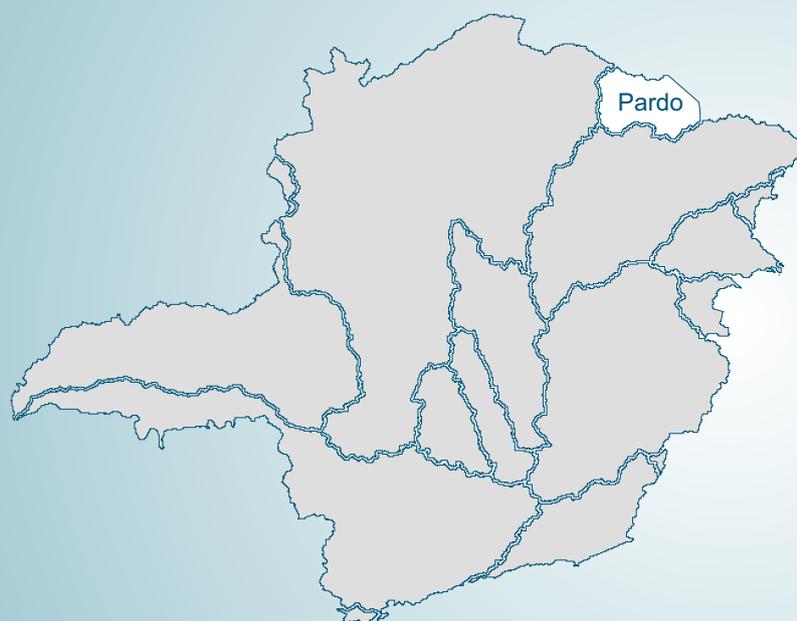


MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO PARDO

RELATÓRIO ANUAL 2006



Governo do Estado de Minas Gerais
Sistema Estadual de Meio Ambiente
Instituto Mineiro de Gestão das Águas





Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA
DO RIO PARDO EM 2006**

Relatório Anual

Belo Horizonte
Dezembro/2007

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

Secretário

José Carlos Carvalho

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Diretoria de Monitoramento e Fiscalização Ambiental

Marília de Carvalho Melo

Gerência de Monitoramento e Geoprocessamento

Zenilde das Graças Guimarães Viola

Coordenação do Projeto Águas de Minas

Wanderlene Ferreira Nacif

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente

Presidente

José Cláudio Junqueira Ribeiro

CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais

Presidente

Alfredo Gontijo de Oliveira

Diretoria de Desenvolvimento e Serviços Tecnológicos

Marcílio César de Andrade

Coordenação do Setor de Medições Ambientais – SAM

José Antônio Cardoso

Coordenação do Setor de Análises Químicas

Olguita Geralda Ferreira Rocha

Coordenação do Setor de Recursos da Água

Agostinho Clóvis da Silva

I59m

Instituto Mineiro de Gestão das Águas.
Monitoramento da qualidade das águas
superficiais na Bacia do Rio Pardo em 2006. ---
Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das
Águas, 2007.
122p. : mapas

Relatório anual.

1. Qualidade da água – Minas Gerais. 2. Bacia
Hidrográfica do Rio Pardo. II. Título

CDU: 556.51(815.1)

REALIZAÇÃO:

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Diretoria de Monitoramento e Fiscalização Ambiental

Marília de Carvalho Melo, Engenheira Civil - Diretora

Gerência de Monitoramento e Geoprocessamento

Zenilde das Graças Guimarães Viola, Química - Gerente

Coordenação do Projeto Águas de Minas

Wanderlene Ferreira Nacif, Química - Coordenadora

Equipe Técnica

Cristiane Freitas de Azevedo Barros, Bióloga

Karla Maria Machado Souza Pereira, Bióloga

Katiane Cristina de Brito Almeida, Bióloga

Leonardo Corradi Coelho, Geógrafo

Ludmila Vieira Lage, Estatística

Milton Olavo de Paiva Franco, Químico

Nádia Antônia Pinheiro Santos, Geógrafa

Patrícia Sena Coelho, Bióloga

Raquel Souza Mendes, Bióloga

Regina Márcia Pimenta de Mello, Bióloga

Rômulo Cajueiro de Melo, Biólogo

Sérgio Pimenta Costa, Biólogo

Vanessa Kelly Saraiva, Química

APOIO:

Informações Hidrológicas

IGAM- Gerência de Apoio a Regularização Ambiental

IGAM - Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais/SIMGE

Coletas de Amostras e Análises

CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais

Setor de Medições Ambientais – SAM

José Antônio Cardoso, Químico - Coordenador

João de Deus, técnico em Química

Maurílio César de Faria, técnico em Química

Patrícia Neres dos Santos, Química

Patrícia Pedrosa Marques, Química

Sávio Gonçalves Rosa, Biólogo

Marina Miranda Marques Viana, Química

Setor de Análises Químicas

Olguita Geralda Ferreira Rocha, Química e Bioquímica Farmacêutica - Coordenadora

Renata Vilela Cecílio Dias, Química

Setor de Recursos da Água

Agostinho Clóvis da Silva, Biólogo - Coordenador

Célia de Fátima Machado, Bióloga

Fábio de Castro Patrício, Biólogo

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

APRESENTAÇÃO

A pressão do desenvolvimento econômico e do crescimento populacional já se fazem sentir com frequência, gerando situações de conflito e escassez dos recursos hídricos em Minas Gerais.

A água, além de ser essencial à sobrevivência dos seres vivos, é também um elemento vital para as atividades econômicas.

Nesse contexto, conhecer a qualidade das águas superficiais em nosso Estado é ferramenta básica para definir estratégias que busquem a conservação, a recuperação e o uso racional dos recursos hídricos, reduzindo os conflitos e implementando o direcionamento das atividades econômicas.

O Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), por meio do Projeto Águas de Minas vem, desde 2001, ampliando a rede de monitoramento das águas superficiais.

Os dados e as informações contidos nesta publicação são o resultado deste esforço, que visa subsidiar decisões dos Comitês de Bacias Hidrográficas, dos órgãos governamentais, empresas, bem como da sociedade e entidades que lutam em prol da sustentabilidade, da qualidade de vida e da consolidação da Gestão compartilhada e descentralizada dos recursos hídricos.

Cleide Izabel Pedrosa de Melo
Diretora Geral do IGAM



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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.....	22
3.1.4.	Parâmetro Hidrobiológicos.....	23
3.1.5.	Bioensaios Ecotoxicológicos.....	24
4.	INDICADORES DA QUALIDADE DAS ÁGUAS.....	25
4.1.	Índice de Qualidade das Águas – IQA.....	25
4.2.	Contaminação por Tóxicos - CT.....	27
4.3.	Bioensaios Ecotoxicológicos.....	28
5.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	28
5.1.	Rede de Monitoramento.....	28
5.2.	Coletas e Análises.....	29
5.2.1.	Coletas.....	29
5.2.2.	Análises.....	44
5.3.	Avaliação Temporal.....	45
5.4.	Avaliação Espacial.....	46
5.5.	Avaliação Ambiental – Pressão x Estado x Resposta.....	46
6	ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA.....	48
6.1.	O que é Enquadramento dos Corpos de Água	48
6.2.	Modalidades de enquadramento dos corpos de água	48
6.3.	Enquadramento dos corpos de água em Minas Gerais	48
6.4.	Procedimentos metodológicos do enquadramento	49
7.	OUTORGA.....	50
7.1.	O Que é Outorga de Direito de Uso.....	50
7.2.	Modalidades de Outorga.....	51
7.3.	A Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos em Minas Gerais.....	51
7.4.	A Quem Solicitar.....	52
7.5.	Como Solicitar a Outorga.....	52



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

7.6.	Quando se Deve Solicitar a Outorga.....	52
7.7.	Os Usos de Recursos Hídricos Sujeitos a Outorga.....	53
7.8.	Usos que independem da Outorga.....	53
7.9.	Procedimento para a Solicitação de Outorga.....	53
7.10.	Documentação Necessária para a Obtenção da Outorga.....	54
8.	SITUAÇÃO NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006.....	55
8.1.	IQA – Índice de Qualidade das Águas nas Bacias Hidrográficas.....	57
8.2.	CT – Contaminação por Tóxicos nas Bacias Hidrográficas.....	69
8.3.	Parâmetros em desacordo com a legislação.....	77
8.3.1.	No Estado de Minas Gerais.....	77
8.3.2.	Nas bacias hidrográficas.....	78
8.4.	Ensaio de Ecotoxicidade.....	83
8.5.	Concentração de <i>Clorofila a</i>	88
8.6.	A Situação Atual das Outorgas em Minas Gerais.....	98
9.	CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA DO RIO PARDO NO ESTADO DE MINAS GERAIS.....	100
10.	CONSIDERAÇÕES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DE 2006.....	110
10.1.	Rio Pardo.....	110
11.	AVALIAÇÃO AMBIENTAL	113
11.1.	Análise das Violações.....	113
12.	AÇÕES DE CONTROLE AMBIENTAL – RESPOSTA.....	116
12.1.	Contaminação por esgoto sanitário.....	116
12.2.	Contaminação por mau uso do solo.....	116
13.	BIBLIOGRAFIA.....	118
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 2006.....	D-1



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

LISTA DE TABELAS

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.....	6
Tabela 5.1 -	Relação dos parâmetros analisados nas campanhas completas...	30
Tabela 5.2 -	Relação dos parâmetros comuns a todas as estações de amostragens analisados nas campanhas intermediárias.....	30
Tabela 5.3 -	Relação dos parâmetros específicos analisados nas campanhas intermediárias por estação de amostragem.....	31
Tabela 5.4 -	Relação dos métodos de ensaios utilizados no Projeto "Águas de Minas"	44
Tabela 6.1 -	Classificação dos corpos de água segundo os usos preponderantes.....	50
Tabela 8.1 -	Avaliação dos resultados dos testes de ecotoxicidade, entre agosto/2003 e dezembro/2006.....	84
Tabela 9.1 -	Dados Gerais da Bacia do rio Pardo em Minas Gerais.....	100
Tabela 9.2 -	Descrição das estações de amostragem da bacia do rio Pardo.....	104
Tabela 11.1 -	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 2006.....	114

LISTA DE FIGURAS

Figura 8.1:	Evolução temporal dos dados de qualidade: Índice de Qualidade das Águas – IQA, no Estado de Minas Gerais.....	56
Figura 8.2:	Evolução temporal dos dados de Contaminação por Tóxicos – CT, no Estado de Minas Gerais.....	56
Figura 8.3:	IQA nos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRH SF5.....	58
Figura 8.4:	Média anual do IQA dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRH SF3.....	59
Figura 8.5:	Média anual do IQA dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRH SF2.....	59
Figura 8.6:	Média anual do IQA dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs SF6 a SF10.....	60
Figura 8.7:	Média anual do IQA dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs SF1 e SF4.....	61
Figura 8.8:	Média anual do IQA dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs GD1 a GD8.....	62
Figura 8.9:	Média anual do IQA dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs DO1 a DO6.....	63
Figura 8.10:	Média anual do IQA dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs PS1 e PS2.....	64
Figura 8.11:	Média anual do IQA dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs PN1, PN2 e PN3.....	65
Figura 8.12:	IQA dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs JQ1, JQ2 e JQ3.....	66
Figura 8.13:	IQA (1ª, 2ª e 3ª campanhas) dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRH MU1.....	67
Figura 8.14:	IQA (1ª, 2ª e 3ª campanhas) dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs PA1.....	68
Figura 8.15:	Ocorrência de parâmetros avaliados na Contaminação por Tóxicos no Estado de Minas Gerais.....	69
Figura 8.16:	Freqüência de ocorrência de Contaminação por Tóxicos no Estado de Minas Gerais.....	70
Figura 8.17:	Freqüência de ocorrência de Contaminação por Tóxicos nas sub-bacias do rio São Francisco.....	70
Figura 8.18:	Freqüência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRHs SF1 e SF4.....	71
Figura 8.19:	Freqüência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRH SF2.....	71
Figura 8.20:	Freqüência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRH SF5.....	72



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

Figura 8.21:	Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRH SF3.....	72
Figura 8.22:	Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRHs SF6 a SF10.....	73
Figura 8.23:	Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRHs GD1 a GD8.....	73
Figura 8.24:	Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRHs DO1 a DO6.....	74
Figura 8.25:	Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRHs PS1 e PS2.....	74
Figura 8.26:	Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRHs PN1, PN2 e PN3.....	75
Figura 8.27:	Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRHs JQ1, JQ2 e JQ3.....	75
Figura 8.28:	Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta – UPGRH PA1.....	76
Figura 8.29:	Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Média – UPGRH MU1.....	76
Figura 8.30:	Frequência da ocorrência de metais fora dos limites estabelecidos na legislação.....	77
Figura 8.31:	Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação.....	78
Figura 8.32:	Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPGRH SF5.....	78
Figura 8.33:	Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPGRH SF3.....	79
Figura 8.34:	Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPGRH SF2.....	79
Figura 8.35:	Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPGRHs SF1 e SF4.....	79
Figura 8.36:	Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPGRHs SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10.	80
Figura 8.37:	Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação - UPGRHs GD1 a GD8.....	80
Figura 8.38:	Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação - UPGRHs DO1 a DO6.....	80
Figura 8.39:	Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação - UPGRHs PS1 e PS2.....	81
Figura 8.40:	Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação - UPGRHs PN1, PN2 e PN3.....	81



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

Figura 8.41:	Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação - UPGRHs JQ1, JQ2 e JQ3.....	81
Figura 8.42:	Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação - UPGRHs MU1.....	82
Figura 8.43:	Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação - UPGRHs PA1.....	82
Figura 8.44:	Porcentagens de amostras não tóxicas e com ecotoxicidade crônica observadas entre 2003 e 2006, considerando as quatro bacias monitoradas.....	85
Figura 8.45:	Porcentagens de amostras não tóxicas e com ecotoxicidade crônica observadas ao longo do monitoramento realizado entre 2003 e 2006 nas bacias dos rios Grande, Paranaíba, Doce e São Francisco.....	85
Figura 8.46:	Porcentagem de estações com Baixa, Média e Alta ocorrência de ecotoxicidade nas bacias dos rios Grande e Paranaíba nos anos de 2003 a 2006.....	86
Figura 8.47:	Percentuais de estações com resultados positivos de ecotoxicidade na bacia do rio Grande entre 2003 e 2006.....	87
Figura 8.48:	Percentuais de estações com resultados positivos de ecotoxicidade na bacia do rio Paranaíba entre 2003 e 2006.....	87
Figura 8.49:	Concentrações de clorofila <i>a</i> observadas nas estações de amostragem da sub-bacia do rio das Velhas em 2006.....	89
Figura 8.50:	Concentrações de clorofila <i>a</i> observadas nas estações de amostragem da sub-bacia do rio Pará em 2006.....	90
Figura 8.51:	Concentrações de clorofila <i>a</i> observadas nas estações de amostragem da sub-bacia do rio Paraopeba em 2006.....	90
Figura 8.52:	Concentrações de clorofila <i>a</i> observadas nas estações de amostragem da sub-bacia do rio Paracatu em 2006.....	91
Figura 8.53:	Concentrações de clorofila <i>a</i> observadas nas sub-bacias dos rios Urucuia e Verde Grande e no rio São Francisco – Parte Norte em 2006.....	92
Figura 8.54:	Concentrações de clorofila <i>a</i> observadas na bacia do rio São Francisco – Parte Sul em 2006.....	93
Figura 8.55:	Concentrações de clorofila <i>a</i> observadas na bacia do rio Grande em 2006.....	94
Figura 8.56:	Concentrações de clorofila <i>a</i> observadas na bacia do rio Doce em 2006.....	95
Figura 8.57:	Concentrações de clorofila <i>a</i> observadas na bacia do rio Paranaíba em 2006.....	96
Figura 8.58:	Concentrações de clorofila <i>a</i> observadas na bacia do rio Jequitinhonha em 2006.....	96



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

Figura 8.59:	Concentrações de clorofila <i>a</i> observadas na bacia do rio Pardo em 2006.....	97
Figura 8.60:	Porcentagem de água superficial utilizada no Estado de Minas Gerais em 2006, em função da vazão outorgada.....	98
Figura 8.61:	Porcentagem de água subterrânea utilizada no Estado de Minas Gerais em 2006, em função da vazão outorgada.....	99
Figura 8.62:	Evolução das outorgas ano a ano.....	99
Figura 9.1:	Assoreamento do rio Pardo a jusante da cidade de Rio Pardo de Minas e na cidade de Cândido Sales (BA).....	101
Figura 9.2:	Porcentagem de água superficial utilizada na bacia do rio Pardo em 2006, em função da vazão outorgada.....	103
Figura 9.3:	Porcentagem de água subterrânea utilizada na bacia do rio Pardo em 2006, em função da vazão outorgada.....	103
Figura 10.1:	Ocorrência de oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes no rio Pardo a montante da cidade de Montezuma (PD001), no período de 1997 a 2006.....	111
Figura 10.2:	Ocorrência de ferro dissolvido no rio Pardo a montante da cidade de Montezuma (PD001) e na cidade de Cândido Sales (PD005), no período de 1997 a 2006.....	111
Figura 10.3:	Ocorrência de cobre dissolvido no rio Pardo na cidade de Montezuma (PD001), no período de 2005 a 2006.....	112

LISTA DE MAPAS

Mapa 2.1:	Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos em Minas Gerais (UPGRHs).....	5
Mapa 9.1:	Uso da água na Bacia do rio Pardo, segundo outorgas concedidas pelo IGAM, válidas em 2006.....	102
Mapa 9.2:	Qualidade das águas superficiais da bacia do rio Pardo no primeiro trimestre de 2006 – UPGRH PA1.....	105
Mapa 9.3:	Qualidade das águas superficiais da bacia do rio Pardo no segundo trimestre de 2006 – UPGRH PA1.....	106
Mapa 9.4:	Qualidade das águas superficiais da bacia do rio Pardo no terceiro trimestre de 2006 – UPGRH PA1.....	107
Mapa 9.5:	Qualidade das águas superficiais da bacia do rio Pardo no quarto trimestre de 2006 – UPGRH PA1.....	108
Mapa 9.6:	Qualidade das águas superficiais da bacia do rio Pardo em 2006 – UPGRH PA1.....	109

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 as Políticas Nacional e Estadual de recursos hídricos, Leis N° 9.433/97 e N° 13.199/99, respectivamente. 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 12.584/97, 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 N° 13.199/99 fundamentada na Lei Federal N° 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 2001, 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 dez 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 260 estações amostradas em 2006, com frequência trimestral de amostragem.

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 tanto, 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*. Desde o ano 2001 também foram inseridos valores de vazão das estações de amostragem, obtidos, na sua maioria, pelo método de regionalização. As amostras coletadas nas campanhas completas (período chuvoso e estiagem) foram submetidas à avaliação de cerca de 50 parâmetros e nas campanhas intermediárias, 16 parâmetros, conforme descrito nos procedimentos metodológicos.

Os resultados de alguns parâmetros específicos 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 2006, 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.

Para o conjunto de resultados dos principais indicadores de qualidade e quantidade das águas, obtidos ao longo dos nove anos de monitoramento, são apresentadas avaliações em



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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 aos órgãos e entidades 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 a 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

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

- Alguns parâmetros como cianeto livre, arsênio total, bário total, boro total e chumbo total, passaram a ter limites inferiores menores que os estabelecidos na DN10/86 e esta diferença, que chega a até 5 vezes, configura a Resolução 357 como uma legislação mais rígida e capaz de garantir uma melhor preservação/restauração da qualidade da água.

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 são aspectos importantes para a resolução de problemas agudos relacionados à questão hídrica, visando ao bem estar de todos e à preservação do meio ambiente.

