.359.179	1.152.850	206.329	29	1,4
Rio Pardo (PA)	Toda a Bacia em MG	1	12.763	11	109.349	45.847	63.502	3	0,24
Rio Mucuri (MU)	Toda a Bacia em MG	1	14.859	12	296.845	205.132	91.713	8	0,54
Rio Piracicaba/Jaguari	Toda a Bacia em MG	1	1.161	4	57.794	35.551	22.243	-	-
Bacias do Leste	Bacia Rio Buranhém em MG		325	1	12.144	6.104	6.040	-	-
	Bacia Rio Jucuruçu em MG		712	2	14.276	7.362	6.914	-	-
	Bacia Rio Itanhém em MG		1.519	4	39.853	26.620	13.233	-	-
	Bacia Rio Peruípe em MG		57	-	8.182	6.498	1684	-	-
	Bacia Rio Itaúnas em MG		23	-	41.619	37.781	3.838	-	-
	Bacia Rio Itapemirim em MG		33	-	19.528	11.218	8.310	-	-
	Bacia Rio Itabapoana em MG		671	4	34.568	18.147	16.421	-	-
	Bacia Rio São Mateus em MG	1	5.682	13	102.815	58.825	43.990	-	-
TOTAL Bacias Leste	1	9.022	24	272.985	172.555	100.430	-	-	
No Estado	TOTAL de UPGRHs Amostradas	34	581.311	825	17.717.695	14.662.114	3.055.581	260	0,45
	TOTAL de UPGRHs	36	591.494	853	18.048.474	14.870.220	3.178.254		



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

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 agrossilvipastoril;
- mineração;
- natural;
- acidental.

Cada uma das fontes citadas acima possui 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 de água 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 corpos de água superficiais, constituindo-se numa fonte de poluição tanto maior quanto menos eficiente for a coleta de esgotos ou a limpeza pública.

A poluição agrossilvipastoril é decorrente das atividades ligadas à 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, enquanto que 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 corpos de 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, sólidos em suspensão, cor, turbidez.

Parâmetros Químicos: alcalinidade total, alcalinidade de bicarbonato, dureza de cálcio, dureza de magnésio, dureza total, pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}), demanda química de oxigênio (DQO), série de nitrogênio (orgânico, amoniacal, nitrato e nitrito), fósforo total, substâncias tensoativas, óleos e graxas, cianeto livre, fenóis totais, cloreto, potássio, sódio, sulfato total, sulfetos, magnésio, ferro dissolvido,



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

manganês total, alumínio total, alumínio dissolvido, zinco total, bário total, cádmio total, boro total, arsênio total, níquel total, chumbo total, cobre total, cobre dissolvido, cromo (III), cromo (VI), cromo total, selênio total, mercúrio total.

Parâmetros microbiológicos: coliformes termotolerantes, coliformes totais e estreptococos totais.

Bioensaios Ecotoxicológicos: ensaios de toxicidade crônica com *Ceriodaphnia dubia*, inseridos no projeto a partir da terceira campanha de 2001, visando aprimorar as informações referentes à toxicidade causada pelos lançamentos de substâncias tóxicas nos corpos de água.

3.1. Significado Ambiental dos Parâmetros

3.1.1. Parâmetros Físicos

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 de origem antropogênica naturalmente contidos nas águas 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 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.

Cor verdadeira

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessar uma coluna de água, devido à presença de sólidos dissolvidos (principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico).

A cor é originada de forma natural, a partir 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.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Sólidos Totais

Todas as impurezas da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos presentes nos corpos de 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. A partir 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, sendo seu resultado apresentado como volume (mL/L) mais o tempo de formação; e sólidos não sedimentáveis, que não são sujeitos nem à flotação nem à sedimentação.

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 como, por exemplo, do 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. As variações de temperatura fazem parte do regime climático normal e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical.

Turbidez

A turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. A turbidez tem como origem natural a presença de matéria em suspensão como partículas de rocha, argila, silte, algas e outros microrganismos e como fonte antropogênica os despejos domésticos, industriais e a erosão.

A alta turbidez reduz a fotossíntese da vegetação enraizada submersa e das algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

3.1.2. Parâmetros Químicos

Alcalinidade Total

É a quantidade dos íons hidróxido, carbonato e bicarbonato na água, que reagem para neutralizar os íons hidrogênio. As origens naturais da alcalinidade na água são a dissolução de rochas, as reações do dióxido de carbono (CO_2) da atmosfera e a decomposição da matéria orgânica. Além desses, os despejos industriais são responsáveis pela alcalinidade nos corpos de 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.

Cianeto livre (CN)

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

Estas substâncias têm um efeito muito tóxico sobre microorganismos e 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.

Cloretos

As águas naturais, em menor ou maior escala, contêm 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.

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 $\text{DBO}_{5,20}$.

Os maiores aumentos em termos de DBO em um corpo de 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



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis e, ainda, poder obstruir os filtros de areia utilizadas nas estações de tratamento de água.

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 à degradação biológica. O aumento da concentração da DQO num corpo de água se deve principalmente a despejos de origem industrial.

Dureza

É a concentração de cátions multimetálicos em solução. Os cátions mais freqüentemente associados à dureza são os cátions divalentes Ca^{2+} e Mg^{2+} . As principais fontes de dureza são a dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio, provenientes das rochas calcárias e dos despejos industriais. A ocorrência de dureza elevada 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.

Fenóis Totais

Os fenóis são compostos orgânicos oriundos, nos corpos de 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 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.

Fósforo Total

O fósforo é originado naturalmente da dissolução de compostos do solo e da decomposição da matéria orgânica. O aporte antropogênico é oriundo dos despejos domésticos e industriais, além de detergentes, excrementos de animais e fertilizantes. A presença de fósforo nos corpos de água desencadeia o desenvolvimento de algas ou de plantas aquáticas indesejáveis, principalmente em reservatórios ou corpos de água parada, podendo conduzir ao processo de eutrofização.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Nitrogênio Amoniacal (amônia)

É uma substância tóxica não persistente e não cumulativa. Em baixas concentrações, como é comumente encontrada, não causa nenhum dano fisiológico aos seres humanos e animais. Por outro lado, grandes quantidades de amônia podem causar sufocamento de peixes.

Como fontes de contribuição de nitrogênio amoniacal destacam-se o lançamento de efluentes domésticos e industriais químicos, petroquímicos, siderúrgicos, farmacêuticos, alimentícios, matadouros, frigoríficos e curtumes.

Nitrogênio Nitrato

É a principal forma de nitrogênio encontrada nas águas. Concentrações de nitrato superiores a 10mg/L, conforme determinado pela Portaria 518/2004, do Ministério da Saúde, demonstram condições sanitárias inadequadas, pois as principais fontes 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 exagerado, processo denominado de eutrofização. Em grandes quantidades o nitrato contribui como causa da metaemoglobinemia (síndrome do bebê azul).

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.

Oxigênio Dissolvido (OD)

Essencial à manutenção dos seres aquáticos aeróbios, a concentração de oxigênio dissolvido na água varia segundo a temperatura e a altitude, sendo a sua introdução condicionada pelo ar atmosférico, a fotossíntese e a ação dos aeradores.

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 de água natural em manter a vida aquática.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

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, sendo 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 de água. Dentre estes despejos, destacam-se os de refinarias, frigoríficos e indústrias de sabão.

A pequena solubilidade dos óleos e graxas constitui um fator negativo no que se refere à 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 processos 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 existem valores limites estabelecidos para esse parâmetro. A recomendação, segundo a Resolução CONAMA 357/2005, é que óleos e graxas sejam virtualmente ausentes nas classes 1, 2 e 3, enquanto iridescências são toleradas para a classe 4.

Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH define o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução aquosa. Os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e, em consequência, alterações bruscas do pH de uma água podem resultar no desaparecimento dos organismos 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.

Sulfatos

Os sulfatos são sais moderadamente a muito solúveis em água, exceto sulfatos de estrôncio e de bário. A presença de sulfato nas águas está relacionada à oxidação de sulfetos nas rochas e à lixiviação de compostos sulfatados como gipsita e anidrita. Nas águas superficiais, ocorre através das descargas de esgotos domésticos (por exemplo, através da degradação de proteínas) e efluentes industriais (exemplos: efluentes de indústrias de celulose e papel, química, farmacêutica, etc.). Têm interesse sanitário para águas de abastecimento público por sua ação laxativa, como sulfato de magnésio e sulfato de sódio.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Sulfetos

Os sulfetos são combinações de metais, não metais, complexos e radicais orgânicos, ou são os sais e ésteres do ácido sulfídrico (H_2S), respectivamente. A maioria dos sulfetos metálicos de uso comercial é 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 nos reinos animal e vegetal. São aplicados industrialmente como protetores de radiação 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.

Substâncias tensoativas

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.

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 de água.

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.

Arsênio (As)

Devido às suas propriedades semimetálicas, 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 à elevadas temperaturas. Pode também ser adicionado em pequenas quantidades às grelhas de chumbo das baterias para aumentar a sua rigidez.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

O arsênio, quando muito puro, é utilizado na tecnologia de semicondutores, para preparar arsenieto de gálio. Este composto é utilizado na fabricação de diodos, LEDs, transistores e lasers. O arsenieto de índio é usado em detectores 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 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 se deve, principalmente, à ingestão e não à inalação, embora cuidados de ventilação em ambientes industriais que usem compostos de arsênio sejam necessários.

Bário (Ba)

Em geral, ocorre nas águas naturais em baixas concentrações, variando de 0,7 a 900 μ g/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.

Boro (B)

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 como bórax ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) é utilizado desde tempos imemoriais. É usado como matéria-prima na produção de vidro de borosilicato, resistente ao calor, para usos domésticos e laboratoriais, familiarmente conhecido pela marca registrada Pirex, bem como na preparação de outros compostos de boro.

Em sua forma elementar, é duro e quebradiço como o vidro, tendo aplicações semelhantes a este. Pode ser adicionado a metais puros, ligas ou outros sólidos, para aumentar a sua resistência plástica, acrescentando, 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. Pequenas quantidades de boro parecem ser indispensáveis para o crescimento das plantas, mas, em grandes quantidades, este elemento 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.

Cádmio (Cd)

O cádmio possui uma grande mobilidade em ambientes aquáticos, é bioacumulativo, isto é, acumula-se em organismos aquáticos, podendo entrar na cadeia alimentar, e é persistente no ambiente. Está presente em águas doces em concentrações-traço, geralmente inferiores a 1 μ g/L. Pode ser liberado para o ambiente através da queima de combustíveis fósseis e é



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

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 podem ser fatores para vários processos patológicos no homem, incluindo disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose, doenças crônicas em idosos e câncer.

Chumbo (Pb)

Em sistemas aquáticos, o comportamento dos 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, inibem a nitrificação na água, afetando a ciclagem do nitrogênio.

A queima de combustíveis fósseis é uma das principais fontes de chumbo, além da sua utilização como aditivo anti-impacto na gasolina. Este metal é uma substância tóxica cumulativa e uma intoxicação crônica 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 sistema nervoso central é afetado, são tonturas, 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 por sede intensa, sabor metálico, inflamação gastro-intestinal, vômitos e diarreias.

Cobre (Cu)

A disponibilização de cobre para o meio ambiente ocorre através da 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 devido a 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 ingestão de doses excessivamente altas pode acarretar em irritação e corrosão de mucosas, 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 (III) e hexavalente (VI). Na forma trivalente, o cromo é essencial ao metabolismo humano e sua carência causa doenças. Já na forma hexavalente, é tóxico e cancerígeno. Assim, os limites máximos são 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.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

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.

Ferro (Fe)

O ferro aparece, normalmente, da dissolução de compostos do solo e dos despejos industriais. Em épocas de alta precipitação o nível de ferro na água aumenta em decorrência dos processos de erosão nas margens dos corpos de água. Nas indústrias metalúrgicas, o ferro é disponibilizado através da decapagem que consiste na remoção da camada oxidada das peças antes de seu uso. Em quantidade adequada, este metal 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.

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 hiper-irritabilidade ou uma ligeira calcificação nos tecidos. O excesso de magnésio é prontamente eliminado pelo corpo.

Entre outras aplicações dos seus compostos, salienta-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. Os sulfatos (sais de Epsom) são usados como laxantes, fertilizantes para solos empobrecidos em magnésio e ainda nas indústrias têxteis 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 magnésio são múltiplas, como a construção mecânica, sobretudo nas indústrias aeronáutica e automobilística, quer como metal puro, quer sob a forma de ligas com alumínio e zinco, ou com metais menos freqüentes, como o zircônio, o tório, os lantanídeos e outros.

Manganês (Mn)

O manganês aparece, normalmente, da dissolução de compostos do solo e dos despejos industriais. É utilizado na fabricação de ligas metálicas e baterias e, na indústria química, em tintas, vernizes, fogos de artifício e fertilizantes, entre outros. Sua presença, em quantidades excessivas, é indesejável em mananciais de abastecimento público devido ao seu efeito no sabor, no tingimento de instalações sanitárias, no aparecimento de manchas nas roupas lavadas e no acúmulo de depósitos em sistemas de distribuição. A água potável contaminada com manganês pode causar a doença denominada manganismo, com



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

sintomas similares aos vistos em mineradores de manganês ou trabalhadores de plantas de aço.

Mercurio (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 18µg/L. Este elemento 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 acúmulo de mercúrio nos tecidos do peixe é uma das principais vias a carga de mercúrio no corpo humano, já que o mercúrio mostra-se mais tóxico na forma de compostos organometálicos. A intoxicação aguda por este metal pesado, 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.

Níquel (Ni)

O níquel é o 24º metal em abundância no meio ambiente, tendo sua ocorrência distribuída em vários minerais em diferentes formas. Ele está presente na superfície associado ao enxofre, ácido silícico, arsênio ou antimônio. A maior contribuição de níquel 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 as fontes secundárias, como a fabricação de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes e sorvetes aromatizados. Doses elevadas de níquel podem causar dermatites nos indivíduos mais sensíveis e afetar nervos cardíacos e respiratórios. O níquel acumula-se no sedimento, em musgos e plantas aquáticas superiores.

Potássio (K)

O potássio é encontrado em baixas concentrações nas águas naturais, já que as rochas que o contêm são relativamente resistentes às ações do tempo. Entretanto, sais de potássio são largamente usados na indústria e em fertilizantes para agricultura, entrando 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.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Selênio (Se)

É um elemento raro que tem a particularidade de possuir um odor pronunciado bastante desagradável. Ocorre na natureza juntamente com o enxofre ou sob a forma de selenetos 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 Estados Unidos, 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 (seleneto 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 aos 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.

Sódio (Na)

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.

Zinco (Zn)

O zinco é oriundo de processos naturais e antropogênicos, dentre os quais se destacam produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, siderurgias, cimento, concreto, cal e gesso, indústrias têxteis, termoeletricas e produção de vapor, além dos efluentes domésticos. Alguns compostos orgânicos de zinco são aplicados como pesticidas. Quando disponível no ambiente aquático, acumula-se nos sedimentos. Na forma residual não é acessível para os organismos, entretanto, pode ser remobilizado do sedimento através de formadores de complexos. Por ser um elemento essencial para o ser humano, o zinco só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito altas, podendo causar perturbações do trato gastrointestinal, irritações na pele, olhos e mucosas, deterioração dentária e câncer nos testículos.

3.1.3. Parâmetros Microbiológicos

Coliformes Totais

Conforme Portaria nº 518/2004 o grupo de coliformes totais é definido como bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácidos, gás e aldeídos a $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase. O grupo de coliformes



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

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

Coliformes termotolerantes

Segundo a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, os coliformes termotolerantes são subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas.

As bactérias do grupo coliforme são alguns dos principais indicadores de contaminações fecais, originadas do trato intestinal humano e de outros animais. Essas bactérias reproduzem-se ativamente a $44,5^{\circ}\text{C}$ e são capazes de fermentar o açúcar. A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicativo da possibilidade de existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera.

Streptococos 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 ocorrência dessas bactérias pode indicar a presença de organismos patogênicos na água. Essas 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 termotolerantes e estreptococos fecais pode-se ter uma indicação de se o material fecal presente na água é de origem humana ou animal. A relação menor que um (1) indica que os despejos são preponderantemente provenientes de animais domésticos, enquanto que, para despejos humanos, apresenta-se maior que quatro (4). 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 em no máximo 24 horas, a jusante da fonte geradora;
- Somente devem ser empregadas contagens de coliformes fecais obtidas a 44°C .



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

3.1.4. Bioensaios Ecotoxicológicos

Ensaio de Toxicidade Crônica

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.

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. Estes testes são ferramentas importantes para a melhor compreensão dos impactos das atividades econômicas sobre um dado corpo de água. Assim, podem ser utilizadas como base para ações que visem a redução da toxicidade do despejo líquido, de seu efeito sobre o corpo receptor e, em última instância, a promoção da melhoria da qualidade ambiental.

No ensaio de toxicidade crônica o organismo aquático utilizado é o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*. São utilizadas as denominações Agudo, Crônico e Não Tóxico, para descrever os eventuais 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 (1/10 do ciclo vital até a totalidade da vida do organismo) de exposição do organismo ao poluente, que pode ser expressa através de mudanças comportamentais, alterações fisiológicas, genéticas e de reprodução, etc.

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



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

4. INDICADORES DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

No intuito de traduzir de forma concisa e objetiva para as autoridades e o público a influência que as atividades ligadas aos processos de desenvolvimento provocam na dinâmica ambiental dos ecossistemas aquáticos, foram criados os indicadores de qualidade de águas.

O Projeto “Águas de Minas” adota o IQA – Índice de Qualidade das Águas, a CT – Contaminação por Tóxicos e os Testes Ecotoxicológicos como indicadores para refletir a situação ambiental dos corpos hídricos nas UPGRHs de Minas Gerais de maneira acessível aos não técnicos.

O IQA, por reunir em um único resultado os valores de nove diferentes parâmetros, oferece ao mesmo tempo vantagens e limitações. A vantagem reside no fato de sumarizar a interpretação de nove variáveis em um único número, facilitando a compreensão da situação para o público leigo. A limitação relaciona-se à perda na interpretação das variáveis individuais e da relação destas com as demais. Soma-se a isto o fato de que este índice foi desenvolvido visando avaliar o impacto dos esgotos domésticos nas águas utilizadas para abastecimento público, não representando efeitos originários de outras fontes poluentes.

Como uma forma de minimizar a parcialidade do IQA, foram adotados em Minas Gerais a CT – Contaminação por Tóxicos e os Testes Ecotoxicológicos, de maneira a complementar as informações do IQA, conferindo importância a outros fatores que afetam usos diversos da água. Os valores limites em relação a 12 parâmetros para contaminantes de origem industrial, minerária e difusa são os definidos na resolução CONAMA 357/2005.

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 (9) parâmetros considerados mais representativos para a caracterização da qualidade das águas: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, 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.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Parâmetro	Peso - w_i
Oxigênio dissolvido – OD (%ODSat)	0,17
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	0,15
pH	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio – DBO (mg/L)	0,10
Nitratos (mg/L NO_3^-)	0,10
Fosfato total (mg/L)	0,10
Variação na temperatura (°C)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Resíduos totais (mg/L)	0,08

No Projeto “Águas de Minas”, os resultados laboratoriais gerados, alguns deles utilizados no cálculo do IQA, 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 equação:

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

Onde:

IQA = Índice de Qualidade de Água, variando de 0 a 100;

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

w_i = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1.

As curvas médias de qualidade de cada parâmetro que são utilizadas para o Projeto Águas de Minas estão apresentadas no Anexo B, bem como as respectivas equações que são utilizadas no programa de cálculo do IQA.

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
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$
Médio	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$
Muito Ruim	$0 \leq IQA \leq 25$

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

4.2. Contaminação por Tóxicos - CT

Em função das concentrações observadas dos parâmetros tóxicos: Amônia, Arsênio total, Bário total, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre total (1997 a 2004) e Cobre dissolvido (2005), Cromo hexavalente (1997 a 2004) e Cromo total (2005), Fenóis totais, Mercúrio total, Nitritos, Nitratos e Zinco total, a contaminação por tóxicos é caracterizada como Baixa, Média ou Alta. Comparam-se os valores analisados com os limites definidos nas classes de enquadramento dos corpos de água pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, na Resolução N° 357/05, para os dados obtidos em 2005 e na Deliberação Normativa 10/86, para aqueles referentes ao período de 1997 a 2004. A denominação Baixa refere-se à ocorrência de substâncias tóxicas em concentrações iguais ou inferiores a 20% dos limites de classe de enquadramento do trecho do corpo de água onde se localiza a estação de amostragem. A contaminação Média refere-se à faixa de concentração entre 20% e 100% dos limites mencionados, enquanto a contaminação Alta refere-se às concentrações superiores a 100% dos limites. A pior situação identificada no conjunto total de resultados das campanhas de amostragem, para qualquer parâmetro tóxico, define a faixa de contaminação do período em consideração. Portanto, se apenas um dos parâmetros tóxicos em uma dada estação de amostragem mostrar-se com valor acima de 100%, isto é, o dobro da sua concentração limite apontada na resolução CONAMA 357/05 (dados de 2005) e na DN 10/86 (dados de 1997 a 2004), em pelo menos uma das campanhas do ano, a contaminação da água por tóxicos naquela estação de amostragem será considerada alta no ano em análise.

Contaminação	Concentração em relação à classe de enquadramento
Baixa	concentração $\leq 1,2.P$
Média	$1,2. P < \text{concentração} \leq 2.P$
Alta	concentração $> 2.P$

P = Limite de classe definido na Resolução CONAMA N° 357/05 (dados de 2005) e Limite de classe definido na Deliberação Normativa COPAM N° 10/86 (dados de 1997 a 2004)

A partir dos resultados do IQA e da CT de cada estação de amostragem, foi produzido o mapa “Qualidade das Águas Superficiais em 2005 no Estado de Minas Gerais”. O nível de qualidade é apresentado com a cor do valor resultante da média aritmética anual dos valores de IQA das quatro campanhas de amostragem, no trecho de curso de água situado a montante da estação em referência. A contaminação por tóxicos baseia-se no conjunto total de resultados avaliados para cada estação de amostragem, sendo representada no próprio ponto com a cor representativa da pior condição observada na estação no ano em referência. O 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.

4.3 Bioensaios Ecotoxicológicos

Considerando a porcentagem de resultados positivos dos ensaios de ecotoxicidade realizados com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*, a ocorrência de toxidez da água na estação de amostragem analisada foi classificada como Baixa, Média ou Alta. A atribuição de Baixa Ocorrência de Toxicidade foi dada àquela estação que apresentou efeitos tóxicos em até 25% das análises, enquanto as denominações Média e Alta correspondem à ocorrência de resultados positivos em 25-50% e 51-100% dos testes, respectivamente.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

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.

Assim, primeiramente descreve-se a rede de monitoramento de 260 estações de amostragem distribuídas em 36 UPGRHs das 8 bacias principais de Minas Gerais. A seguir, detalham-se os dois tipos de campanhas anuais de coleta e o conjunto de análises executadas para as amostras. O próximo item indica a metodologia analítica dos ensaios feitos para os parâmetros medidos no Projeto “Águas de Minas”.

A partir daí descreve-se a avaliação temporal e a avaliação espacial dos resultados, a obtenção dos dados hidrológicos, bem como a avaliação ambiental e as ações de controle ambiental propostas para cada bacia.

5.1. Rede de Monitoramento

A rede de monitoramento é constituída, atualmente, de 260 estações de amostragem que abrangem as oito maiores bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais cobrindo 578.336 Km², o que representa 98% 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 georreferenciamentos utilizando-se mapas e GPS (Global Position System), o registro fotográfico dos pontos e a otimização dos roteiros das campanhas de coleta. As descrições dos pontos de coleta da UPGRH caracterizada neste relatório encontram-se no Item 9.

A rede em operação (macro-rede) foi adequada ao longo da execução dos trabalhos, adotando-se como referência a experiência desenvolvida pelos países membros da União Européia. Assim sendo, estabeleceu-se como meta a razão de uma estação de monitoramento por 1.000km², 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 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



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

número de pontos de coleta por bacia e sub-bacia contemplada, com as respectivas densidades, pode ser observado na Tabela 2.1.

Considerando todo o Estado, a densidade atual de estações é 0,44/1000km². No entanto, a densidade de pontos é superior a uma estação/1.000km² nas seguintes UPGRHs: SF2, sub-bacia do rio Pará, SF3, sub-bacia do rio Paraopeba e SF5, sub-bacia do rio das Velhas; na GD4, sub-bacia do rio Verde; na DO2, sub-bacia do rio Piracicaba; e na PS1, sub-bacia do rio Paraibuna e PS2, sub-bacias dos rios Pomba e Muriaé. Nessas regiões, são dominantes as pressões ambientais decorrentes de atividades industriais, minerárias e de infraestrutura, exigindo, portanto, uma caracterização mais particularizada da qualidade das águas e, dessa forma, devendo-se dar início a redes mais específicas denominadas redes dirigidas.

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 estação. As amostras coletadas são do tipo simples, de superfície, tomadas preferencialmente na calha principal do corpo de água, tendo em vista que a grande maioria dos pontos de coleta localizam-se sobre pontes.

5.2.1. Coletas

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

Nas campanhas completas é realizada uma extensa série de análises, englobando, em média, 50 parâmetros comuns ao conjunto de pontos de amostragem, conforme apresentado na Tabela 5.1.