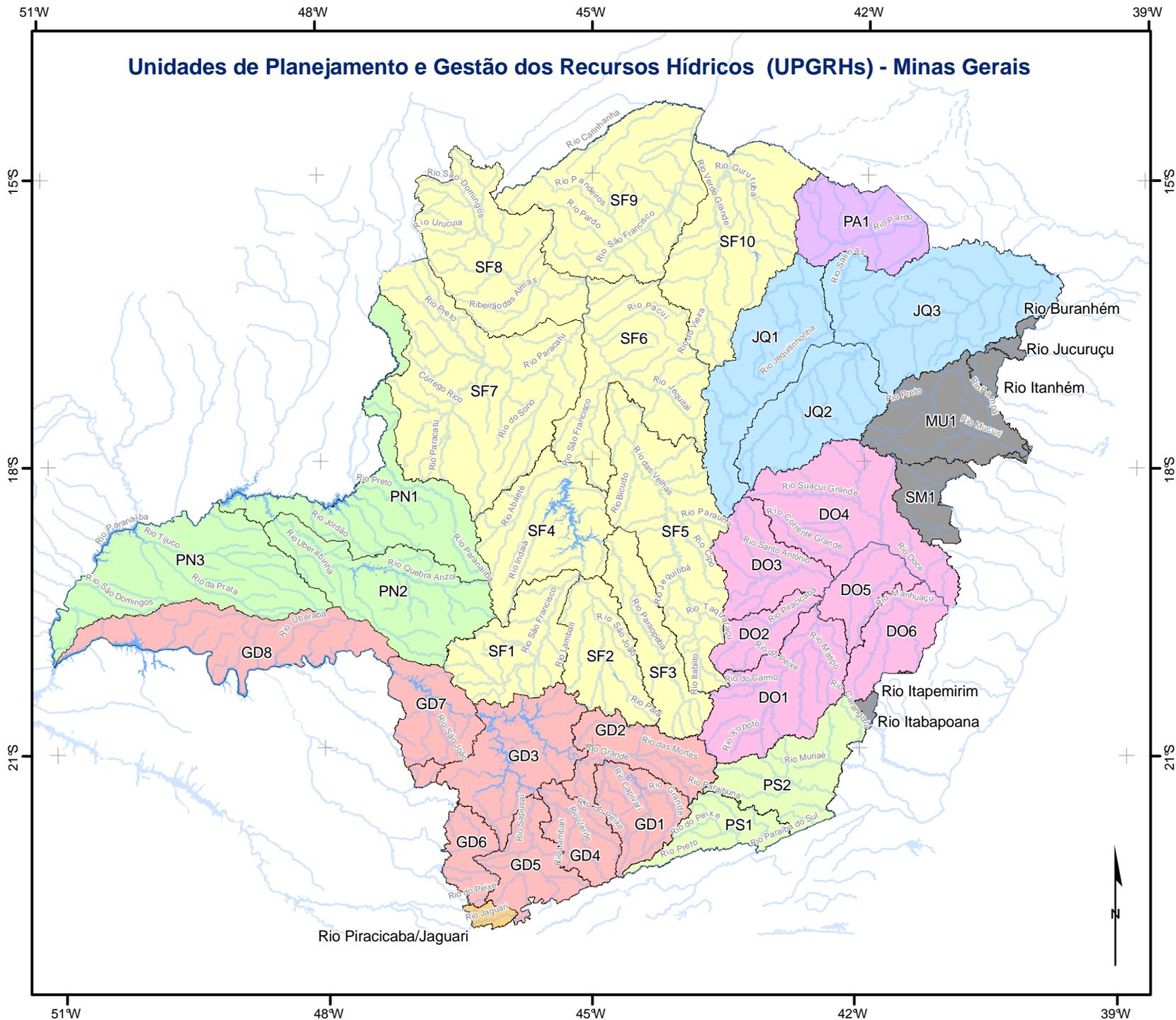
A pressão antrópica devido ao desenvolvimento das atividades econômicas e o adensamento populacional de forma desordenada vêm ocasionando crescentes problemas aos recursos hídricos. Em virtude disso, as instâncias públicas e civis mobilizaram-se para a criação de legislação e políticas específicas, a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

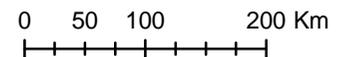


Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRHs) - Minas Gerais



2006. O ano dos resultados.

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



Execução:
Projeto Águas de Minas
2006

Mapa 2.1: Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos em Minas Gerais (UPGRHs).



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 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
	Norte	SF6 - SF jusante Rio Abaeté até jusante do Rio Uruçua	25.129	7	79.594	55.042	24.552	5	0,20
		SF7 - Bacia Rio Paracatu	41.512	12	256.454	199.856	56.598	8	0,19
		SF8 - Bacia Rio Uruçua e afluentes esquerdos do SF	25.136	8	79.704	46.754	32.950	3	0,12
		SF9 - SF jusante confluência Uruçua até a montante do Rio Carinhonha	31.259	17	235.010	119.783	115.227	7	0,22
		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	30
	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	22	1,82
	Velhas	SF5 - Bacia Rio das Velhas até foz no SF	29.713	56	4.307.828	4.121.255	186.573	33	1,11
		TOTAL SF	10	235.443	219	7.538.610	6.713.147	825.463	115
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



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 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 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.		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



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 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 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	13	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	1.684	-	-
	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		

3. PARÂMETROS INDICATIVOS DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

A poluição das águas tem como origem diversas fontes, pontuais e difusas, 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 à salinização, decomposição de vegetais e animais mortos que são carregados pelo escoamento superficial, 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, hidrobiológicos 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,

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 e mercúrio total.

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

Parâmetro hidrobiológico: clorofila “a”.

Bioensaios Ecotoxicológicos: ensaios de toxicidade crônica com *Ceriodaphnia dubia*, inseridos no projeto a partir da terceira campanha de 2003, 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.

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 como, por exemplo, a solubilidade dos gases dissolvidos. Uma elevada temperatura diminui 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 compostos 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.

3.1.2. Parâmetros Químicos

Alcalinidade Total

É a quantidade dos íons hidróxido, carbonato e bicarbonato presentes na água, que reagirão 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 desses ânions 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

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 bivalentes Ca^{2+} e Mg^{2+} . As principais fontes de dureza são a dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio, provenientes das rochas calcáreas 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.

Série de Nitrogênio (amônia, nitrato, nitrito e nitrogênio orgânico)

O nitrogênio pode ser encontrado na água nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrato e nitrito. A forma do nitrogênio predominante é um indicativo do período da poluição dos corpos hídricos. Resultados de análise da água com alteração de nitrogênio nas formas predominantemente reduzidas (nitrogênio orgânico e amoniacal) indicam que a fonte de poluição encontra-se próxima, ou seja, caracteriza-se por uma poluição recente, enquanto que a prevalência da forma oxidada (nitrato e nitrito) sugere que a fonte de contaminação esteja distante do ponto de coleta, sendo a poluição, portanto, remota. Nas zonas de autodepuração natural dos rios, observa-se a presença de nitrogênio orgânico na zona de degradação, nitrogênio amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas.

A disponibilização do nitrogênio para o meio ambiente pode ocorrer de forma natural através de constituintes de proteínas, clorofila e compostos biológicos. As fontes antrópicas estão associadas aos despejos doméstico e industrial, excrementos de animais e fertilizantes.

O nitrogênio é um elemento de destaque para a produtividade da água, pois contribui para o desenvolvimento do fito e zooplâncton. Como nutriente é exigido em grande quantidade pelas células vivas. Entretanto, o seu excesso em um corpo de água provoca o enriquecimento do meio e, conseqüentemente, o crescimento exagerado dos organismos, favorecendo a eutrofização.

Nitrogênio Orgânico

Está presente na água em forma de suspensão e é oriundo principalmente de fontes biogênicas (bactérias, plâncton, húmus, proteínas e intermediários de processos de decomposição). O nitrogênio orgânico não apresenta efeitos tóxicos, todavia, podem surgir preocupações de ordem higiênica.

Nitrogênio Amoniacal Total (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.

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).

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. A indústria também disponibiliza o nitrito através das unidades de decapagem e da têmpera.

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.

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. Sua origem natural está associada à dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e a fotossíntese, enquanto sua origem antropogênica está relacionada aos despejos domésticos e industriais. Os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e, em consequência, alterações bruscas do pH de uma água afetam as taxas de crescimento de microorganismos e 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.

Sulfetos

Os sulfetos são combinações de metais, não metais, complexos e radicais orgânicos, ou são os sais e ésteres do ácido sulfídrico (H_2S). 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 e são aplicados industrialmente como protetores de radiação queratolítica.

Os íons 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 a elevadas temperaturas. Pode também ser adicionado em pequenas quantidades às grelhas de chumbo das baterias para aumentar a sua rigidez.

O arsênio, quando muito puro, é utilizado na tecnologia de semicondutores, para preparar arsenieto de gálio. Este composto 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 sulfeto 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 900µg/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 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) é utilizado desde tempos imemoriais. É usado como matéria-prima na produção de vidro de borossilicato, resistente ao calor, para usos domésticos e laboratoriais, familiarmente conhecido pela marca registrada Pirex, bem como na preparação de outros compostos de boro.

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 1µg/L. Pode ser liberado para o ambiente através da queima de combustíveis fósseis e é utilizado na produção de pigmentos, baterias, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes, acessórios fotográficos, praguicidas etc.

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



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

Chumbo (Pb)

Em sistemas aquáticos, o comportamento dos compostos de chumbo é determinado principalmente pela hidrossolubilidade. Teores 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 gastrointestinal, 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 minerações, fundições, refinarias de petróleo e têxteis. 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. Atualmente, os limites máximos são estabelecidos basicamente em função do cromo total. 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 teores de cromo entre 0,03 e 0,032mg/L.

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

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

Merúrio (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.

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 é um dos elementos mais abundantes na superfície terrestre e seus sais são altamente solúveis em água sendo, portanto, identificado em todas as águas naturais. É disponibilizado para a natureza através da decomposição de plantas e animais ou 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, termoelétricas 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 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 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 .

3.1.4. Parâmetros Hidrobiológicos

Como espécies representativas do nível trófico inferior, as algas são organismos ecologicamente importantes, porque servem como fonte de alimento fundamental para outras espécies aquáticas e ocupam, assim, uma posição única entre os produtores primários: são um elo importante na cadeia alimentar e essenciais à “economia” dos ambientes aquáticos como alimento. As algas são diretamente afetadas por efluentes domésticos, industriais e agrossilvopastoris. Em casos de nutrientes em excesso, ocorre um rápido crescimento e multiplicação e, nestas condições, pode haver um deslocamento da

população, dominação por uma(s) espécie(s) e/ou floração de algas, condições estas que indicam deterioração na qualidade da água.

Clorofila-a

As algas pertencentes ao reino protista apresentam pigmentos – clorofilas, carotenos e xantofilas – organizados em organelas denominadas plastos, que permitem a fotossíntese. A determinação quantitativa destes pigmentos fotossintetizantes em ambientes aquáticos tem grande importância na indicação do estado fisiológico da comunidade fitoplanctônica, bem como no estudo da produtividade primária de um ambiente. Esta determinação propicia a visualização do grau de eutrofização, constituindo uma estimativa da biomassa algal.

3.1.5 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 utilizados 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 expresso 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.

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, mineração 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 na Tabela 4.1, 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.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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 PO_4^-)	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 (a partir de 2005), Cromo hexavalente (1997 a 2004) e Cromo total (a partir de 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 Nº 357/05, para os dados obtidos a partir de 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 que excedam em até 20% o limite 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 que ultrapasse os limites mencionados no intervalo de 20% a 100%, enquanto a contaminação Alta refere-se às concentrações que excedam em mais de 100% os 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 a partir 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 Nº 357/05 (dados a partir de 2005) e Limite de classe definido na Deliberação Normativa COPAM Nº 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 2006 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 corpo 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.

Segundo a metodologia do cálculo do IQA, a falta de resultados dos parâmetros coliformes termotolerantes e oxigênio dissolvido inviabiliza o cálculo desse índice, já que esses parâmetros possuem os maiores pesos em relação a importância relativa no cálculo do IQA. Excepcionalmente em 2006, ocorreram perdas de ensaios laboratoriais de coliformes termotolerantes para algumas estações de amostragem da rede básica operada pelo IGAM. Deste modo, não foi possível calcular o IQA para a campanha na qual ocorreu a perda desse dado. Conseqüentemente, a média anual do IQA para essas estações também não foi calculada, uma vez que esse resultado é obtido pela média aritmética do Índice de

Qualidade das Águas calculado trimestralmente. Por tais razões nos relatórios das bacias dos rios das Velhas, Jequitinhonha, Pardo e Mucuri são apresentados os mapas trimestrais com os resultados de qualidade, além do mapa anual, como de costume.

4.3 Bioensaios Ecotoxicológicos

Considerando a porcentagem de resultados positivos dos ensaios de ecotoxicidade realizados com o micro crustáceo *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.

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

Considerando todo o Estado, a densidade atual de estações é 0,45/1000km². 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 infra-estrutura, 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 (quatro) 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 localiza-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.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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.

Tabela 5.1: Relação dos parâmetros analisados nas campanhas completas

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

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

** Parâmetros inseridos 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 amoniacal total
Clorofila a	Oxigênio Dissolvido
Coliformes termotolerantes	pH "in loco"
Coliformes totais	Sólidos em Suspensão
Condutividade Elétrica "in loco"	Sólidos Totais
Demanda Bioquímica de Oxigênio	Temperatura da Água
Fósforo Total	Temperatura do Ar
Nitrato	Turbidez



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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	Fenóis totais
SF003	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
SF002	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
SF004	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Fenóis totais, Mercúrio total, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
SF005	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Fenóis totais, Mercúrio total, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
SF006	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
SF007	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
SF008	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
SF009	Cádmio total, Cor verdadeira, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Substâncias tensoativas
SF010	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
SF011	Cor, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total
SF013	Cádmio total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
SF015	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
SF017	Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Cromo total, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
UPGRH SF2: Rio Pará	
PA001	Chumbo total, Cor verdadeira, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Substâncias tensoativas
PA002	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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	
PA003	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
PA004	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Fenóis totais, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
UPGRH SF2: Rio Pará	
PA005	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
PA007	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Fenóis totais, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
PA009	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
PA010	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
PA011	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
PA013	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
PA015	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
PA017	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
PA019	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
PA020	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
PA021	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
PA022	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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	
BP079	Cádmio total, Cor verdadeira, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BP084	Arsênio total, Bário total, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Selênio total, Substâncias tensoativas, Sulfetos, Zinco total
BP080	Bário total, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Selênio total, Substâncias tensoativas, Sulfetos, Zinco total
BP026	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BP027	Bário total, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Selênio total, Substâncias tensoativas, Sulfetos, Zinco total
BP029	Cádmio total, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BP036	Cádmio total, Chumbo total, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BP068	Cádmio total, Ferro dissolvido, Cor verdadeira, DQO, Fenóis totais, Manganês total
BP070	Cádmio total, Chumbo total, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BP086	Arsênio total, Cádmio total, Chumbo total, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BP088	Cádmio total, Cianeto livre, Cor verdadeira, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Substâncias tensoativas, Sulfetos, Zinco total
BP071	Cianeto livre, Cor verdadeira, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Substâncias tensoativas, Sulfetos, Zinco total
BP072	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cor verdadeira, Cromo (III), Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Substâncias tensoativas, Sulfetos, Zinco total
BP090	Cádmio total, Chumbo total, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Manganês total, Substâncias tensoativas
BP082	Cádmio total, Chumbo total, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Manganês total, Substâncias tensoativas
BP076	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, DQO, Cor verdadeira, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Zinco total
BP083	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Zinco total



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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	
BP078	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BP092	Arsênio total, Cádmio total, Cor verdadeira, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BP094	Arsênio total, Cádmio total, Cor verdadeira, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BP096	Cádmio total, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BP098	Cádmio total, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
UPGRH SF5: Rio das Velhas	
BV013	Arsênio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Manganês total, Sulfetos, Níquel total,
BV035	Arsênio total, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Cromo total, Dureza, Fenóis totais, DQO, Ferro dissolvido, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Óleos e Graxas, Substâncias tensoativas, Zinco total
BV037	Arsênio total, Cádmio total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, DQO, Fenóis totais, Ferro dissolvido, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Zinco total
BV139	Arsênio total, Cobre dissolvido, DQO, Fenóis totais, Ferro dissolvido, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Óleos e Graxas, Zinco total
BV062	Arsênio total, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Dureza, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Óleos e Graxas, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
BV063	Arsênio total, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Dureza, DQO, Fenóis totais, Ferro dissolvido, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Óleos e Graxas, Selênio total, Sulfetos, Zinco total
BV067	Arsênio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, DQO, Fenóis totais, Ferro dissolvido, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Óleos e Graxas, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
BV076	DQO, Fenóis totais, Manganês total, Óleos e Graxas, Toxicidade crônica, Zinco total
BV083	Arsênio total, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Óleos e Graxas, Substâncias tensoativas, Toxicidade crônica, Zinco total
BV105	Arsênio total, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, DQO, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Óleos e Graxas, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Toxicidade crônica, Zinco total

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	
BV130	Alcalinidade, Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Dureza, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Óleos e Graxas, Substâncias tensoativas, Toxicidade crônica, Zinco total
BV135	Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Toxicidade crônica
BV137	Arsênio total, Cobre dissolvido, DQO, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Óleos e Graxas, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Toxicidade crônica, Zinco total
BV140	Alcalinidade, Chumbo total, Dureza, Cor verdadeira, DQO, Fenóis totais, Manganês total
BV141	Arsênio total, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Zinco total
BV142	Arsênio total, Cobre dissolvido, DQO, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Zinco total
BV143	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Óleos e Graxas, Zinco total
BV146	Arsênio total, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Zinco total
BV147	Cor verdadeira, Ferro dissolvido, Fenóis totais
BV148	Arsênio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Densidade de cianobactérias, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total
BV149	Arsênio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Densidade de cianobactérias, DQO, Fenóis totais, Ferro dissolvido, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total
BV152	Arsênio total, DQO, Fenóis totais, Manganês total
BV153	Arsênio total, Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, DQO, Fenóis totais, Ferro dissolvido, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Óleos e Graxas, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Toxicidade crônica, Zinco total
BV154	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Manganês total, Níquel total, Óleos e Graxas, Substâncias tensoativas, Toxicidade crônica, Zinco total
BV155	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Toxicidade crônica, Zinco total
BV156	Arsênio total, DQO, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas
BV160	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Óleos e graxas, Substâncias tensoativas, Toxicidade crônica, Zinco total
BV161	Arsênio total, DQO, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total
BV162	Cor verdadeira, Dureza, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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	Boro dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Fenóis totais, Ferro dissolvido, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
SF021	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
SF023	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Substâncias tensoativas, Zinco total
SF025	Manganês total, Substâncias tensoativas
SF026	DQO, Nitrogênio orgânico
SF027	Manganês total, Substâncias tensoativas
SF028	DQO, Nitrogênio orgânico
SF029	Boro dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Nitrogênio nitroso, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Toxicidade crônica, Zinco total
SF031	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Fenóis totais, Manganês total, Nitrogênio nitroso, Substâncias tensoativas, Zinco total
SF033	Manganês total, Substâncias tensoativas
SF034	DQO, Nitrogênio orgânico
SF040	DQO, Nitrogênio orgânico
PT003	Cádmio total, Cianeto livre, Cor verdadeira, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Substâncias tensoativas
PT001	Cianeto livre, Cor verdadeira, Fenóis totais, Manganês total
PT005	Arsênio total, Bário total, Boro dissolvido, Cádmio total, Fenóis totais, Ferro dissolvido, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Toxicidade crônica, Zinco total
PT007	Fenóis totais, Ferro dissolvido, Manganês total, Substâncias tensoativas
PT009	Cor verdadeira, Fenóis totais, Ferro dissolvido, Manganês total, Substâncias tensoativas
PT010	Cádmio total, DQO, Nitrogênio orgânico
PT011	Cádmio total, Cor verdadeira, Fenóis totais, Manganês total
PT013	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Cromo total, Fenóis totais, Manganês total
UR001	Cádmio total, Fenóis totais, Manganês total, Nitrogênio nitroso, Substâncias tensoativas, Toxicidade crônica
UR007	Cádmio total, Cor verdadeira, Fenóis totais, Nitrogênio nitroso, Substâncias tensoativas
UR009	Fenóis totais, Substâncias tensoativas
VG001	Cádmio total, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Substâncias tensoativas, Zinco total

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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	
VG003	Boro dissolvido, Cádmio total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Fenóis totais, Ferro dissolvido, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Substâncias tensoativas, Sulfetos, Toxicidade Crônica, Zinco total
VG004	Cádmio total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Nitrogênio nitroso, Substâncias tensoativas
VG005	Cádmio total, Fenóis totais, Manganês total, Substâncias tensoativas
VG007	Cádmio total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Substâncias tensoativas, Toxicidade Crônica
VG009	Cádmio total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Toxicidade Crônica
VG011	Cádmio total, Fenóis totais, Toxicidade Crônica
BACIA DO RIO GRANDE	
UPGRH GD1, GD2, GD3, GD4, GD5, GD6, GD7 e GD8	
BG001	Cádmio total, Chumbo total, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Toxicidade crônica
BG003	Cádmio total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Toxicidade crônica
BG005	Cádmio total, Chumbo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais
BG007	Cádmio total, Chumbo total, DQO, Fenóis totais, Níquel total, Toxicidade crônica
BG009	Arsênio total, Cádmio total, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Toxicidade crônica
BG011	Chumbo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Toxicidade crônica
BG012	DQO, Ferro dissolvido, Manganês total
BG010	DQO, Ferro dissolvido, Manganês total
BG013	DQO, Ferro dissolvido, Manganês total
BG014	DQO, Ferro dissolvido, Manganês total
BG015	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Manganês total, Níquel total
BG017	Chumbo total, Cromo total, DQO, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total
BG019	Cádmio total, DQO, Fenóis totais, Mercúrio total, Manganês total, Toxicidade crônica
BG021	Cádmio total, Chumbo total, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Toxicidade crônica
BG023	Chumbo total, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Zinco total
BG025	Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Fenóis totais
BG027	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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	
BG028	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Toxicidade crônica, Zinco total
BG029	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Toxicidade crônica, Zinco total
BG030	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Zinco total
BG031	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Fenóis totais, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total, Ferro dissolvido, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Toxicidade crônica
BG032	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
BG034	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
BG033	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Fenóis totais, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total, Ferro dissolvido, Manganês total
BG035	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Toxicidade crônica, Zinco total
BG036	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Toxicidade crônica, Zinco total
BG037	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
BG039	Chumbo total, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Zinco total
BG041	Chumbo total, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total
BG043	Cádmio total, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Zinco total
BG044	Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Toxicidade crônica
BG045	Cádmio total, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total
BG047	Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Toxicidade crônica
BG049	Cobre dissolvido, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Toxicidade crônica
BG051	Cobre dissolvido, Fenóis totais