Nas campanhas intermediárias são analisados 16 parâmetros genéricos em todos os locais, como mostra a Tabela 5.2. 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, conforme a Tabela 5.3.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Tabela 5.1: Relação dos parâmetros analisados nas campanhas completas

Parâmetros comuns a todos os pontos	
Alcalinidade Bicarbonato	Estreptococos Fecais
Alcalinidade Total	Ferro Dissolvido
Alumínio Total*	Fósforo Total
Alumínio dissolvido**	Fenóis Totais
Arsênio Total	Manganês Total
Bário Total	Mercúrio Total
Boro Total	Níquel Total
Cádmio Total	Nitrato
Cálcio	Nitrito
Chumbo Total	Nitrogênio Amoniacal Total
Cianeto Livre	Nitrogênio Orgânico
Cloreto Total	Óleos e Graxas
Cobre Total	Oxigênio Dissolvido - OD
Cobre Dissolvido**	pH "in loco"
Coliformes Fecais (Termotolerantes)	Potássio
Coliformes Totais	Selênio Total
Condutividade Elétrica "in loco"	Sódio
Cor Real	Sólidos Dissolvidos
Cromo(III)	Sólidos em Suspensão
Cromo(VI)	Sólidos Totais
Cromo Total **	Substâncias tensoativas
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	Sulfatos
Demanda Química de Oxigênio – DQO	Sulfetos
Dureza (Cálcio)	Temperatura da Água
Dureza (Magnésio)	Temperatura do Ar
	Turbidez
	Zinco Total

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

** Parâmetros inserido a partir de 2005, em adequação à resolução CONAMA 357/05

Tabela 5.2: Relação dos parâmetros comuns a todas as estações de amostragens analisados nas campanhas intermediárias

Parâmetros comuns a todos os pontos	
Cloreto total	Nitrogênio Orgânico
Coliformes termotolerantes	Oxigênio Dissolvido
Condutividade Elétrica "in loco"	pH "in loco"
Demanda Bioquímica de Oxigênio	Sólidos Dissolvidos Sólidos em Suspensão
Demanda Química de Oxigênio	Sólidos Totais
Fósforo Total	Temperatura da Água e do Ar
Nitrato	Turbidez
Nitrito	
Nitrogênio amoniacal total	



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Tabela 5.3: Relação dos parâmetros específicos analisados nas campanhas intermediárias por estação de amostragem

Estação	Parâmetros específicos
BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO	
UPGRHs SF1 e SF4: Rio São Francisco Sul	
SF001	Cromo(III), Fenóis totais
SF003	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo(III), Cromo total, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
SF002	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo(III), Cromo total, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
SF004	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo(III), Cromo total, Fenóis totais, Mercúrio total, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
SF005	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo(III), Cromo total, Fenóis totais, Mercúrio total, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
SF006	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo(III), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
SF007	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
SF009	Cádmio total, Cor, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Surfactantes aniônicos
SF011	Cor, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total
SF013	Cádmio total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
SF015	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor, Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
SF017	Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor, Cromo(VI), Cromo total, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
UPGRH SF2: Rio Pará	
PA001	Chumbo total, Cor, Cromo(III), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Surfactantes aniônicos
PA002	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor, Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
PA003	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor, Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
PA004	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo(III), Cromo total, Fenóis totais, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Tabela 5.3: Relação dos parâmetros específicos analisados nas campanhas intermediárias por estação de amostragem (Continuação)

Estação	Parâmetros específicos
BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO	
UPGRH SF2: Rio Pará	
PA005	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor real, Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
PA007	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo(III), Cromo total, Fenóis totais, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
PA009	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo(III), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
PA010	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
PA011	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
PA013	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
PA015	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor real, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
PA017	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor real, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
PA019	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
UPGRH SF3: Rio Paraopeba	
BP079	Cádmio total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BP084	Bário total, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Selênio total, Surfactantes aniônicos, Sulfetos, Zinco total
BP080	Bário total, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Selênio total, Surfactantes aniônicos, Sulfetos, Zinco total
BP026	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Tabela 5.3: Relação dos parâmetros específicos analisados nas campanhas intermediárias por estação de amostragem (Continuação)

Estação	Parâmetros específicos
BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO	
UPGRH SF3: Rio Paraopeba	
BP027	Bário total, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Selênio total, Surfactantes aniônicos, Sulfetos, Zinco total
BP029	Cádmio total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BP036	Cádmio total, Chumbo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BP068	Cádmio total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BP070	Cádmio total, Chumbo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BP086	Cádmio total, Chumbo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BP088	Cádmio total, Cianeto livre, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Surfactantes aniônicos, Sulfetos, Zinco total
BP071	Cianeto livre, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Surfactantes aniônicos, Sulfetos, Zinco total
BP072	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Surfactantes aniônicos, Sulfetos, Zinco total
BP090	Cádmio total, Chumbo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Surfactantes aniônicos
BP082	Cádmio total, Chumbo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Surfactantes aniônicos
BP076	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Zinco total
BP083	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Zinco total
BP078	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
UPGRH SF5: Rio das Velhas	
BV013	Chumbo total, Ferro dissolvido, Manganês total, Sulfetos
BV035	Arsênio total, Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Cor real, Cromo(III), Cromo total, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Zinco total
BV037	Arsênio total, Cádmio total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor real, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Zinco total
BV139	Arsênio total, Cobre dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Zinco total
BV062	Arsênio total, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Tabela 5.3: Relação dos parâmetros específicos analisados nas campanhas intermediárias por estação de amostragem (Continuação)

Estação	Parâmetros específicos
BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO	
UPGRH SF5: Rio das Velhas	
BV063	Arsênio total, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo total, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Zinco total
BV067	Arsênio total, Cobre dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos
BV076	Boro total, Ferro, Fenóis totais, Manganês total, Zinco total
BV083	Cádmio total, Chumbo total, Cromo(VI), Cromo total, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BV105	Chumbo total, Cromo(VI), Cromo total, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BV130	Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BV135	Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BV137	Arsênio total, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BV140	Chumbo total, Fenóis totais, Manganês total
BV141	Arsênio total, Cobre dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total
BV142	Arsênio total, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total
BV143	Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total
BV146	Arsênio total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BV147	Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais
BV148	Arsênio total, Chumbo total, Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BV149	Arsênio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Cor real, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total
BV152	Arsênio total, Ferro, Fenóis totais, Manganês total
BV153	Arsênio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BV154	Cádmio total, Chumbo total, Ferro dissolvido, Manganês total, Níquel total, Surfactantes aniônicos
BV155	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BV156	Arsênio total, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos
BV160	Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BV161	Arsênio total, Cobre dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total
BV162	Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Tabela 5.3: Relação dos parâmetros específicos analisados nas campanhas intermediárias por estação de amostragem (Continuação)

Estação	Parâmetros específicos
BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO	
UPGRHs SF6, SF7, SF8, SF9, SF10: Rio São Francisco Norte	
SF019	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor real, Cromo(VI), Cromo total, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
SF021	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor real, Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
SF023	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo total, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
SF025	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor real, Cromo(VI), Cromo total, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
SF027	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo total, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
SF029	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor real, Cromo(VI), Cromo(III), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
SF031	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor real, Cromo(VI), Cromo total, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
SF033	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo total, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
PT003	Cádmio total, Cianeto livre, Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais
PT001	Chumbo total, Cianeto livre, Fenóis totais, Manganês total
PT005	Cádmio total, Fenóis totais
PT007	Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
PT009	Cádmio total, Cor real, Fenóis totais, Manganês total
PT011	Cádmio total, Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
PT013	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Cor real, Fenóis totais, Manganês total
UR001	Cádmio total, Fenóis totais, Manganês total
UR007	Cádmio total, Cor real, Cromo(VI), Cromo total, Fenóis totais
UR009	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Fenóis totais, Níquel total
VG001	Cádmio total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Zinco total
VG003	Cádmio total, Cor real, Fenóis totais, Manganês total, Zinco total
VG004	Cádmio total, Fenóis totais, Manganês total
VG005	Cádmio total, Fenóis totais, Manganês total
VG007	Cádmio total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
VG009	Cádmio total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Zinco total
VG011	Cádmio total, Fenóis totais, Zinco total



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Tabela 5.3: Relação dos parâmetros específicos analisados nas campanhas intermediárias por estação de amostragem (Continuação)

Estação	Parâmetros específicos
BACIA DO RIO GRANDE	
UPGRH GD1, GD2, GD3, GD4, GD5, GD6, GD7 e GD8	
BG001	Cádmio total, Chumbo total, Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total
BG003	Cádmio total, Ferro dissolvido, Fenóis totais
BG005	Cádmio total, Chumbo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais
BG007	Cádmio total, Chumbo total, Fenóis totais, Níquel total
BG009	Cádmio total, Cobre dissolvido, Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais
BG011	Chumbo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais
BG012	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BG010	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BG013	Ferro dissolvido, Manganês total
BG014	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BG015	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Manganês total, Níquel total
BG017	Chumbo total, Cromo(VI), Cromo total, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total
BG019	Cádmio total, Fenóis totais, Mercúrio total, Manganês total
BG021	Cádmio total, Chumbo total, Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total
BG023	Chumbo total, Cobre dissolvido, Cor real, Cromo(III), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Zinco total
BG025	Cobre dissolvido, Fenóis totais
BG027	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BG028	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BG029	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BG030	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Zinco total
BG031	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo total, Fenóis totais, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total, Ferro dissolvido, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total
BG032	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Tabela 5.3: Relação dos parâmetros específicos analisados nas campanhas intermediárias por estação de amostragem (Continuação)

Estação	Parâmetros específicos
BACIA DO RIO GRANDE	
UPGRH GD1, GD2, GD3, GD4, GD5, GD6, GD7 e GD8	
BG034	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BG033	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Fenóis totais, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total, Ferro dissolvido, Manganês total
BG035	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BG036	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BG037	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BG039	Chumbo total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Zinco total
BG041	Chumbo total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total
BG043	Cádmio total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Zinco total
BG044	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total
BG045	Cádmio total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total
BG047	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BG049	Cobre dissolvido, Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total
BG051	Cobre dissolvido, Fenóis totais
BG053	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Zinco total
BG055	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Zinco total
BG057	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Zinco total
BG058	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BG059	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Zinco total
BG061	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Fenóis totais
BG063	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Surfactantes aniônicos



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Tabela 5.3: Relação dos parâmetros específicos analisados nas campanhas intermediárias por estação de amostragem (Continuação)

Estação	Parâmetros específicos
BACIA DO RIO PARANAÍBA	
UPGRH PN1, PN2, PN3	
PB001	Cádmio total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Fenóis totais
PB003	Cádmio total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
PB005	Cádmio total, Cobre dissolvido, Cor real, Fenóis totais, Manganês total
PB007	Chumbo total, Cobre dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
PB009	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
PB011	Cádmio total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Manganês total
PB013	Cádmio total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais
PB015	Cádmio total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido
PB017	Cádmio total, Cobre dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
PB019	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
PB021	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
PB022	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total.
PB023	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais
PB025	Cádmio total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Fenóis totais
PB027	Cádmio total, Cobre dissolvido, Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Zinco total
PB029	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Zinco total
PB031	Cádmio total, Cobre dissolvido, Fenóis totais
PB033	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total
BACIA DO RIO DOCE	
UPGRHs DO1, DO2, DO3, DO4, DO5 e DO6	
RD001	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
RD004	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais
RD007	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
RD013	Cobre dissolvido, Fenóis totais
RD009	Cobre dissolvido
RD019	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
RD018	Cobre dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
RD021	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais
RD023	Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Sulfetos



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Tabela 5.3: Relação dos parâmetros específicos analisados nas campanhas intermediárias por estação de amostragem (Continuação)

Estação	Parâmetros específicos
BACIA DO RIO DOCE	
UPGRH DO1, DO2, DO3, DO4, DO5 e DO6	
RD025	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
RD026	Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Manganês total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos
RD027	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
RD029	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
RD030	Cobre dissolvido, Níquel total
RD032	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Manganês total
RD031	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
RD034	Cobre dissolvido
RD035	Cobre dissolvido
RD033	Cobre dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
RD039	Cobre dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
RD040	Cobre dissolvido
RD044	Cobre dissolvido
RD045	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Manganês total, Sulfetos
RD049	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Sulfetos
RD053	Cianeto livre, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Manganês total, Sulfetos
RD056	Cianeto livre, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Sulfetos
RD057	Cianeto livre, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Sulfetos
RD058	Cianeto livre, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Sulfetos
RD059	Cianeto livre, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Sulfetos
RD064	Cianeto livre, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Sulfetos
RD065	Cianeto livre, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Sulfetos
RD067	Cianeto livre, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Sulfetos

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Tabela 5.3: Relação dos parâmetros específicos analisados nas campanhas intermediárias por estação de amostragem (Continuação)

BS060	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Selênio total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BS002	Cobre dissolvido, Cor real, Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Selênio total
BS006	Alumínio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Selênio total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BS083	Alumínio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Selênio total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BS017	Alumínio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Selênio total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BS018	Alumínio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Selênio total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BS085	Alumínio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Selênio total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BS061	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Selênio total
BS024	Alumínio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Selênio total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BS028	Cobre dissolvido, Cor real, Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais
BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL	
UPGRHs PS1 e PS2	
BS029	Alumínio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Selênio total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BS031	Ferro dissolvido, Fenóis totais, Óleos e Graxas, Selênio total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BS032	Alumínio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Selênio total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Tabela 5.3: Relação dos parâmetros específicos analisados nas campanhas intermediárias por estação de amostragem (Continuação)

Estação	Parâmetros específicos
BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL	
UPGRHs PS1 e PS2	
BS075	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Selênio total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BS033	Ferro dissolvido, Fenóis totais, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BS077	Alumínio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Selênio total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BS071	Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Zinco total
BS042	Chumbo total, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Sulfetos, Surfactantes aniônicos
BS043	Chumbo total, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Sulfetos, Surfactantes aniônicos
BS073	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Selênio total
BS046	Chumbo total, Cianeto livre, Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Surfactantes aniônicos
BS049	Alumínio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Selênio total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BS050	Alumínio dissolvido, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Níquel total, Surfactantes aniônicos
BS054	Alumínio dissolvido, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Surfactantes aniônicos
BS059	Ferro dissolvido, Fenóis totais, Surfactantes aniônicos
BS081	Alumínio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Selênio total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BS058	Alumínio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo(III), Cromo(VI), Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Selênio total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BS057	Ferro dissolvido, Fenóis totais, Surfactantes aniônicos
BS056	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Surfactantes aniônicos



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Tabela 5.3: Relação dos parâmetros específicos analisados nas campanhas intermediárias por estação de amostragem (Continuação)

Estação	Parâmetros específicos
BACIA DO RIO JEQUITINHONHA	
UPGRHs JQ1, JQ2 e JQ3	
JE001	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total
JE003	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
JE005	Cádmio total, Cobre dissolvido, Cor real, Manganês total, Zinco total
JE007	Cádmio total, Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Zinco total
JE009	Cobre dissolvido, Cor real, Ferro dissolvido, Manganês total, Níquel total
JE011	Cádmio total, Cobre dissolvido, Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total
JE013	Cobre dissolvido, Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total
JE015	Cobre dissolvido, Cor real, Ferro dissolvido, Manganês total, Níquel total
JE017	Cádmio total, Cobre dissolvido, Cor real, Ferro dissolvido, Manganês total, Níquel total
JE019	Cádmio total, Cobre dissolvido, Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total
JE021	Cádmio total, Cobre dissolvido, Cor real, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Zinco total
JE023	Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total
JE025	Cádmio total, Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total
BACIA DO RIO MUCURI	
UPGRHs MU1	
MU001	Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
MU003	Cádmio total, Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total
MU005	Cianeto livre, Cor real, Fenóis totais, Manganês total
MU006	Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total
MU007	Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total
MU009	Chumbo total, Cor real, Ferro dissolvido, Manganês total
MU011	Cor real, Fenóis totais, Manganês total, Sólidos dissolvidos totais
MU013	Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BACIA DO RIO PARDO	
UPGRHs PA1	
PD001	Chumbo total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido
PD003	Cor real, Ferro dissolvido
PD005	Ferro dissolvido, Fenóis totais



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

5.2.2. Análises

Na Tabela 5.4 são apresentadas as metodologias das variáveis avaliadas no monitoramento do Projeto "Águas de Minas".

Tabela 5.4: Relação dos métodos de ensaios utilizados no Projeto "Águas de Minas"

Ensaio	Tipo de ensaio	Referência Normativa
Alcalinidade bicarbonato	potenciometria	APHA 2320 B
Alcalinidade total	potenciometria	APHA 2320 B
Alumínio total	espectrometria de AA* - plasma	APHA 3120 B
Arsênio total	espectrometria de AA - gerador de hidretos	APHA 3114 B
Bário total	espectrometria de AA - plasma	APHA 3120 B
Boro total	espectrometria de AA - plasma	APHA 3120 B
Cádmio total	espectrometria de AA - forno de grafite	APHA 3113 B
Cálcio total	titulometria	APHA 3500-Ca D
Chumbo total	espectrometria de AA - forno de grafite	APHA 3113 B
Cianeto livre	titulometria	APHA 4500-CN F
Cloreto total	colorimetria	USGS- I -1187 78
Cobre dissolvido	espectrometria de AA - plasma	APHA 3120 B
Cobre total	espectrometria de AA - plasma	APHA 3120 B
Coliformes termotolerantes	tubos múltiplos	APHA 9221 E
Coliformes totais	tubos múltiplos	APHA 9221 B
Condutividade elétrica	condutimetria	APHA 2510 B
Cor real	colorimetria	APHA 2120 B
Cromo hexavalente	colorimetria	APHA 3500-Cr D
Cromo total	espectrometria de AA - plasma	APHA 3120 B
DBO	Winkler/incubação	ABNT NBR 12614/1992
DQO	titulometria	ABNT NBR 10357/1988
Dureza de cálcio	titulometria	APHA 3500-Ca D
Dureza de magnésio	titulometria	APHA 3500-Mg E
Estreptococos	tubos múltiplos	APHA 9230 B
Ferro dissolvido	espectrometria de AA - plasma	APHA 3120 B
Fósforo	colorimetria	APHA 4500-P C
Fenóis totais	colorimetria	ABNT NBR 10740/1989
Manganês total	espectrometria de AA - plasma	APHA 3120 B
Mercúrio total	espectrometria de AA - vapor frio	APHA 3112 B
Níquel total	espectrometria de AA - forno de grafite	APHA 3113 B

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Tabela 5.4: Relação dos métodos de ensaios utilizados no Projeto "Águas de Minas". (Continuação)

Ensaio	Tipo de ensaio	Referência Normativa
Manganês total	espectrometria de AA - plasma	APHA 3120 B
Mercúrio total	espectrometria de AA - vapor frio	APHA 3112 B
Níquel total	espectrometria de AA - forno de grafite	APHA 3113 B
Nitrogênio amoniacal	colorimetria	ABNT NBR 10560/1988
Nitrogênio nítrico	colorimetria	APHA 4500-NO ³⁻ E
Nitrogênio nitroso	colorimetria	ABNT NBR 12619
Nitrogênio orgânico	colorimetria	APHA 4500-N _{org} B
Óleos e graxas	gravimetria	APHA 5520 B
Oxigênio dissolvido	titulometria	ABNT NBR 10559/1988
pH	potenciometria	APHA 5520 B
Potássio total	espectrometria de AA - plasma	APHA 3120 B
Selênio total	espectrometria de AA - gerador de hidretos	APHA 3114 B
Sódio total	espectrometria de AA - plasma	APHA 3120 B
Sólidos dissolvidos totais	gravimetria	ABNT NBR 10664/1989
Sólidos em suspensão	gravimetria	ABNT NBR 10664/1989
Sólidos totais	gravimetria	ABNT NBR 10664/1989
Sulfatos	turbidimetria	APHA 4500-SO ₄ ²⁻ E
Sulfetos	titulometria	APHA 4500-S ²⁻ E
Surfactantes aniônicos	colorimetria	ABNT NBR 10738/1989
Temperatura da água/ar	termometria	APHA 2550 B
Toxicidade crônica	ensaio com <i>Ceriodaphnia dubia</i>	ABNT NBR 13373
Turbidez	turbidimetria	APHA 2130 B
Zinco total	espectrometria de AA - plasma	APHA 3120 B

*AA=absorção atômica

5.3. 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 2005, tentando descrever a evolução da qualidade das águas nos diferentes corpos de 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.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Alguns parâmetros foram observados ao longo dos anos e comparados com os limites das classes de enquadramento (Anexo C) do corpo de água em análise, conforme a Resolução CONAMA Nº357/05. 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.

5.4. 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 e existência de indústrias com lançamento de efluentes diversificados, verifica-se a importância da análise do perfil espacial para se identificar os trechos mais críticos.

Para representar o perfil espacial dos parâmetros selecionados ao longo do corpo de água, foram utilizadas algumas representações gráficas. Para certos parâmetros, ressaltou-se o comportamento ao longo do corpo de água monitorado, em relação à campanha de amostragem em que os mesmos ocorreram em condições mais críticas. Outros foram avaliados de acordo com a sua média anual ao longo do corpo hídrico em questão, comparando-se mais de um ano de ocorrência. O Índice de Qualidade das Águas anual das estações de amostragem para os anos 2005 e 2004 foi representado ao longo do corpo de água e ao longo da bacia hidrográfica.

Entretanto, a análise efetuada até o momento refere-se a uma avaliação qualitativa do comportamento espacial desses parâmetros, sendo representada com gráficos de barras e descritas as alterações observadas ao longo do rio ou bacia hidrográfica.

5.5. Avaliação Ambiental – Pressão x Estado x Resposta

Considerando a série de resultados, no período de 1997 a 2005, para as estações de amostragem de cada bacia hidrográfica avaliaram-se os parâmetros monitorados com relação ao percentual de amostras cujos valores violaram em mais de 20% os limites legais da Resolução CONAMA 357/2005, para os dados gerados em 2005 e da DN COPAM 10/86, para aqueles obtidos no período compreendido entre 1997 e 2004, considerando o enquadramento do corpo de água no local de cada estação. Os percentuais de violações em ordem decrescente do valor obtido para cada parâmetro foram apresentados em uma tabela, indicando os constituintes mais críticos na bacia.

Os resultados do monitoramento da qualidade das águas superficiais dos rios do Estado de Minas Gerais foram apresentados em quadros-resumo, que especificam, por corpo de água e estação de amostragem, os principais fatores de PRESSÃO sobre a qualidade das águas associados aos indicadores de degradação verificados em 2005 e os parâmetros que apresentaram as maiores violações em relação aos limites legais no período de 1997 a 2005, caracterizando o ESTADO da qualidade das águas.

Os fatores de PRESSÃO foram definidos considerando as seguintes atividades: lançamento de esgoto sanitário, lançamento de efluente industrial, carga difusa, agricultura, agropecuária, suinocultura, atividade minerária, garimpo, resíduo sólido urbano, queimada, expansão urbana, erosão, assoreamento, etc.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Esse processo norteou a definição das ações prioritárias para o controle da poluição ambiental recomendadas neste relatório (RESPOSTA). As recomendações apresentadas foram sintetizadas a partir da metodologia estabelecida 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.

A variável RESPOSTA foi apresentada em item a parte, onde foram estabelecidas ações de controle prioritárias inerentes às violações identificadas nos pontos de coleta e na bacia como um todo, ressaltando o lançamento de esgoto sanitário, a ocorrência de metais pesados e o efeito tóxico crônico nas águas.

Para tratar o fator de PRESSÃO por esgoto sanitário, em todas as bacias foram levantados os municípios com população urbana superior a 50.000 habitantes, conforme censo do IBGE 2000, e que possuem estação de amostragem em trecho de corpo de água a montante e/ou a jusante da área urbana destes municípios. Em cada estação de amostragem, avaliou-se a evolução do IQA – Índice de Qualidade das Águas ao longo dos anos. O IQA é um bom indicador da contaminação por esgoto sanitário, pois é uma síntese da ocorrência de sólidos, nutrientes e principalmente matéria orgânica e fecal. Além disso, verificaram-se as ocorrências de desconformidades em relação aos principais parâmetros associados aos esgotos sanitários: oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio (matéria orgânica); amônia não ionizável e nitrogênio amoniacal (nutrientes).

No Estado de Minas Gerais foram verificadas no período de 1997 a 2005 algumas ocorrências de metais tóxicos, quais sejam: Cobre total (entre 1997 e 2004), Cobre dissolvido (em 2005), Mercúrio total, Arsênio total, Cádmio total, Zinco total, Cromo IV (de 1997 a 2004), Cromo total (em 2005) e Chumbo total, em desconformidade com os padrões legais. Foram destacadas as estações em que as ocorrências destes metais resultaram em Contaminação por Tóxicos Alta em 2005, levantando-se as causas da contaminação, e feitas recomendações visando a melhoria da qualidade dos corpos de água onde se verificaram estas ocorrências.

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, da qualidade ambiental em todo estado de Minas Gerais.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

6. OUTORGA

6.1. O Que é Outorga de Direito de Uso

As preocupações com o planejamento e a gestão dos recursos hídricos, levaram os países desenvolvidos a implantarem políticas para conservação e exploração desses recursos de uma maneira sustentável.

No Brasil, por meio da Constituição Federal de 1988, as águas se tornaram de domínio público, sendo, portanto, necessária uma regulamentação para que as pessoas pudessem fazer uso dos recursos hídricos. A Lei Federal nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, regulamentou o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal.

Através da nova lei, foram estabelecidos diversos organismos, inteiramente novos na administração dos bens públicos brasileiros que são os Conselhos, os Comitês e as Agências de Bacia e estabelecidos instrumentos econômicos que são as “ferramentas” a serem utilizadas na gestão dos recursos hídricos.

A outorga de direito de uso dos recursos hídricos é, talvez, o instrumento de gestão mais importante na atual fase, pois é o meio através do qual se faz a repartição dos recursos hídricos disponíveis entre os diversos usuários que, eventualmente, disputam recursos escassos para as suas necessidades.

A outorga de direito de uso da água (bem de domínio público) é um beneplácito, um consentimento aos vários interesses públicos, individuais e coletivos, cujo estabelecimento cabe àqueles que detêm o respectivo domínio (União ou Estados), para utilização de específica quantidade de água, em determinada localização, para específica finalidade.

A outorga garante ao usuário o direito de uso da água, condicionado à disponibilidade hídrica. Cabe ao poder outorgante (Governo Federal, dos Estados ou do Distrito Federal) examinar cada pedido de outorga e verificar a existência de suficiente água, considerando os aspectos quantitativos e qualitativos, para que o pedido possa ser atendido. Uma vez concedida, a outorga de direito de uso da água protege o usuário contra o uso predador de outros usuários que não possuam outorga.

6.2. Modalidades de Outorga

- **AUTORIZAÇÃO** – Obras, serviços ou atividades desenvolvidas por pessoa física ou jurídica de direito privado e quando não se destinarem à finalidade de utilidade pública (prazo máximo de 5 anos).
- **CONCESSÃO** - Obras, serviços ou atividades desenvolvidas por pessoa física ou jurídica de direito público e quando se destinarem à finalidade de utilidade pública (prazo máximo de 20 anos).
- **PERMISSÃO** - Obras, serviços ou atividades desenvolvidas por pessoa física ou jurídica de direito privado, sem destinação de utilidade pública e quando produzirem efeitos insignificantes nos cursos de água (prazo máximo de 3 anos).



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

6.3. A Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos em Minas Gerais

No Estado de Minas Gerais, as primeiras outorgas de direito de uso da água foram concedidas através de Decretos, por ato do Governador do Estado, após análise e aprovação do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de Minas Gerais – DAE/MG, apoiadas nos termos do Código de Águas – Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934.

Desde julho de 1997, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, passou a atuar como órgão gestor das águas no Estado de Minas Gerais, compondo a estrutura da Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD.

Com a divulgação do instrumento da outorga junto ao grande público, além das companhias de saneamento e abastecimento, diversos usuários têm solicitado ao IGAM autorização para captação de água superficial e exploração de água subterrânea para as mais diversas finalidades, sendo a agricultura irrigada o setor de maior demanda de recursos hídricos. Também, diversas intervenções nos corpos de água como construção de reservatórios, diques, açudes, desvios, entre outras obras, são objetos de solicitação de outorga, conforme preconiza a Lei Estadual nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e a Portaria Administrativa do IGAM nº 010/98, que ordena os procedimentos aplicáveis aos processos de outorga de águas sob domínio estadual.

De acordo com a Portaria 010/98, até que se estabeleçam as diversas vazões de referência a serem utilizadas nas bacias hidrográficas, a vazão de referência adotada em todo o Estado de Minas Gerais é a $Q_{7,10}$ (vazão mínima de sete dias de duração e dez anos de recorrência). Através desta mesma Portaria, é fixado o percentual de 30% da $Q_{7,10}$ como o limite máximo de derivações consultivas a serem outorgadas em cada seção da bacia hidrográfica considerada, ficando garantidos assim, fluxos residuais mínimos a jusante equivalentes a 70% da $Q_{7,10}$.

No IGAM, a Divisão de Regulação e Controle – DvRC recebe os processos de requerimento de outorga de direito de uso de recursos hídricos e mantém um banco de dados com as informações obtidas dos requerentes e usuários outorgados. As coordenadas geográficas das captações ou intervenções nos cursos de água são georreferenciadas. A análise dos processos é então realizada, sendo que, para o deferimento ou indeferimento de um requerimento, diversas etapas são processadas com consulta em cartas geográficas e delimitação das áreas de drenagem.

6.4. A Quem Solicitar

As outorgas em águas de domínio do Estado são obtidas junto ao IGAM (Lei 13.199/99). Já as outorgas em águas de domínio da União são emitidas pela ANA (Lei 9.984/2000).

6.5. Como Solicitar a Outorga

A outorga de direito de uso da água deve ser solicitada por meio de formulários próprios do IGAM, que contêm todas as informações necessárias para a avaliação técnica do empreendimento e da disponibilidade hídrica.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

6.6. Quando se Deve Solicitar a Outorga

Antes da implantação de qualquer empreendimento cujo uso da água venha a alterar o regime, a quantidade ou a qualidade do corpo de água, incluindo captações e derivações ou lançamentos de efluentes.

6.7. Os Usos de Recursos Hídricos Sujeitos a Outorga

- Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc);
- Captação em barramento em curso de água;
- Barramento em curso de água, sem captação;
- Perfuração de poço tubular;
- Captação de água subterrânea por meio de poço tubular já existente ou poço manual (cisterna);
- Captação de água subterrânea para fins de rebaixamento de nível de água em mineração;
- Captação de água em surgência (nascente);
- Desvio parcial ou total de curso de água;
- Dragagem, limpeza ou desassoreamento de curso de água;
- Canalização e/ou retificação de curso de água;
- Travessia rodo-ferroviária (pontes e bueiros);
- Estrutura de transposição de nível (eclusa);
- Lançamento de efluente em corpo de água;
- Aproveitamento de potencial hidrelétrico;
- Outros usos que alterem a qualidade, a quantidade ou o regime de um corpo de água.

6.8. Usos que Independem de Outorga

O parágrafo primeiro do artigo 18 da lei 13.199/99 estabelece que os usos considerados insignificantes não são sujeitos a outorga e sim a cadastro junto ao IGAM. A Deliberação Normativa CERH-MG N° 07/2004 define assim os usos considerados insignificantes:

- Água Subterrânea: Poço manual e nascentes
Consumo de até 10m³/dia;
- Água Superficial:
Captações: 1L/s ou 0,5L/s;
Acumulações: 5.000m³ ou 3.000m³.

6.9. Procedimento para a Solicitação de Outorga

Preenchimento do Formulário Integrado de Caracterização do Empreendimento FCEI disponível no site do IGAM, indicando no campo "Uso do Recurso Hídrico" o código das intervenções em corpos de água existentes e/ou projetados.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

6.10. Documentação Necessária para a Obtenção da Outorga

- Requerimento assinado pelo requerente ou procurador, juntamente com a procuração;
- Formulários fornecidos pelo IGAM;
- Relatório técnico conforme modelo fornecido pelo IGAM;
- Comprovante de recolhimento dos valores relativos aos custos de análise e publicações;
- Cópias do CPF/CNPJ e da carteira de identidade do requerente ou procurador;
- Cópia do registro do imóvel ou de posse do local onde será efetuada a captação;
- Anotação de Responsabilidade Técnica – ART do responsável técnico pela elaboração do processo de outorga, recolhida na jurisdição do CREA-MG;
- Documento de concessão ou autorização fornecido pela ANEEL, em caso de hidrelétrica ou de termelétrica;
- Anotação Documento emitido pelo Comitê de Bacias contendo as prioridades de uso, caso existente.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

7. SITUAÇÃO NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Foram obtidos, a partir das análises laboratoriais realizadas em 2005, os indicadores da situação ambiental no Estado de Minas Gerais, Índice de Qualidade das Águas – IQA, Contaminação por Tóxicos – CT e Teste de Toxicidade Crônica.

A Figura 7.1 apresenta a evolução temporal da frequência de ocorrência dos indicadores IQA e CT no Estado de Minas Gerais. Pôde-se observar que nas 260 estações de amostragem dos corpos de água das bacias hidrográficas monitoradas no Estado de Minas Gerais, predomina o Índice de Qualidade das Águas Médio, resultado este que vem sendo observado desde o ano de 1998. A análise comparativa da distribuição dos valores médios anuais de IQA demonstra que não houve uma grande variação das condições de qualidade das águas ao longo de oito anos de monitoramento.

No ano de 2005, verificou-se uma pequena redução nas ocorrências do Índice de Qualidade das Águas no nível Médio e Ruim, em relação ao ano 2004. Conseqüentemente, houve um pequeno aumento nas ocorrências do Índice de Qualidade das Águas no nível Bom. A frequência de ocorrência do IQA Bom passou de 23% em 2004 para 24% em 2005. Em relação ao IQA Bom pode-se perceber ainda, uma tendência de aumento das suas ocorrências a partir do ano 2002. O IQA Médio ainda é predominante em todas as bacias hidrográficas monitoradas no Estado de Minas Gerais ocorrendo em 62% dos pontos de amostragem em 2005, entretanto, pode-se verificar que há uma tendência de diminuição das suas ocorrências a partir do ano 2003.

Em relação à Contaminação por Tóxicos- CT, observou-se uma redução da frequência de ocorrência da CT Média e Alta em 2005, quando comparado ao ano anterior. A CT Média apresentou 37% de frequência em 2004 diminuindo para 20% em 2005, enquanto a CT Alta ocorreu em 42% das estações de monitoramento em 2004 e em apenas 12% delas no ano seguinte.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

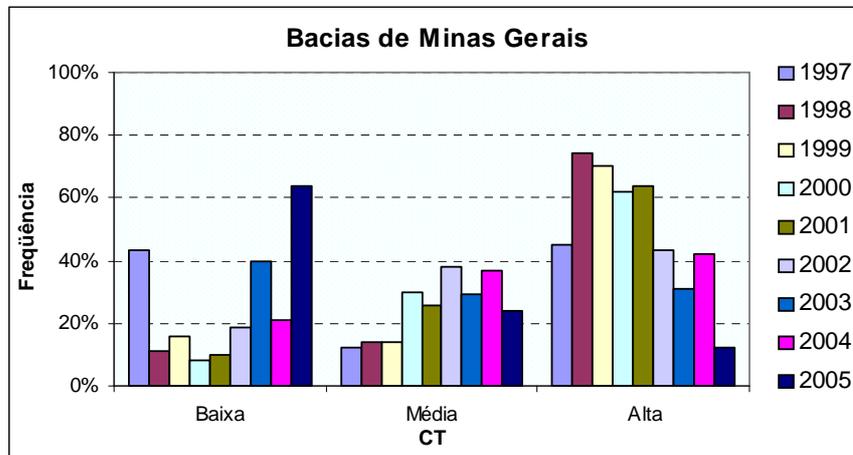
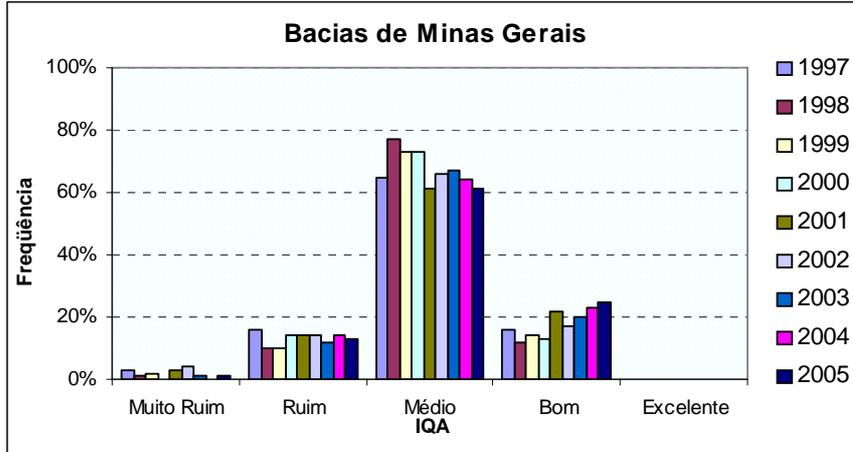


Figura 7.1: Evolução temporal dos dados de qualidade: Índice de Qualidade das Águas – IQA e Contaminação por Tóxicos – CT, no Estado de Minas Gerais.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

7.1. IQA – Índice de Qualidade das Águas nas Bacias Hidrográficas

As figuras a seguir apresentam as médias anuais dos Índices de Qualidade das Águas para as quatro campanhas dos anos 2004 e 2005 respectivamente, para cada estação de amostragem das bacias hidrográficas monitoradas em Minas Gerais.

BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

Na bacia do rio São Francisco houve aumento da ocorrência de IQA Médio de 57% em 2004 para 61% em 2005.

Na bacia do rio das Velhas houve redução nas ocorrências de IQA Ruim de 38% em 2004 para 28% em 2005. Essa condição se deve à variação no valor do IQA verificada nas estações BV063, BV154, BV155 e BV156. Ressalta-se o aumento de IQA Muito Ruim que em 2004 era de 0% e que passou para 7% em 2005, condição observada nas estações BV154 e BV155. Observou-se ainda, o aumento das ocorrências de IQA Médio em 3% no ano de 2005 em relação a 2004, alteração verificada nas estações de monitoramento BV063 e BV156. Destaca-se também que a estação BV076 apresentou uma piora no valor do IQA, o qual passou de Médio em 2004 para Ruim em 2005.

Na bacia do rio Paraopeba houve aumento da ocorrência de IQA Médio, de 60% em 2004 para 70% em 2005. Concomitantemente, foi observada uma diminuição da ocorrência de IQA Ruim nesta bacia de 20% em 2004 para 15% em 2005, condição verificada nas estações BP027 e BP086. Foi observada ainda, na bacia do Paraopeba, uma redução nas ocorrências de IQA Muito Ruim de 5% em 2004 para 0% em 2005, situação verificada na estação BP071.

Na bacia do rio Pará houve aumento das ocorrências do IQA Médio em 36%, no ano de 2005 em relação a 2004, reduzindo as ocorrências de IQA Bom, de 46% em 2004 para 0% em 2005. Esta mudança na condição de IQA Bom para Médio foi observada nas estações PA004, PA005, PA013, PA015, PA017 e PA019.

A região denominada São Francisco Norte, que engloba as sub-bacias dos rios Paracatu, Urucuia e Verde-Grande, bem como o rio São Francisco após a represa de Três Marias apresentou uma diminuição da ocorrência de IQA Médio, de 72% em 2004 para 57% em 2005, com conseqüente aumento das ocorrências de IQA Ruim e Bom. Esta condição foi observada nas estações SF023, SF025, SF027, SF033, PT011 e PT013, que passaram de IQA Médio para Bom e VG009 e VG011 que atingiram IQA Ruim. Finalmente, a mudança no valor do IQA de Bom para a classificação Média ocorreu nas estações PT003, PT009 e UR007.

Na região denominada São Francisco Sul (rio São Francisco e afluentes até a represa de Três Marias) houve redução de 66% das ocorrências de IQA Médio em 2004 para 64% em 2005, e um conseqüente aumento das ocorrências de IQA Bom de 25% em 2004 para 28% em 2005. Esta variação na condição de IQA Médio para Bom foi observada nas estações SF015 e SF017, enquanto SF007 passou de IQA Ruim em 2004 para Médio no ano seguinte e SF013 que apresentou IQA Bom em 2004, atingindo a classificação Média em 2005.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Bacia do Rio das Velhas

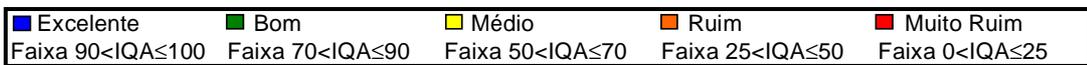
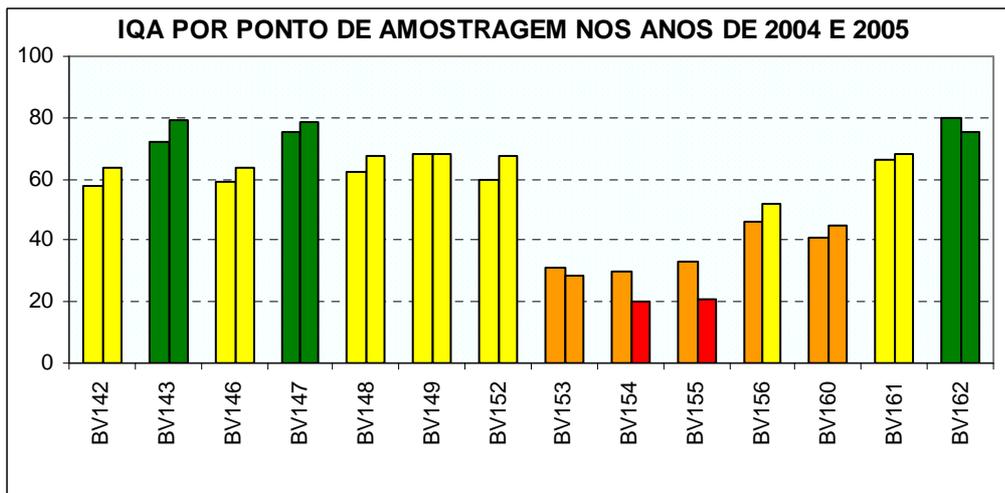
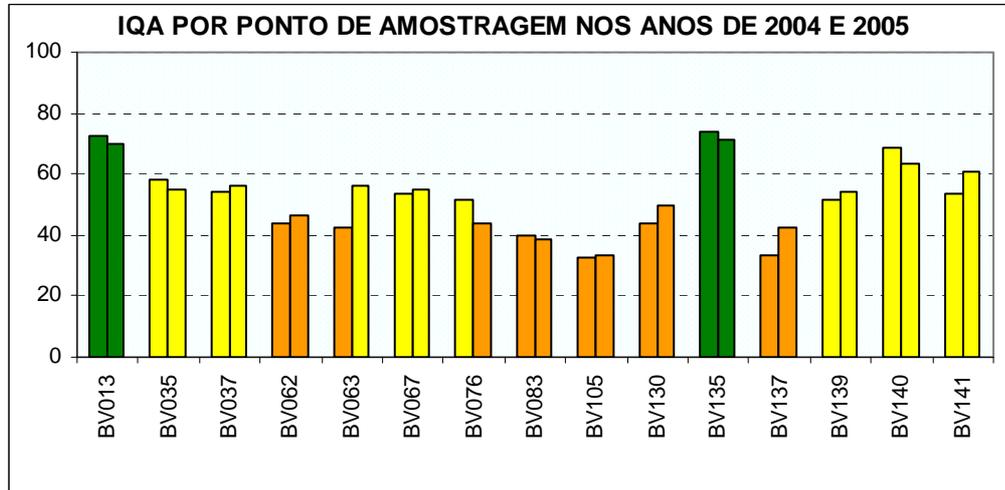


Figura 7.2: IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPRH SF5.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Bacia do Rio Paraopeba

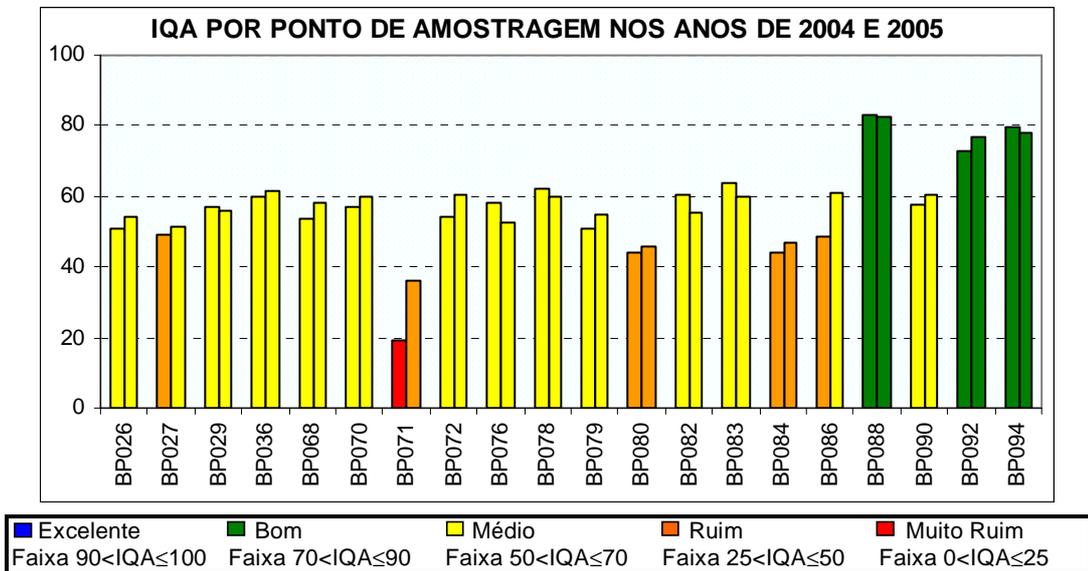


Figura 7.3: IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPRGH SF3.

Bacia do Rio Pará

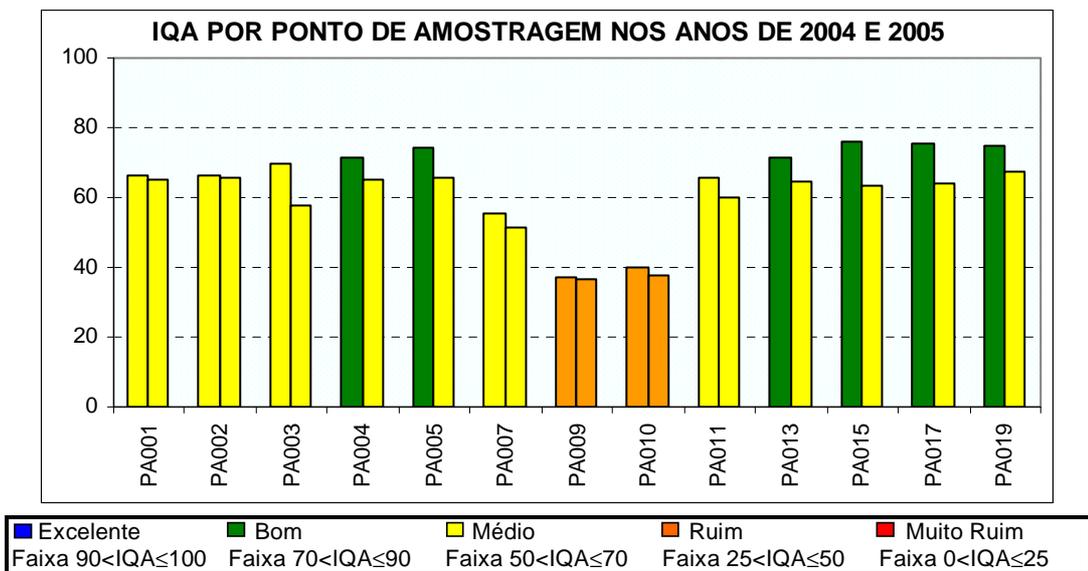


Figura 7.4: IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPRGH SF2.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Rio São Francisco – Norte

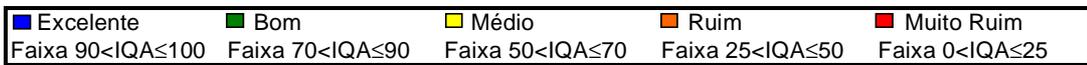
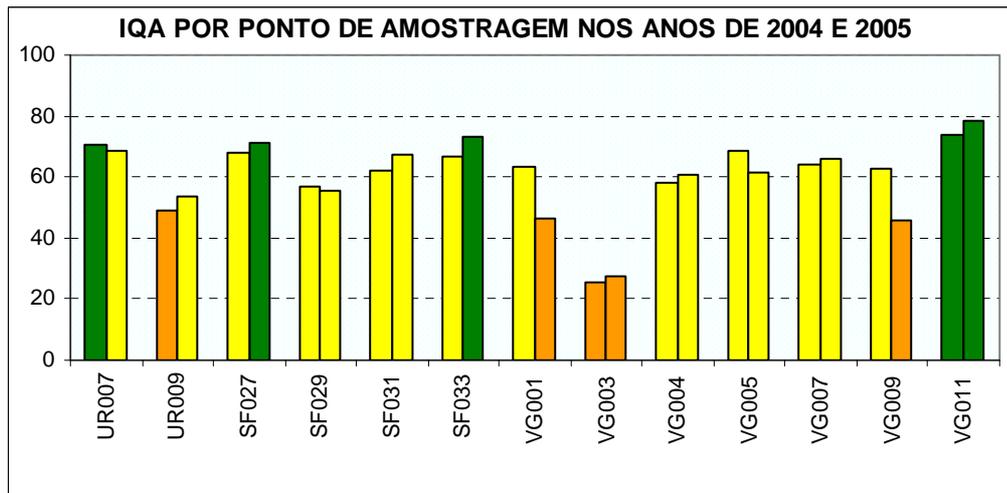
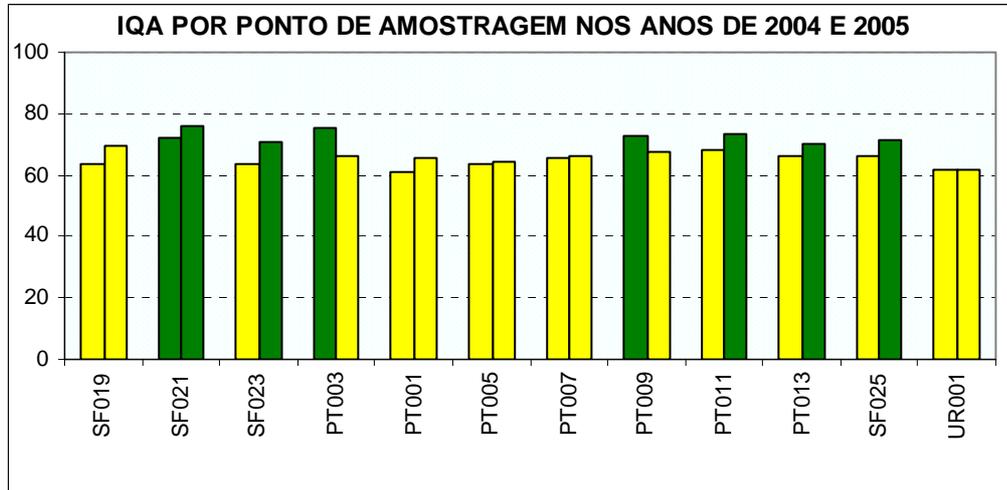


Figura 7.5: IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Rio São Francisco – Sul

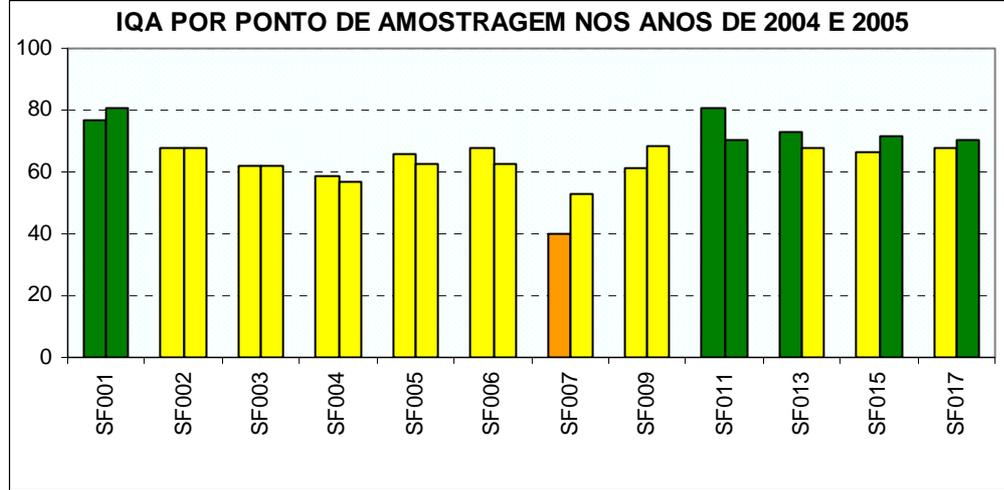


Figura 7.6: IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs SF1 e SF4.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

BACIA DO RIO GRANDE

Na bacia do rio Grande houve uma diminuição das ocorrências de IQA Ruim e Médio em 2005, na frequência de 5% e 7% respectivamente, em relação a 2004. Destaca-se o aumento da ocorrência de IQA Bom de 14% em 2004 para 26% em 2005, condição esta observada nas estações BG009, BG014, BG021, BG037, BG039 e BG058.

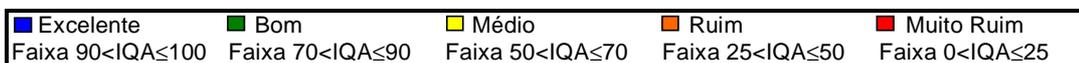
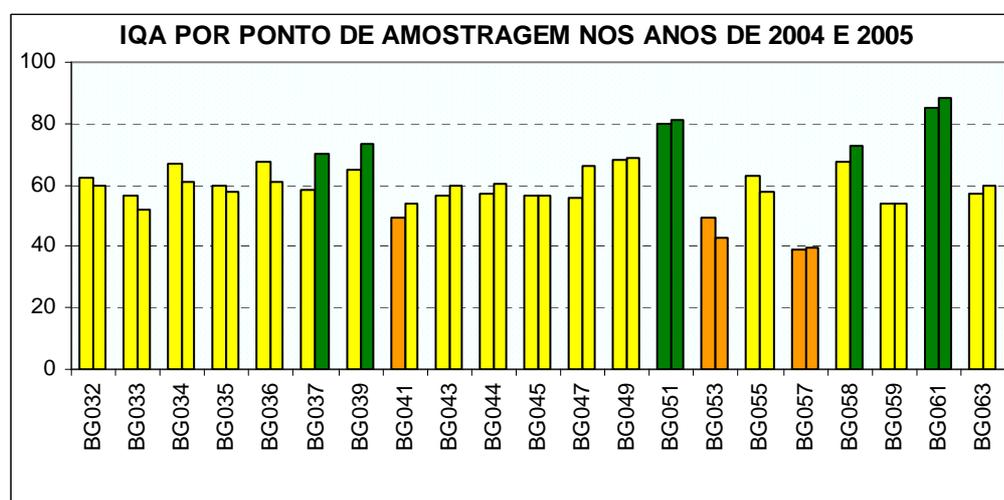
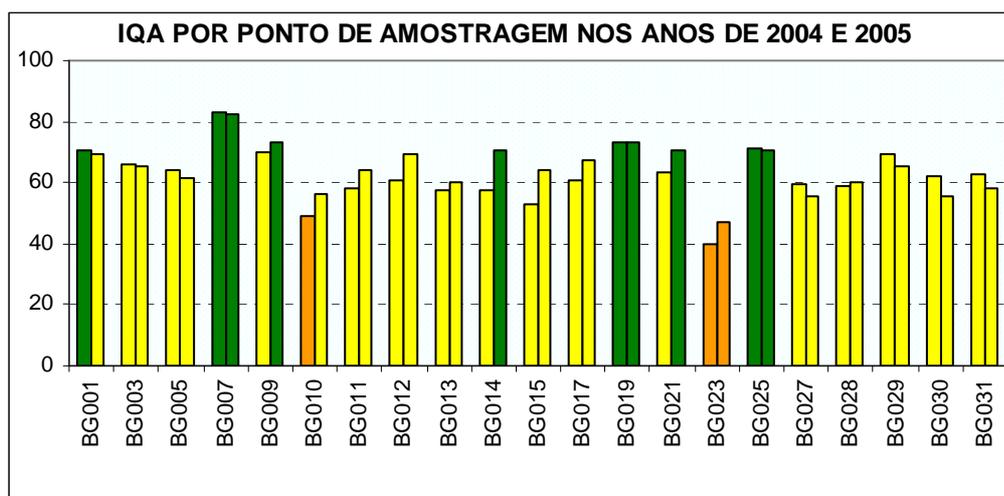


Figura 7.7: IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs GD1 a GD8.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

BACIA DO RIO DOCE

Em 2005, não se verificou nenhuma ocorrência de IQA Muito Ruim nos pontos de amostragem da bacia do rio Doce, assim como em 2004. Observou-se a permanência das ocorrências de IQA Ruim em relação a 2004, na frequência de 3%. Verificou-se ainda um aumento nas ocorrências de IQA Médio de 88% em 2004 para 97% em 2005, com conseqüente diminuição das ocorrências de IQA Bom de 9% dos pontos de amostragem em 2004 para 0% em 2005. Esta alteração na condição de IQA Bom para Médio foi observada nas estações RD027, RD031 e RD64.

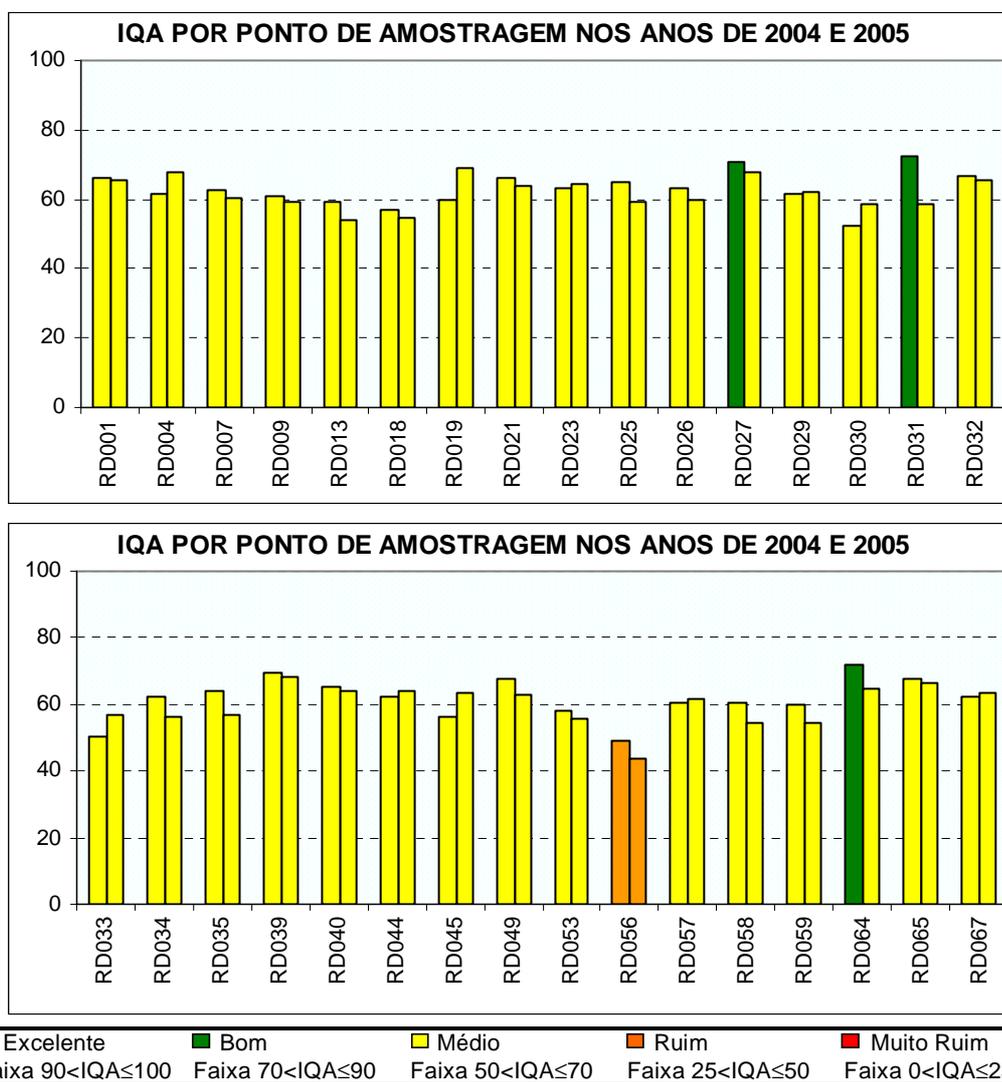


Figura 7.8: IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs DO1 a DO5.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

Em 2005, não se verificou nenhuma ocorrência de IQA Muito Ruim nos pontos de amostragem da bacia do rio Paraíba do Sul, assim como em 2004. Houve uma redução das ocorrências de IQA Médio de 72% em 2004 para 66% em 2005, assim como o IQA Bom, de 14% em 2004 para 10% em 2005. Observou-se ainda um aumento do IQA Ruim de 14% em 2004 para 24% em 2005 nas estações de amostragem da bacia do rio Paraíba do Sul. Essa modificação da condição de IQA Médio para Ruim está exemplificada abaixo nas estações BS018, BS081 e BS083.