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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	
BG053	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Zinco total
BG055	Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Toxicidade crônica, Zinco total
BG057	Cádmio total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Densidade de cianobactérias, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BG058	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Densidade de cianobactérias, DQO
BG059	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Densidade de cianobactérias, Toxicidade crônica
BG061	Chumbo total, Cobre dissolvido, DQO, Fenóis totais
BG063	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, DQO, Toxicidade crônica
BACIA DO RIO PARANAÍBA	
UPGRH PN1, PN2, PN3	
PB001	Cádmio total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, DQO, Fenóis totais, Manganês total
PB003	Cádmio total, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Toxicidade crônica
PB005	Cádmio total, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, DQO, Fenóis totais, Manganês total
PB007	Chumbo total, Cobre dissolvido, DQO, DQO, Fenóis totais, Manganês total, Toxicidade crônica
PB009	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, DQO, Fenóis totais, Manganês total, Toxicidade crônica
PB011	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Manganês total, Toxicidade crônica
PB013	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Toxicidade crônica
PB015	Cádmio total, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido
PB017	Cádmio total, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, DQO, Fenóis totais, Manganês total, Toxicidade crônica
PB019	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, DQO, Fenóis totais, Manganês total, Toxicidade crônica
PB021	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, DQO, Fenóis totais, Manganês total
PB022	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais
PB023	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Densidade de cianobactérias, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Toxicidade crônica
PB025	Cádmio total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Fenóis totais, Toxicidade crônica



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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	
PB027	Cádmio total, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Zinco total, Toxicidade crônica
PB029	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Toxicidade crônica, Zinco total
PB031	Cádmio total, Cobre dissolvido, Fenóis totais
PB033	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Toxicidade crônica
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	Alumínio dissolvido, Cobre dissolvido
RD009	Arsênio total, Cobre dissolvido, Fenóis totais, mercúrio total
RD019	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
RD018	Cobre dissolvido, Fenóis totais, Ferro dissolvido, Manganês total
RD021	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais
RD023	Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Sulfetos
RD025	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Substâncias tensoativas, Zinco total
RD026	Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Manganês total, Sulfetos, Substâncias tensoativas
RD027	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
RD029	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
RD030	Cobre dissolvido, Níquel total
RD032	Cobre dissolvido, Manganês total
RD031	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
RD034	Cobre dissolvido
RD035	Cobre dissolvido
RD033	Cobre dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
RD039	Cobre dissolvido, Fenóis totais, Manganês total

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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

RD040	Cobre dissolvido
RD044	Cobre dissolvido
RD045	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Manganês total, Sulfetos
RD049	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Sulfetos
RD053	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Manganês total, Sulfetos
RD056	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Sulfetos
RD057	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Sulfetos
RD058	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Sulfetos
RD059	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Sulfetos
RD064	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Sulfetos, Toxicidade crônica
RD065	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Sulfetos
RD067	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Sulfetos
BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL	
UPGRHs PS1 e PS2	
BS002	Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BS006	Alumínio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Selênio total, Substâncias tensoativas, Zinco total
BS017	Alumínio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
BS018	Alumínio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
BS024	Alumínio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
BS028	Cobre dissolvido, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais
BS029	Alumínio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
BS031	DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Óleos e Graxas, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
BS032	Alumínio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
BS033	Cor verdadeira, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Zinco total
BS042	DQO, Ferro dissolvido, Manganês total, Sulfetos
BS043	Chumbo total, DQO, Ferro dissolvido, Sulfetos
BS046	Cianeto livre, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Substâncias tensoativas



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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	
BS049	Alumínio dissolvido, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Substâncias tensoativas
BS050	Alumínio dissolvido, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Substâncias tensoativas
BS054	Alumínio dissolvido, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Substâncias tensoativas
BS056	Cobre dissolvido, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Substâncias tensoativas
BS057	Ferro dissolvido, DQO, Fenóis totais, Substâncias tensoativas
BS058	Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Substâncias tensoativas
BS059	DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Substâncias tensoativas
BS060	Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
BS061	Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais
BS071	DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Zinco total
BS073	Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Selênio total
BS075	Cianeto livre, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Sulfetos, Substâncias tensoativas
BS077	Alumínio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Sulfetos
BS081	Cádmio total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Substâncias tensoativas
BS083	Alumínio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
BS085	Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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

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 dissolvido	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 B
Chumbo total	espectrometria de AA - forno de grafite	APHA 3113 B
Cianeto livre	titulometria	APHA 4500-CN ⁻ D
Cloreto total	colorimetria	USGS- I -1187 78
Cobre dissolvido	espectrometria de AA - plasma	APHA 3120 B
Clorofila a	colorimetria	APHA 10200H
Coliformes termotolerantes	tubos múltiplos	APHA 9221 E
Coliformes totais	tubos múltiplos	APHA 9221 B
Condutividade elétrica	condutimetria	APHA 2510 B
Cor verdadeira	colorimetria	APHA 2120 B
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 total	colorimetria	APHA 4500-P E
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
Nitrogênio amoniacal	colorimetria	ABNT NBR 10560/1988
Nitrato	colorimetria	APHA 4500-NO ₃ ⁻ E
Nitrito	colorimetria	APHA 4500-NO ₂ ⁻ B
Nitrogênio orgânico	colorimetria	APHA 4500-N _{org} B

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

Ensaio	Tipo de ensaio	Referência Normativa
Óleos e graxas	gravimetria	APHA 5520 B
Oxigênio dissolvido	titulometria	ABNT NBR 10559/1988
pH	potenciometria	APHA 4500 H ⁺ B
Potássio solúvel	espectrometria de AA - plasma	APHA 3120 B
Selênio total	espectrometria de AA - gerador de hidretos	APHA 3114 B
Sódio solúvel	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
Substâncias tensoativas	colorimetria	ABNT NBR 10738/1989
Sulfatos	turbidimetria	APHA 4500-SO ₄ ²⁻ E
Sulfetos	titulometria	APHA 4500-S ²⁻ F
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 2006, 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.

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 2006 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 2006, 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 a partir de 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 2006 e os parâmetros que apresentaram as maiores violações em relação aos limites legais no período de 1997 a 2006, 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, dentre outros.

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:

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

- 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 2006 algumas ocorrências de metais tóxicos, quais sejam: Cobre total (entre 1997 e 2004), Cobre dissolvido (a partir de 2005), Mercúrio total, Arsênio total, Cádmiu total, Zinco total, Bário total, Cromo IV (de 1997 a 2004), Cromo total (a partir de 2005) e Chumbo total, bem como outras substâncias tóxicas como fenóis totais, amônia e íons cianeto livres em desconformidade com os padrões legais. Foram destacadas as estações em que as ocorrências destes metais resultaram em Contaminação por Tóxicos Alta em 2006, 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.

6. ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA

6.1 O que é Enquadramento dos Corpos de Água

Instrumento das Políticas Nacional e Estadual de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433/97 e Lei nº 13.199/99, respectivamente, o enquadramento dos corpos de água em classes visa estabelecer metas de qualidade para os corpos hídricos, a fim de assegurar os usos preponderantes, ou seja, o conjunto de usos, atuais e futuros da água, com relevâncias econômicas, sociais e ambientais de um determinado trecho do corpo hídrico.

O enquadramento dos corpos de água é um dos mais importantes instrumentos de gestão dos recursos hídricos por compatibilizar os usos múltiplos com o desenvolvimento econômico. É, portanto, um mecanismo de planejamento ambiental de bacias hidrográficas que visa o uso sustentável da água. Além disso, fornece subsídios a outros instrumentos da gestão de Recursos Hídricos, tais como à outorga e à cobrança pelo uso da água, de modo que, quando implementados, tornam-se complementares, propiciando às entidades gestoras de recursos hídricos, mecanismos para assegurar a disponibilidade quantitativa e qualitativa das águas.

6.2 Modalidades de enquadramento dos corpos de água

Segundo a Resolução CNRH nº12/2000, que dá diretrizes básicas para os procedimentos metodológicos de enquadramento dos corpos hídricos, há duas alternativas de enquadramento, sendo elas:

- Proposta de Referência - visa a atender aos usos atuais dos recursos hídricos na bacia hidrográfica.
- Proposta Prospectiva - visa a atender, de forma satisfatória, a uma determinada alternativa de usos futuros para os corpos hídricos da bacia hidrográfica.

Essas propostas devem ser elaboradas com base nas informações obtidas no diagnóstico e prognóstico do uso e ocupação do solo e considerando os usos atuais e futuros dos recursos hídricos e analisados os benefícios sócio-econômicos e ambientais, bem como os custos e prazos decorrentes, que serão utilizados para a definição do enquadramento a ser proposto.

6.3 Enquadramento dos corpos de água em Minas Gerais

A primeira experiência de classificação dos corpos de água que abrangeu um rio do estado de Minas Gerais foi o enquadramento da bacia do rio São Francisco estabelecido pela Portaria do IBAMA nº 715/89-P, de 20 de setembro de 1989. Segundo essa portaria, apenas os rios federais afluentes do rio São Francisco foram enquadrados, enquanto que para os rios das Velhas e Paraopeba, de domínio estadual, foram sugeridas proposta de enquadramento.

Pode se dizer que as experiências de enquadramento realizadas no Estado ocorreram efetivamente a partir de 1993, quando a Fundação Estadual de Minas Gerais – FEAM passou a ser responsável pelo enquadramento dos corpos de água em Minas Gerais. Nesse período, priorizou-se o enquadramento das seguintes bacias: Piracicaba, Velhas,



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

Paraopeba, Verde, Paraibuna e Pará. Com a formalização da Política Estadual de Recursos Hídricos, concretizada na Lei nº 13.199/1999, o enquadramento dos corpos de água foi instituído instrumento da gestão de recursos hídricos, passando a sua elaboração a ser de competência do IGAM. Desde então, o IGAM propôs o reenquadramento dos corpos de água da bacia hidrográfica do rio das Velhas (2004) e da bacia hidrográfica do rio Paracatu (2005), ambas aprovadas pelos respectivos comitês, sendo o próximo passo o encaminhamento do ato normativo ao CERH-MG.

6.4 Procedimentos metodológicos do enquadramento

Segundo a Resolução CNRH nº12/2000, os procedimentos metodológicos de enquadramento devem compreender as seguintes etapas: diagnóstico e prognóstico do uso e ocupação do solo, elaboração da proposta e aprovação da proposta de enquadramento e respectivos atos jurídicos.

Conforme versa a Lei 13.199/99, a Política de Recursos Hídricos tem como premissa a gestão participativa e descentralizada, considerando, portanto, as expectativas e necessidades dos usuários. Neste sentido, o processo de enquadramento dos corpos de água, assim como a sua implantação, devem ser efetuados no âmbito da bacia hidrográfica, sendo, o respectivo comitê de bacia hidrográfica - CBH - o responsável pela sua aprovação.

O enquadramento dos corpos de água em Classes, de acordo com o uso preponderante, e em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005, classifica as águas doces em cinco classes como apresentados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1: Classificação dos corpos de água segundo os usos preponderantes.

Classe	Cor	Usos Possíveis
Especial		Abastecimento para consumo humano com desinfecção; Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
1		Abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado; À proteção das comunidades aquáticas; À recreação de contato primário (nadar); À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo; À proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.
2		Abastecimento para consumo humano após tratamento convencional; À proteção das comunidades aquáticas; À recreação de contato primário; 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; À aquicultura e à atividade de pesca.
3		Abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; À irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; À pesca amadora; À recreação de contato secundário; À dessedentação de animais.
4		À navegação; À harmonia paisagística.

Ressalta-se que, de acordo com a resolução CONAMA nº 357/2005 no seu art. 42, enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas Classe 2, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.

7. OUTORGA

7.1. 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.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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.

7.2. 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).

7.3. 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.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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 Gerência de Apoio à Regularização Ambiental e Unidades Colegiadas – GARAUC é responsável pelos 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.

7.4. A Quem Solicitar a Outorga

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).

7.5. 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.

7.6. 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.

7.7. 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.

7.8. 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° 09/2004 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.

7.9. 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 2006

7.10. 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.

8. SITUAÇÃO NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

Foram obtidos, a partir das análises laboratoriais realizadas em 2006, 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.

Na Figura 8.1 é apresentada a evolução temporal da frequência de ocorrência do IQA no Estado de Minas Gerais. Ressalta-se que no ano de 2006, a média anual do IQA não foi calculada para algumas estações de amostragem das bacias do rio das Velhas, Jequitinhonha, Pardo e Mucuri, nas quais houve perda de análises laboratoriais de coliformes termotolerantes em uma ou mais campanhas de monitoramento. Nas estações da bacia do rio São Francisco – Norte localizadas no ribeirão dos Vieiras a jusante da cidade de Montes Claros (VG003) e no rio Carinhonha a montante da sua foz no rio São Francisco (SF034), o cálculo da média anual do IQA também não foi realizado, uma vez que não houve amostragem na primeira e quarta campanhas do ano em questão, devido à dificuldade de acesso ao local de coleta. Por tais razões, para comparar os resultados de IQA de 2006 com aqueles obtidos nos anos anteriores foi utilizada a condição de qualidade verificada em cada estação de amostragem por trimestre (Figura 8.1).

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 1997, ressaltando-se que os maiores registros foram nos anos de 1997 e 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 dez anos de monitoramento.

No ano de 2006, verificou-se uma pequena redução na ocorrência do Índice de Qualidade das Águas Médio, em relação ao ano de 2005. Por outro lado, houve um pequeno aumento na ocorrência do Índice de Qualidade das Águas Bom. A frequência de IQA Bom aumentou de 34% em 2005 para 36,2% em 2006. Em relação ao IQA Bom pode-se perceber ainda, aumento gradativo da sua ocorrência a partir do ano de 2002.

O IQA Médio ainda é predominante em todas as bacias hidrográficas monitoradas no Estado de Minas Gerais com ocorrência em 40,7% dos pontos de amostragem em 2006. Entretanto, pode-se verificar que há uma diminuição gradativa da sua ocorrência a partir do ano de 2002. Ressalta-se ainda a diminuição da ocorrência do IQA Ruim a partir de 2004, registrando uma frequência de 17,8% em 2006.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

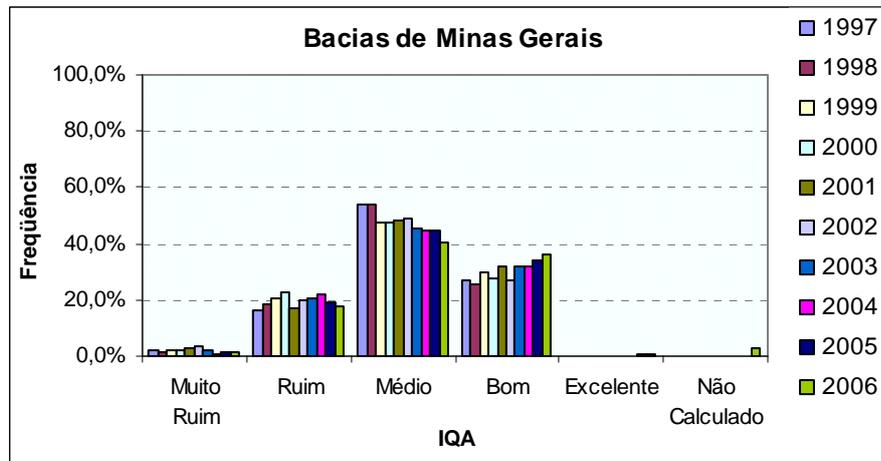


Figura 8.1: Evolução temporal dos dados de qualidade: Índice de Qualidade das Águas – IQA, no Estado de Minas Gerais.

Com relação à Contaminação por Tóxicos (CT) (Figura 8.2), observou-se uma pequena redução na ocorrência de CT Baixa, de 63,3% de frequência em 2005 para 58,1% em 2006. Por outro lado, houve aumento na ocorrência da CT Alta, de 13,1% em 2005 para 18,8% em 2006. Destaca-se ainda a mínima redução da CT Média, de 23,6% em 2005 para 23,1% em 2006 e a diminuição gradativa de sua ocorrência a partir do ano de 2004.

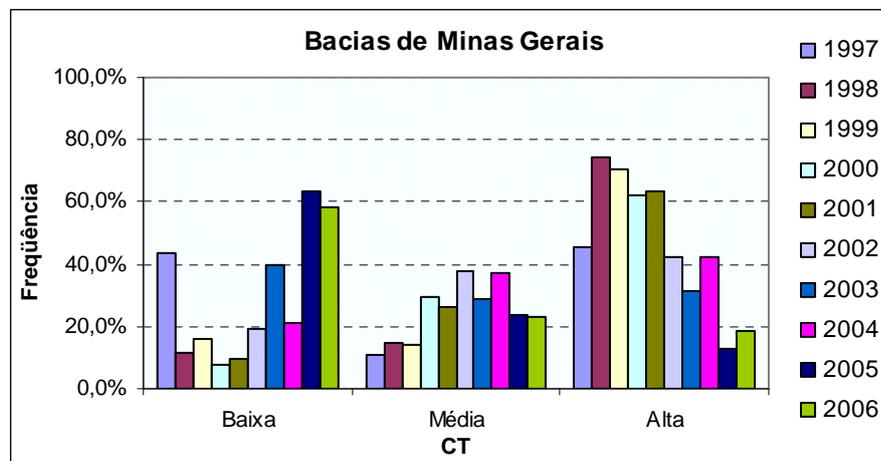


Figura 8.2: Evolução temporal dos dados de Contaminação por Tóxicos – CT, no Estado de Minas Gerais.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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

Nas figuras a seguir são apresentadas as frequências de ocorrência anual do Índice de Qualidade das Águas nos anos 2005 e 2006, respectivamente, para cada estação de amostragem das bacias hidrográficas monitoradas no Estado de Minas Gerais. Nas estações das bacias dos rios das Velhas, Jequitinhonha, Mucuri, Pardo e São Francisco Norte em que o cálculo do IQA não foi realizado devido à perda de análises laboratoriais de coliformes termotolerantes ou por falta de alguma coleta, o dado correspondente àquela estação está marcado por um asterisco.

BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

Na bacia do rio São Francisco observou-se uma diminuição da ocorrência de IQA Médio de 59% em 2005 para 36,8% em 2006. Concomitantemente, houve aumento do IQA Ruim e Bom, os quais ocorreram em 18% e 20% em 2005 e em 24,8% e 30,9% das estações de amostragem em 2006, respectivamente. Em 2006, o IQA não foi calculado em 3,1% das estações, devido à perda de amostras. Destaca-se ainda a ocorrência de IQA Excelente em 1,3% das estações na bacia do rio São Francisco.

Sub-Bacia do Rio das Velhas

Na sub-bacia do rio das Velhas houve a permanência da ocorrência de IQA Muito Ruim em 6,1% das estações de monitoramento em 2006. Observou-se aumento do IQA Ruim de 24% em 2005 para 28% em 2006. Foi verificado a diminuição da ocorrência de IQA Médio de 45% em 2005 para 29,5% em 2006 e a diminuição na ocorrência de IQA Bom, de 24% em 2005 para 23,5% em 2006. Destaca-se ainda na sub-bacia do rio das Velhas em 2006 a ocorrência de IQA Excelente em 2,3% das estações e de IQA não calculado, devido à perda de amostras do parâmetro coliformes, em 10,6% das estações, conforme Figura 8.3.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

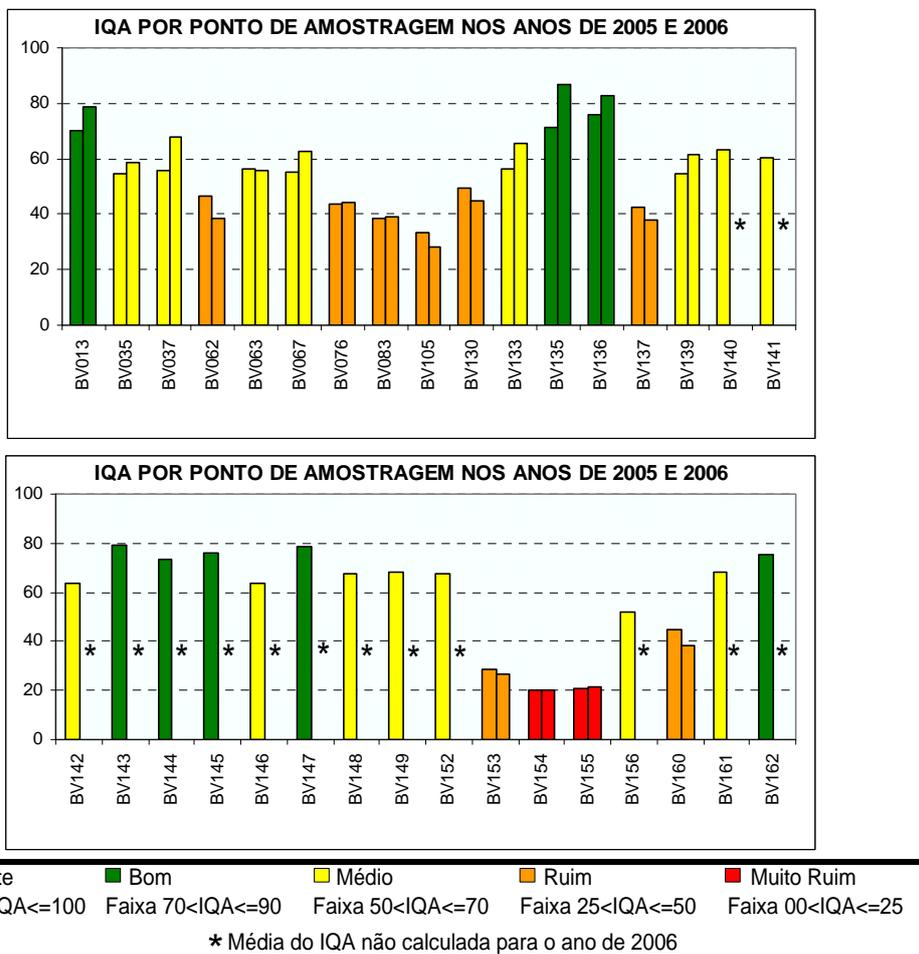


Figura 8.3: Média anual do IQA dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPRH SF5.

Sub-Bacia do Rio Paraopeba

Na sub-bacia do rio Paraopeba observou-se redução na ocorrência de IQA Médio, de 67% em 2005 para 36,4% em 2006 e aumento na ocorrência de IQA Ruim de 19% em 2005 para 31,8% em 2006. Verificou-se ainda, aumento na ocorrência de IQA Muito Ruim de 0% em 2005 para 2,3% em 2006, condição observada no rio Betim próximo de sua foz no rio Paraopeba (BP071), conforme pode ser observado na Figura 8.4. A ocorrência de IQA Bom foi constatada em 29,5% das estações, sendo a melhor situação observada no rio Betim monitorado a jusante do reservatório de Vargem das Flores (BP088). Apenas como observação, as estações do rio Manso em Brumadinho (BP096) e do ribeirão do Cedro próximo de sua foz no rio Paraopeba em Caetanópolis (BP098) foram instaladas na quarta campanha de 2005, sendo que em BP098, por falta de acesso a amostragem não foi realizada. Desta forma, o IQA da estação BP096 se refere apenas ao valor da última campanha anual.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

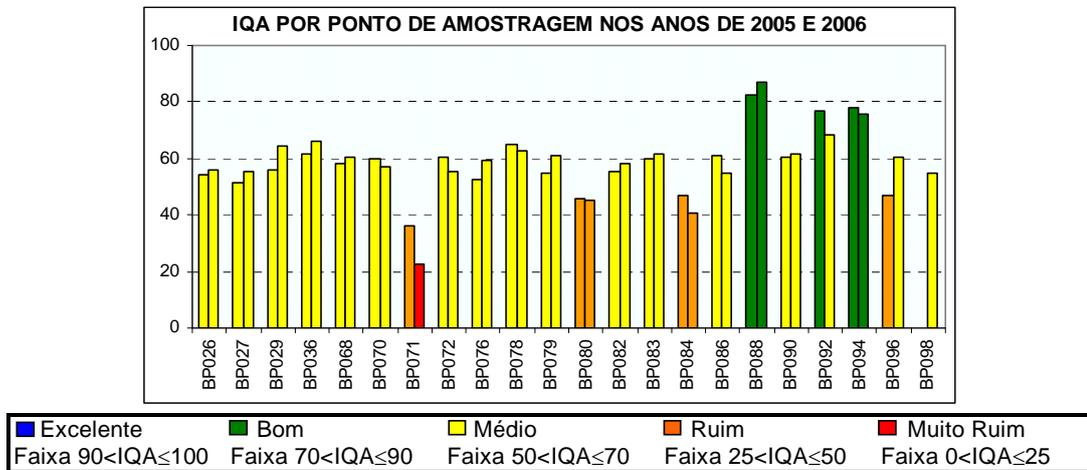


Figura 8.4: Média anual do IQA dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPRH SF3.

Sub-Bacia do Rio Pará

Na sub-bacia do rio Pará a ocorrência de IQA Bom foi constatada em 26,6% das estações de amostragem no ano de 2006, condição observada nas estações situadas no rio Pará a montante da foz do rio Itapecerica e próximo da UHE de Gafanhoto (PA005) e no rio Pará monitorado na localidade de Velho da Taipa, próximo ao município de Pitangui (PA013), como pode ser visualizado na Figura 8.5. Verificou-se aumento na ocorrência de IQA Ruim, de 19% em 2005 para 20,3% em 2006 e redução na ocorrência de IQA Médio, de 75% em 2005 para 48,4% em 2006.

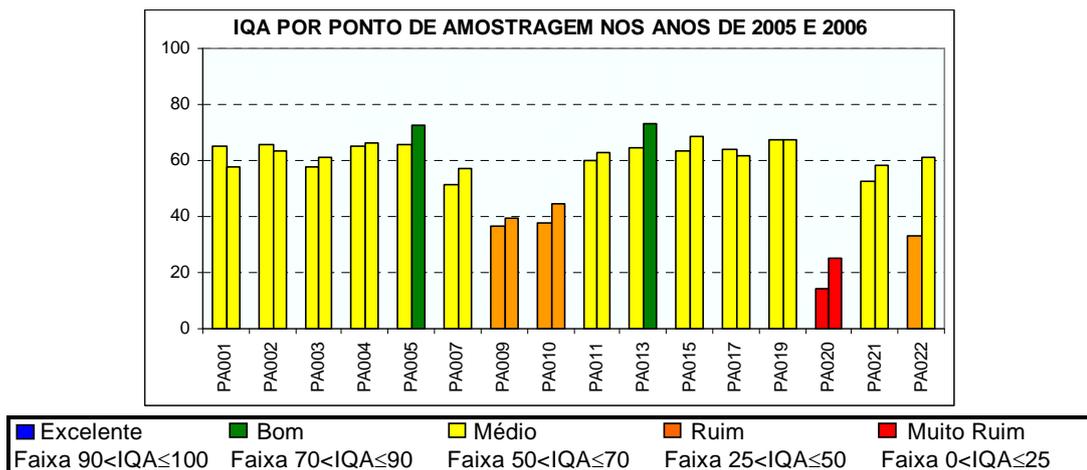


Figura 8.5: Média anual do IQA dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPRH SF2.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

Bacia do Rio São Francisco – Norte

A bacia do rio São Francisco – Norte, que engloba as sub-bacias dos rios Paracatu, Urucuia, Jequitai/Pacuí e Verde-Grande, bem como o rio São Francisco após a represa de Três Marias apresentou pequeno aumento na ocorrência de IQA Ruim, de 17% em 2005 para 19% em 2006. Verificou-se também aumento na ocorrência de IQA Bom, de 27% em 2005 para 39,7% em 2006, condição observada nas estações monitoradas no rio Paracatu próximo de sua foz no rio São Francisco (PT013), no rio São Francisco a jusante da cidade de São Romão (SF025) e a jusante da cidade de Manga e a montante da foz do rio Verde Grande (SF033), no rio Pandeiros a jusante da UHE Pandeiros (SF028) e no rio Carinhanha a montante da sua foz no rio São Francisco (SF034), conforme pode ser observado na Figura 8.6. Concomitantemente, houve redução na ocorrência de IQA Médio, de 57% em 2005 para 38,8% em 2006.

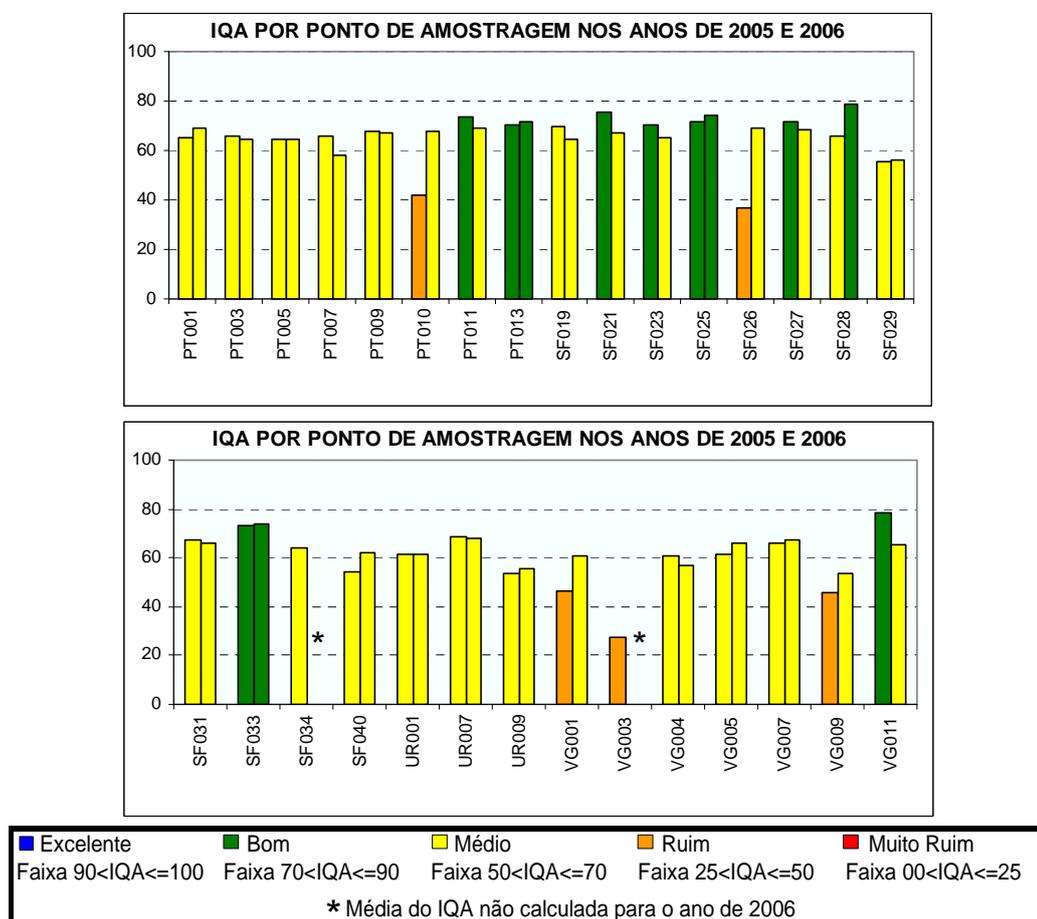


Figura 8.6: Média anual do IQA dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10.

Bacia do Rio São Francisco – Sul

Na bacia do rio São Francisco - Sul (rio São Francisco e afluentes até a represa de Três Marias) houve aumento na ocorrência de IQA Bom de 29% em 2005 para 37,5% em 2006, e conseqüente redução na ocorrência de IQA Médio de 64% em 2005 para 37,5% em 2006. Observou-se melhoria na qualidade das águas do rio São Francisco na cidade de Iguatama (SF003) e do ribeirão Sucuriú, monitorado a montante do reservatório de Três Marias (SF009), os quais apresentaram IQA Médio no ano de 2005 e IQA Bom em 2006, conforme pode ser verificado na Figura 8.7. Verificou-se, também, uma melhora no rio Santana próximo de sua foz no rio São Francisco (SF008). Houve ainda, piora na qualidade das águas do ribeirão Marmelada, a jusante da cidade de Abaeté (SF007), o qual apresentou média anual do IQA Ruim em 2006, esse ribeirão, historicamente apresenta problemas associados ao lançamento de esgotos domésticos da cidade de Abaeté, bem como de contribuição difusa.

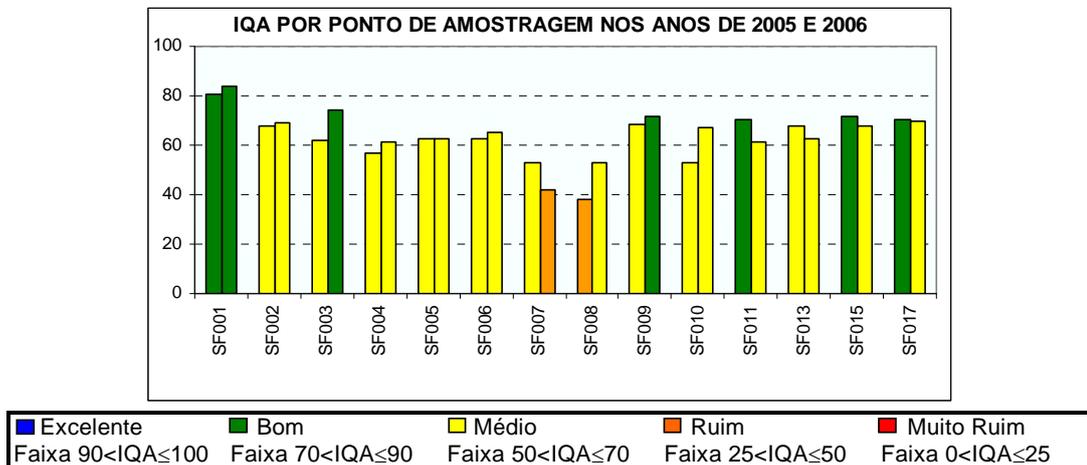


Figura 8.7: Média anual do IQA dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPRHs SF1 e SF4.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

BACIA DO RIO GRANDE

A Figura 8.8 apresenta a média anual do Índice de Qualidade das Águas para as quatro campanhas de monitoramento dos anos 2005 e 2006, respectivamente, para cada estação de amostragem na bacia hidrográfica do rio Grande. Observou-se redução na ocorrência de IQA Médio, de 67% em 2005 para 52,4% em 2006. Conseqüentemente, houve aumento na ocorrência de IQA Bom, de 26% em 2005 para 28,6% em 2006, além do aumento de IQA Ruim, de 7% em 2005 para 17,9% em 2006. Destaca-se a melhoria do IQA no rio Grande monitorado a montante do reservatório de Camargos (BG003), no rio do Peixe a jusante da foz do ribeirão Vermelho (BG034), no rio Palmela na proximidade de sua foz no rio Verde (BG036) e no rio Sapucaí a montante do reservatório de Furnas (BG049).

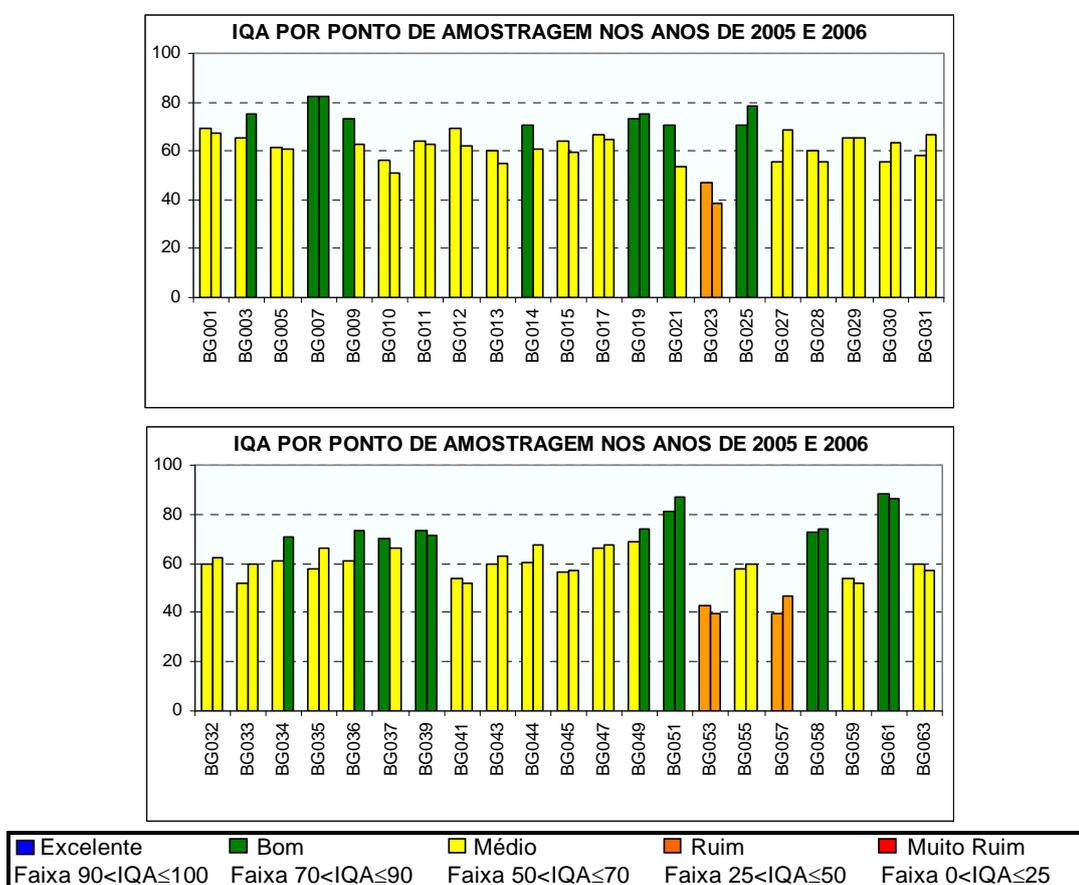


Figura 8.8: Média anual do IQA dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPRHs GD1, GD2, GD3, GD4, GD5, GD6, GD7 e GD8.

BACIA DO RIO DOCE

A Figura 8.9 apresenta a média anual do Índice de Qualidade das Águas para as quatro campanhas de monitoramento dos anos 2005 e 2006, respectivamente, para cada estação de amostragem na bacia hidrográfica do rio Doce. Em 2006, não foi observada nenhuma ocorrência de IQA Muito Ruim nos pontos de amostragem da bacia do rio Doce, assim como nos anos anteriores. Observou-se em 2006 a ocorrência de IQA Ruim em 2,3% das estações. Verificou-se redução na ocorrência de IQA Médio de 97% em 2005 para 46,1% em 2006, com conseqüente aumento na ocorrência de IQA Bom de 0% em 2005 para 51,6% dos pontos de amostragem em 2006. O IQA Bom foi observado nas estações de amostragem localizadas no rio Piranga no município de Piranga (RD001), rio Xopotó próximo a sua foz no rio Piranga (RD004), rio Piranga no município de Porto Firme (RD007), rio Doce a montante da foz do rio Casca (RD019), rio Doce a montante da Cachoeira dos Óculos (RD023), rio Santa Bárbara na localidade de Santa Rita das Pacas (RD027), rio Piracicaba na cidade de Timóteo, a montante da ETA da ACESITA (RD031), rio Piracicaba a montante da confluência com o ribeirão Japão (RD032), rio Santo Antônio a montante da confluência com o rio Doce (RD039), rio Corrente Grande próximo de sua foz no rio Doce (RD040), rio Caratinga no Distrito de Barra do Cuieté (RD057), rio Manhuaçu na cidade de Santana do Manhuaçu (RD064), rio Manhuaçu próximo de sua foz no rio Doce (RD065) e rio Doce na cidade de Baixo Guandú/ES (RD067).

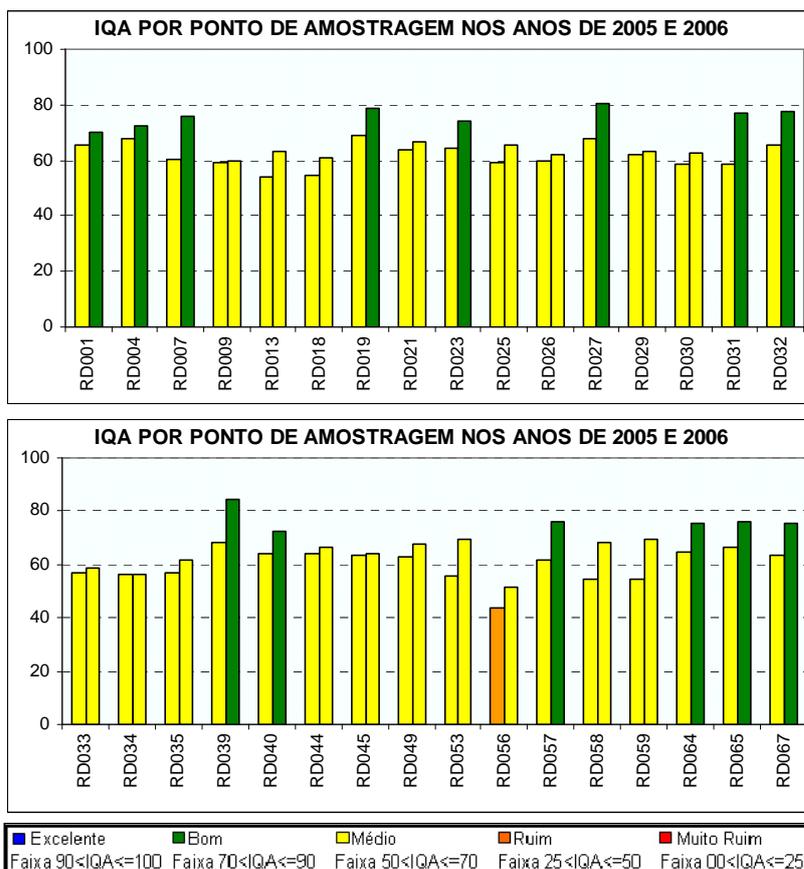


Figura 8.9: Média anual do IQA dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs DO1, DO2, DO3, DO4, DO5 e DO6.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

A Figura 8.10 apresenta a média anual do Índice de Qualidade das Águas para as quatro campanhas de monitoramento dos anos 2005 e 2006, respectivamente, para cada estação de amostragem na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. Houve redução na ocorrência de IQA Médio de 66% em 2005 para 48,3% em 2006, assim como de IQA Ruim, de 24% em 2005 para 19,8% em 2006. Observou-se ainda aumento do IQA Bom de 10% em 2005 para 30,2% em 2006, sendo essa condição de IQA Bom verificada nas estações situadas no rio Paraibuna em Chapéu D'Uvas (BS002), no rio Preto próximo a sua foz no rio Paraibuna (BS028), no rio Paraibuna a jusante do rio Preto (BS029) e no rio Cágado próximo de sua foz no rio Paraibuna (BS031).