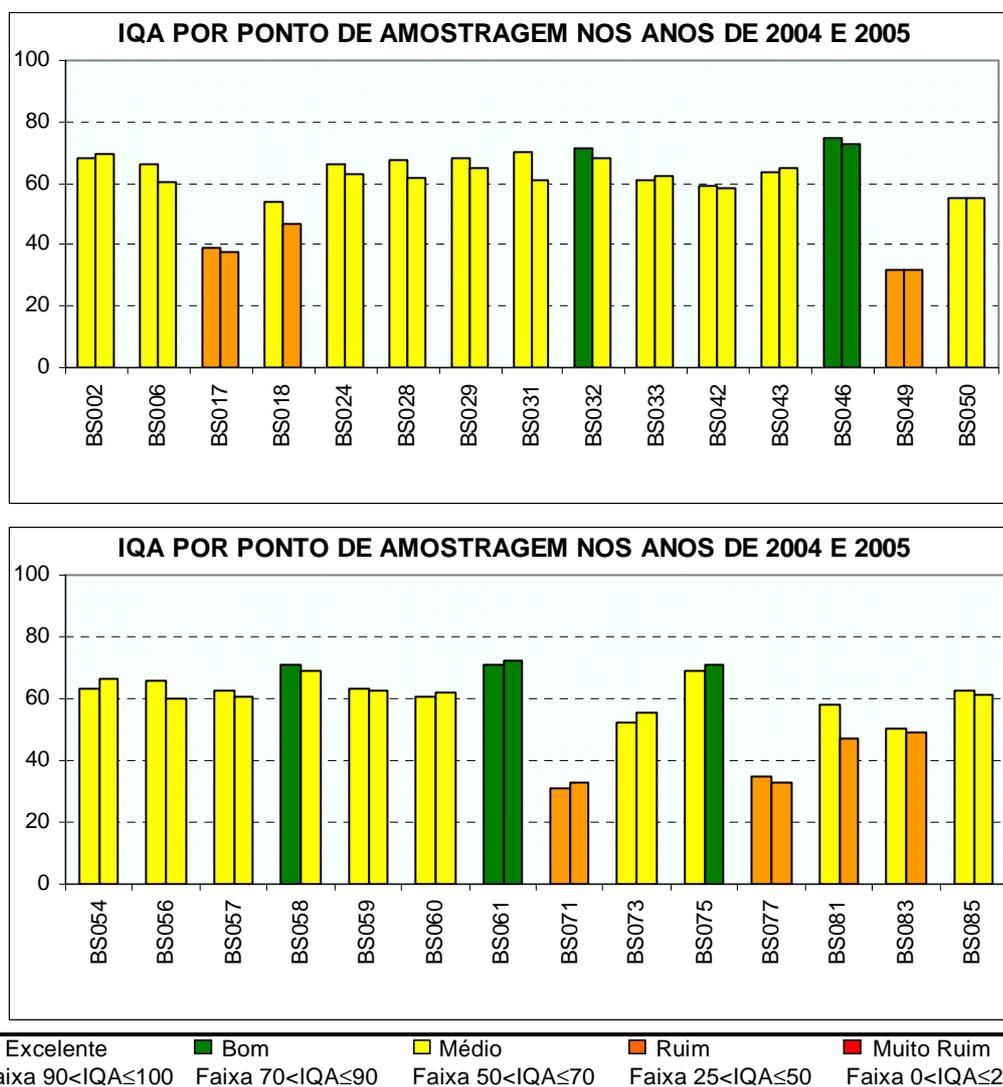


Figura 7.9: IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs PS1 e PS2.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

BACIA DO RIO PARANAÍBA

Na bacia do rio Paranaíba houve aumento de ocorrências de IQA Médio de 39% em 2004 para 50% em 2005 e uma conseqüente diminuição nas ocorrências de IQA Bom de 56% em 2004 para 44% em 2005. Estas alterações na condição de IQA Bom para Médio para foram observadas nas estações PB017 e PB027. Destaca-se ainda a permanência de IQA Ruim nesta bacia com ocorrências em 6% das estações de amostragem, assim como em 2004, sendo que a estação PB003 apresentou IQA Médio em 2004 e Ruim em 2005, enquanto PB023 passou de IQA Ruim em 2004 para Médio no ano seguinte. Pôde-se observar nesta bacia que ainda não houve ocorrência de IQA médio anual no nível Muito Ruim ao longo de todo o período de monitoramento.

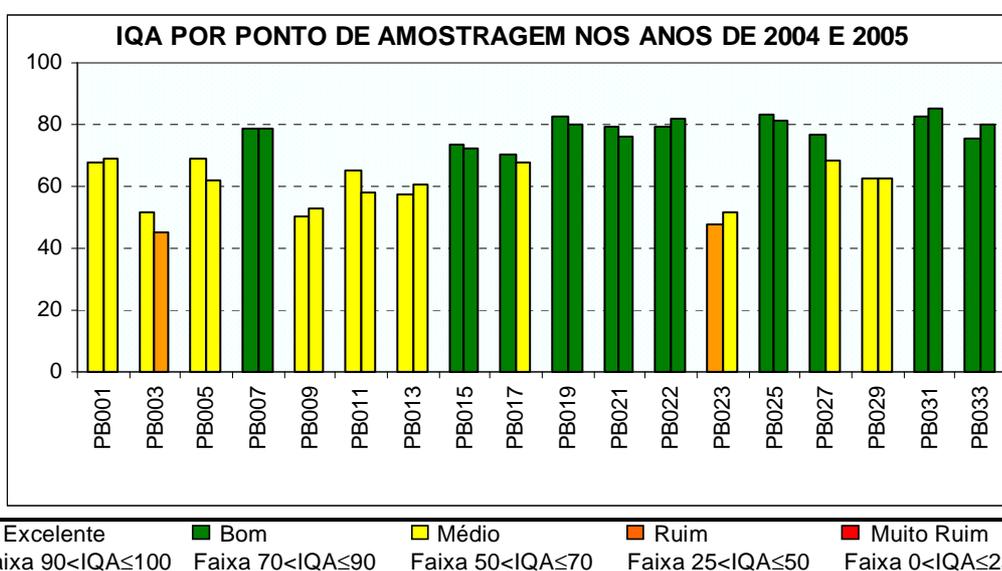


Figura 7.10: IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs PN1, PN2 e PN3.

BACIA DOS RIOS JEQUITINHONHA, MUCURI E PARDO

As bacias dos rios Jequitinhonha, Pardo e Mucuri apresentam, de um modo geral, boa qualidade de suas águas em relação aos poluentes orgânicos, fecais, nutrientes e sólidos. Essa condição é confirmada pela predominância do IQA Médio ou Bom ao longo dos anos. Em 2005, houve uma redução nas ocorrências de IQA Médio de 46% em 2004 para 17% em 2005, redução também nas ocorrências de IQA Ruim de 8% em 2004 para 4% em 2005. Conseqüentemente, houve um aumento de IQA Bom de 46% em 2004 para 79% em 2005.

Na bacia do rio Jequitinhonha ocorreu o Índice de Qualidade das Águas Bom, com exceção da estação JE009, que em 2005 apresentou IQA Médio. Na bacia do rio Mucuri, a estação MU007 apresentou a pior qualidade da bacia em termos de IQA, com níveis Ruim nos anos 2004 e 2005. No rio Pardo predominou a ocorrência de IQA Bom em 2005, assim como no ano 2004.

BACIA DO RIO JEQUITINHONHA

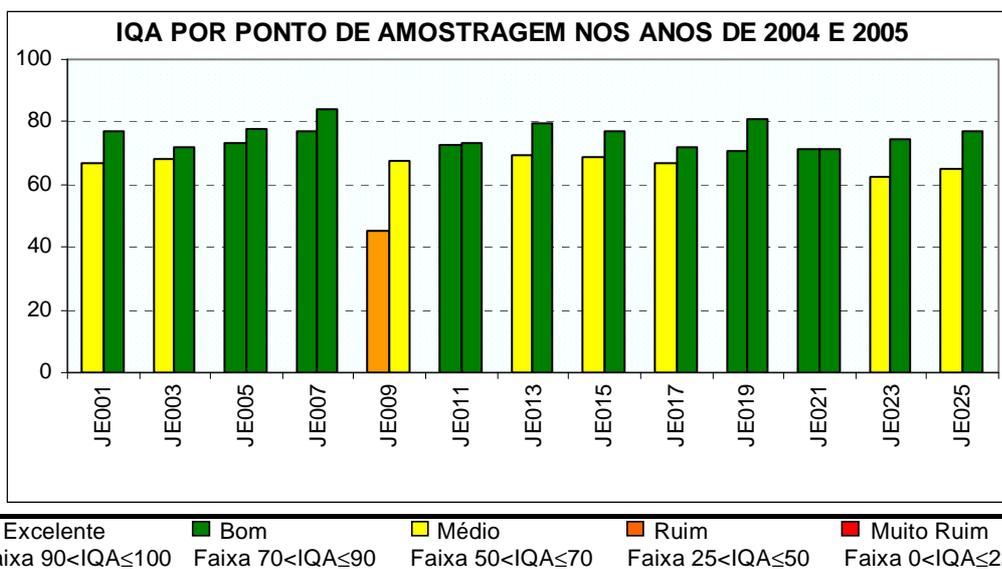


Figura 7.11: IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPRHs JQ1, JQ2 e JQ3.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

BACIA DO RIO MUCURI

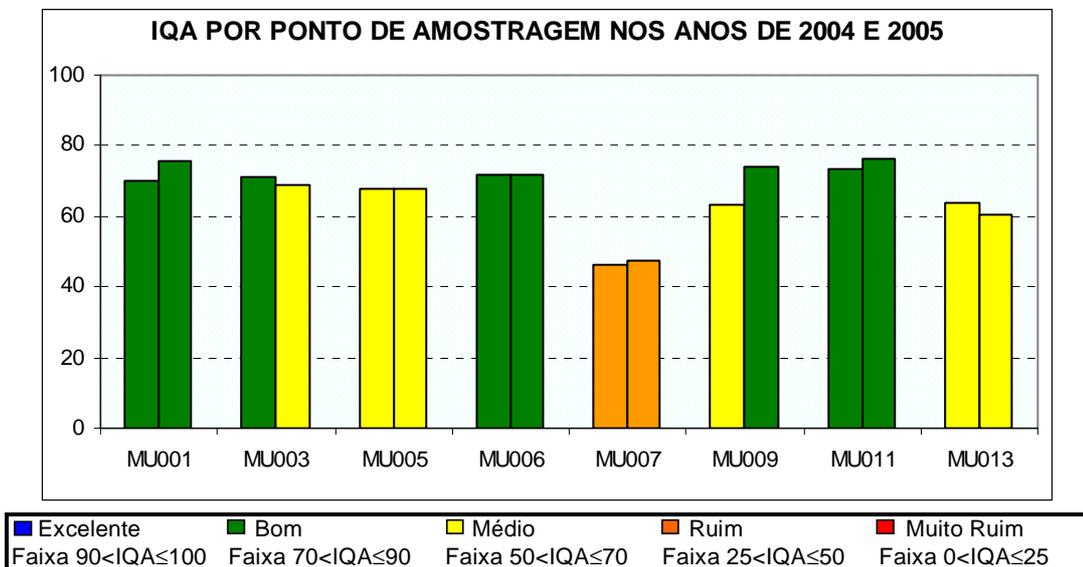


Figura 7.12: IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPRH MU1.

BACIA DO RIO PARDO

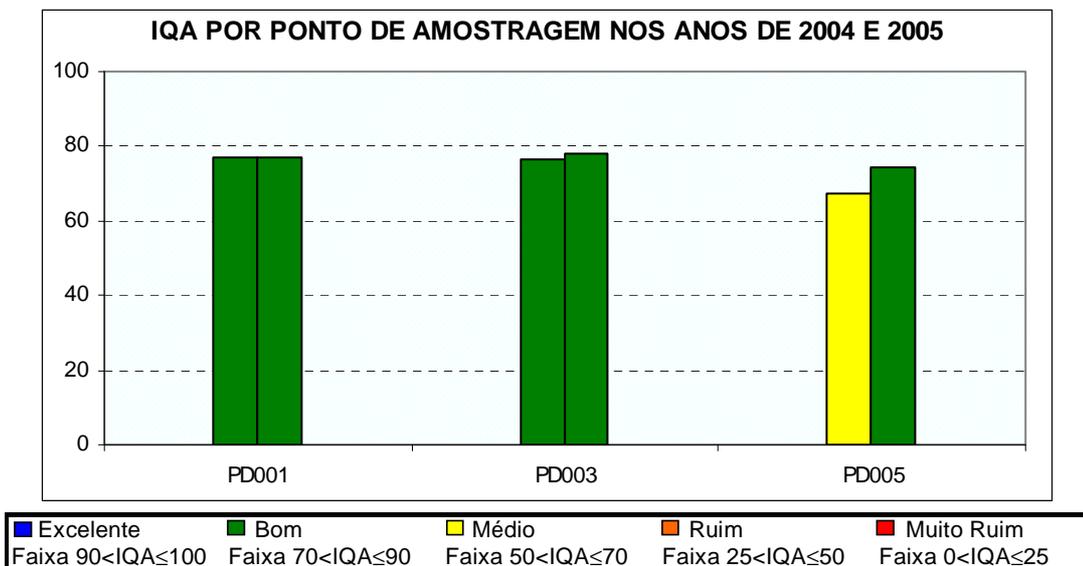


Figura 7.13: IQA médio dos anos 2004 e 2005, respectivamente, por estação de amostragem – UPRH PA1.

7.2. CT – Contaminação por Tóxicos nas Bacias Hidrográficas

Analisando-se a Figura 7.14 pode-se perceber que o Chumbo total é a substância tóxica que apresentou as maiores ocorrências em desconformidade com a legislação em todo o Estado de Minas Gerais em 2005, onde cerca de 30% das análises não atenderam aos limites das classes de enquadramento dos corpos de água monitorados, diferentemente do ano de 2004, quando o parâmetro Fenóis totais (16,5% das ocorrências em 2005) apresentava as maiores ocorrências. Estes fatos estão relacionados com a alteração dos padrões de qualidade de água apresentados na Resolução CONAMA nº357/05, principalmente em relação a Fenóis totais, parâmetro que sofreu uma flexibilização dos níveis para os padrões de classe de enquadramento. Em relação ao Chumbo total e Arsênio total (com 15% de ocorrências em 2005), houve maior restrição, conseqüentemente aumentaram suas ocorrências em todo o Estado de Minas Gerais. Além disso, passou-se a avaliar a ocorrência de Cromo total (11% das ocorrências em 2005) e não de Cromo hexavalente e trivalente, enquanto o Cobre dissolvido (12% das ocorrências em 2005) está sendo avaliado no lugar de Cobre total. A análise de nitrogênio amoniacal (6% das ocorrências em 2005) está diretamente relacionada com os valores de pH.

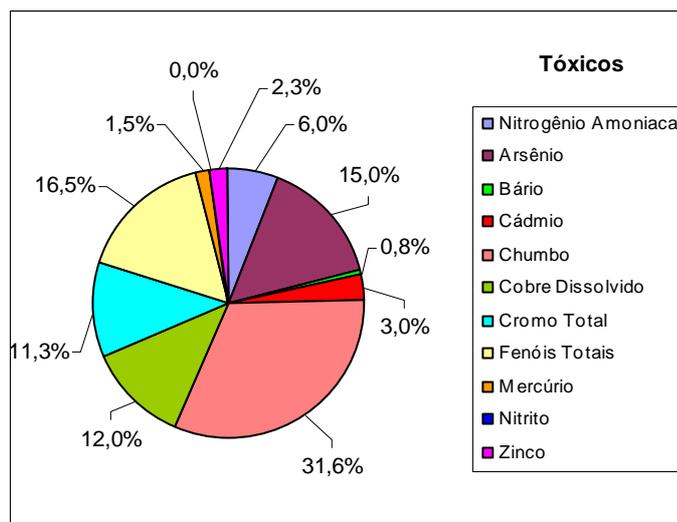


Figura 7.14: Ocorrência de parâmetros avaliados na Contaminação por Tóxicos no Estado de Minas Gerais.

Nas bacias hidrográficas monitoradas em 2005, pôde-se verificar uma melhoria na Contaminação por Tóxicos em relação a 2004, predominando a CT Baixa. Na bacia do rio Paraíba do Sul, foi observada ocorrência de CT Média em 2005. Pôde-se verificar que na bacia do rio São Francisco houve um aumento da CT Baixa de 18% em 2004 para 53% em 2005, e diminuição da CT Alta de 53% em 2004 para 19% em 2005.

As figuras seguintes destacam a contribuição dos parâmetros avaliados na Contaminação por Tóxicos nas faixas Média e Alta em cada bacia hidrográfica do Estado de Minas Gerais em 2005.

BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

Em relação às sub-bacias do rio São Francisco, houve aumento das ocorrências de CT Média no rio das Velhas de 28% em 2004 para 41% em 2005. Em consequência, houve redução de CT Alta de 55% em 2004 para 34% das ocorrências em 2005. Os parâmetros que mais contribuíram para a CT Média em 2005 foram Cromo total e Arsênio total com cerca de 19% de frequência cada um deles, enquanto que o principal responsável pela CT Alta foi o Arsênio total com 52% de frequência de ocorrência. Na bacia do rio Paraopeba observou-se uma diminuição das ocorrências de CT Alta de 60% em 2004 para 15% em 2005 e um conseqüente aumento na frequência de ocorrência da CT Média que passou de 35% em 2004 para 40% no ano seguinte. Os parâmetros que mais contribuíram para a CT Média em 2005 nesta bacia foram Chumbo total e Fenóis totais com 45 e 44% de frequência, respectivamente, enquanto o metal chumbo foi o contaminante tóxico que mais influenciou a CT Alta nesse ano, com 67% de frequência. Por outro lado, na bacia do Pará, verificou-se em 2005, uma redução extremamente significativa na ocorrência tanto da CT Alta quanto da CT Média, que passaram de 54 e 23% de frequência, respectivamente, em 2004, para 8 e 0% de frequência, respectivamente, em 2005. O parâmetro Fenóis totais contribuiu em 100% com as ocorrências de CT Alta na bacia do Pará no ano de 2005. Houve aumento das ocorrências de CT Média na bacia do rio São Francisco – Sul de 8% em 2004 para 42% em 2005, sendo o parâmetro Chumbo total o que mais contribuiu para esta condição, com frequência de 40% das ocorrências. Ressalta-se que não houve ocorrência de CT Alta nessa bacia em 2005. Finalmente, foi observada na bacia do rio São Francisco – Norte uma diminuição da CT Média e Alta em 28 e 20%, respectivamente, em relação a 2004. Os parâmetros que mais contribuíram para a ocorrência da CT Média em 2005 foram Chumbo total e Fenóis totais com 50 e 33% de frequência, respectivamente, enquanto Chumbo total, Arsênio total e Nitrogênio amoniacal foram os contaminantes tóxicos que prevaleceram na CT Alta, com aproximadamente 29% de frequência cada um deles.

Bacia do Rio das Velhas

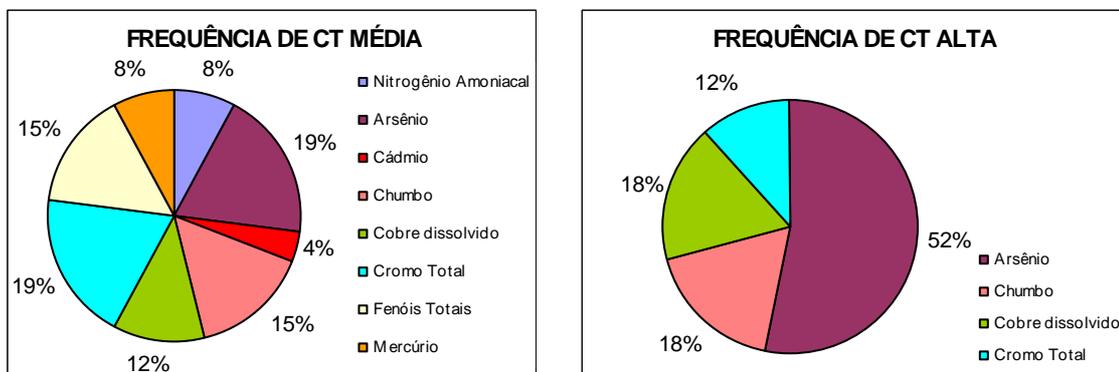


Figura 7.15: Frequência da ocorrência de parâmetros, responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPRH SF5.

Bacia do Rio Paraopeba

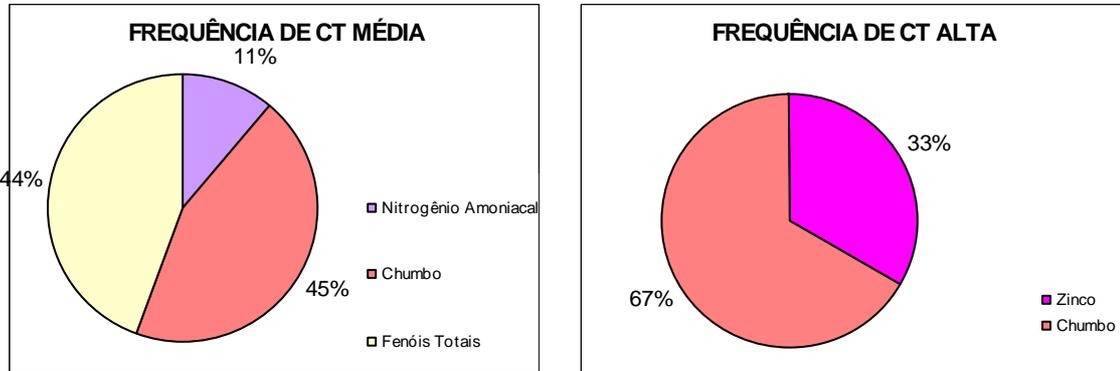


Figura 7.16: Frequência da ocorrência de parâmetros, responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRH SF3.

Bacia do Rio Pará

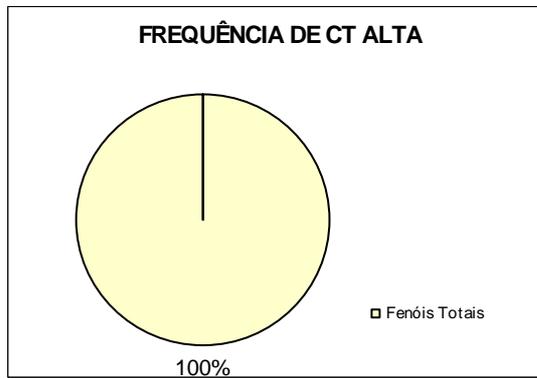


Figura 7.17: Frequência da ocorrência de parâmetros, responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta – UPGRH SF2

Rio São Francisco – Sul

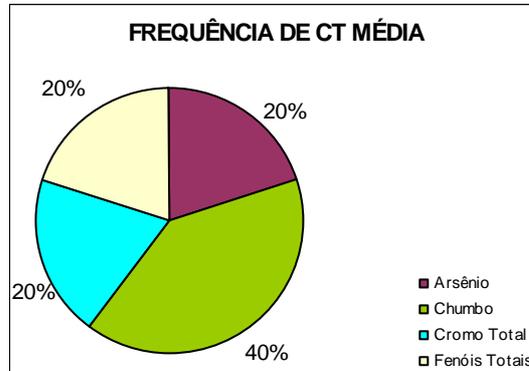


Figura 7.18: Frequência da ocorrência de parâmetros, responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Média – UPGRHs SF1 e SF4.

Rio São Francisco – Norte

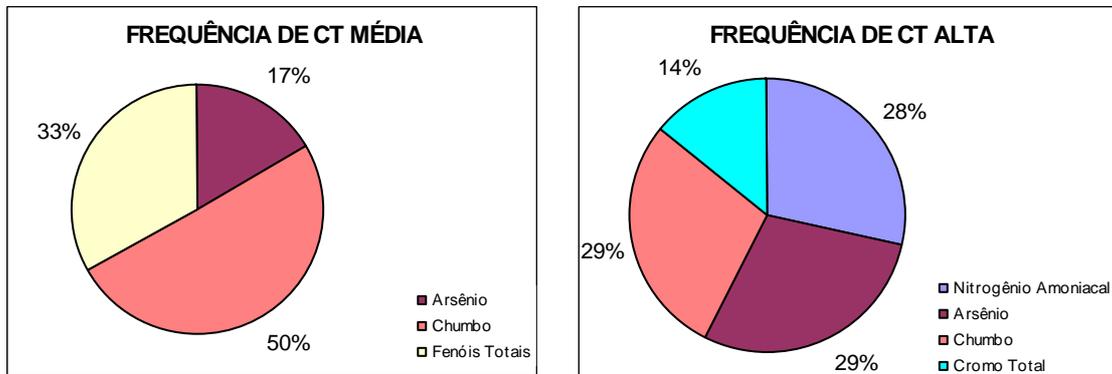


Figura 7.19: Frequência da ocorrência de parâmetros, responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRHs SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10.

BACIA DO RIO GRANDE

Na bacia do rio Grande as ocorrências de CT Média diminuíram de 55% em 2004 para 12% em 2005. O parâmetro Chumbo total foi o que mais contribuiu para esta condição, com uma frequência de 60% das ocorrências. Destaca-se que a CT Alta que apresentou uma frequência de ocorrência de 26% em 2004, não foi observada em 2005.

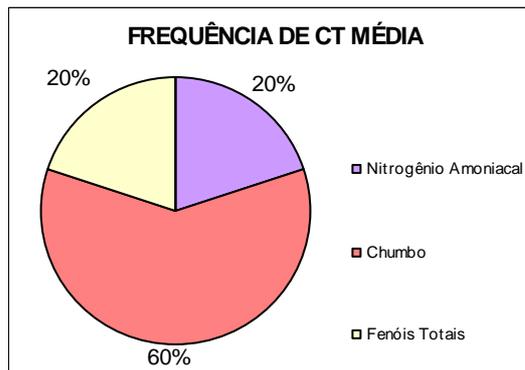


Figura 7.20: Frequência da ocorrência de parâmetros, responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Média – UPGRHs GD1 a GD8.

BACIA DO RIO DOCE

Na bacia do rio Doce houve um aumento da CT Média, a qual passou de 34% de frequência em 2004 para 41% em 2005. O parâmetro Chumbo total foi o que mais contribuiu para esta condição, com uma frequência de 53% das ocorrências nesta bacia. Houve ainda uma redução na frequência de CT Alta, que apresentou 38% de ocorrência em 2004 e 16% no ano seguinte. Os parâmetros Chumbo total e Cobre dissolvido foram os que mais contribuíram para a CT Alta, com frequência de 40% das ocorrências para cada parâmetro.