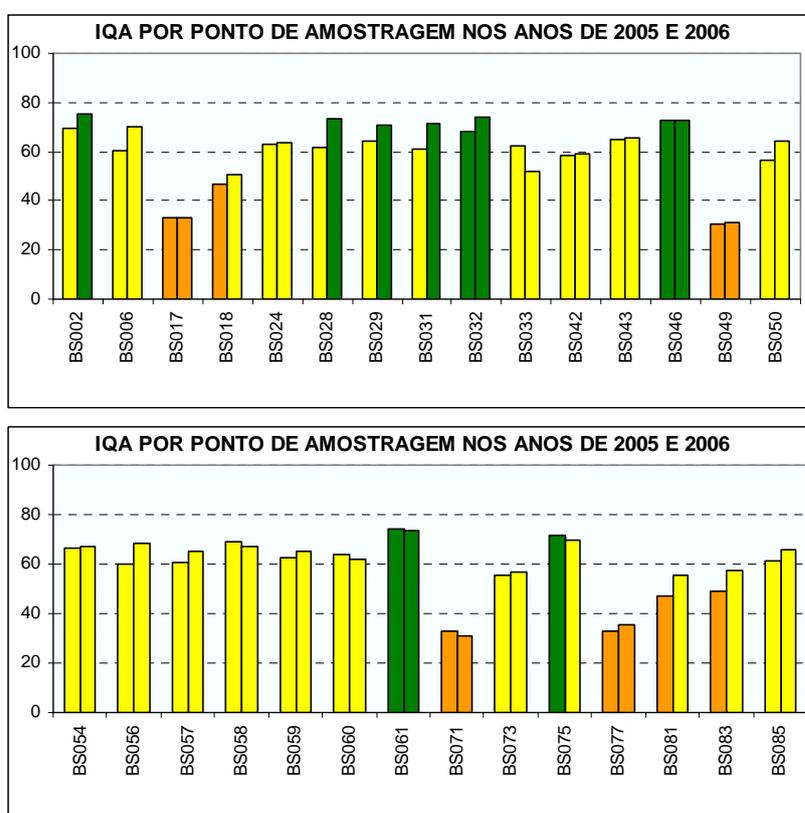


Figura 8.10: Média anual do IQA dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs PS1 e PS2.

BACIA DO RIO PARANAÍBA

A Figura 8.11 apresenta a média anual do Índice de Qualidade das Águas para as quatro campanhas de monitoramento dos anos de 2005 e 2006, respectivamente, para cada estação de amostragem na bacia hidrográfica do rio Paranaíba. Houve redução na ocorrência de IQA Médio de 50% em 2005 para 33,3% em 2006 e conseqüente aumento na ocorrência de IQA Bom de 44% em 2005 para 51,4% em 2006, além do IQA Ruim, de 6% em 2005 para 15,3% em 2006. Pôde-se observar ainda que não foi registrada nenhuma ocorrência de IQA Muito Ruim ao longo de todo o período de monitoramento nessa bacia hidrográfica. Observou-se em 2006 a piora do IQA no rio Uberabinha a jusante da cidade de Uberlândia (PB023), resultado associado ao lançamento de esgoto doméstico, sem tratamento prévio, originado da cidade de Uberlândia.

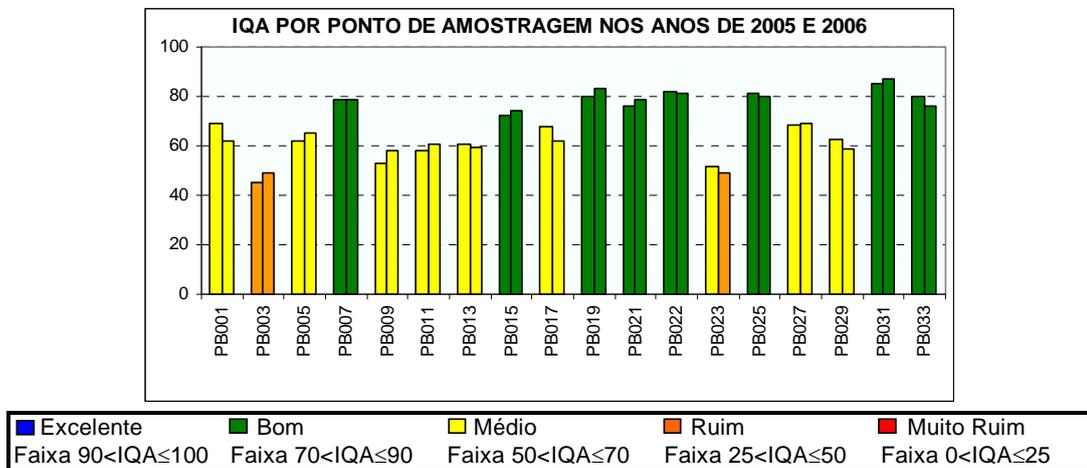


Figura 8.11: Média anual do IQA dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs PN1, PN2 e PN3.

BACIA DO RIO JEQUITINHONHA

A Figura 8.12 apresenta o Índice de Qualidade das Águas para as quatro campanhas de monitoramento dos anos 2005 e 2006, respectivamente, para cada estação de amostragem na bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha. Verificou-se a predominância do Índice de Qualidade das Águas Bom em 2006, totalizando 51,9% de freqüência. A ocorrência de IQA Médio totalizou uma freqüência de 30,8% em 2006 nas estações dessa bacia. Houve ainda a ocorrência de IQA não calculado em 11,5% das estações, devido à perda de amostras do parâmetro coliformes e a ocorrência de IQA Ruim em 5,8% das estações.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

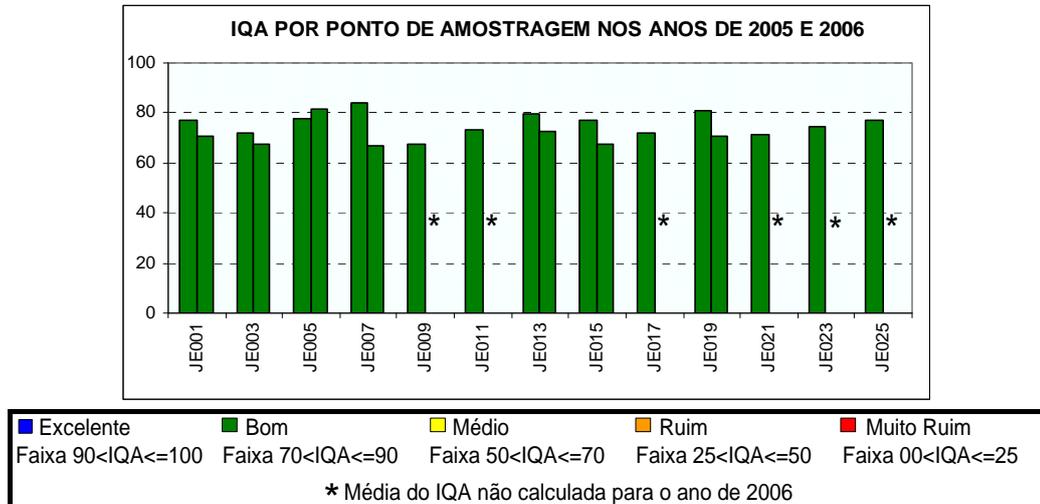


Figura 8.12: Média anual do IQA dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRHs JQ1, JQ2 e JQ3.

BACIA DO RIO MUCURI

A Figura 8.13 apresenta o Índice de Qualidade das Águas em três campanhas de monitoramento dos anos 2005 e 2006, respectivamente, para cada estação de amostragem na bacia hidrográfica do rio Mucuri. Nesta bacia predominou o IQA Bom, com ocorrência em 50% dos pontos de monitoramento em 2006, sendo a melhor condição deste IQA observada na segunda campanha de 2006, no trecho do rio Todos os Santos monitorado a montante da cidade de Teófilo Otoni (MU006). O IQA Médio ocorreu em 21,9% das estações nesta bacia e o IQA Ruim ocorreu em 3,1% das estações, sendo a pior condição de IQA Ruim observada no trecho do rio Todos os Santos monitorado a jusante da localidade de Pedro Versiani (MU007) na segunda campanha de 2006. Houve ainda a ocorrência de IQA não calculado em 25% das estações, devido à perda de amostras do parâmetro coliformes.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

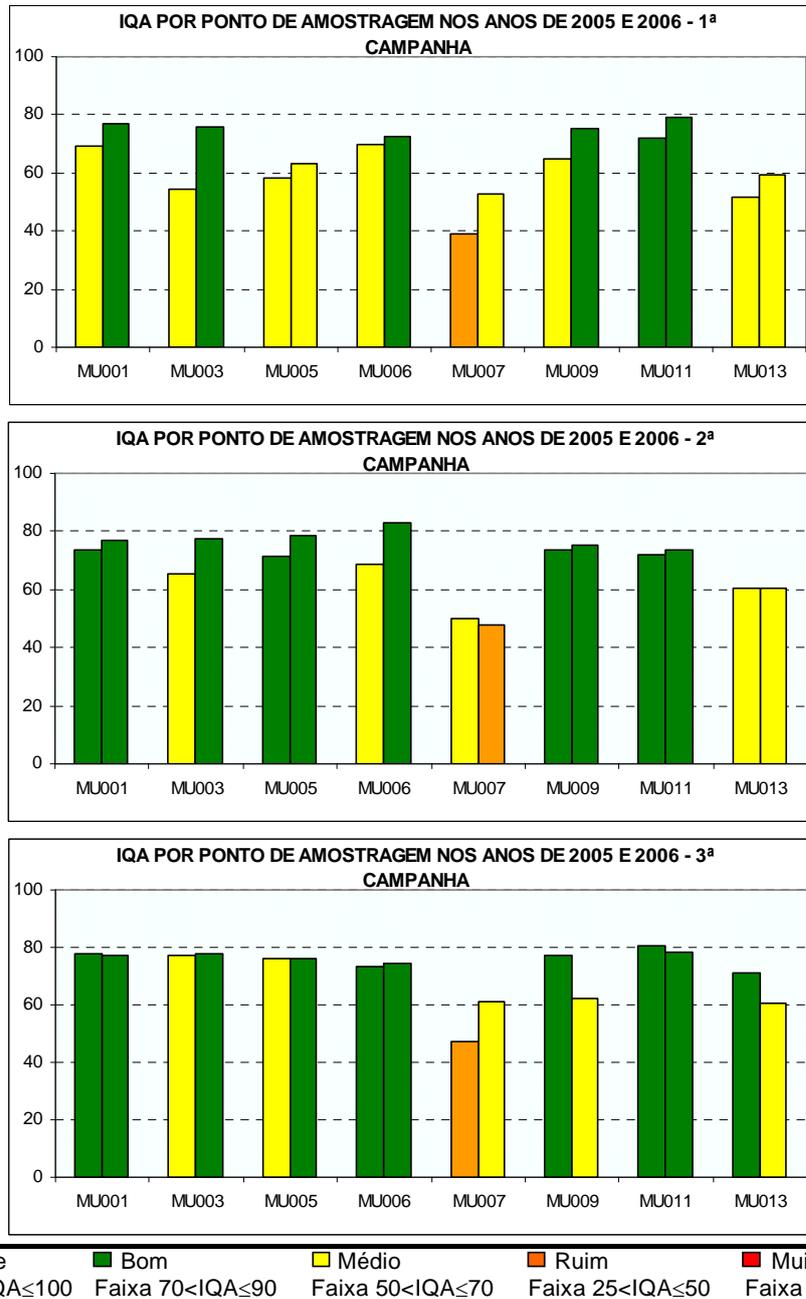


Figura 8.13: IQA (1ª, 2ª e 3ª campanhas) dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPGRH MU1.

BACIA DO RIO PARDO

A Figura 8.14 apresenta o Índice de Qualidade das Águas em três campanhas de monitoramento dos anos 2005 e 2006, respectivamente, para cada estação de amostragem na bacia hidrográfica do rio Pardo. Nesta bacia predominou a ocorrência de IQA Bom em 2006, situação que vêm ocorrendo ao longo dos anos, sendo a melhor condição deste IQA observada na terceira campanha no trecho do rio Pardo monitorado a jusante da cidade de Rio Pardo de Minas (PD003). Houve a ocorrência de IQA Médio em 33,3% das estações,

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

sendo a pior situação deste IQA observada na primeira campanha de 2006, no trecho do rio Pardo a jusante da foz do córrego Tingui no município de Montezuma (PD001). Houve ainda a ocorrência de IQA não calculado em 25% das estações, devido à perda de amostras do parâmetro coliformes.

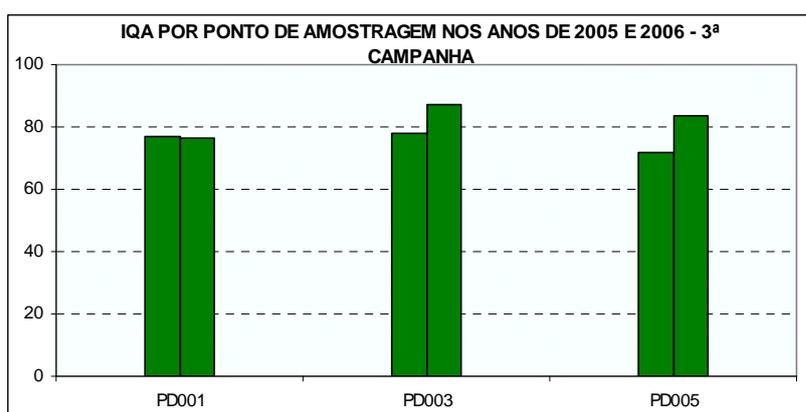
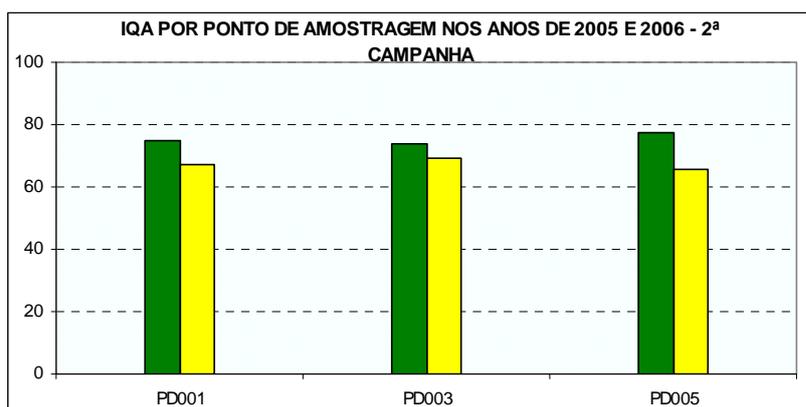
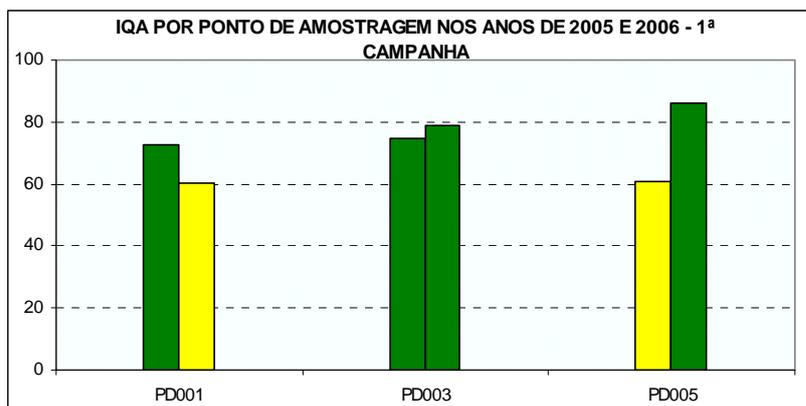


Figura 8.14: IQA (1ª, 2ª e 3ª campanhas) dos anos 2005 e 2006, respectivamente, por estação de amostragem – UPRH PA1.

8.2. CT – Contaminação por Tóxicos nas Bacias Hidrográficas

Analisando-se a Figura 8.15 pode-se perceber que o cobre dissolvido é a substância tóxica que apresentou as maiores ocorrências em desconformidade com a legislação em todo o Estado de Minas Gerais em 2006, quando cerca de 37% das análises não atenderam aos limites das classes de enquadramento dos corpos de água monitorados. Destacam-se também as ocorrências dos parâmetros chumbo total e fenóis totais, em que cerca de 18% e 14% das análises, respectivamente, não atenderam aos limites das classes de enquadramento dos corpos de água monitorados. Vale ressaltar ainda os parâmetros nitrogênio amoniacal total e arsênio total que apresentaram, respectivamente, 10% e 9% de ocorrências em desconformidade com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº357/05.

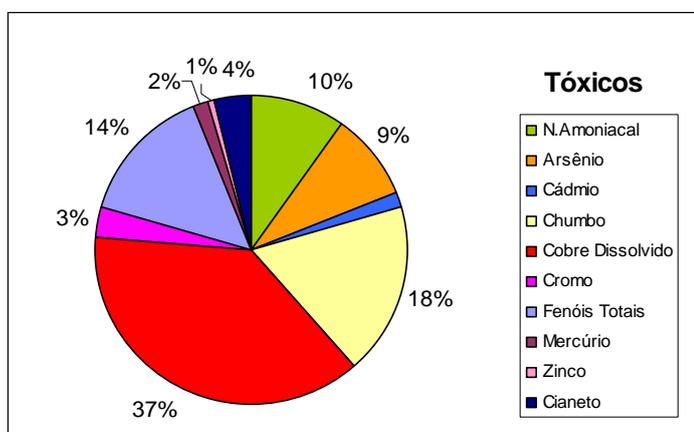


Figura 8.15: Ocorrência de parâmetros avaliados na Contaminação por Tóxicos no Estado de Minas Gerais.

Nas bacias hidrográficas monitoradas em 2006, pôde-se verificar uma piora em relação à Contaminação por Tóxicos comparativamente ao ano de 2005. Apesar disso, observa-se de forma geral o predomínio da Contaminação por Tóxicos Baixa nas bacias monitoradas em Minas Gerais, exceto na bacia do rio Doce na qual predominou a ocorrência de CT Alta, com 38% de frequência em 2006 (Figura 8.16).

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

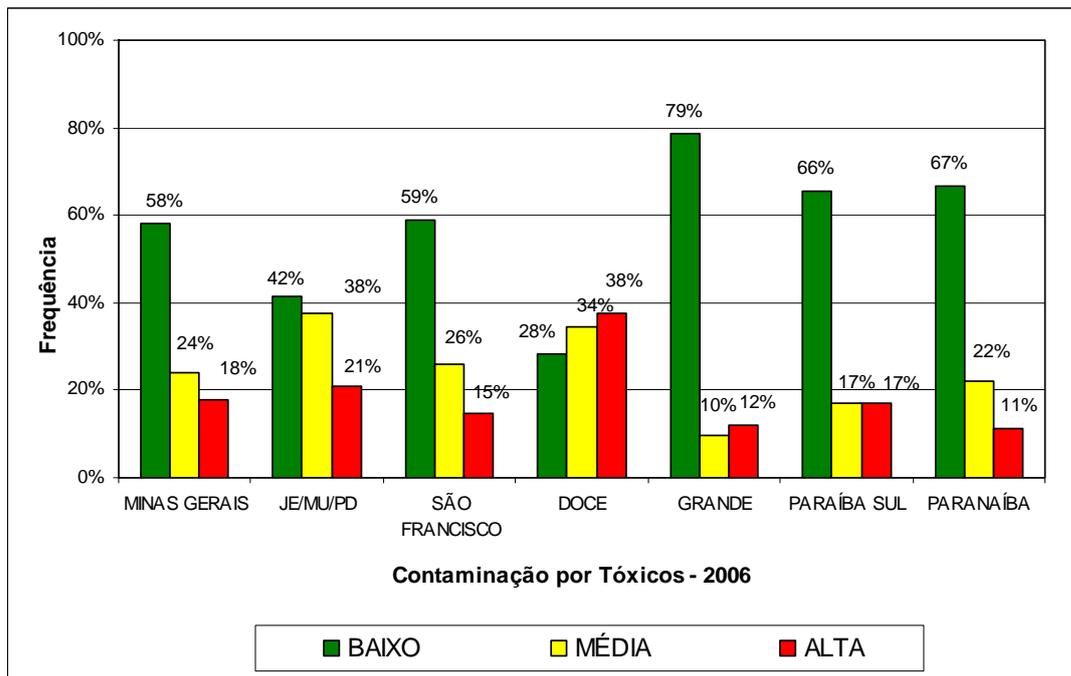


Figura 8.16: Frequência de ocorrência de Contaminação por Tóxicos no Estado de Minas Gerais.

BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

Na bacia do rio São Francisco houve redução da CT Alta de 19% em 2005 para 15% em 2006, prevalecendo a condição de CT Baixa em todas as sub-bacias (Figura 8.17).

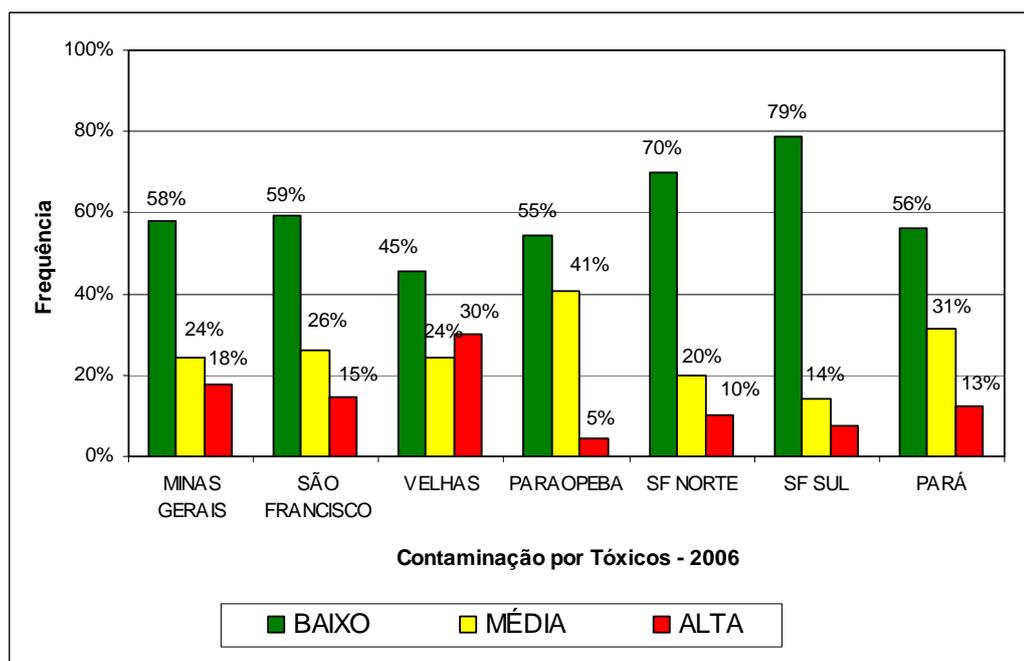


Figura 8.17: Frequência de ocorrência de Contaminação por Tóxicos nas sub-bacias do rio São Francisco.

As Figuras a seguir destacam a contribuição dos parâmetros avaliados na Contaminação por Tóxicos nas faixas Média e Alta em cada sub-bacia do rio São Francisco em 2006.

Rio São Francisco – Sul

Na sub-bacia do rio São Francisco – Sul houve redução de 22% das ocorrências de CT Média, de 36% em 2005 para 14% em 2006. O parâmetro que contribuiu para a CT Média e Alta nesta sub-bacia foi o chumbo total apresentando 100% de frequência em cada CT (Figura 8.18).

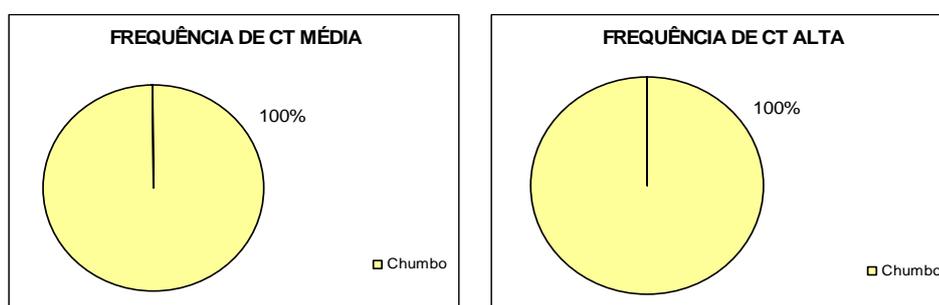


Figura 8.18: Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRHs SF1 e SF4.

Sub-Bacia do Rio Pará

Na sub-bacia do rio Pará houve aumento da CT Média em 25% das ocorrências, de 6% em 2005 para 31% em 2006. Os parâmetros que mais contribuíram para este resultado da CT Média na sub-bacia do rio Pará foram cobre dissolvido e chumbo total, com 33% de frequência cada um (Figura 8.19). Analogamente, verificou-se um aumento da CT Alta que apresentou 8% de frequência em 2005 e 13% em 2006. Os parâmetros nitrogênio amoniacal total, chumbo total, cobre dissolvido, cianeto e zinco contribuíram com 20% de ocorrência cada um.

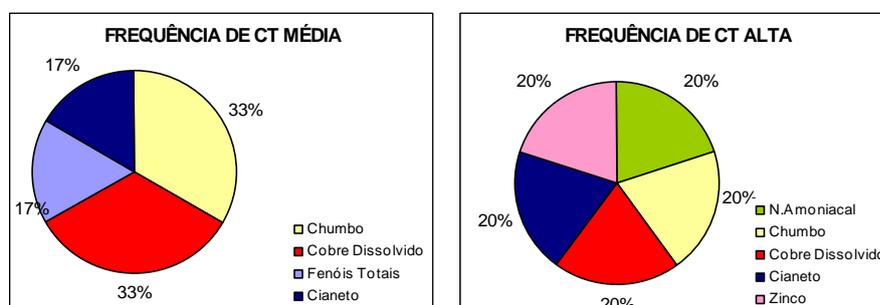


Figura 8.19: Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRH SF2.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

Sub-Bacia do Rio das Velhas

Na sub-bacia do rio das Velhas observou-se a redução da CT Média e Alta de 41% e 34% de frequência em 2005, para 24% e 30% em 2006, respectivamente. Os parâmetros nitrogênio amoniacal total e arsênio total foram os responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Média e Alta na frequência de 37% e 59% das ocorrências, respectivamente (Figura 8.20).

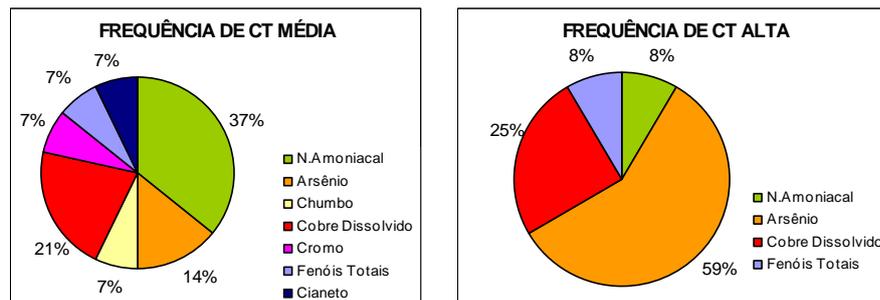


Figura 8.20: Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRH SF5.

Bacia do Rio Paraopeba

Na sub-bacia do rio Paraopeba verificou-se um ligeiro aumento na ocorrência da CT Média de 40% em 2005 para 41% em 2006. Por outro lado, a frequência da CT Alta diminuiu de 15% em 2005 para 5% no ano seguinte. O parâmetro chumbo total foi responsável pela CT Média e Alta em 2006, na frequência de 42% e 100% das ocorrências, respectivamente (Figura 8.21).

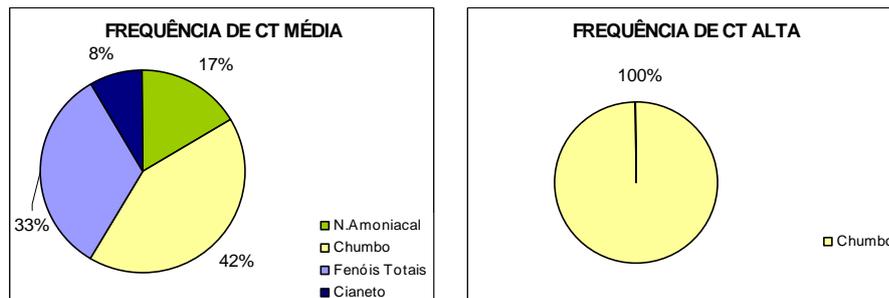


Figura 8.21: Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRH SF3.

Rio São Francisco – Norte

Na sub-bacia do rio São Francisco – Norte observou-se a redução das ocorrências da CT Média e Alta de 28% e 20% de frequência, respectivamente, em 2005 para 20% e 10%, respectivamente, no ano seguinte. Os parâmetros responsáveis pela CT Média foram cobre dissolvido, chumbo total e fenóis totais com 50%, 25% e 25% de frequência respectivamente. Os parâmetros nitrogênio amoniacal total, arsênio total e cobre total contribuíram para a CT Alta na frequência de 34%, 33% e 33% das ocorrências, respectivamente (Figura 8.22).

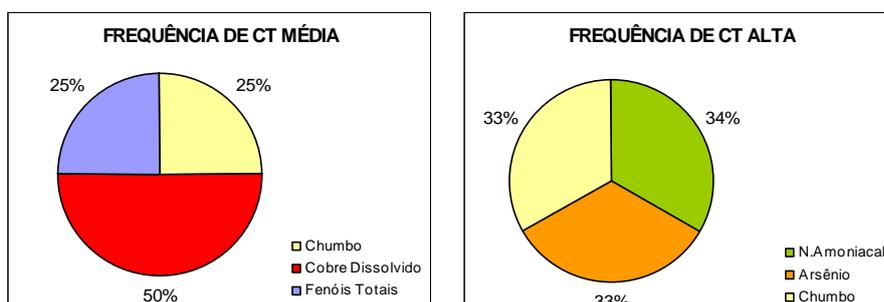


Figura 8.22: Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRHs SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10.

As Figuras a seguir destacam a contribuição dos parâmetros avaliados na Contaminação por Tóxicos nas faixas Média e Alta nas demais bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais em 2006.

BACIA DO RIO GRANDE

Em 2006 a bacia do rio Grande apresentou redução de 2% da CT Média e conseqüente aumento da CT Alta em 12%, em relação ao ano de 2005. Os parâmetros chumbo total e fenóis totais foram os que mais contribuíram para a CT Média em 2006, com uma frequência de 40% das ocorrências nesta bacia para cada parâmetro. O parâmetro chumbo total foi o principal responsável pela CT Alta nesta bacia, com cerca de 60% de frequência em 2006 (Figura 8.23).

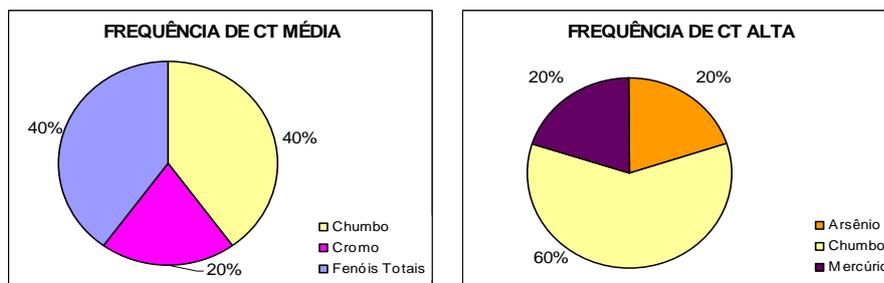


Figura 8.23: Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRHs GD1, GD2, GD3, GD4, GD5, GD6, GD7 e GD8.

BACIA DO RIO DOCE

Na bacia do rio Doce houve aumento da CT Alta, de 16% em 2005 para 38% em 2006 e conseqüente redução da CT Média, de 41% em 2005 para em 34% em 2006. O parâmetro cobre dissolvido foi o responsável por 92% de ocorrências na CT Média e na CT Alta desta bacia (Figura 8.24).

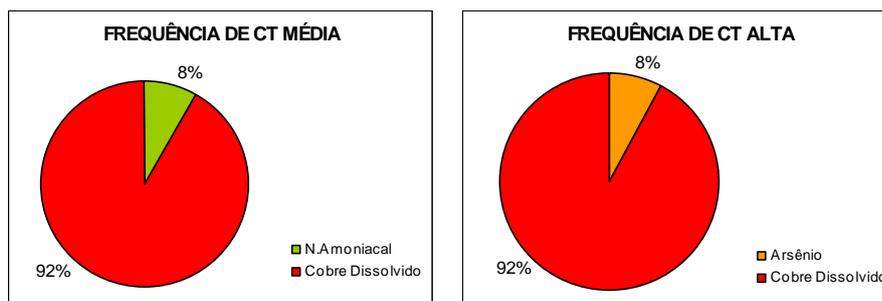


Figura 8.24: Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRHs DO1, DO2, DO3, DO4, DO5 e DO6.

BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

Em 2006, na bacia do rio Paraíba do Sul, houve um aumento de 3% nas ocorrências de Contaminação por Tóxicos Média e Alta em relação ao ano de 2005, perfazendo um total de 17% de frequência para CT Média e CT Alta. O parâmetro fenóis totais foi o responsável por 32% de ocorrências na CT Média e Alta em 2006 (Figura 8.25).

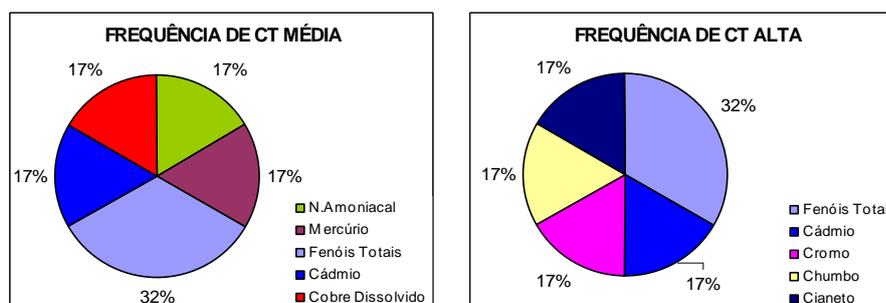


Figura 8.25: Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRHs PS1 e PS2.

BACIA DO RIO PARANAÍBA

Na bacia do rio Paranaíba a CT Alta que não havia sido detectada em 2005, apresentou 11% de frequência em 2006. Os parâmetros responsáveis por este resultado foram nitrogênio amoniacal total e cromo total, com frequência de 50% para cada parâmetro. Houve redução de CT Média de 28% em 2005 para 22% em 2006 e os parâmetros que influenciaram para esta CT em 2006 foram chumbo total e cobre dissolvido, com frequência de 50% das ocorrências para cada parâmetro (Figura 8.26).

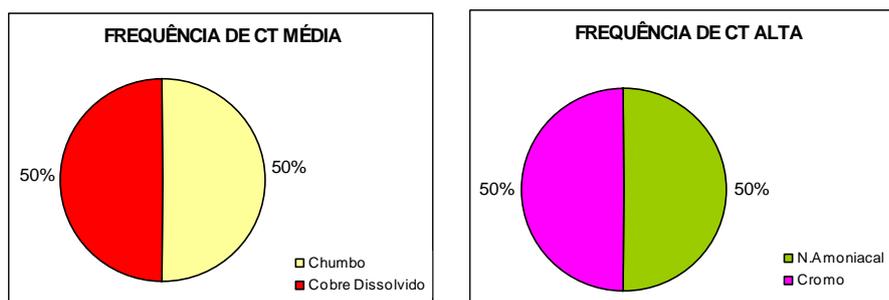


Figura 8.26: Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRHs PN1, PN2 e PN3.

BACIA DO RIO JEQUITINHONHA

Na bacia do rio Jequitinhonha a Contaminação por Tóxicos em 2006 apresentou um resultado semelhante em relação ao ano de 2005. A CT Média passou de 38% em 2005 para de 46% em 2006. Houve uma pequena redução na ocorrência CT Alta de 38% em 2005 para 31% das estações em 2006. O parâmetro cobre dissolvido foi responsável pela CT Média e Alta na frequência de 86% e 100% das ocorrências, respectivamente (Figura 8.27).

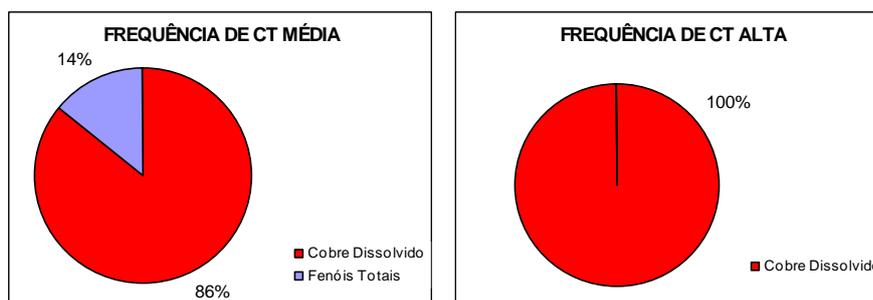


Figura 8.27: Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média – UPGRHs JQ1, JQ2 e JQ3.

BACIA DO RIO PARDO

Na bacia do rio Pardo a CT Alta que não havia sido observada em 2005, apresentou 33% de frequência em 2006. Destaca-se que não houve ocorrência de CT Média em 2006, assim como no ano anterior. O parâmetro cobre dissolvido contribuiu em 100% das ocorrências da CT Alta (Figura 8.28).



Figura 8.28: Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta – UPGRH PA1.

BACIA DO RIO MUCURI

Na bacia do rio Mucuri observou-se uma redução da CT Média de 50% em 2005 para 37% das estações monitoradas em 2006. A ocorrência de CT Baixa passou de 13% em 2005 para 62% das estações em 2006. Ressalta-se que não houve ocorrências de CT Alta em 2006 na bacia do rio Mucuri refletindo uma melhoria das condições de toxicidade nas águas desta bacia. O parâmetro fenóis totais foi o responsável pela CT Média na frequência de 100% das ocorrências (Figura 8.29).

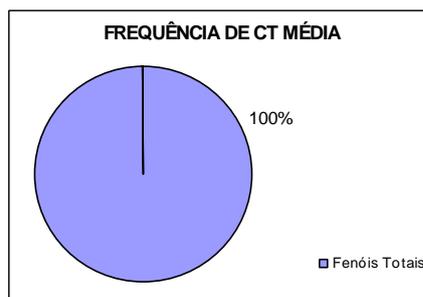


Figura 8.29: Frequência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Média – UPGRH MU1.

8.3. Parâmetros em desacordo com a legislação

8.3.1. No Estado de Minas Gerais

Na Figura 8.30 pode-se observar a ocorrência de metais em desconformidade com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 no Estado de Minas Gerais em 2006. O manganês total permanece apresentando as maiores freqüências de desconformidades no Estado, totalizando 31,2% das ocorrências, com redução de 5,3% em relação a 2005. O ferro dissolvido vem em seguida, com redução de 1,9% nas ocorrências de desconformidades em relação a 2005, totalizando 15% das ocorrências em 2006. Merece destaque também o parâmetro cobre dissolvido, que em 2006 totalizou 7% das ocorrências em desconformidade com os limites permitidos pela legislação, aumento de 3% em relação a 2005. Estes metais são importantes constituintes da camada de substratos dos solos no Estado de Minas Gerais, sendo assim, podem ser considerados constituintes naturais das águas das bacias hidrográficas do território mineiro.

A freqüência 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.

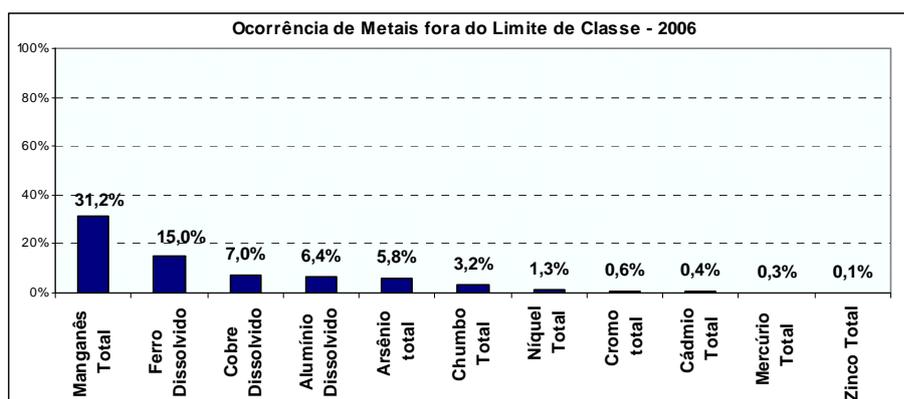


Figura 8.30: Freqüência da ocorrência de metais fora dos limites estabelecidos na legislação.