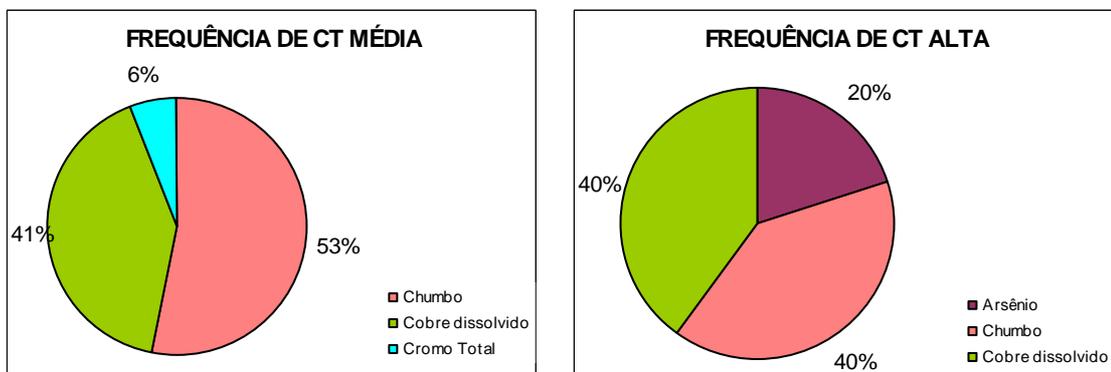


Figura 7.21: Frequência da ocorrência de parâmetros, responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRHs DO1 a DO5.

BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

Na bacia do rio Paraíba do Sul prevaleceram as ocorrências de Contaminação por Tóxicos Média em 2005, com 79% de frequência, maior que em 2004 que apresentou 28% de frequência. O parâmetro Fenóis totais representou 50% de frequência de CT Média nesta bacia no ano de 2005, seguido do Chumbo total com 20% de frequência. As ocorrências de CT Alta em 2005 foram de 21%, uma redução de 20% em relação a 2004, e os parâmetros que contribuíram para esta condição foram Cádmio total e Chumbo total, cada um deles com uma frequência de 50% das ocorrências.

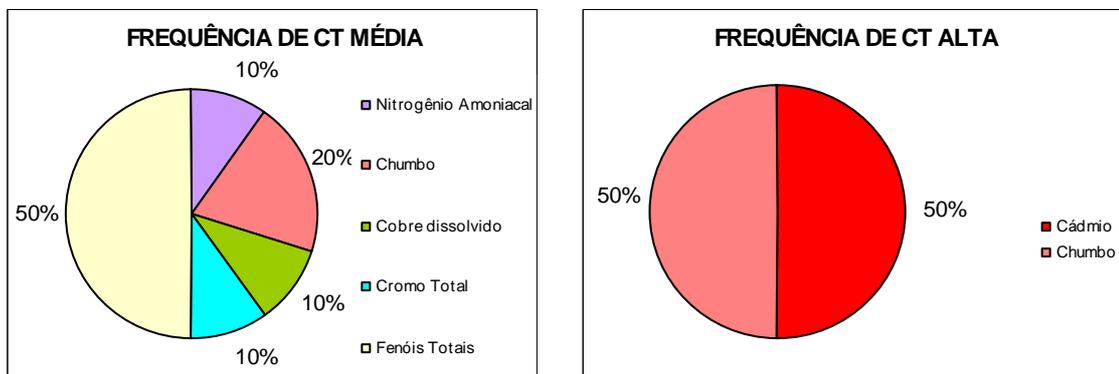


Figura 7.22: Frequência da ocorrência de parâmetros, responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRHs PS1 e PS2.

BACIA DO RIO PARANAÍBA

Na bacia do rio Paranaíba houve uma redução da CT Média, que apresentou 50% de frequência em 2004 e 28% em 2005. Valores de Cromo total, responsável por aproximadamente 60% das ocorrências, resultaram na CT Média em 2005. Destaca-se que não houve ocorrência de CT Alta nesta bacia em 2005.

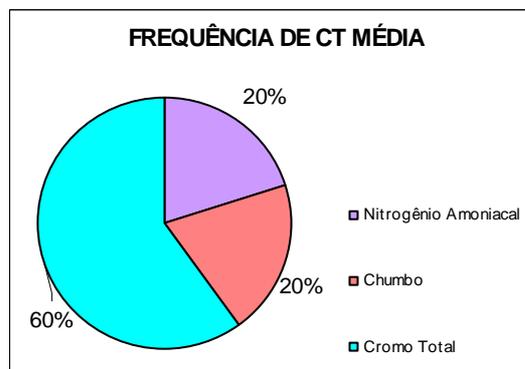


Figura 7.23: Frequência da ocorrência de parâmetros, responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Média – UPGRHs PN1, PN2 e PN3.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

BACIAS DOS RIOS JEQUITINHONHA, PARDO E MUCURI

Nas bacias dos rios Jequitinhonha, Pardo e Mucuri a Contaminação por Tóxicos Média apresentou uma redução de 38% em 2004 para 21% em 2005. O parâmetro que mais contribuiu para esta condição foi Fenóis totais, com uma frequência de 58% das ocorrências. Verificou-se também uma redução nas ocorrências da CT Alta, de 29% em 2004 para 4% em 2005, como ocorrências de Zinco total, cromo total e Chumbo total, cada um com aproximadamente 33% de frequência.

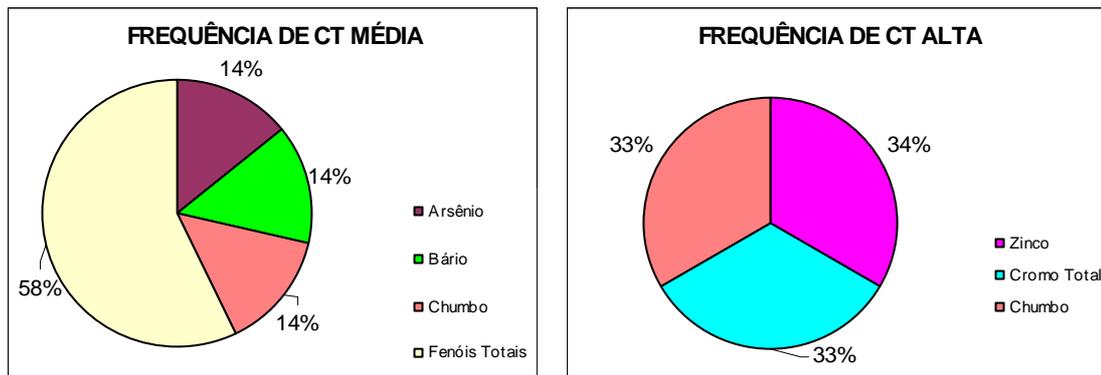


Figura 7.24: Frequência da ocorrência de parâmetros, responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UGRHs JQ1 a JQ3, PA1 e MU1.

7.3. Parâmetros em desacordo com a legislação

7.3.1. No Estado de Minas Gerais

A Figura 7.25 mostra a ocorrência de metais em desconformidade com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº357/05 para o Estado de Minas Gerais em 2005. Ao contrário dos últimos anos, quando o metal alumínio apresentava concentrações com maior frequência de violações no Estado, em 2005, devido às alterações dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº3257/05, o Manganês total passou a apresentar as maiores frequências de desconformidades em Minas Gerais, totalizando 36,5% das ocorrências, redução de 2,4% em relação a 2004. O Ferro dissolvido vem em seguida, com 16,9% de ocorrência em 2005. Estes metais são importantes constituintes da camada de substratos dos solos no Estado de Minas Gerais, sendo portanto de ocorrência natural nas águas das bacias hidrográficas do território mineiro. A frequência constante e elevada das concentrações destes parâmetros em Minas Gerais pode estar relacionada com as atividades do setor minerário e metalúrgico, além do manejo inadequado dos solos sem os devidos cuidados para preservação da vida aquática. Merecem destaque ainda as concentrações de Arsênio total e Chumbo total, que em 2005 totalizaram 7,5 e 6,1% das ocorrências em desconformidade com os limites permitidos pela legislação, aumento de 7,3 e 5% em relação a 2004.

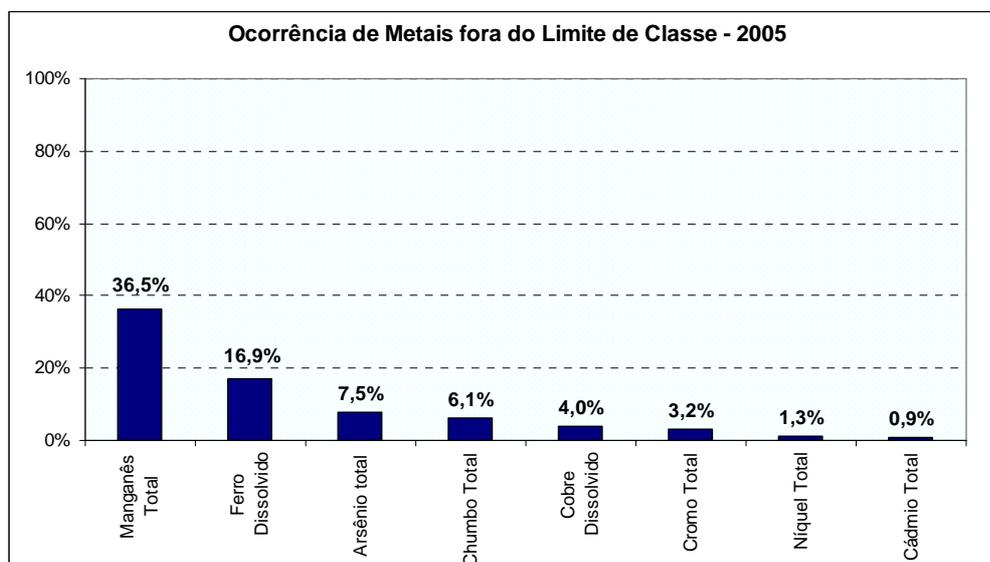


Figura 7.25: Frequência da ocorrência de metais fora dos limites estabelecidos na legislação.

Em relação aos demais parâmetros monitorados, pôde-se observar que houve também uma mudança em relação àqueles que apresentaram maior número de ocorrências em desacordo com o limite estabelecido na legislação, devido às alterações dos limites estipulados pela Resolução CONAMA nº357/05. Em 2004 o parâmetro fósforo total era o que apresentava concentrações com maior frequência de violações no Estado de Minas Gerais, entretanto em 2005, registrou-se uma redução significativa deste, totalizando 25,1% das ocorrências. Em 2005, o parâmetro coliformes termotolerantes foi o que apresentou a maior frequência de desconformidades no Estado de Minas Gerais, totalizando 48,1% das ocorrências, uma redução de 2,6% das violações em comparação com 2004. Ressalta-se ainda a diminuição das violações do parâmetro fenóis totais em 2005, totalizando 2,8% das ocorrências no Estado, o que expressa uma redução de 24,1% em relação ao ano anterior.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Vale destacar ainda, as freqüências dos parâmetros turbidez e cor, com 22,4% e 15,2% das ocorrências, respectivamente, em 2005.

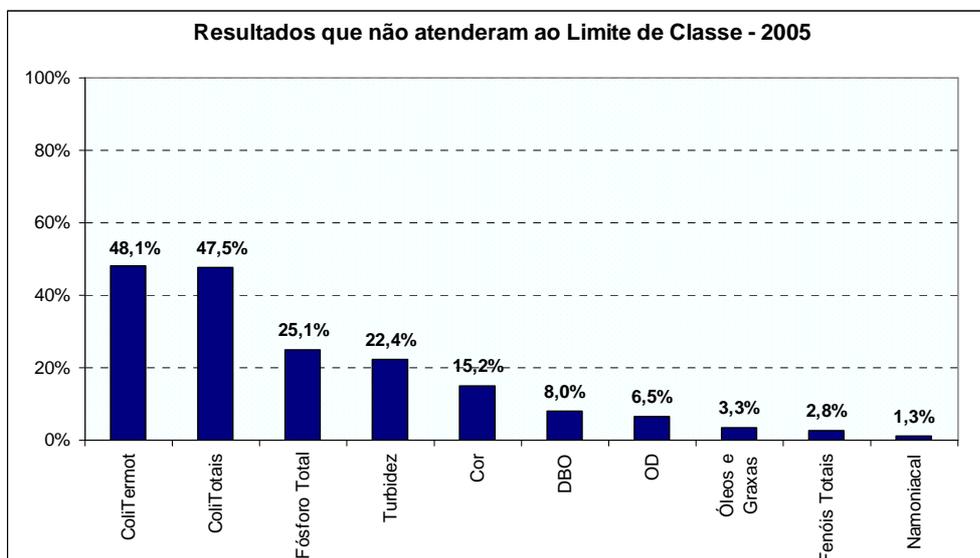


Figura 7.26: Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação.

7.3.2. Nas bacias hidrográficas

Os parâmetros que estiveram em desacordo com os limites de classe de enquadramento nas bacias hidrográficas de Minas Gerais em 2005 são apresentados nas figuras seguintes. Em 2005, as contagens de coliformes (termotolerantes ou totais) predominaram na maioria das bacias mineiras, ao contrário dos anos anteriores, quando o fosfato total esteve presente em concentrações elevadas. Nas bacias dos rios Paraopeba e São Francisco Sul, predominaram as ocorrências de manganês, seguida dos coliformes termotolerantes, enquanto no São Francisco Norte prevaleceram as ocorrências de turbidez e de manganês total.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

Bacia do Rio das Velhas

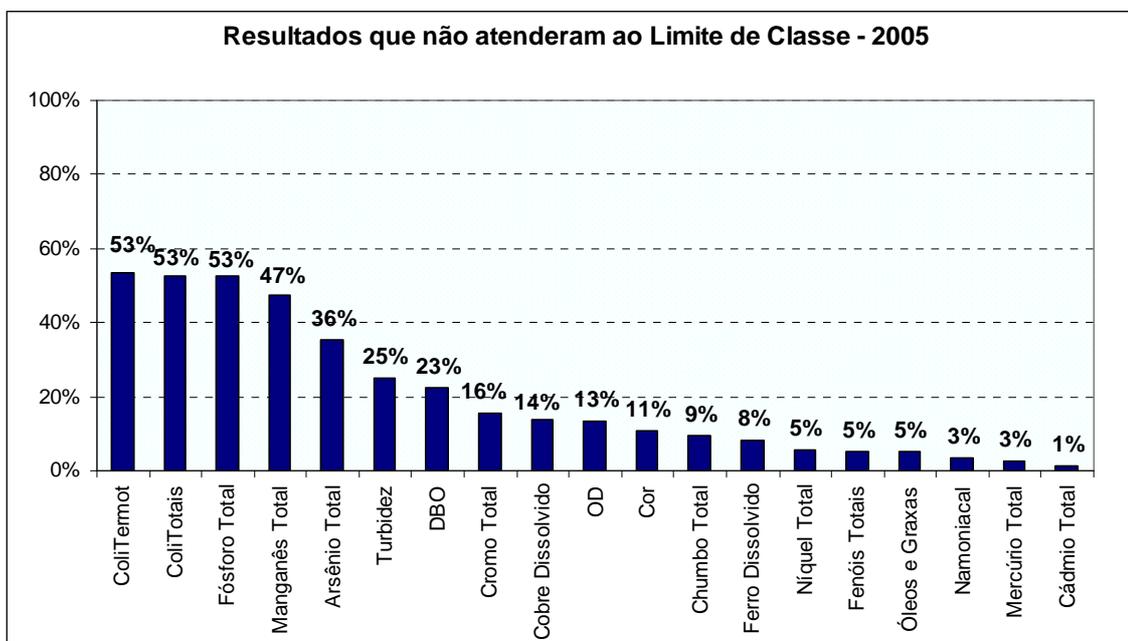


Figura 7.27: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPRGH SF5.

Bacia do Rio Paraopeba

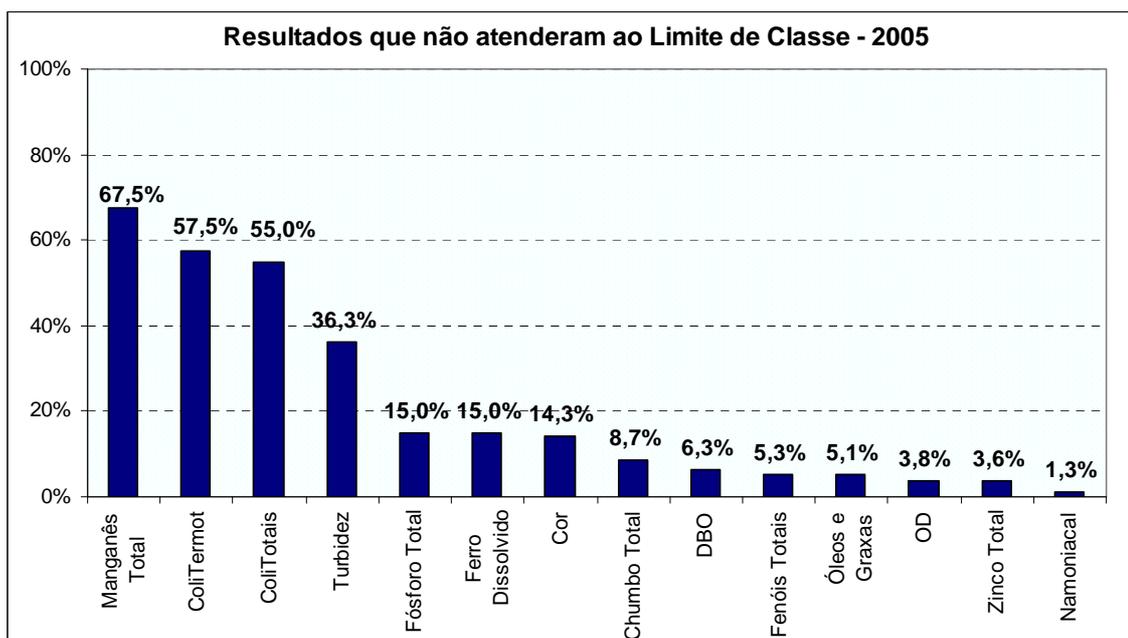


Figura 7.28: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPRGH SF3.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Bacia do Rio Pará

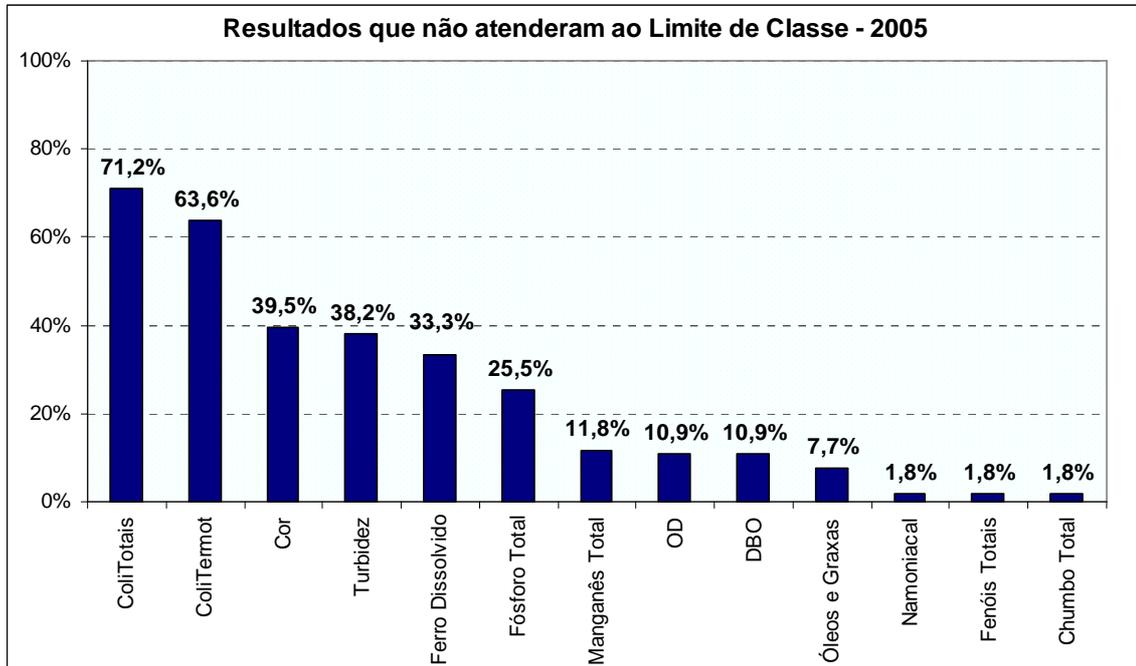


Figura 7.29: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPRH SF2.

Rio São Francisco – Sul

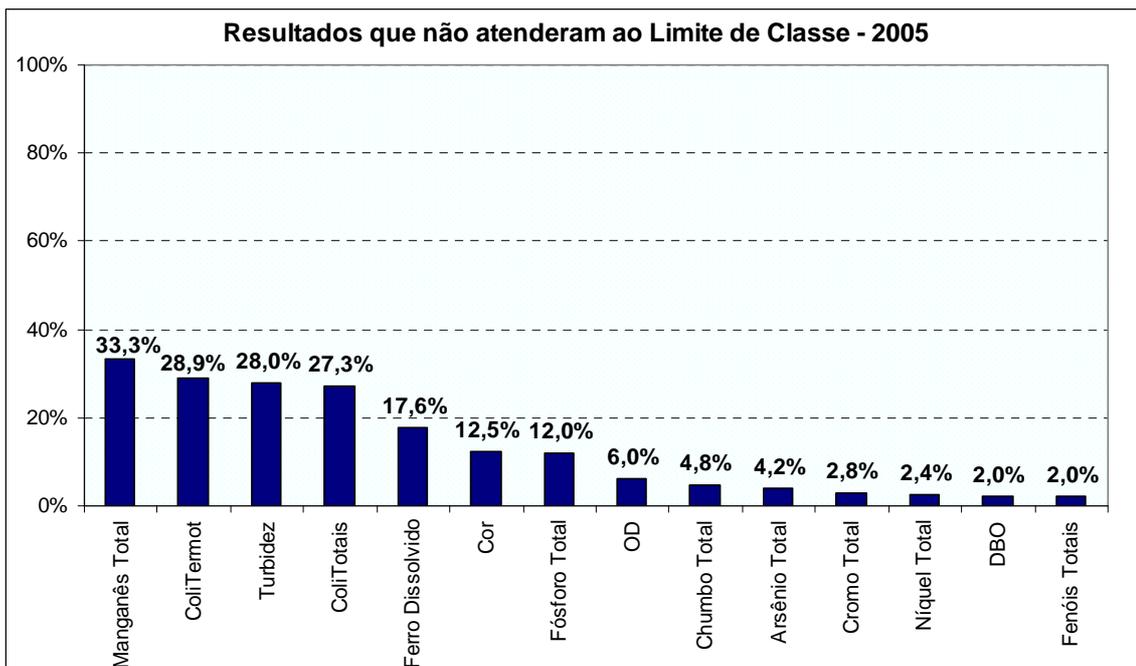


Figura 7.30: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPRHs SF1 e SF4.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Rio São Francisco – Norte

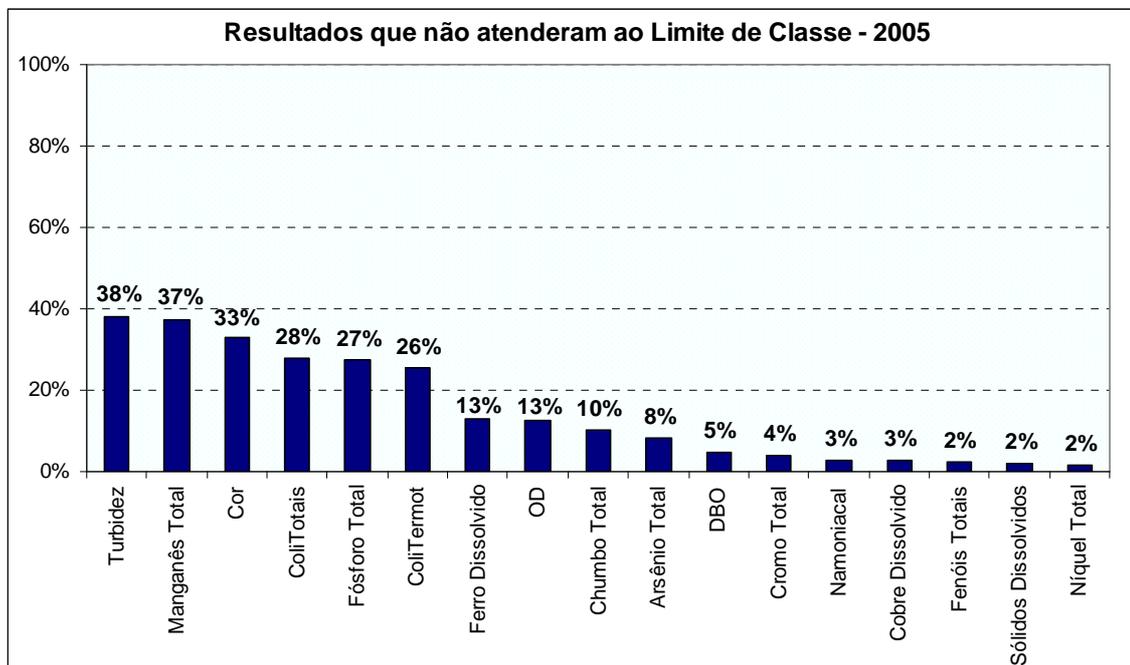


Figura 7.31: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPGRHs SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10.

BACIA DO RIO GRANDE

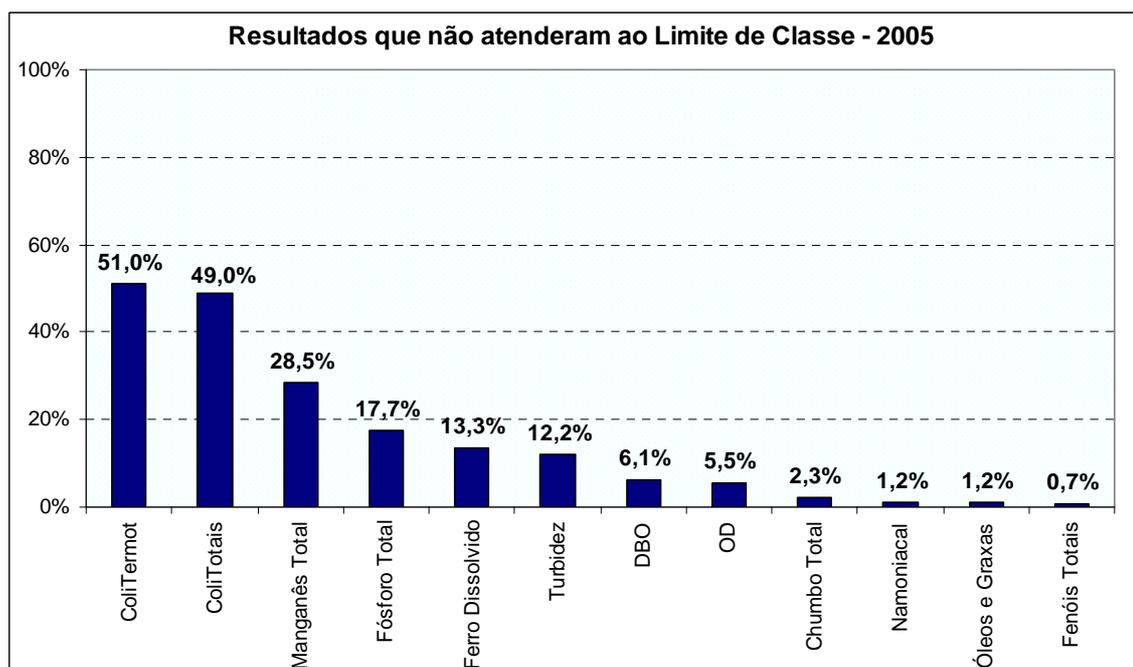


Figura 7.32: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPGRHs GD1 a GD8.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

BACIA DO RIO DOCE

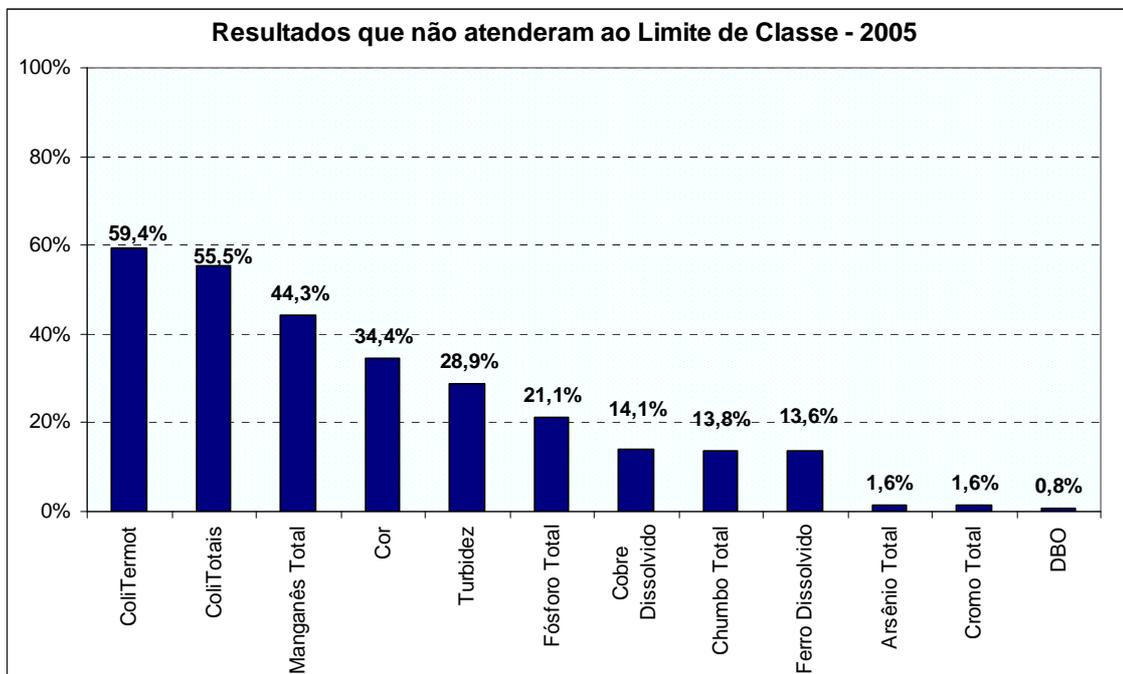


Figura 7.33: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPGRH DO1 a DO5.

BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

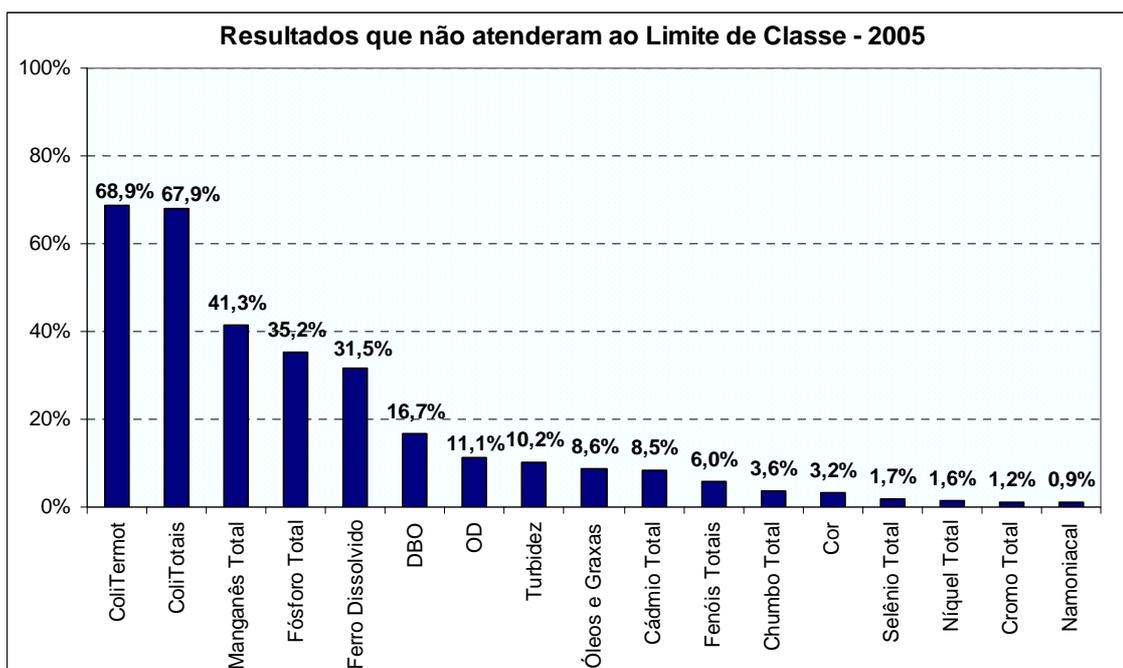


Figura 7.34: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPGRH PS1 e PS2.

BACIA DO RIO PARANAÍBA

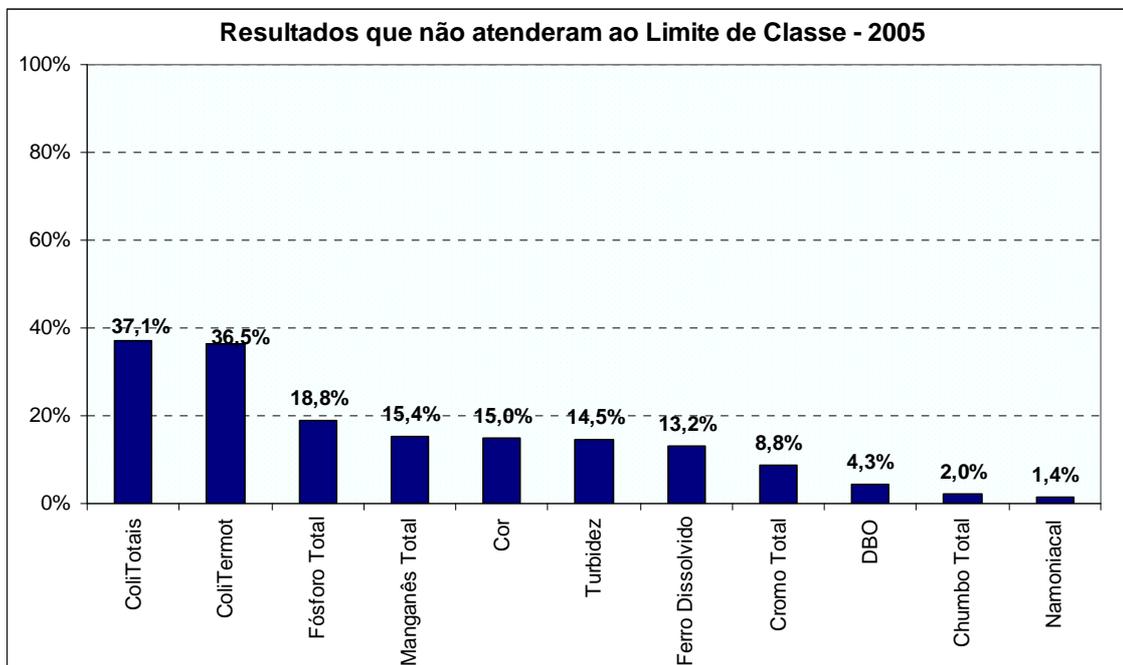


Figura 7.35: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPGRHs PN1, PN2 e PN3.

BACIAS DOS RIOS JEQUITINHONHA, MUCURI E PARDO

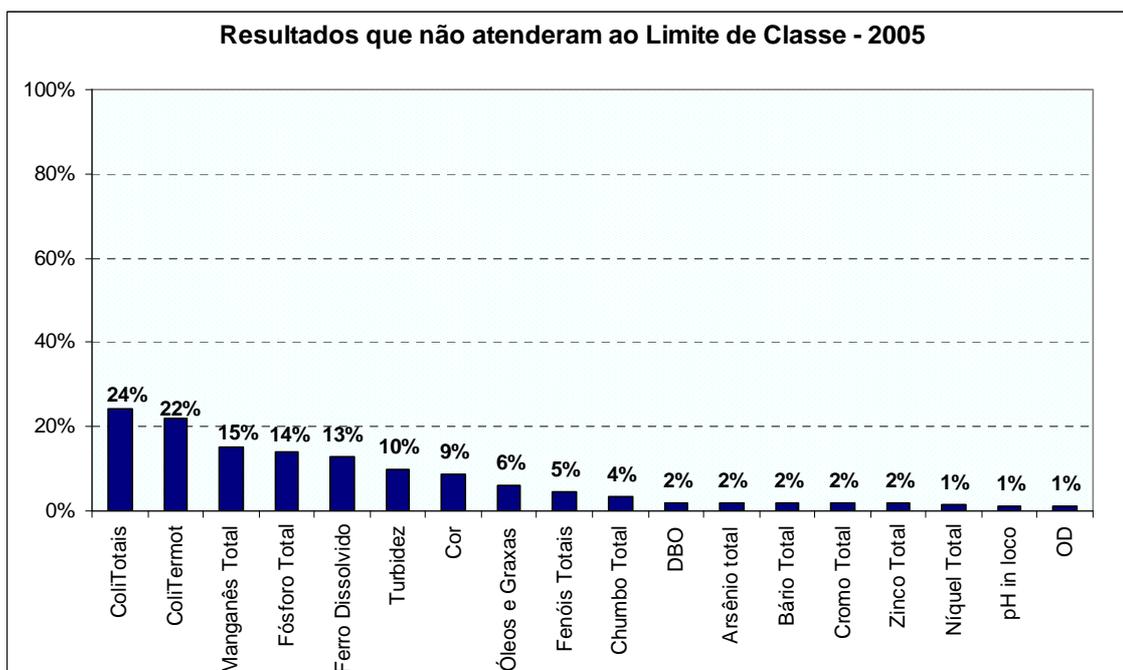


Figura 7.36: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPGRHs JQ1 a JQ3, PA1 e MU1.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

7.4. Ensaio de Ecotoxicidade

No período compreendido entre agosto de 2003 e dezembro de 2005, foram realizados 263 (duzentos e sessenta e três) ensaios de toxicidade crônica com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*, correspondentes a 32 estações de amostragem, com frequência trimestral.

As estações de coleta foram distribuídas da seguinte forma: 17 na bacia do rio Grande, 12 na bacia do rio Paranaíba, 2 na bacia do rio São Francisco e 1 na bacia do rio Doce. A distribuição das estações foi determinada, principalmente, em função do uso do solo nas áreas adjacentes, onde há predominância da agricultura com uso de agroquímicos.

Para a avaliação da ecotoxicidade, foram considerados os percentuais de ocorrência durante as campanhas realizadas. As estações onde efeitos tóxicos foram identificados em menos de 25% dos ensaios realizados foram caracterizadas como tendo **Baixa** ocorrência de ecotoxicidade; aquelas em que 25 a 50% dos ensaios apresentaram resultados positivos foram consideradas com ocorrência **Média** de ecotoxicidade e aquelas estações cuja porcentagem de resultados positivos foi superior a 50% foram consideradas com **Alta** ocorrência de toxicidade, conforme apresentado na Tabela 7.1. Apenas duas estações mostraram-se atóxicas para os microcrustáceos durante o período amostrado – rio São Domingos próximo à sua foz no rio Paranaíba (PB033) e o rio Verde Grande próximo à sua foz no rio São Francisco (VG011), enquanto as outras 30 apresentaram efeitos ecotoxicológicos em pelo menos uma campanha.

A avaliação dos bioensaios mostrou Média a Alta ocorrência de ecotoxicidade na maior parte da rede de monitoramento ecotoxicológico. Vinte e cinco das 32 estações de amostragem mostraram-se potencialmente tóxicas para a biota, ou seja, tiveram resultados positivos em pelo menos 25% das amostras coletadas entre 2003 e 2005 (Tabela 7.1). Na bacia do rio Grande, o ponto localizado no rio Capivari (BG009), bem como aqueles localizados na sub-bacia do rio Verde – rios Baependi (BG029), Lambari (BG031) e Palmela (BG036) – apresentaram maior frequência de resultados positivos para ecotoxicidade (pelo menos 62% dos testes). Para a bacia do rio Paranaíba, amostras coletadas nos rios Paranaíba (PB007), Jordão (PB009), Araguari (PB017), Quebra-Anzol (PB011) e Tijuco (PB027) mostraram resultados positivos em mais de 62% dos ensaios. As amostras coletadas no rio Preto, pertencente à bacia do São Francisco, também apresentaram Alta ocorrência de ecotoxicidade.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Tabela 7.1: Avaliação dos resultados dos testes de ecotoxicidade, entre agosto/2003 e dezembro/2005

BACIA DO RIO GRANDE			
Ocorrência de Toxicidade	Nº de ensaios		UPGRH GD1 - Rio Grande
B	9	BG001	Rio GRANDE na cidade de Liberdade
M	8	BG003	Rio GRANDE a montante do Reservatório de Camargos
M	9	BG007	Rio GRANDE a jusante do Reservatório de Itutinga
A	8	BG009	Rio CAPIVARI próximo de sua foz no Rio Grande
UPGRH GD2 - Rio das Mortes, Grande e Jacaré			
M	8	BG011	Rio das MORTES a montante da cidade de Barbacena
M	9	BG019	Rio GRANDE a montante do Reservatório de Furnas
B	8	BG021	Rio JACARÉ a montante do Reservatório de Furnas
UPGRH GD4 - Rio Verde			
M	9	BG028	Rio VERDE na cidade de Soledade de Minas
A	8	BG029	Rio BAEPENDI próximo de sua foz no Rio Verde
A	7	BG031	Rio LAMBARI próximo de sua foz no Rio Verde
M	9	BG035	Rio VERDE na localidade de Flora
A	8	BG036	Rio PALMELA na proximidade de sua foz no Rio Verde
UPGRH GD5 - Rio Sapucaí			
M	8	BG044	Rio SAPUCAI-MIRIM a montante da cidade de Pouso Alegre
B	9	BG047	Rio SAPUCAÍ a montante da cidade de Careaçú
M	8	BG049	Rio SAPUCAÍ a montante do Reservatório de Furnas
UPGRH GD7 - Rio Grande			
M	8	BG055	Rio SÃO JOÃO a montante do Reservatório de Peixoto
UPGRH GD8 - Rio Grande			
M	8	BG059	Rio UBERABA a montante do Reservatório de Porto Colômbia
BACIA DO RIO PARANAÍBA			
UPGRH PN1 - Rio Paranaíba			
M	8	PB003	Rio PARANAÍBA a jusante da cidade de Patos de Minas
A	9	PB007	Rio PARANAÍBA entre os Reservatórios de Emborcação e Itumbiara
A	8	PB009	Rio JORDÃO a jusante da cidade de Araguari
UPGRH PN2 - Rio Araguari			
A	9	PB011	Rio QUEBRA ANZOL a montante do Reservatório de Nova Ponte
M	8	PB013	Rio CAPIVARA a jusante da cidade de Araxá
A	8	PB017	Rio ARAGUARI a montante do Reservatório de Nova Ponte
M	8	PB019	Rio ARAGUARI a jusante do Reservatório de Miranda
B	7	PB023	Rio UBERABINHA a jusante da cidade de Uberlândia
UPGRH PN3 - Rio Paranaíba e afluentes			
M	9	PB025	Rio PARANAÍBA a jusante do Reservatório de Itumbiara
A	8	PB027	Rio TIJUCO a montante do Reservatório de São Simão
M	9	PB029	Rio da PRATA a montante do Reservatório de São Simão
N.S.	8	PB033	Rio SÃO DOMINGOS próximo de sua foz no Rio Paranaíba
BACIA DO RIO DOCE			
UPGRH DO3 - Rio Caratinga e Rio Doce			
B	9	RD064	Rio MANHUAÇU em Santana do Manhuaçu
BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO			
UPGRH SF07 - Rio Paracatu			
A	7	PT007	Rio PRETO a jusante da cidade de Unai
UPGRH SF10 - Rio Verde Grande			
N.S.	7	VG011	Rio VERDE GRANDE próximo de sua foz no Rio São Francisco

Legenda:

N.S. = Não significativa (Nenhum resultado Positivo)

B = Baixa Ocorrência de Toxicidade = Resultados Positivos em até 25% dos ensaios realizados

M = Média Ocorrência de Toxicidade = Resultados Positivos entre 25 - 50% dos ensaios realizados

A = Alta Ocorrência de Toxicidade = Resultados Positivos entre 51 a 100% dos ensaios realizados

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Os percentuais de estações com resultados positivos ao longo das amostragens nas bacias do rio Grande e Paranaíba podem ser observados na Figura 7.37. A bacia do rio Grande vinha mostrando uma tendência ao aumento do número de estações com efeitos tóxicos, chegando a apresentar cerca de 65% dos pontos com resultados positivos na última campanha de 2004. No entanto, nas campanhas de 2005, observou-se uma redução na porcentagem de estações onde se identificaram efeitos tóxicos para cerca de 30%, sugerindo uma melhoria das condições ecotoxicológicas nesta bacia.

Na bacia do rio Paranaíba, por sua vez, nenhuma tendência foi observada e registrou-se grande variação na porcentagem de estações com resultados positivos. As maiores proporções de ocorrência de ecotoxicidade foram observadas na primeira campanha de 2004 (75%) e na última campanha de 2005 (73%), ambas representando a estação chuvosa, enquanto nenhuma das amostras coletadas nesta bacia em maio de 2005 mostrou efeitos ecotoxicológicos.

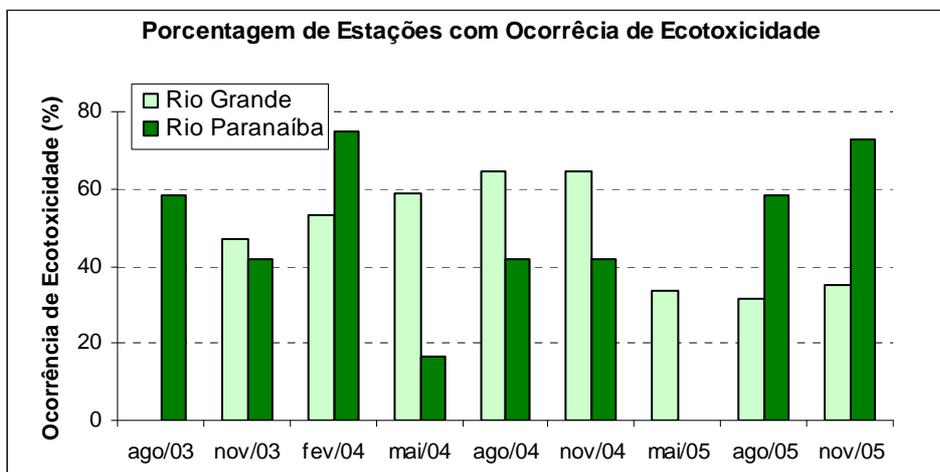


Figura 7.37: Percentuais de estações com resultados positivos de ecotoxicidade nas bacias do rio Grande e Paranaíba.

Todas as estações de amostragens localizadas na bacia do rio Grande apresentaram efeito ecotoxicológico. A maior parcela (58%, ou seja, 10 estações) apresentou ocorrência Média, enquanto 24% (4 estações) apresentaram ocorrência Alta e 18% (3 estações) Baixa (Figura 7.38). Embora tenha apresentado uma estação (representando 8% das estações amostradas) com potencial ecotoxicológico nulo, a bacia do rio Paranaíba apresentou esse mesmo número para ocorrência Baixa e uma maior proporção de estações (42%, correspondente a 5 estações) com ocorrência de ecotoxicidade Alta, valores idênticos aos registrados para ocorrência Média.

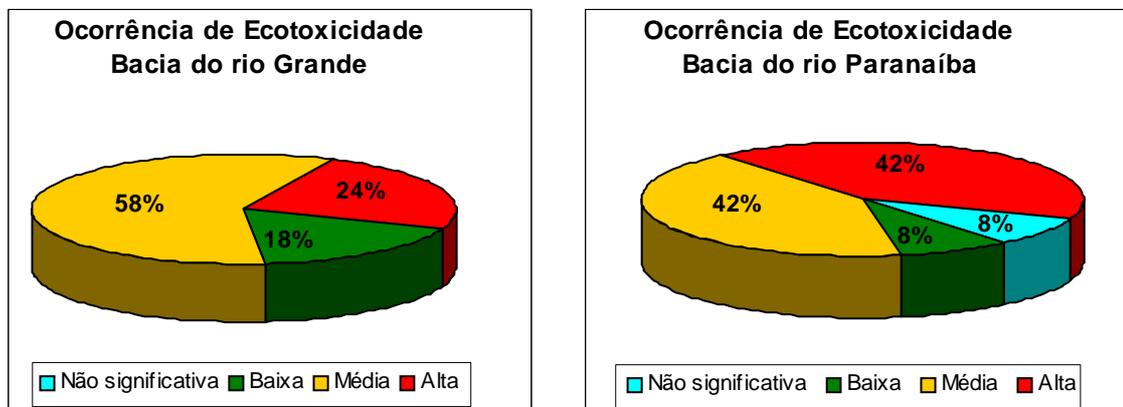


Figura 7.38: Ocorrências Não significativa, Baixa, Média e Alta de ecotoxicidade nas bacias dos rios Grande e Paranaíba nos anos de 2003 a 2005.

O rio Manhuaçu, afluente do rio Doce, apresentou baixa ocorrência de ecotoxicidade, com resultados positivos observados apenas nos testes realizados na primeira campanha, que ocorreu em julho de 2003. A porção norte da bacia do rio São Francisco foi representada por duas estações com condições de ecotoxicidade opostas: enquanto a estação localizada no rio Preto apresentou alta ocorrência de resultados positivos (cinco dos sete ensaios realizados), aquela localizada no rio Verde Grande mostrou-se atóxica para a biota aquática (Tabela 7.1).

Em suma, os principais resultados evidenciados pelas análises de ecotoxicidade foram:

- os testes apontaram águas com efeitos tóxicos na maioria das estações analisadas;
- a grande maioria dos pontos localizados nas bacias dos rios Grande (84%) e Paranaíba (82%) apresentaram toxicidade Média a Alta;
- apenas nas estações de coleta VG011 (rio Verde Grande próximo à sua foz no rio São Francisco) e PB033 (rio São Domingos próximo à sua foz no rio Paranaíba) não foram encontrados resultados positivos para a ecotoxicidade.

Os resultados indicam que as bacias do rio Grande e Paranaíba apresentam problemas com a ecotoxicidade das águas. Destacam-se as estações localizadas nos rios Baependi (BG029) e Tijuco (PB027), onde somente em uma das oito campanhas realizadas não foram verificados indícios de efeitos tóxicos da água sobre a biota.

7.5. A Situação Atual das Outorgas em Minas Gerais

A Tabela 7.2 mostra as vazões outorgadas por uso e por bacia hidrográfica para o Estado de Minas Gerais no ano de 2005. A Tabela 7.3 mostra o percentual de vazão em relação ao total outorgado na bacia hidrográfica considerada.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Tabela 7.2: Vazões outorgadas em Minas Gerais no ano de 2005

Bacia	Tipo de uso	Uso (m ³ /s)					Total
		Abastec.	Industrial ¹	Irrigação	Outros ²	Usos múltiplos ³	
Rio Doce	Sup	0,050	1,190	0,003	0,198	0,993	2,435
	Subt	0,001	1,080	0,001	0,082	0,100	1,264
	Total	0,051	2,270	0,004	0,280	1,093	3,699
Rio Paranaíba	Sup	0,010	0,001	6,890	0,394	1,330	8,625
	Subt	0,010	0,056	0,040	0,080	0,613	0,799
	Total	0,020	0,057	6,930	0,474	1,943	9,424
Rio Paraíba do Sul	Sup	0,140	0,019	0,000	0,025	0,000	0,184
	Subt	0,000	0,017	0,001	0,010	0,040	0,068
	Total	0,140	0,036	0,001	0,035	0,040	0,252
Rio Grande	Sup	0,150	0,116	0,470	0,495	0,050	1,281
	Subt	0,010	0,220	0,006	0,136	0,221	0,593
	Total	0,160	0,336	0,476	0,631	0,271	1,874
Rio Jequitinhonha	Sup	0,003	0,001	0,109	0,033	0,689	0,834
	Subt	0,054	0,006	0,000	0,001	0,005	0,066
	Total	0,057	0,007	0,109	0,033	0,694	0,900
Rio Pardo	Sup	0,000	0,000	0,290	0,000	0,000	0,290
	Subt	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,003
	Total	0,002	0,001	0,290	0,000	0,000	0,293
Rio Mucuri	Sup	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Subt	0,000	0,010	0,000	0,001	0,003	0,014
	Total	0,000	0,010	0,000	0,001	0,003	0,014
Rio Paraopeba	Sup	0,025	0,460	0,823	5,903	0,222	7,433
	Subt	0,066	0,040	0,080	0,010	0,114	0,310
	Total	0,091	0,500	0,903	5,913	0,336	7,743
Rio Pará	Sup	0,000	0,011	0,133	0,001	5,491	5,635
	Subt	0,002	0,023	0,000	0,037	0,070	0,132
	Total	0,002	0,034	0,133	0,038	5,561	5,767
Rio das Velhas	Sup	0,113	0,164	0,675	0,005	0,238	1,195
	Subt	0,196	1,040	0,002	0,260	0,240	1,738
	Total	0,309	1,204	0,677	0,265	0,478	2,933
Rio São Francisco - Norte	Sup	0,000	0,025	13,473	0,041	0,510	14,048
	Subt	0,031	0,020	0,911	0,193	0,992	2,147
	Total	0,031	0,045	14,384	0,234	1,502	16,195
Rio São Francisco - Sul	Sup	0,000	0,006	0,686	0,007	0,143	0,841
	Subt	0,001	0,000	0,009	0,002	0,038	0,050
	Total	0,001	0,006	0,695	0,009	0,181	0,891
TOTAL	Sup	0,490	1,994	214,351	7,101	9,665	42,802
	Subt	0,374	2,513	1,050	0,812	2,436	7,184
	Total	0,864	4,506	215,402	7,913	12,101	49,986

1 - As outorgas para rebaixamento de nível de água subterrânea foram consideradas como de uso industrial.

2 - Incluem-se nessa categoria as outorgas para aquicultura, consumo humano, dessedentação animal, urbanismo, recreação, dentre outras.

3 - Incluem-se nesta categoria as outorgas de uso múltiplo, como, por exemplo, consumo humano e dessedentação de animais, recreação e aquicultura, abastecimento e irrigação, dentre outras.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Tabela 7.3: Porcentagem de uso em Minas Gerais em 2005

Bacia	Tipo de uso	Uso (%)					Total	Em relação ao Estado
		Abastec.	Industrial ¹	Irrigação	Outros ²	Usos múltiplos ³		
Rio Doce	Sup	1,3	32,1	0,1	5,3	26,8	65,8	7,40
	Subt	0,0	29,1	0,0	2,2	2,7	34,1	
	Total	1,3	61,3	0,1	7,5	29,5	100,0	
Rio Paranaíba	Sup	0,1	0,0	186,3	4,2	36,0	91,5	18,85
	Subt	0,1	0,6	1,1	0,8	16,6	8,4	
	Total	0,2	0,6	187,3	5,0	52,5	100,0	
Rio Paraíba do Sul	Sup	55,5	7,5	0,0	9,9	0,0	73,1	0,50
	Subt	0,0	6,8	0,3	4,0	1,1	26,9	
	Total	55,5	14,3	0,3	13,9	1,1	100,0	
Rio Grande	Sup	7,9	6,2	25,1	26,4	1,3	68,4	3,75
	Subt	0,5	11,7	0,3	7,3	6,0	31,6	
	Total	8,5	17,9	25,4	33,7	7,3	100,0	
Rio Jequitinhonha	Sup	0,2	0,1	12,1	3,6	18,6	92,7	1,80
	Subt	6,0	0,7	0,0	0,1	0,1	7,3	
	Total	6,2	0,8	12,1	3,7	18,8	100,0	
Rio Pardo	Sup	0,0	0,0	98,9	0,0	0,0	98,9	0,59
	Subt	0,8	0,3	0,0	0,0	0,0	1,1	
	Total	0,8	0,3	98,9	0,0	0,0	100,0	
Rio Mucuri	Sup	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,03
	Subt	3,0	69,3	0,0	6,9	0,1	100,0	
	Total	3,0	69,3	0,0	6,9	0,1	100,0	
Rio Paraopeba	Sup	0,3	5,9	10,6	76,2	6,0	96,0	15,49
	Subt	0,8	0,5	1,0	0,1	3,1	4,0	
	Total	1,1	6,5	11,7	76,4	9,1	100,0	
Rio Pará	Sup	0,0	0,2	2,3	0,0	148,4	97,7	11,54
	Subt	0,0	0,4	0,0	0,6	1,9	2,3	
	Total	0,0	0,6	2,3	0,7	150,3	100,0	
Rio das Velhas	Sup	3,8	5,6	23,0	0,2	6,4	40,7	5,87
	Subt	6,6	35,5	0,1	8,9	6,5	59,3	
	Total	10,5	41,1	23,1	9,0	12,9	100,0	
Rio São Francisco - Norte	Sup	0,0	0,2	83,2	0,3	13,8	86,7	32,40
	Subt	0,1	0,1	5,6	1,2	26,8	13,3	
	Total	0,1	0,3	88,8	1,4	40,6	100,0	
Rio São Francisco - Sul	Sup	0,0	0,6	77,0	0,8	3,9	94,4	1,78
	Subt	0,1	0,0	1,0	0,2	1,0	5,6	
	Total	0,1	0,6	78,0	1,0	4,9	100,0	
TOTAL	Sup	0,2	0,8	89,0	2,9	261,3	85,6	100,00
	Subt	0,1	1,0	0,4	0,3	65,9	14,4	
	Total	0,3	1,9	89,5	3,3	327,1	100,0	

1 - As outorgas para rebaixamento de nível de água subterrânea foram consideradas como de uso industrial.