Em relação aos demais parâmetros monitorados, pode-se observar pela Figura 8.31 que o parâmetro coliformes termotolerantes permanece apresentando a maior freqüência de desconformidades no Estado de Minas Gerais, totalizando 45,6% das ocorrências em 2006. Ressalta-se o aumento das ocorrências do parâmetro óleos e graxas em 2006, totalizando 12,5% das ocorrências no Estado. Vale destacar ainda, as freqüências dos parâmetros turbidez e cor verdadeira, com 13,8% e 20,3% das ocorrências, respectivamente, em 2006.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

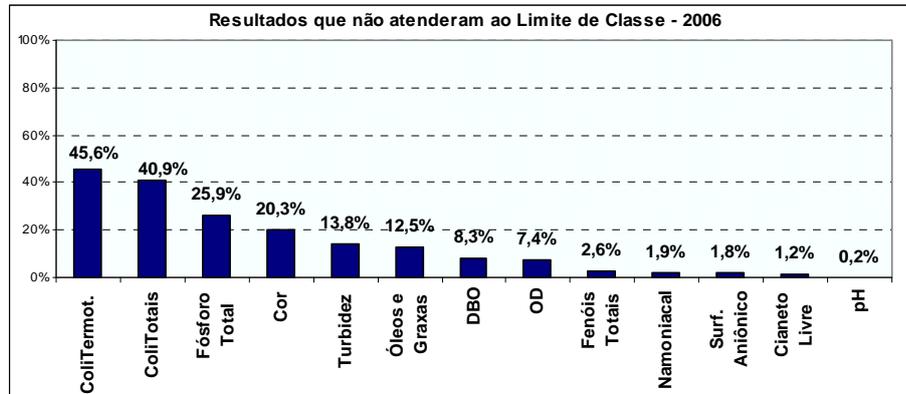


Figura 8.31: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação.

8.3.2. Nas bacias hidrográficas

Os parâmetros que estiveram em desconformidade com os limites de classe de enquadramento nas bacias hidrográficas de Minas Gerais em 2006 serão apresentados nas Figuras a seguir. O parâmetro coliformes termotolerantes apresentou as maiores ocorrências, predominando na maioria das bacias mineiras em 2006, como por exemplo na bacia do rio das Velhas.. Na bacia do rio São Francisco – Norte e Sul, e na bacia do rio Jequitinhonha predominaram as ocorrências do parâmetro cor verdadeira. Na bacia do rio Paraopeba predominaram as ocorrências do parâmetro manganês total. Nas bacias dos rios Pardo e Mucuri predominaram as ocorrências do parâmetro óleos e graxas.

BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

Sub-Bacia do Rio das Velhas

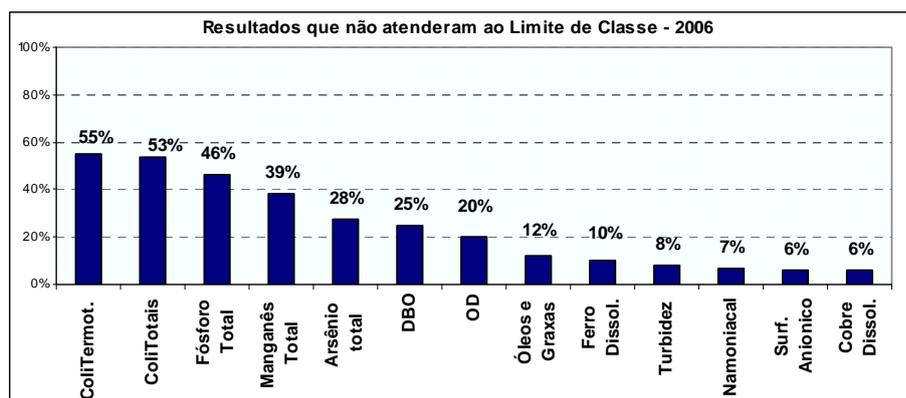


Figura 8.32: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPRH SF5.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

Sub-Bacia do Rio Paraopeba

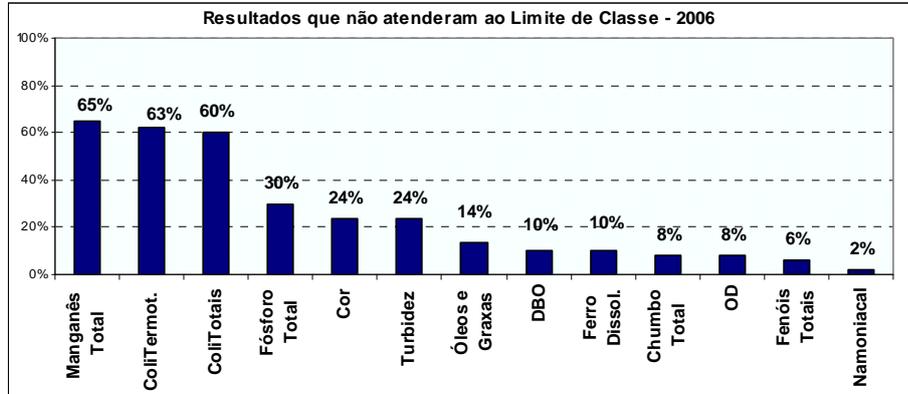


Figura 8.33: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPRGH SF3.

Sub-Bacia do Rio Pará

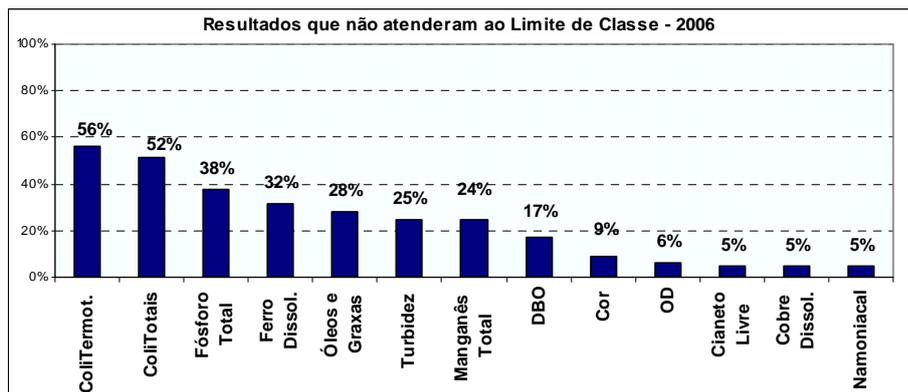


Figura 8.34: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPRGH SF2.

Rio São Francisco – Sul

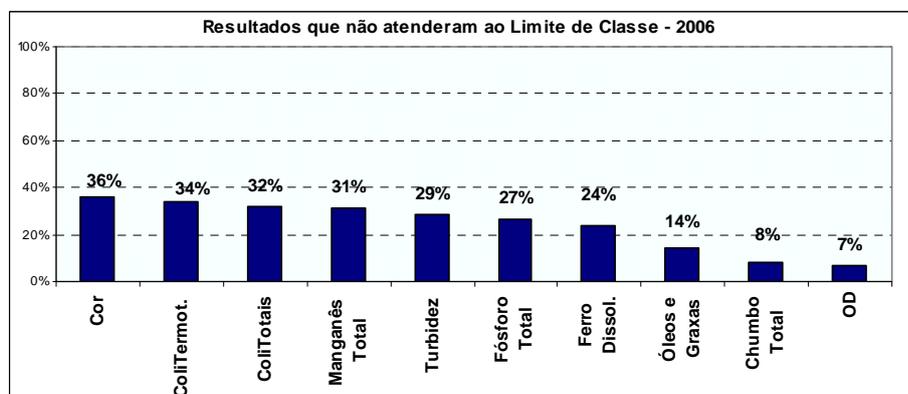


Figura 8.35: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPRGHs SF1 e SF4.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

Rio São Francisco – Norte

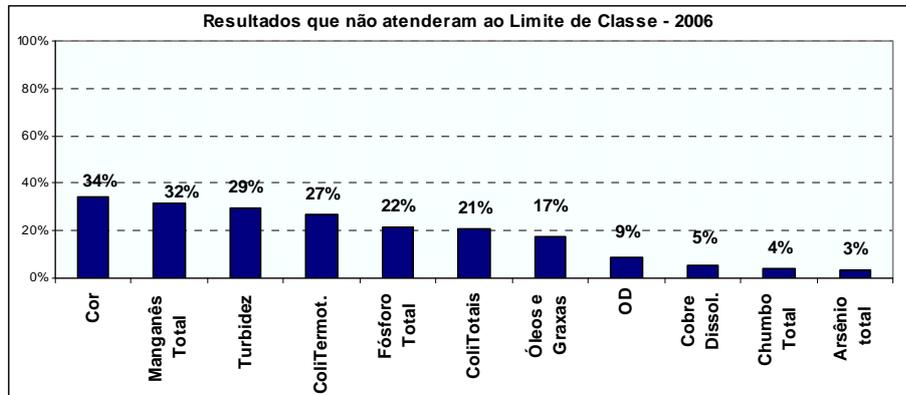


Figura 8.36: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPGRHs SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10.

BACIA DO RIO GRANDE

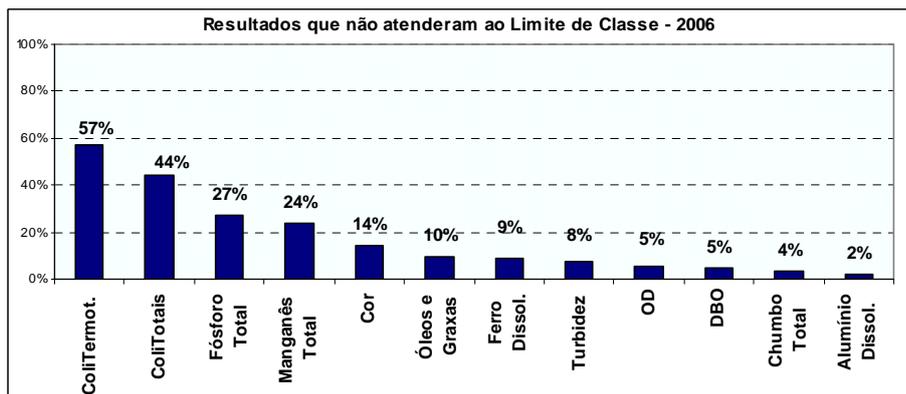


Figura 8.37: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPGRHs GD1, GD2, GD3, GD4, GD5, GD6, GD7 e GD8.

BACIA DO RIO DOCE

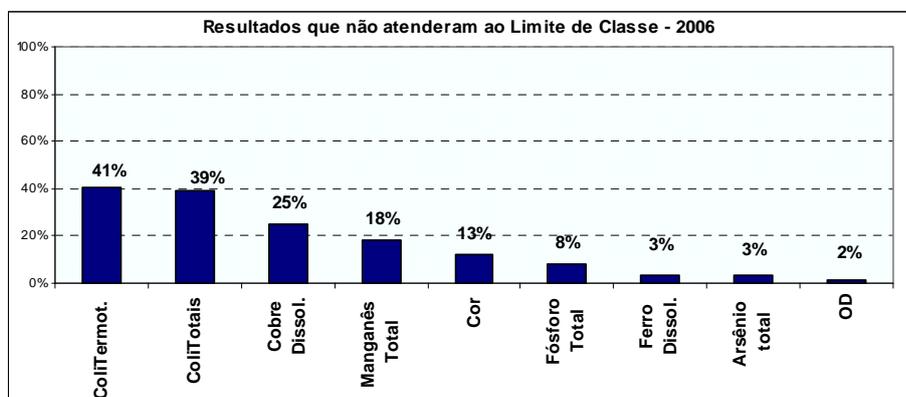


Figura 8.38: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPGRH DO1, DO2, DO3, DO4, DO5 e DO6.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

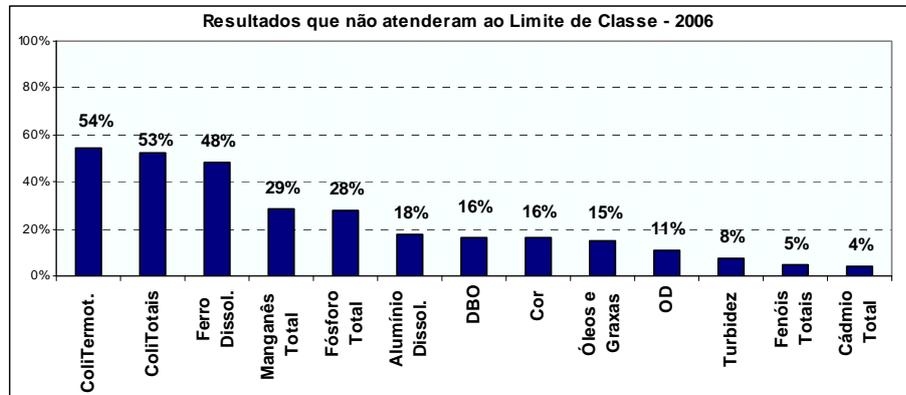


Figura 8.39: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPGRH PS1 e PS2.

BACIA DO RIO PARANAÍBA

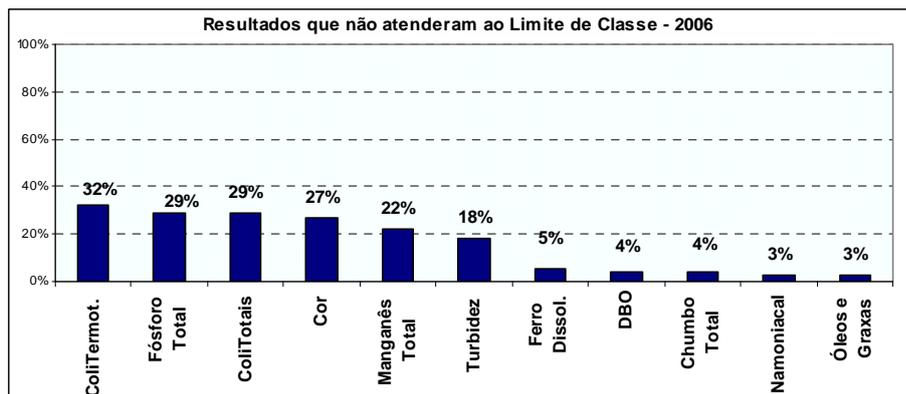


Figura 8.40: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPGRHs PN1, PN2 e PN3.

BACIA DO RIO JEQUITINHONHA

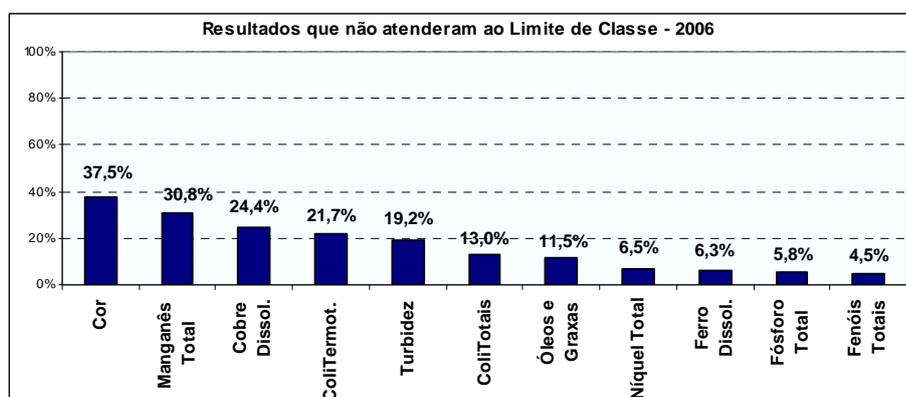


Figura 8.41: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPGRHs JQ1, JQ2 e JQ3.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

BACIA DO RIO MUCURI

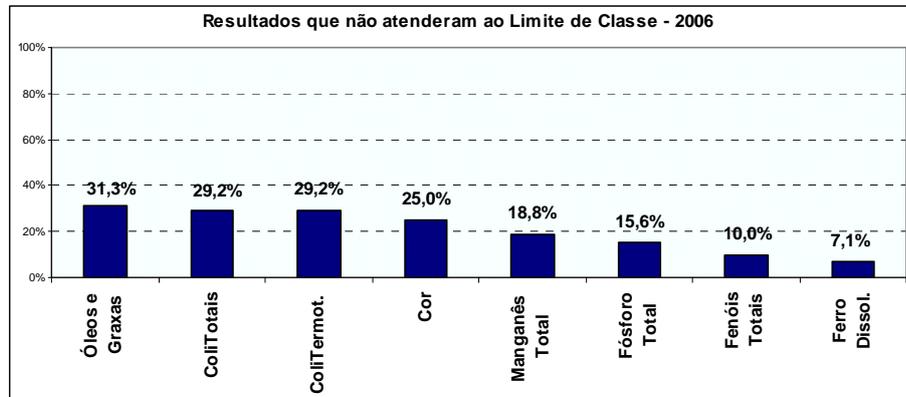


Figura 8.42: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPRH MU1.

BACIA DO RIO PARDO

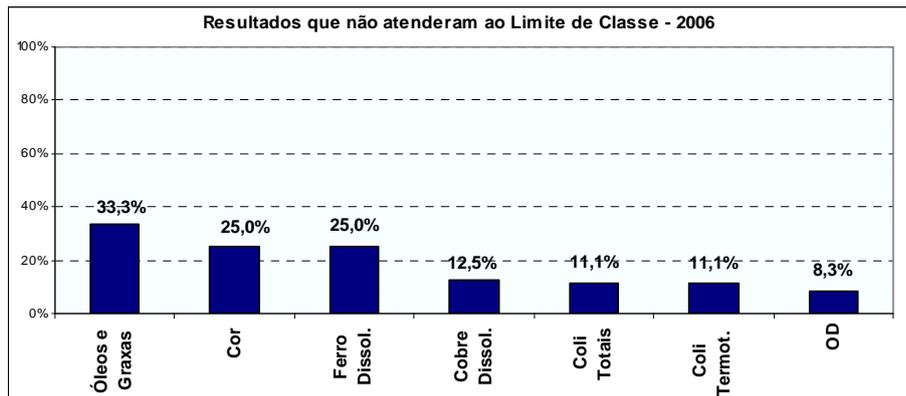


Figura 8.43: Frequência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação – UPRH PA1.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

8.4. Ensaio de Ecotoxicidade

No período compreendido entre agosto de 2003 e dezembro de 2006, foram realizados 390 (trezentos e noventa) ensaios de toxicidade crônica com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*, correspondentes a 32 estações de amostragem, com frequência trimestral.

As estações de coleta estão 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, priorizando as bacias em que 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 ecotoxicológicos foram identificados em menos de 25% dos ensaios realizados foram caracterizadas como tendo **Baixa** ocorrência de ecotoxicidade; aquelas que apresentaram resultados positivos em 25,1 a 50% dos ensaios foram consideradas com ocorrência **Média** de ecotoxicidade e aquelas cuja porcentagem de resultados positivos foi superior a 50% foram consideradas com **Alta** ocorrência de toxicidade. Conforme apresentado na Tabela 8.1, nenhuma das estações se mostrou atóxica. Apesar de apontarem uma piora em 2006, quando foram registrados resultados positivos, as melhores condições de ecotoxicidade foram observadas no rio Verde Grande próximo de sua foz no rio São Francisco (VG011), onde apenas um dos onze ensaios realizados apresentou resultados positivos, e no rio São Domingos próximo de sua foz no rio Paranaíba (PB033), com ecotoxicidade observada somente em duas das treze amostras coletadas.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

Tabela 8.1: Avaliação dos resultados dos testes de ecotoxicidade, entre agosto/2003 e dezembro/2006.

BACIA DO RIO GRANDE			
Ocorrência de Toxicidade	Nº de ensaios	UPGRH GD1 - Rio Grande	
M	13	BG001	Rio GRANDE na cidade de Liberdade
A	12	BG003	Rio GRANDE a montante do Reservatório de Camargos
A	13	BG007	Rio GRANDE a jusante do Reservatório de Itutinga
A	12	BG009	Rio CAPIVARI próximo de sua foz no Rio Grande
UPGRH GD2 - Rio das Mortes, Grande e Jacaré			
M	12	BG011	Rio das MORTES a montante da cidade de Barbacena
B	13	BG019	Rio GRANDE a montante do Reservatório de Furnas
M	12	BG021	Rio JACARÉ a montante do Reservatório de Furnas
UPGRH GD4 - Rio Verde			
A	13	BG028	Rio VERDE na cidade de Soledade de Minas
A	12	BG029	Rio BAEPENDI próximo de sua foz no Rio Verde
A	11	BG031	Rio LAMBARI próximo de sua foz no Rio Verde
A	13	BG035	Rio VERDE na localidade de Flora
A	12	BG036	Rio PALMELA na proximidade de sua foz no Rio Verde
UPGRH GD5 - Rio Sapucaí			
M	12	BG044	Rio SAPUCAÍ-MIRIM a montante da cidade de Pouso Alegre
M	13	BG047	Rio SAPUCAÍ a montante da cidade de Careaçú
M	12	BG049	Rio SAPUCAÍ a montante do Reservatório de Furnas
UPGRH GD7 - Rio Grande			
M	12	BG055	Rio SÃO JOÃO a montante do Reservatório de Peixoto
UPGRH GD8 - Rio Grande			
M	12	BG059	Rio UBERABA a montante do Reservatório de Porto Colômbia
BACIA DO RIO PARANAÍBA			
UPGRH PN1 - Rio Paranaíba			
M	12	PB003	Rio PARANAÍBA a jusante da cidade de Patos de Minas
A	13	PB007	Rio PARANAÍBA entre os Reservatórios de Emborcação e Itumbiara
A	12	PB009	Rio JORDÃO a jusante da cidade de Araguari
UPGRH PN2 - Rio Araguari			
A	13	PB011	Rio QUEBRA ANZOL a montante do Reservatório de Nova Ponte
M	12	PB013	Rio CAPIVARA a jusante da cidade de Araxá
A	12	PB017	Rio ARAGUARI a montante do Reservatório de Nova Ponte
M	12	PB019	Rio ARAGUARI a jusante do Reservatório de Miranda
M	11	PB023	Rio UBERABINHA a jusante da cidade de Uberlândia
UPGRH PN3 - Rio Paranaíba e afluentes			
M	13	PB025	Rio PARANAÍBA a jusante do Reservatório de Itumbiara
A	12	PB027	Rio TIJUCO a montante do Reservatório de São Simão
M	13	PB029	Rio da PRATA a montante do Reservatório de São Simão
B	12	PB033	Rio SÃO DOMINGOS próximo de sua foz no Rio Paranaíba
BACIA DO RIO DOCE			
UPGRH DO6 - Rio Manhuaçu			
M	13	RD064	Rio MANHUAÇU em Santana do Manhuaçu
BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO			
UPGRH SF07 - Rio Paracatu			
A	10	PT007	Rio PRETO a jusante da cidade de Unai
UPGRH SF10 - Rio Verde Grande			
B	11	VG011	Rio VERDE GRANDE próximo de sua foz no Rio São Francisco

Legenda:

B = Baixa Ocorrência de Toxicidade = Resultados Positivos em até 25% dos ensaios realizados
M = Média Ocorrência de Toxicidade = Resultados Positivos em 25,1 a 50% dos ensaios realizados
A = Alta Ocorrência de Toxicidade = Resultados Positivos em 50,1 a 100% dos ensaios realizados

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

Uma avaliação geral dos bioensaios realizados no período de 2003 a 2006 mostra que mais da metade das amostras analisadas apresentaram resultados positivos (Figura 8.44), proporção esta que se mantém para as bacias dos rios Grande e Paranaíba, mas se mostra menos expressiva para as bacias dos rios Doce e São Francisco, em sua porção norte (Figura 8.45).