2 - Incluem-se nessa categoria as outorgas para aquicultura, consumo humano, dessedentação animal, urbanismo, recreação, dentre outras.

3 - Incluem-se nesta categoria as outorgas de uso múltiplo como, por exemplo, consumo humano e dessedentação de animais, recreação e aquicultura, abastecimento e irrigação, dentre outras.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

A Tabela 7.4 mostra a condição por bacia hidrográfica. Vale notar a grande diferença entre o número de outorgas concedidas no nordeste e na região oeste de Minas Gerais.

Tabela 7.4: Número de outorgas em 2005 por bacia.

Bacia	Outorgas em 2005	
	Nº de outorgas	% sobre o total
Rio Doce	154	6,9
Rio Paranaíba	621	27,8
Rio Paraíba do Sul	63	2,8
Rio Grande	290	13,0
Rio Jequitinhonha	80	3,6
Rio Pardo	7	0,3
Rio Mucuri	9	0,4
Rio Paraopeba	146	6,5
Rio Pará	99	4,4
Rio das Velhas	296	13,3
Rio São Francisco - Norte	408	18,3
Rio São Francisco - Sul	59	2,6
TOTAL	2232	100,0

Outro fato importante a se observar é que o número de outorgas vem crescendo nos últimos anos, com exceção do ano de 2005, quando este número foi menor do que no ano de 2004, conforme mostrado na Figura 7.39. Isso evidencia a maior preocupação dos usuários quanto à regulamentação do seu uso nos órgãos competentes.

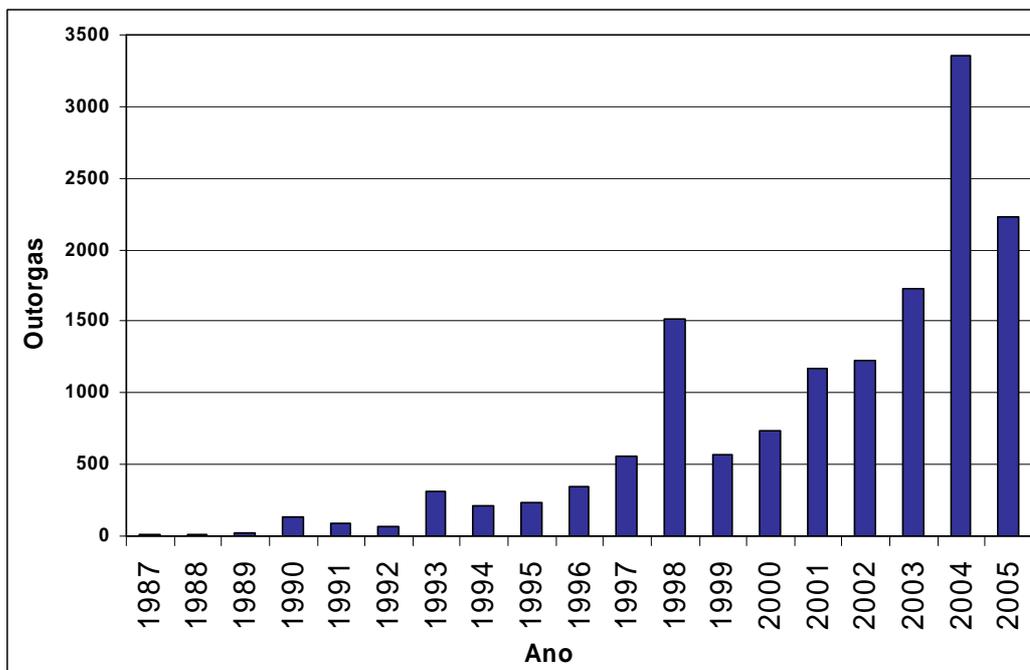


Figura 7.39: Evolução das outorgas ano a ano.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

8. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA DO RIO PARDO NO ESTADO DE MINAS GERAIS

Caracterização Geral da Bacia

Área de Drenagem	12.700	km ²
Municípios com sede na bacia	11	municípios
População (IBGE, 2000)	45.847	Urbana
	63.502	Rural
Outorgas Superficiais 2005	0,2902	m ³ /s
Outorgas Subterrâneas 2005	11,66	m ³ /h

Principais Constituintes

Rio Muquém, Rio Pardinho, Rio Pardo, Rio São João do Paraíso, Rio Mosquito, Córrego São Joaquim, Córrego Santana e Ribeirão Ibirucu.

Usos do Solo

As atividades agrícola, pecuária e florestal estão presentes em toda bacia do Rio Pardo. No alto do Rio Pardo identifica-se a silvicultura e no médio curso a horticultura. A agricultura de subsistência é bastante evidente em toda a bacia hidrográfica. No baixo curso há exploração de rochas ornamentais e outros minerais não metálicos. Apresentam também indústrias alimentícia, química e de material cerâmico.

Usos da Água

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



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Qualidade das Águas Superficiais

O Mapa 8.1 apresenta a distribuição da Contaminação por Tóxicos e da média anual do Índice de Qualidade das Águas no ano de 2005, para a bacia hidrográfica do rio Pardo.

A tabela 8.1 apresenta a descrição das estações de amostragem monitoradas na bacia do rio Pardo em ordem numérica crescente.

Tabela 8.1: Descrição das estações de amostragem da bacia do rio Pardo

Estação	Descrição	Latitude			Longitude			Altitude
		15	11	34	42	32	12	
PD001	Rio PARDO a montante da cidade de Montezuma	15	11	34	42	32	12	900
PD003	Rio PARDO a jusante da cidade de Rio Pardo de Minas	15	42	10	42	10	22	800
PD005	Rio PARDO na cidade de Cândido Sales (BA)	15	30	41	41	14	10	700

45°0'0"W

44°0'0"W

43°0'0"W

42°0'0"W

41°0'0"W

40°0'0"W

BACIAS DO RIOS PARDO, JEQUITINHONHA E MUCURI - UPGRHs PA1, JQ1, JQ2, JQ3 E MU1 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS EM 2005



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

Legenda

● Sede Municipal

CONTAMINAÇÃO POR TÓXICOS

- Baixa
- Média
- Alta

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

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

- Limites de bacias
- UPGRHs PA1, JQ1, JQ2, JQ3 e MU1

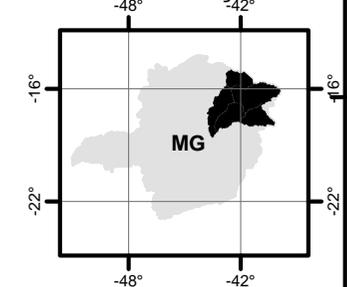
1:2.500.000



Projeção: Latitude/Longitude
Datum SAD69

Fonte: -Base Digital GeoMINAS / Prodemge, 1996
Dados de qualidade das águas: 2005 - IGAM
Execução: Projeto Águas de Minas

LOCALIZAÇÃO



15°0'0"S

16°0'0"S

17°0'0"S

18°0'0"S

15°0'0"S

16°0'0"S

17°0'0"S

18°0'0"S

45°0'0"W

44°0'0"W

43°0'0"W

42°0'0"W

41°0'0"W

40°0'0"W



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

A evolução temporal da média anual do IQA no período de 1997 a 2005 está apresentada na Figura 8.1. Esse índice manteve o resultado considerado Bom em 2005.

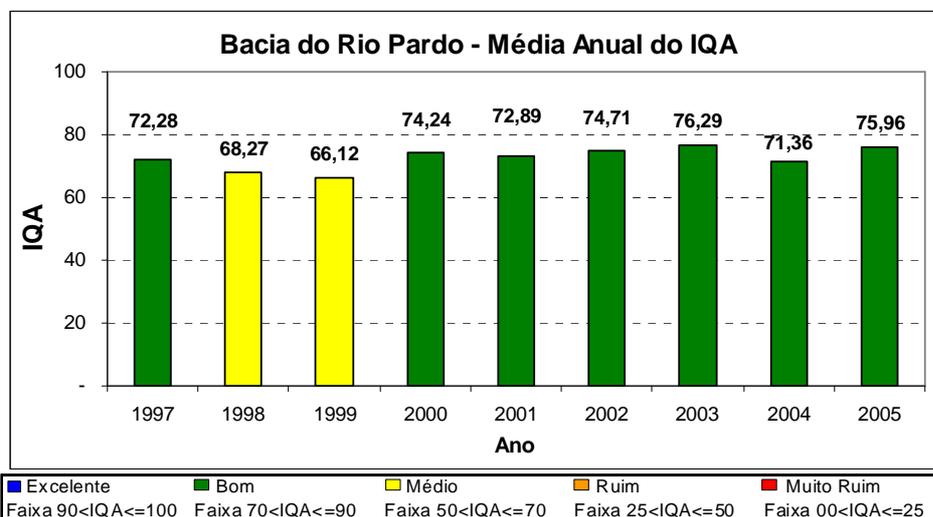


Figura 8.1: Evolução Temporal da Média Anual do IQA na Bacia do Rio Pardo.

9. CONSIDERAÇÕES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DE 2005

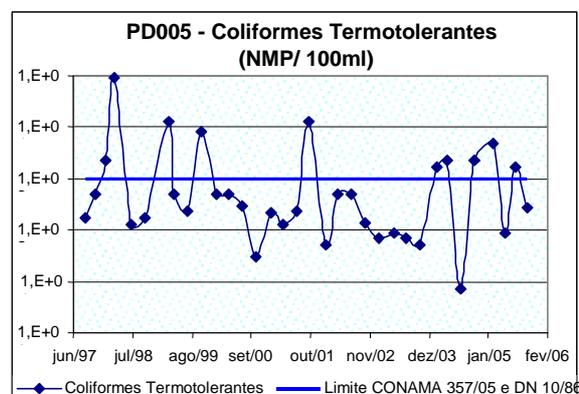
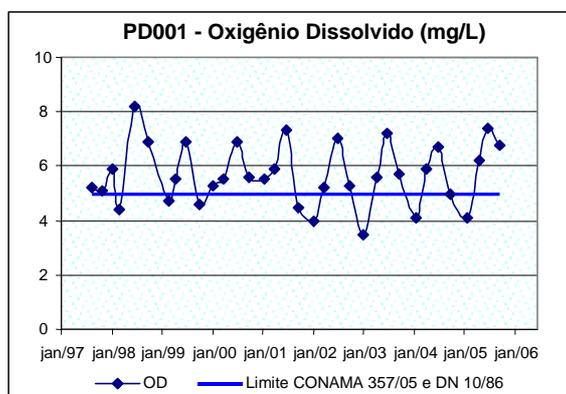
9.1 Rio Pardo

UPGRH PA1

Estações de Amostragem: PD001, PD003 e PD005

O rio Pardo apresentou uma média anual do Índice de Qualidade das Águas -IQA Bom nas três estações de monitoramento localizadas no Rio Pardo a montante da cidade de Montezuma (PD001), a jusante da cidade de Rio Pardo de Minas (PD003) e na cidade de Cândido Sales (PD005). Nesse último ponto, o IQA obtido na primeira campanha de 2005 foi Médio influenciado pelo resultado da contagem de coliformes termotolerantes.

No segmento do rio Pardo a montante da cidade de Montezuma (PD001) os resultados de oxigênio dissolvido, nas primeiras campanhas dos últimos anos de monitoramento, tem sido abaixo de 5mg/L, não atendendo, no entanto, ao limite definido na legislação ambiental. A contagem de coliformes termotolerantes no rio Pardo na cidade de Cândido Sales (PD005) apresentou valor acima do limite de referência da Resolução CONAMA 357/05 em até cinco vezes na primeira campanha de 2005. Esses indicadores sanitários confirmam o aporte de material fecal podendo ser de origem tanto animal quanto humano provenientes da cidade de Cândido Sales. Nessa região, predominam práticas agrícolas e pecuária extensiva.



Nos demais trechos analisados do rio Pardo, os indicadores de qualidade sanitária apontaram águas bem oxigenadas e com baixas concentrações de fósforo total e coliformes termotolerantes. Observou-se uma evidente melhora nos três pontos monitorados no rio Pardo em relação ao ano de 2004.

Quanto aos metais, ferro dissolvido apresentou concentrações acima do limite legal em três campanhas de 2005 nas amostras coletadas do rio Pardo a jusante da cidade Cândido Sales (PD005). Pôde-se observar maior concentração desse elemento no ponto localizado mais a jusante, pois ocorre o processo de carreamento e acumulação desse metal ao longo do rio.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

10. AVALIAÇÃO AMBIENTAL

10.1. Análise das Violações

Considerando a série de resultados obtidos no período de 1997 a 2005, para as três estações de amostragem da bacia do rio Pardo avaliaram-se os parâmetros monitorados com relação ao percentual de amostras cujos valores violaram em mais de 20% os limites legais da DN COPAM 10/86 (1997 a 2004) e da Resolução CONAMA 357/05 (2005), considerando o enquadramento do corpo de água no local de cada estação. A Tabela 10.1 apresenta o percentual de violações em ordem decrescente do valor obtido para cada parâmetro, indicando os constituintes mais críticos na bacia.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Tabela 10.1: Classificação dos parâmetros monitorados em ordem decrescente segundo o percentual de violações de classe de enquadramento na parte mineira da bacia do rio Pardo no período de 1997 a 2005.

Parâmetros	Violação (%)	Total de análises
Ferro Dissolvido	43,9%	98
Fósforo Total	27,0%	111
Fenóis Totais	20,3%	74
Óleos e Graxas*	19,6%	56
Cor	19,1%	68
Coliformes Termotolerantes	15,6%	109
Coliformes Totais	11,0%	109
Nitrogênio Amoniacal Total	2,7%	111
Turbidez	1,8%	111
Cádmio Total	1,8%	56
Chumbo total	1,5%	68
Oxigênio Dissolvido	0,9%	111
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,9%	111
pH in loco	0,0%	111
Sólidos Dissolvidos	0,0%	88
Cloretos	0,0%	111
Sulfatos	0,0%	56
Sulfetos	0,0%	56
Nitrato	0,0%	111
Nitrito	0,0%	71
Amônia Não Ionizável**	0,0%	111
Demanda Química de Oxigênio	0,0%	62
Cianeto Livre	0,0%	56
Subtâncias Tensoativas	0,0%	56
Estreptococos Totais	0,0%	53
Arsênio Total	0,0%	56
Bário Total	0,0%	56
Boro Total	0,0%	56
Cobre Total**	0,0%	10
Cobre Dissolvido	0,0%	4
Cromo VI	0,0%	56
Cromo Total	0,0%	6
Manganês Total	0,0%	56
Mercúrio Total	0,0%	56
Níquel Total	0,0%	56
Selênio Total	0,0%	56
Zinco Total	0,0%	56

* Considerou-se como violação as ocorrências maiores que 1 mg/L

**Dados correspondentes ao período de 1997 a 2004

A bacia hidrográfica do rio Pardo apresenta um número menor de parâmetros com ocorrência de violações, comparando-se com as demais bacias monitoradas no Estado de Minas Gerais. Essa condição indicou a predominância de águas de qualidade satisfatória.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Neste contexto, observou-se na Tabela 10.1 que o ferro dissolvido apresentou o maior percentual de violação (43,9%), embora esteja associado às características naturais do solo. Porém, esse metal disponibiliza-se no corpo de água, devido ao manejo inadequado de práticas agrícolas. Observaram-se características de poluição difusa, em que o processo de degradação do corpo de água monitorado dessa bacia, apresenta-se potencializado durante o período chuvoso.

Os parâmetros fósforo total e fenóis totais apresentaram, em seguida do ferro dissolvido, os maiores percentuais de violações em relação aos limites estabelecidos na legislação e também estão associados, principalmente, ao lançamento de esgoto sanitário, bem como à carga de poluição difusa.

Em complementação foram identificadas as principais violações de parâmetros em relação aos limites legais nos pontos de amostragem da bacia do rio Pardo. Os quadros a seguir apresentam os principais fatores de PRESSÃO associados aos indicadores de degradação em 2005 e os parâmetros que apresentaram as maiores violações no período de 1997 a 2005 para cada estação de amostragem, caracterizando o ESTADO da qualidade das águas.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Corpo de água: Rio Pardo UPGRH: PA1

ESTAÇÃO	CLASSE	PRESSÃO	ESTADO	
		FATORES DE PRESSÃO	INDICADORES DE DEGRADAÇÃO EM 2005	INDICADORES COM MAIOR Nº DE VIOLAÇÕES NO PERÍODO DE 1997 A 2005
PD001	2	Carga difusa Perenidade de corpo de água	Coliformes totais, nitrogênio amoniacal e oxigênio dissolvido.	Cor, fósforo total, óleos e graxas, fenóis totais e ferro dissolvido
PD003	2	Carga difusa	Coliformes totais	Fósforo total, cor, óleos e graxas, fenóis totais e ferro dissolvido
PD005	2	Carga difusa Atividade minerária Rodovia	Ferro dissolvido, coliformes totais e coliformes termotolerantes	Ferro dissolvido, fósforo total, cor, óleos e graxas e coliformes termotolerantes



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

11. Ações de Controle Ambiental - RESPOSTA

11.1. Contaminação por esgoto sanitário

No Estado de Minas Gerais os parâmetros sanitários que apresentaram maior número de violações nas estações de amostragem ao longo do ano 2005 foram: coliformes termotolerantes, coliformes totais e fósforo total, com, respectivamente, 48,1%, 47,5% e 25,1% de ocorrências acima dos limites legais, condição que vem sendo observada desde o início do monitoramento.

Na bacia do rio Pardo, nitrogênio amoniacal e ferro dissolvido estiveram em 2005 entre os parâmetros com maiores percentuais de violação, apresentando, no entanto, valor de 25%. Verifica-se nessa bacia hidrográfica um menor adensamento populacional, que apesar do lançamento de efluentes domésticos, não apresenta um resultado tão significativo em relação às demais bacias monitoradas no Estado de Minas Gerais.

11.2. Contaminação por metais tóxicos

No Estado de Minas Gerais foram verificadas no período de 1997 a 2005 algumas ocorrências de metais tóxicos em desconformidade com os padrões legais, quais sejam, cobre, mercúrio, arsênio, cádmio, zinco, cromo IV e chumbo.

Na bacia do rio Pardo não foram identificadas ocorrências de metais em concentrações que resultassem em Contaminação por Tóxicos Alta no ano de 2005.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

12 – BIBLIOGRAFIA

ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Denominações urbanas. Disponível em <www.almg.gov.br>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12649: caracterização decargas 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: <<http://www.amm-mg.org.br>>.

APHA (American Public Health Association). 1985. Biological examination of water. *In* :---. 16.ed. Washington : APHA, AWWA, WPCF. p-1041-1215.

APHA (American Public Health Association). 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. AWWA/WPCH, 20^a ed. Washington: Lenore S. Clesceri et al..

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>.

BRANCO, S. M. Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária. 3^a ed., São Paulo, CETESB/ASCETESB, 1986.

BRIGANTE, J. & ESPÍNOLA, E.L.G. Limnologia Fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu. São Carlos: RIMA, 2003. 278p

_____. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo. Relatórios Ambientais. São Paulo: CETESB, 2005. 265p.

COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS. Levantamento aerogeofísico do Estado de Minas Gerais. Disponível em: <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>. 2002.

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

DVWK (Deutscher Verband Für Wasserwirtschaft Und Kulturbau). 1999. Manuais para Gerenciamento de Recursos Hídricos. Relevância de Parâmetros de Qualidade das Águas Aplicados a Águas Correntes. Trad. J. H. Saar, Florianópolis: FATMA/GTZ.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

ESTEVES, FRANCISCO A. 1998. Fundamentos de Limnologia. 2^a. Edição. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP. 602 p.

FATMA/GTZ. 1999. Relevância de parâmetros de qualidade das águas aplicados às águas correntes. Parte I: Características gerais, nutrientes, elementos-traço e substâncias nocivas inorgânicas, características biológicas. Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina, Florianópolis. 108 p.

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

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)

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. 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.

_____. Eventos de Mortandade de Peixes acompanhados pela FEAM de 1996 a 2002. Belo Horizonte: FEAM, 2005.

_____. Agenda Marrom: 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>.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

_____. 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. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Doce em 2001. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 108 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Grande em 2001. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 124 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Jequitinhonha em 2001. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 76 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Mucuri em 2001. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 69 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Pará em 2001. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 90 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Paraíba do Sul em 2001. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 116 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Paranaíba em 2001. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 94 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Paraopeba em 2001. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 97 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Pardo em 2001. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 65 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio São Francisco - Norte em 2001. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 112 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio São Francisco - Sul em 2001. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 98 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio das Velhas em 2001. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 130 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Doce em 2002. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 140 p.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Grande em 2002. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 165 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Jequitinhonha em 2002. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 107 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Mucuri em 2002. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 107 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Pará em 2002. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 119 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Paraíba do Sul em 2002. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 149 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Paranaíba em 2002. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 125 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Paraopeba em 2002. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 97 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Pardo em 2002. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 101 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio São Francisco - Norte em 2002. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 141 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio São Francisco - Sul em 2002. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 122 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio das Velhas em 2002. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 151 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Doce em 2003. Belo Horizonte: IGAM, 2004. 149 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Grande em 2003. Belo Horizonte: IGAM, 2004. 168 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Jequitinhonha em 2003. Belo Horizonte: IGAM, 2004. 119 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Mucuri em 2003. Belo Horizonte: IGAM, 2004. 117 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Pará em 2003. Belo Horizonte: IGAM, 2004. 126 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Paraíba do Sul em 2003. Belo Horizonte: IGAM, 2004. 162 p.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Paranaíba em 2003. Belo Horizonte: IGAM, 2004. 131 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Paraopeba em 2003. Belo Horizonte: IGAM, 2004. 133 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Pardo em 2003. Belo Horizonte: IGAM, 2004. 106 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio São Francisco - Norte em 2003. Belo Horizonte: IGAM, 2004. 139 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio São Francisco - Sul em 2003. Belo Horizonte: IGAM, 2004. 128 p.

_____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio das Velhas em 2003. Belo Horizonte: IGAM, 2004. 161 p.

_____. Sistema de Cálculo de Índice de Qualidade de Água (SCQA) - Estabelecimento das Equações do índice de Qualidade das Águas (IQA). Belo Horizonte: IGAM, 2005. 18p.

_____. 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.

ODUM, E. 1983. Ecologia. Rio de Janeiro. Ed. Guanabara. 423 p.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

PÁDUA, H. B. Alcalinidade, condutividade e salinidade em sistemas aquáticos. Disponível em <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>. 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.

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.

Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do Rio São Francisco. GEF / PNUMA / OEA / SRH. Sub-projeto 1.2. Avaliação das Interferências Ambientais da Mineração sobre os Recursos Hídricos na Bacia do Alto Rio das Velhas. IGAM. GOLDER ASSOCIATES. 2001.

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.

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>. 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.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

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

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS
NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

ANEXOS

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS
NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Anexo A
Municípios com Sede na Bacia do Rio Pardo



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS
NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

UPGRH PA1			
MUNICÍPIO	POPULAÇÃO		
	TOTAL	URBANA	RURAL
Aguas Vermelhas	11878	8115	3763
Berizal	3970	2067	1903
Curral de Dentro	5973	3566	2407
Divisa Alegre	4815	4656	159
Indaiabira	7425	1233	6192
Montezuma	6573	2308	4265
Ninheira	9356	1942	7414
Rio Pardo de Minas	27237	10495	16742
Santo Antônio do Retiro	6655	1257	5398
São João do Paraíso	21010	8231	12779
Vargem Grande do Rio Pardo	4457	1977	2480
TOTAL	109349	45847	63502



QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Anexo B
Curvas de Qualidade e Equações para Cálculo do Índice de
Qualidade das Águas

1. Coliformes Fecais

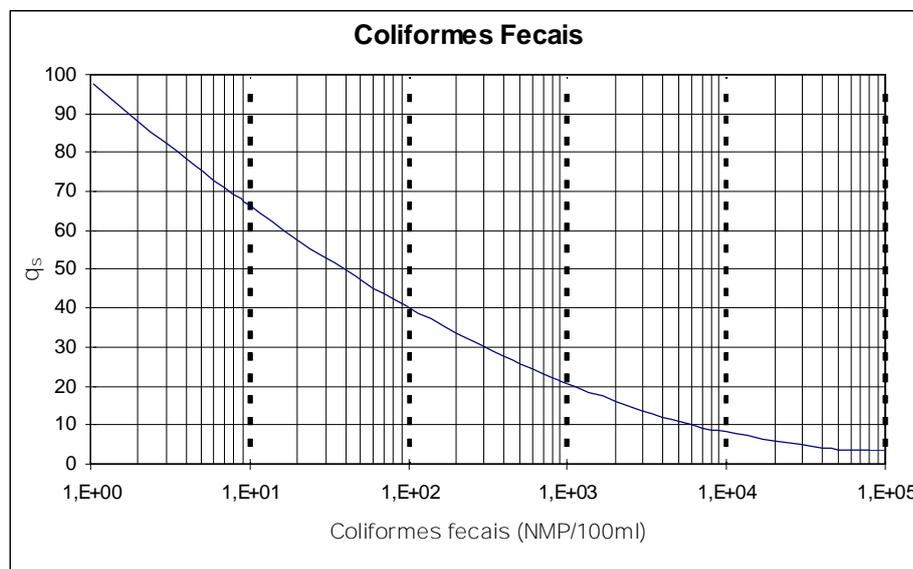
As equações para o cálculo da qualidade (q_s) do parâmetro Coliformes Fecais (CF) são:

Para $CF \leq 10^5$ NMP/100ml

$$q_s = 98,24034 - 34,7145 \times (\log(CF)) + 2,614267 \times (\log(CF))^2 + 0,107821 \times (\log(CF))^3$$

Para $CF > 10^5$ NMP/100ml

$$\Rightarrow q_s = 3,0$$



2. Potencial Hidrogeniônico – pH

As equações para o cálculo da qualidade (q_s) do parâmetro Potencial Hidrogeniônico (pH) são:

Para $pH \leq 2,0$

$$\Rightarrow q_s = 2,0$$

Para $2,0 < pH \leq 6,9$

$$q_s = -37,1085 + 41,91277 \times pH - 15,7043 \times pH^2 + 2,417486 \times pH^3 - 0,091252 \times pH^4$$

Para $6,9 < pH \leq 7,1$

$$q_s = -4,69365 - 21,4593 \times pH - 68,4561 \times pH^2 + 21,638886 \times pH^3 - 1,59165 \times pH^4$$

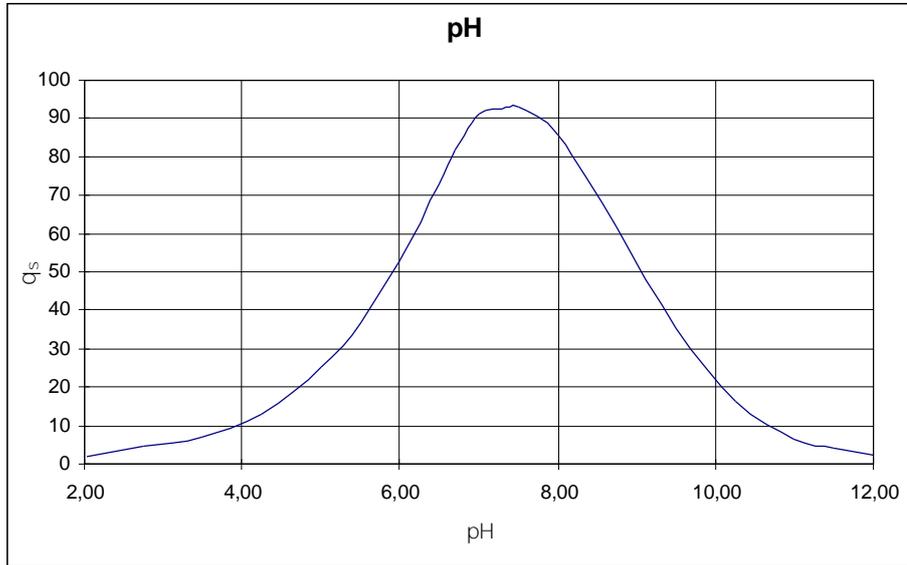
Para $7,1 < pH \leq 12$

$$q_s = -7,698,19 + 3,262,031 \times pH - 499,494 \times pH^2 + 33,1551 \times pH^3 - 0,810613 \times pH^4$$

Para $\text{pH} \geq 12,0$

\Rightarrow

$$q_s = 3,0$$



3. Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO

As equações para o cálculo da qualidade (q_s) do parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) são:

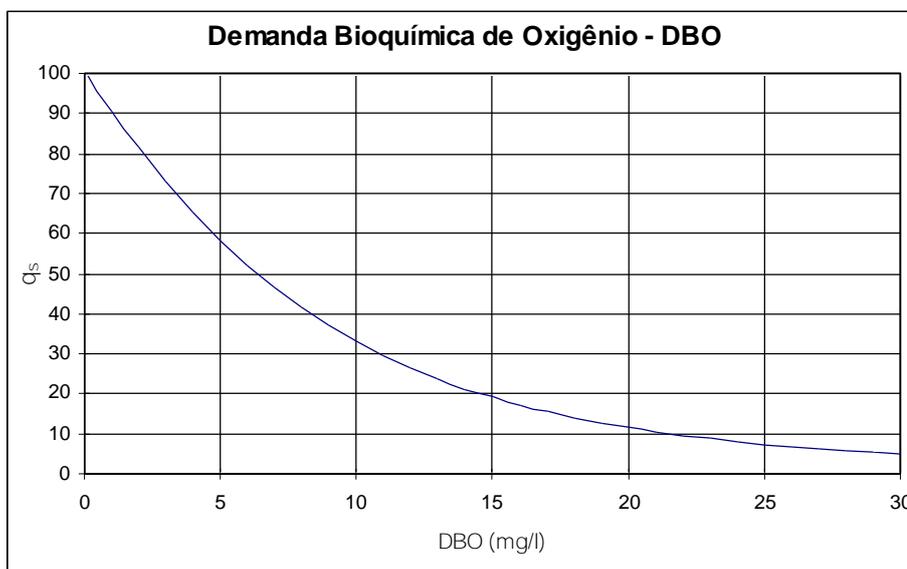
Para $\text{DBO} \leq 30 \text{ mg/l}$

$$q_s = 100,9571 - 10,7121 \times \text{DBO} + 0,49544 \times \text{DBO}^2 - 0,011167 \times \text{DBO}^3 + 0,0001 \times \text{DBO}^4$$

Para $\text{DBO} > 30,0 \text{ mg/l}$

\Rightarrow

$$q_s = 2,0$$



4. Nitrato – NO₃

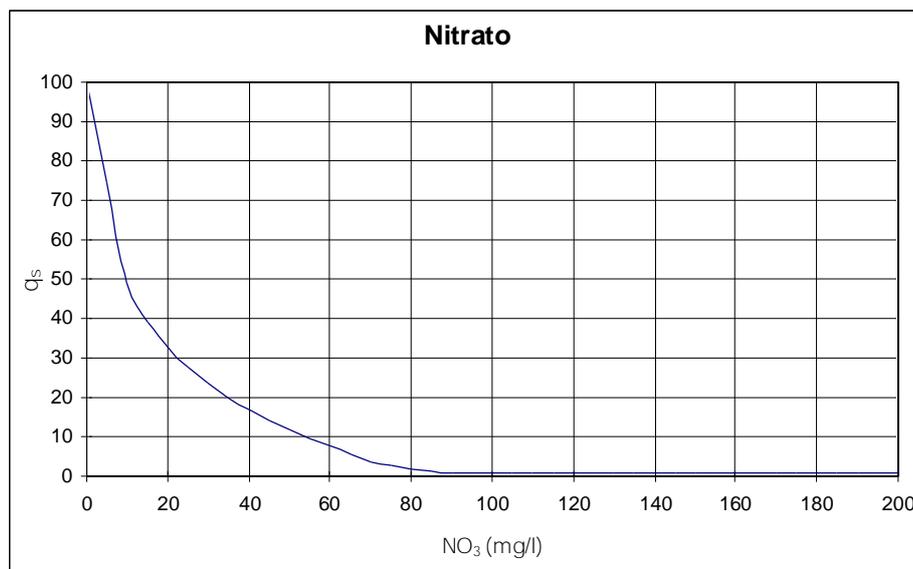
As equações para o cálculo da qualidade (qs) do parâmetro Nitrato (NO₃) são:

Para NO₃ ≤ 10 mg/l ⇒ $q_s = -5,1 \times NO_3 + 100,17$

Para 10 < NO₃ ≤ 60 mg/l ⇒ $q_s = -22,853 \times \ln(NO_3) + 101,18$

Para 60 < NO₃ ≤ 90 mg/l ⇒ $q_s = 10.000.000.000 \times (NO_3)^{5,1161}$

Para NO₃ > 90 mg/l ⇒ $q_s = 1,0$

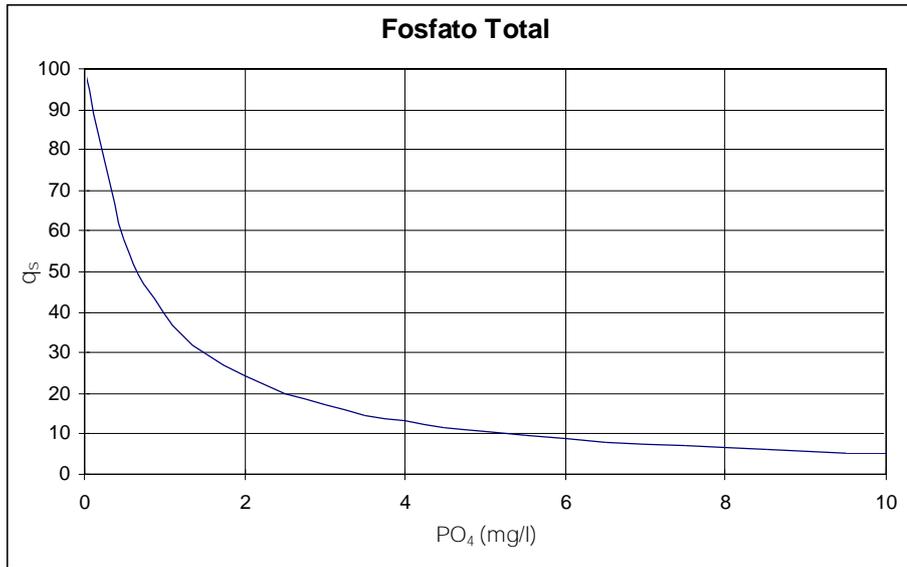


5. Fósforo Total – PO₄

As equações para o cálculo da qualidade (qs) do parâmetro Fósforo Total (PO₄) são:

Para PO₄ ≤ 10 mg/l ⇒ $q_s = 79,7 \times (PO_4 + 0,821)^{-1,15}$

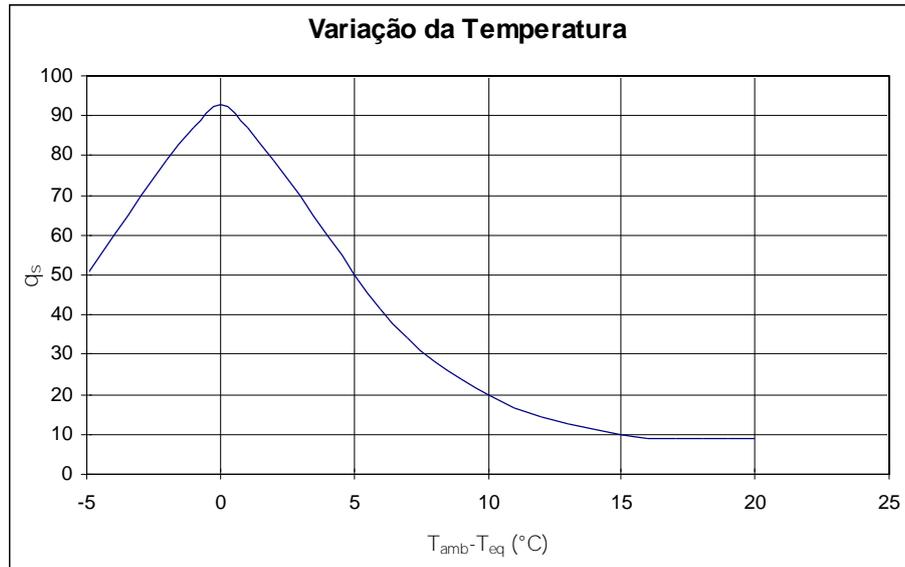
Para PO₄ > 10,0 mg/l ⇒ $q_s = 5,0$



6. Temperatura (afastamento da temperatura de equilíbrio)

As equações para o cálculo da qualidade (q_s) do parâmetro Temperatura são:

Para $\Delta T < -5,0$	\Rightarrow	$q_s \text{ é indefinido}$
Para $-5,0 \leq \Delta T \leq -2,5$	\Rightarrow	$q_s = 10 \times \Delta T + 100$
Para $-2,5 < \Delta T \leq -0,625$	\Rightarrow	$q_s = 8 \times \Delta T + 95$
Para $-0,625 < \Delta T \leq 0$	\Rightarrow	$q_s = 4,8 \times \Delta T + 93$
Para $0 < \Delta T \leq 0,625$	\Rightarrow	$q_s = -4,8 \times \Delta T + 93$
Para $0,625 < \Delta T \leq 2,5$	\Rightarrow	$q_s = -8 \times \Delta T + 95$
Para $2,5 < \Delta T \leq 5,0$	\Rightarrow	$q_s = -10 \times \Delta T + 100$
Para $5,0 < \Delta T \leq 10,0$	\Rightarrow	$q_s = 124,57 \times e^{(-0,1842 \times \Delta T)}$
Para $10,0 < \Delta T \leq 15,0$	\Rightarrow	$q_s = 1.002,2 \times \Delta T^{1,7083}$
Para $\Delta T > 15,0$	\Rightarrow	$q_s = 9,0$



Nota: O Projeto Água de Minas adota o Dt sempre igual a zero onde $q_s=92,00$.

7. Turbidez

As equações para o cálculo da qualidade (q_s) do parâmetro Turbidez são:

Para $Tu \leq 100$

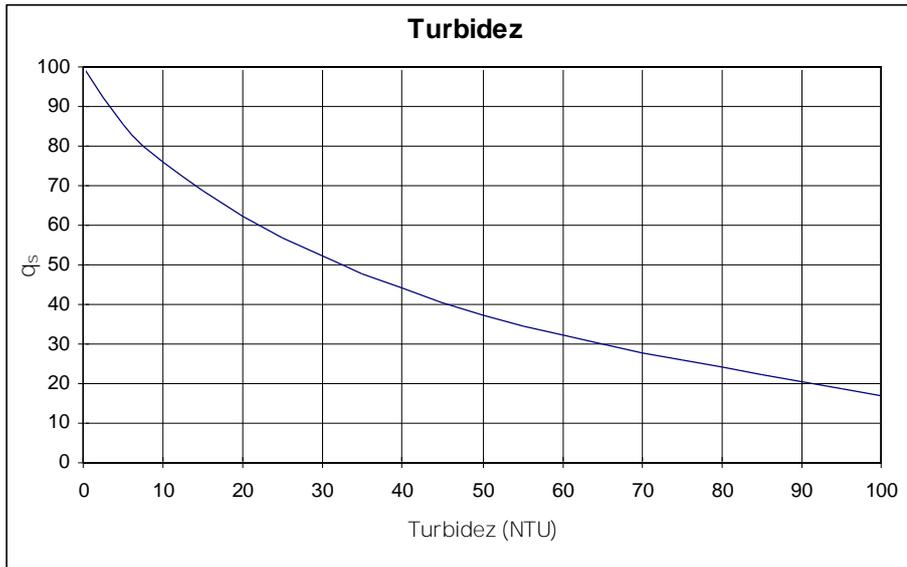
$$q_s = 90,37 \times e^{(-0,0169 \times Tu)} - 1,5 \times \cos(0,0571 \times (Tu - 30)) + 10,22 \times e^{(-0,231 \times Tu)} - 0,8$$

Para $Tu > 100$

$$\Rightarrow \boxed{q_s = 5,0}$$

Observação: os cálculos de seno são considerando os valores em *RADIANO* e não em graus.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005



8. Sólidos Totais - ST

As equações para o cálculo da qualidade (q_s) do parâmetro Sólidos Totais (ST) são:

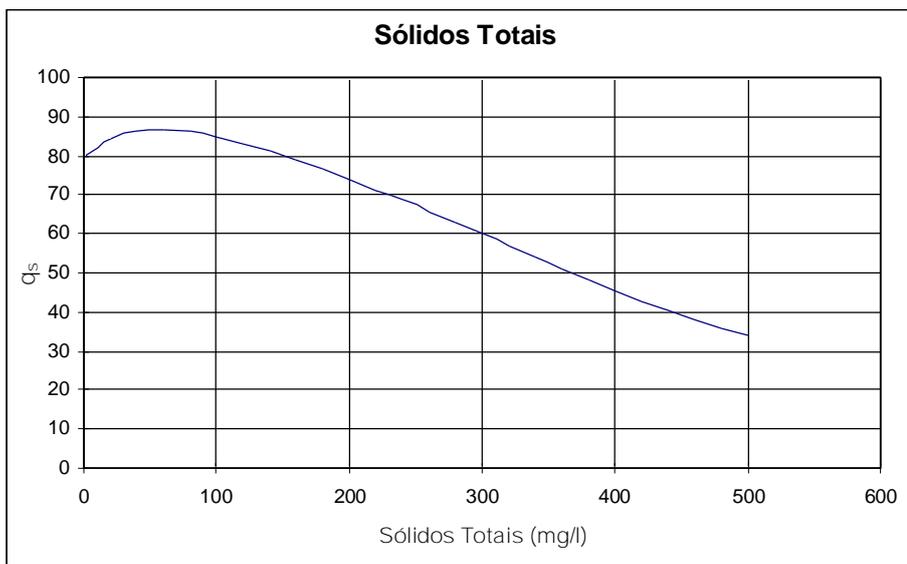
Para $ST \leq 500$

$$q_s = 133,17 \times e^{(-0,0027 \times ST)} - 53,17 \times e^{(-0,0141 \times ST)} + ((-6,2 \times e^{(-0,00462 \times ST)}) \times \text{sen}(0,0146 \times ST))$$

Para $ST > 500$

$$\Rightarrow q_s = 30,0$$

Observação: os cálculos de seno são considerando os valores em *RADIANO* e não em graus.



9. Oxigênio Dissolvido – (OD = % oxigênio de saturação)

As equações para o cálculo da qualidade (q_s) do parâmetro Oxigênio Dissolvido são:

Para OD% saturação ≤ 100 %

$$q_s = 100 \times (\text{sen}(y_1))^2 - ((2,5 \times \text{sen}(y_2) - 0,018 \times OD + 6,86) \times \text{sen}(y_3)) + \frac{12}{e^{y_4} + e^{y_5}}$$

Onde:

$$y_1 = 0,01396 \times OD + 0,0873$$

$$y_2 = \frac{\pi}{56} \times (OD - 27)$$

$$y_3 = \frac{\pi}{85} \times (OD - 15)$$

$$y_4 = \frac{(OD - 65)}{10}$$

$$y_5 = \frac{(65 - OD)}{10}$$

Para $100 \leq OD$ % saturação ≤ 140 %

$$q_s = -0,00777142857142832 \times (OD)^2 + 1,27854285714278 \times OD + 49,8817148572$$

Para OD% saturação > 140 %

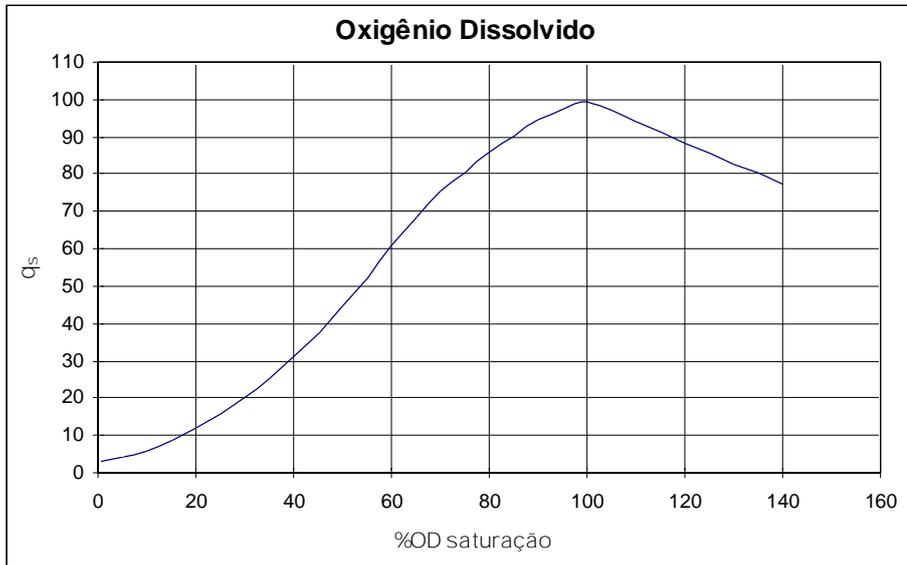
$$\Rightarrow q_s = 47,0$$

Observação: para os cálculos de *seno* considera-se os valores em *RADIANO* e não em graus.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005



QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS
NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Anexo C
Classificação das Coleções de Água



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, em sua resolução Nº 357/2005, classifica as águas segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes. A esse sistema, chama-se enquadramento dos corpos de água, que estabelece o nível de qualidade (classe) a ser mantido ou alcançado em um corpo de água ao longo do tempo, em termos dos usos possíveis com segurança determinada.

As coleções de água doce são classificadas de acordo com seus usos preponderantes em 5 classes:

I - Classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - Classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - Classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme
- d) Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- e) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- f) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV - Classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

V - Classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.



QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005

Anexo D
Resultados dos Parâmetros e Indicadores de Qualidade
das Águas em 2005



Resultados das Análises Físico-químicas e Bacteriológicas

- UPRH -
PA1

Variável	Padrão			Unidade	PD001	PD001	PD001	PD001
	Classe 1	Classe 2	Classe 3		Classe 2 14/02/05 9:35	Classe 2 06/05/05 9:15	Classe 2 29/07/05 8:20	Classe 2 21/10/05 8:25
Classe								
Data								
Hora								
Tempo								
Temperatura do Ar				°C	24	20	20	23
Temperatura da Água				°C	24,6	19,8	18,2	21,9
pH "in loco"	6 a 9	6 a 9	6 a 9		7,1	6,3	6,3	6,4
pH laboratório	6 a 9	6 a 9	6 a 9		7,1	6,8	6,5	7,3
Condutividade Elétrica				µmho/cm	60,6	44,5	48,1	61,9
Cond. Elétrica Lab.				µmho/cm				
Turbidez	40	100	100	NTU	5,41	3,35	3,14	18,6
Cor	cor natural	75	75	UPt	19		33	
Sólidos Totais				mg / L	46	34	35	62
Sólidos Dissolvidos	500	500	500	mg / L	46		32	
Sólidos Suspensão				mg / L	< 1	19	3	4
Alcalinidade Total				mg / L CaCO ₃	24,1		15,8	
Dureza Total				mg / L CaCO ₃	24,100		22,100	
Dureza de Cálcio				mg / L CaCO ₃	13,1		12	
Dureza de Magnésio				mg / L CaCO ₃	11		10,1	
Cloreto Total	250	250	250	mg / L Cl	2,87	1,65	0,68	1,02
Potássio Solúvel				mg / L K	1,1		1,01	
Sódio Solúvel				mg / L Na	2,72		1,37	
Sulfato Total	250	250	250	mg / L SO ₄	2,1		< 1	
Sulfetos	0,002	0,002	0,3	mg / L S	< 0,5		< 0,5	
Fósforo Total (limites p/ ambiente lótico)	0,1	0,1	0,15	mg / L P	0,01	< 0,01	0,02	0,01
Nitrogênio Orgânico				mg / L N	0,3		0,1	
Nitrogênio Amoniacal Total	3,7 p/ pH < 7,5 2,0 p/ 7,5 < pH < 8,0 1,0 p/ 8,0 < pH < 8,5 0,5 p/ pH > 8,5	3,7 p/ pH < 7,5 2,0 p/ 7,5 < pH < 8,0 1,0 p/ 8,0 < pH < 8,5 0,5 p/ pH > 8,5	13,3 p/ pH < 7,5 5,6 p/ 7,5 < pH < 8,0 2,2 p/ 8,0 < pH < 8,5 1,0 p/ pH > 8,5	mg / L N	0,1	0,1	0,1	0,1
Nitrato	10	10	10	mg / L N	0,05	0,04	0,05	0,01
Nitrito	1	1	1	mg / L N	0,003		0,002	
Amônia não Ionizável				mg / L NH ₃	0,000813	0,000092	0,000082	0,000135
OD	> 6	> 5	> 4	mg / L	4,1	6,2	6,2	5,9
% OD Saturação				%	54,032	73,801	71,339	73,427
DBO	3	5	10	mg / L	< 2	< 2	< 2	< 2
DQO				mg / L	8		11	
Cianeto Livre	0,005	0,005	0,022	mg / L CN	< 0,01		< 0,01	
Fenóis Totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,003	0,003	0,01	mg / L C ₆ H ₅ OH	0,002		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	220	170	3300	
Coliformes Termotolerantes	200	1000	4000	NMP / 100 ml	70	110	50	
Estreptococos Fecais				NMP / 100 ml	110		170	
Alumínio Dissolvido	0,1	0,1	0,2	mg / L Al				
Alumínio Total				mg / L Al	0,33			
Arsênio Total	0,01	0,01	0,033	mg / L As	< 0,0003		< 0,0003	
Bário Total	0,7	0,7	1	mg / L Ba	0,023		0,015	
Boro Solúvel				mg / L B	< 0,07		< 0,07	
Boro Total	0,5	0,5	0,75	mg / L B				
Cádmio Total	0,001	0,001	0,01	mg / L Cd	< 0,0005		< 0,0005	
Chumbo Total	0,01	0,01	0,033	mg / L Pb	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cobre Total				mg / L Cu	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Cobre Dissolvido	0,009	0,009	0,013	mg / L Cu			< 0,004	< 0,004
Cromo Trivalente				mg / L Cr	< 0,04		< 0,04	
Cromo Hexavalente				mg / L Cr	< 0,01		< 0,01	
Cromo Total	0,05	0,05	0,05	mg / L Cr	0,050000		0,050000	
Ferro Dissolvido	0,3	0,3	5	mg / L Fe	0,16	0,15	0,11	0,24
Manganês Total	0,1	0,1	0,5	mg / L Mn	0,022		0,011	
Mercurio Total	0,2	0,2	2	mg / L Hg	< 0,2		< 0,2	
Níquel Total	0,025	0,025	0,025	mg / L Ni	< 0,004		< 0,004	
Selênio Total	0,01	0,01	0,05	mg / L Se	< 0,0005		< 0,0005	
Zinco Total	0,18	0,18	5	mg / L Zn	< 0,02		0,02	
Toxicidade Crônica								
IQA					72,74	75,11	76,74	82,83
CT					BAIXA	BAIXA	BAIXA	BAIXA



Resultados das Análises Físico-químicas e Bacteriológicas

- UPRH -
PA1

Variável	Padrão			Unidade	PD005	PD005	PD005	PD005
	Classe 1	Classe 2	Classe 3		Classe 2 15/02/05	Classe 2 08/05/05	Classe 2 31/07/05	Classe 2 23/10/05
Classe								
Data								
Hora					9:10	10:35	10:15	10:10
Tempo					Bom	Nublado	Bom	Bom
Temperatura do Ar				°C	24	27	23	33
Temperatura da Água				°C	25,6	23,3	20,4	25,4
pH "in loco"	6 a 9	6 a 9	6 a 9		7,3	6,6	6,5	6,4
pH laboratório	6 a 9	6 a 9	6 a 9		7,3	7	6,9	7,4
Condutividade Elétrica				µmho/cm	51,2	40,6	40,9	46,2
Cond. Elétrica Lab.				µmho/cm				
Turbidez	40	100	100	NTU	48,1	14,1	12,5	2,55
Cor	cor natural	75	75	UPt	54		74	
Sólidos Totais				mg / L	74	50	45	116
Sólidos Dissolvidos	500	500	500	mg / L	59		40	
Sólidos Suspensão				mg / L	15	7	5	27
Alcalinidade Total				mg / L CaCO ₃	14,5		7,3	
Dureza Total				mg / L CaCO ₃	14,000		8,600	
Dureza de Cálcio				mg / L CaCO ₃	8,1		4,9	
Dureza de Magnésio				mg / L CaCO ₃	5,9		3,7	
Cloreto Total	250	250	250	mg / L Cl	4,59	5,04	2,04	2,31
Potássio Solúvel				mg / L K	2,61		2,12	
Sódio Solúvel				mg / L Na	2,94		2,64	
Sulfato Total	250	250	250	mg / L SO ₄	2,8		1,8	
Sulfetos	0,002	0,002	0,3	mg / L S	< 0,5		< 0,5	
Fósforo Total (limites p/ ambiente lótico)	0,1	0,1	0,15	mg / L P	0,03	< 0,01	0,04	0,02
Nitrogênio Orgânico				mg / L N	0,3		0,2	
Nitrogênio Amoniacal Total	3,7 p/ pH < 7,5 2,0 p/ 7,5 < pH < 8,0 1,0 p/ 8,0 < pH < 8,5 0,5 p/ pH > 8,5	3,7 p/ pH < 7,5 2,0 p/ 7,5 < pH < 8,0 1,0 p/ 8,0 < pH < 8,5 0,5 p/ pH > 8,5	13,3 p/ pH < 7,5 5,6 p/ 7,5 < pH < 8,0 2,2 p/ 8,0 < pH < 8,5 1,0 p/ pH > 8,5	mg / L N	0,1	0,1	0,2	0,1
Nitrato	10	10	10	mg / L N	0,21	0,16	0,14	0,07
Nitrito	1	1	1	mg / L N	0,008		0,006	
Amônia não Ionizável				mg / L NH ₃	0,001376	0,000236	0,000304	0,000172
OD	> 6	> 5	> 4	mg / L	7	7,6	7,6	8,2
% OD Saturação				%	92,096	95,232	89,551	107,425
DBO	3	5	10	mg / L	< 2	< 2	< 2	< 2
DQO				mg / L	7		14	
Cianeto Livre	0,005	0,005	0,022	mg / L CN	< 0,01		< 0,01	
Fenóis Totais (substâncias que reagem com 4- aminoantipirina)	0,003	0,003	0,01	mg / L C ₆ H ₅ 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	7000	500	1100	< 2
Coliformes Termotolerantes	200	1000	4000	NMP / 100 ml	5000	90	350	< 2
Estreptococos Fecais				NMP / 100 ml	5000		50	
Alumínio Dissolvido	0,1	0,1	0,2	mg / L Al				
Alumínio Total				mg / L Al	1,39			
Arsênio Total	0,01	0,01	0,033	mg / L As	< 0,0003		< 0,0003	
Bário Total	0,7	0,7	1	mg / L Ba	0,041		0,029	
Boro Solúvel				mg / L B	< 0,07		< 0,07	
Boro Total	0,5	0,5	0,75	mg / L B				
Cádmio Total	0,001	0,001	0,01	mg / L Cd	< 0,0005		< 0,0005	
Chumbo Total	0,01	0,01	0,033	mg / L Pb	< 0,005		< 0,005	
Cobre Total				mg / L Cu	0,023		< 0,004	
Cobre Dissolvido	0,009	0,009	0,013	mg / L Cu			< 0,004	
Cromo Trivalente				mg / L Cr	< 0,04		< 0,04	
Cromo Hexavalente				mg / L Cr	< 0,01		< 0,01	
Cromo Total	0,05	0,05	0,05	mg / L Cr	0,050000		0,050000	
Ferro Dissolvido	0,3	0,3	5	mg / L Fe	0,55	0,86	0,42	0,24
Manganês Total	0,1	0,1	0,5	mg / L Mn	0,059		0,029	
Mercurio Total	0,2	0,2	2	mg / L Hg	< 0,2		< 0,2	
Níquel Total	0,025	0,025	0,025	mg / L Ni	< 0,004		< 0,004	
Selênio Total	0,01	0,01	0,05	mg / L Se	< 0,0005		< 0,0005	
Zinco Total	0,18	0,18	5	mg / L Zn	0,03		< 0,02	
Toxicidade Crônica								
IQA					60,72	77,61	71,69	88,14
CT					BAIXA	BAIXA	BAIXA	BAIXA

Legenda:

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

IQA: **Excelente** $90 < IQA = 100$

Bom $70 < IQA = 90$

Médio $50 < IQA = 70$

Ruim $25 < IQA = 50$

Muito Ruim $0 < IQA = 25$

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

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

Alta $\text{Concentração} > 2 \cdot P$

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

Vazão: Inferida por método de regionalização.