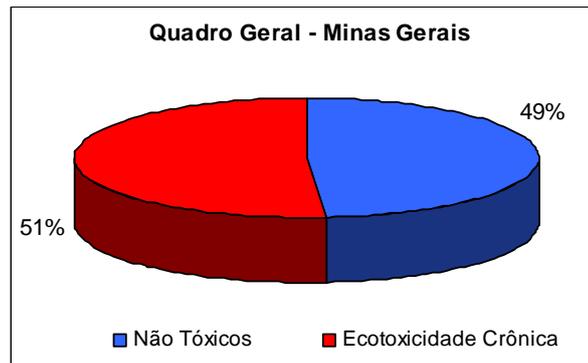


Figura 8.44: Percentagens de amostras não tóxicas e com ecotoxicidade crônica observadas entre 2003 e 2006, considerando as quatro bacias monitoradas.

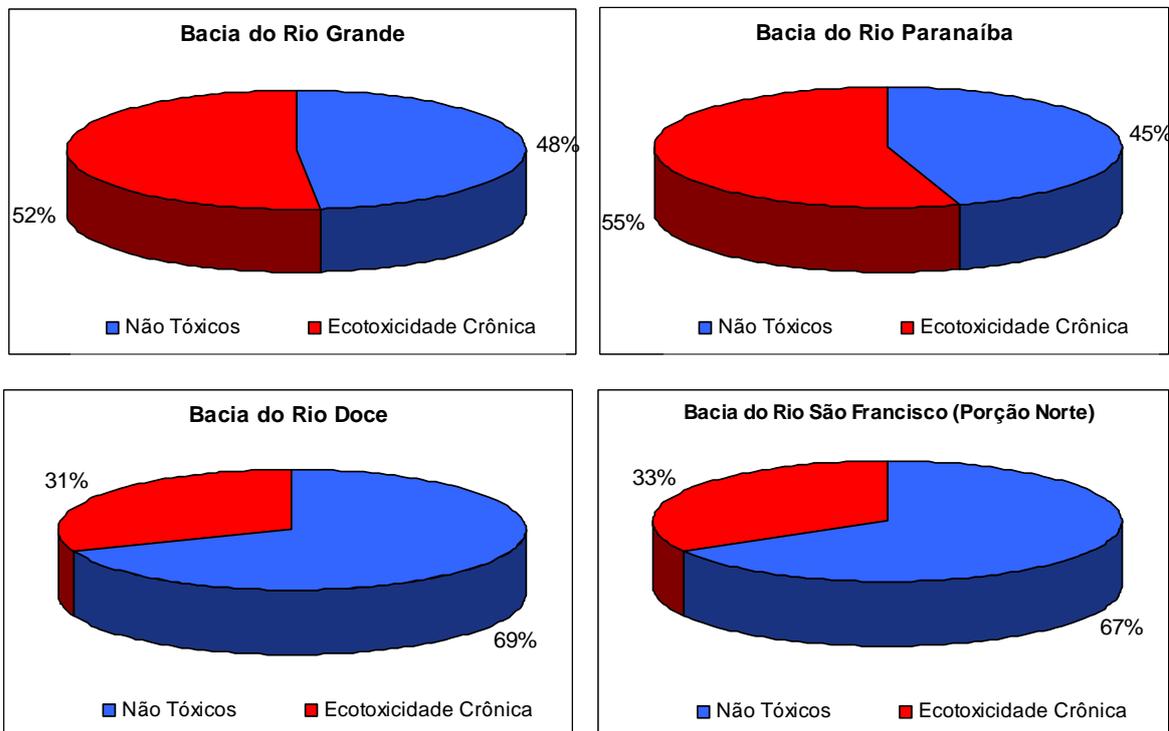


Figura 8.45: Percentagens de amostras não tóxicas e com ecotoxicidade crônica observadas ao longo do monitoramento realizado entre 2003 e 2006 nas bacias dos rios Grande, Paranaíba, Doce e São Francisco.

Os bioensaios positivos resultaram em Média a Alta ocorrência de ecotoxicidade na maior parte da rede de monitoramento ecotoxicológico. Vinte e nove das 32 estações de amostragem mostraram-se potencialmente tóxicas para a biota, ou seja, tiveram resultados positivos em mais de 25% dos ensaios realizados entre 2003 e 2006 (Tabela 8.1). Dois corpos de água da bacia do rio Grande, rios Capivari próximo de sua foz no rio Grande (BG009) e Baependi próximo de sua foz no rio Verde (BG029) e o rio Tijuco a montante do reservatório de São Simão (PB027) na bacia do rio Paranaíba, destacaram-se pelas condições críticas de ecotoxicidade e, conseqüentemente, continuamente restritivas para a biota, ao apresentarem resultados positivos em dez dos doze ensaios realizados.

Comparando-se as duas bacias que concentram o maior número de estações monitoradas, verifica-se uma pequena parcela dos pontos com Baixa ocorrência de ecotoxicidade, representada, em ambas, por uma estação de amostragem. Na bacia do rio Grande, as 16 estações restantes dividem-se igualmente entre as categorias Média e Alta ocorrência de ecotoxicidade, enquanto na bacia do rio Paranaíba, a proporção de estações com Média ocorrência de ecotoxicidade é ligeiramente maior (Figura 8.46).

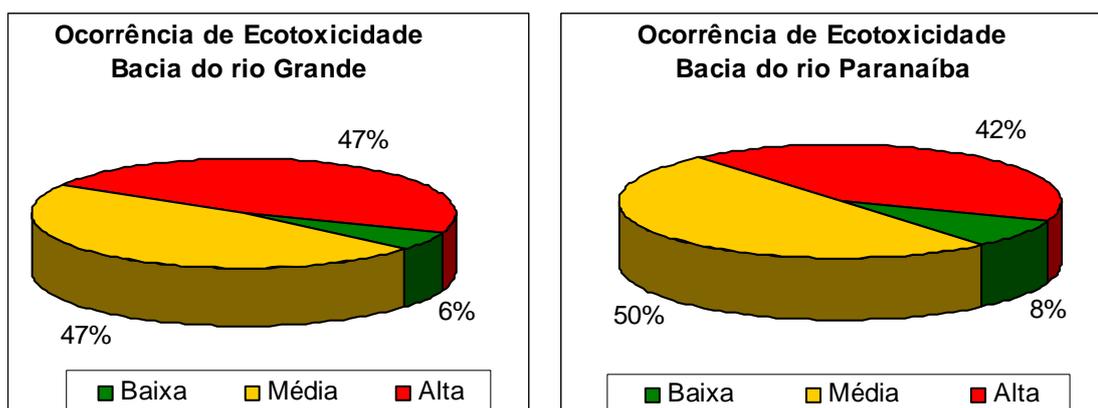


Figura 8.46: Porcentagem de estações com Baixa, Média e Alta ocorrência de ecotoxicidade nas bacias dos rios Grande e Paranaíba nos anos de 2003 a 2006.

Deve-se destacar que, conforme pôde ser verificado na Tabela 8.1, mostrada anteriormente, todas as estações localizadas na sub-bacia do rio Grande apresentaram alta ocorrência de ecotoxicidade, apontando um quadro de degradação ambiental avançada na UPRH GD4. Na bacia do rio Paranaíba, as estações que apresentaram alta ocorrência de resultados positivos nos ensaios com o microscutáceo *Ceriodaphnia dubia* encontram-se distribuídos nas sub-bacias monitoradas.

As piores condições de ecotoxicidade na bacia do rio Grande foram registradas nos anos de 2004 e 2006, quando 60% e 68% dos ensaios realizados apresentaram resultados positivos, respectivamente (Figura 8.47).

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

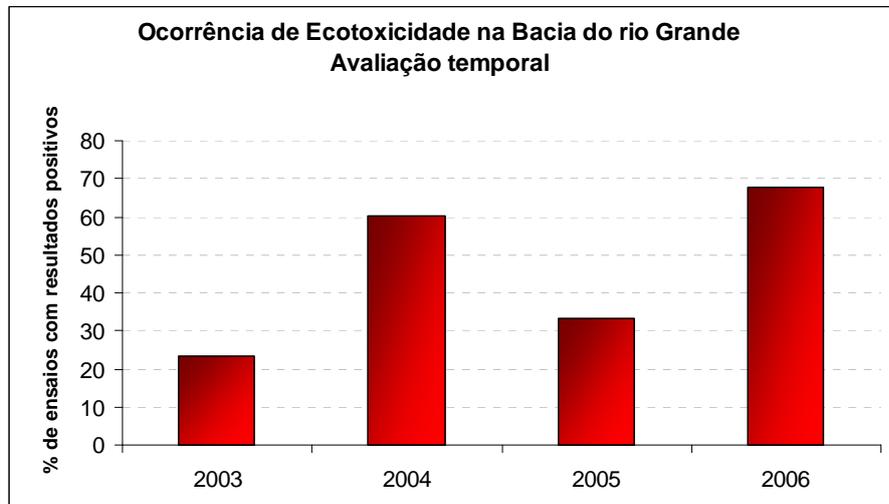


Figura 8.47: Percentuais de estações com resultados positivos de ecotoxicidade na bacia do rio Grande entre 2003 e 2006.

Os percentuais de ensaios com resultados positivos na bacia do rio Paranaíba podem ser observados na Figura 8.48. As piores condições foram observadas nos anos mais recentes, 2005 (65%) e 2006 (69%), sugerindo um aumento dos impactos ambientais nessa bacia desde o início do monitoramento ecotoxicológico.

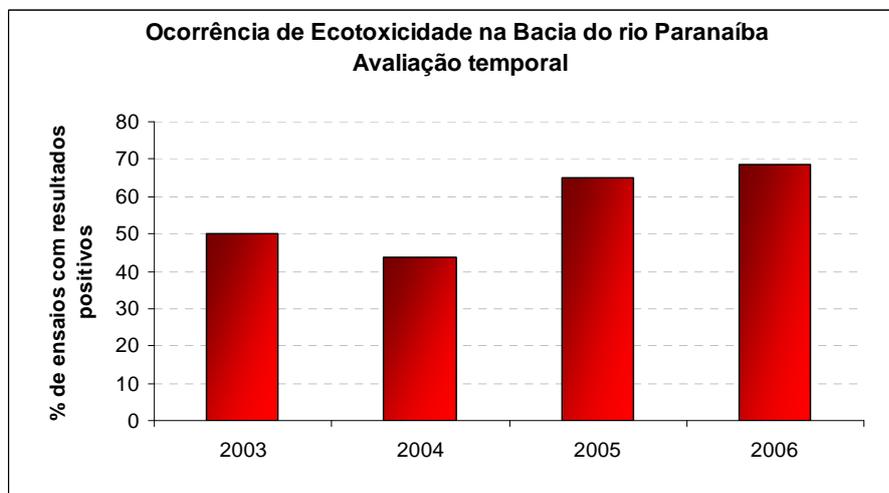


Figura 8.48: Percentuais de estações com resultados positivos de ecotoxicidade na bacia do rio Paranaíba entre 2003 e 2006.

A bacia do rio Doce, representada no monitoramento ecotoxicológico do projeto Águas de Minas pelo rio Manhuaçu, apresentou Média ocorrência de ecotoxicidade, com resultados positivos observados em 31% dos ensaios. Uma tendência a condições ambientais mais restritivas para a biota também foi registrada em 2006 para essa bacia, já que, nesse ano, três das quatro amostras coletadas apresentaram ecotoxicidade crônica (Tabela 8.1).

As duas estações que representam a porção norte da bacia do rio São Francisco apresentaram condições de ecotoxicidade opostas: enquanto a estação localizada no rio Preto apresentou Alta ocorrência de resultados positivos (60% dos ensaios realizados), aquela localizada no rio Verde Grande mostrou ecotoxicidade crônica apenas na segunda campanha de 2006 (Tabela 8.1).

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

- Os testes apontaram águas com efeitos ecotoxicológicos na maioria das estações analisadas;
- Nenhuma estação apresentou-se atóxica;
- O ano de 2006 foi o que apresentou maior ocorrência de resultados positivos em todas as bacias, indicando um aumento da degradação ambiental.
- As melhores condições ecotoxicológicas foram observadas no rio Verde Grande próximo à sua foz no rio São Francisco (VG011) e no rio São Domingos próximo à sua foz no rio Paranaíba (PB033).
- Os resultados indicaram uma situação preocupante em relação à ecotoxicidade das águas na sub-bacia do rio Verde, UPGRH GD4, especialmente nos rios Capivari próximo de sua foz no rio Grande (BG009) e Baependi próximo de sua foz no rio Verde (BG029), que se mostraram constantemente restritivos para o desenvolvimento da vida aquática.
- Na bacia do rio Paranaíba, condições criticamente semelhantes foram encontradas no rio Tijucu (PB027), um importante afluente do reservatório de São Simão.

8.5. Concentração de Clorofila *a*

Com o objetivo de adequar o monitoramento das águas de Minas Gerais à Resolução CONAMA 357, publicada em 17 de março de 2005, o parâmetro concentração de Clorofila *a* foi incluído nas amostragens trimestrais do Projeto Águas de Minas, a partir da quarta campanha de 2006. A inclusão desse parâmetro na resolução e no monitoramento da qualidade das águas se deu pela sua importância ecológica e ambiental, já que se trata de um pigmento fotossintético e propicia uma estimativa da densidade de algas e, indiretamente, do grau de eutrofização do corpo de água.

Nessa primeira coleta, a concentração de clorofila *a* foi analisada em 237 estações distribuídas nas principais bacias hidrográficas do Estado. A única bacia contemplada pelo projeto Água de Minas cujos dados não são apresentados é a bacia do rio Mucuri, devido a problemas técnicos laboratoriais. Os resultados obtidos são apresentados e discutidos a seguir.

Em uma análise geral, considerando todo o Estado, verifica-se que somente 2% das estações ultrapassaram os limites estabelecidos na legislação adotada. Essa porcentagem refere-se a quatro estações localizadas em corpos de água de Classe 2, cujo limite estabelecido na legislação é de $30\mu\text{g.L}^{-1}$. Por outro lado, nenhuma das estações localizadas em corpos de água enquadrados nas Classes 1 ou 3 apresentou concentração de clorofila *a* acima dos limites de 10 e $60\mu\text{g.L}^{-1}$, respectivamente.

BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

A bacia do rio São Francisco, maior e mais importante do Estado, foi avaliada separadamente através das sub-bacias dos rios das Velhas, Pará e Paraopeba, e das regiões denominadas São Francisco - Norte (sub-bacias dos rios Paracatu, Uruçua e Verde-Grande e o rio São Francisco após a represa de Três Marias) e São Francisco - Sul (rio São Francisco e afluentes até a represa de Três Marias).

Na sub-bacia do rio das Velhas, os teores de clorofila *a* foram avaliados em 25 estações de amostragem. Conforme pode ser verificado na Figura 8.49, os resultados obtidos mostram que em nenhuma delas, a concentração de clorofila *a* ultrapassou os limites estabelecidos na legislação, independente da classe de uso. Apesar disso, a estação localizada no rio das Velhas a montante do ribeirão Sabará (BV067) merece maior atenção na continuidade do monitoramento, já que se destacou das demais em relação a este parâmetro.

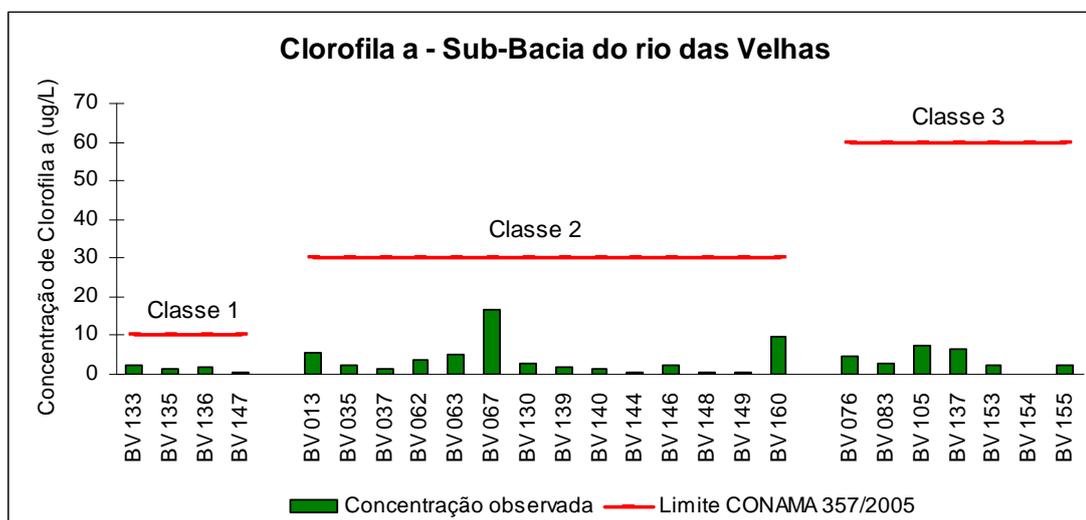


Figura 8.49: Concentrações de clorofila *a* observadas nas estações de amostragem da sub-bacia do rio das Velhas em 2006.

Analogamente, nenhuma das 15 estações avaliadas na sub-bacia do rio Pará apresentou valores acima dos limites legais para a concentração de clorofila *a*. No entanto, teor muito próximo ao limite ($8,1\mu\text{g.L}^{-1}$) foi registrado na estação situada no rio Pará a montante da foz do rio Itapeçerica, próximo da UHE de Gafanhoto (PA005), localizada em um trecho de Classe 1, indicando elevada densidade de algas (Figura 8.50).

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

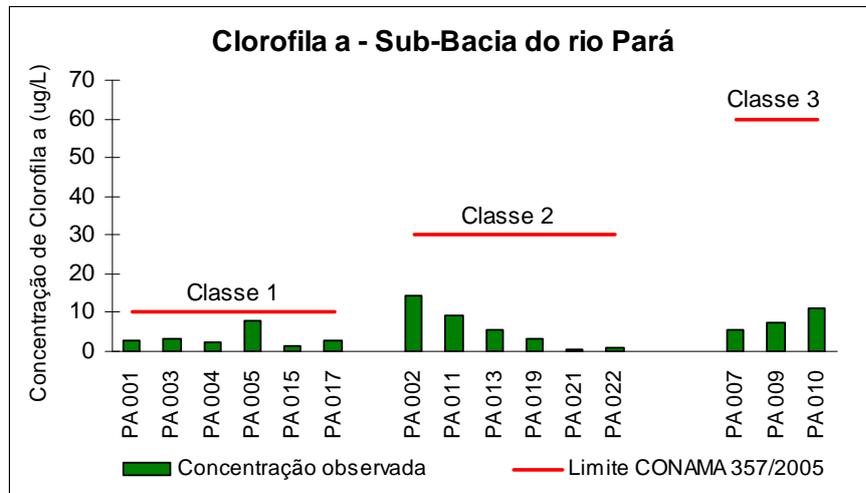


Figura 8.50: Concentrações de clorofila a observadas nas estações de amostragem da sub-bacia do rio Pará em 2006.

Na sub-bacia do rio Paraopeba, somente em uma das 22 estações avaliadas registrou-se violação dos limites estabelecidos na legislação vigente para o parâmetro clorofila a (Figura 8.51). Tal fato ocorreu no ribeirão Sarzedo próximo de sua foz no rio Paraopeba (BP086), onde o teor de clorofila a alcançou $54,9\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, o que representa 80% acima do permitido pela Resolução 357/05 para águas de Classe 2.

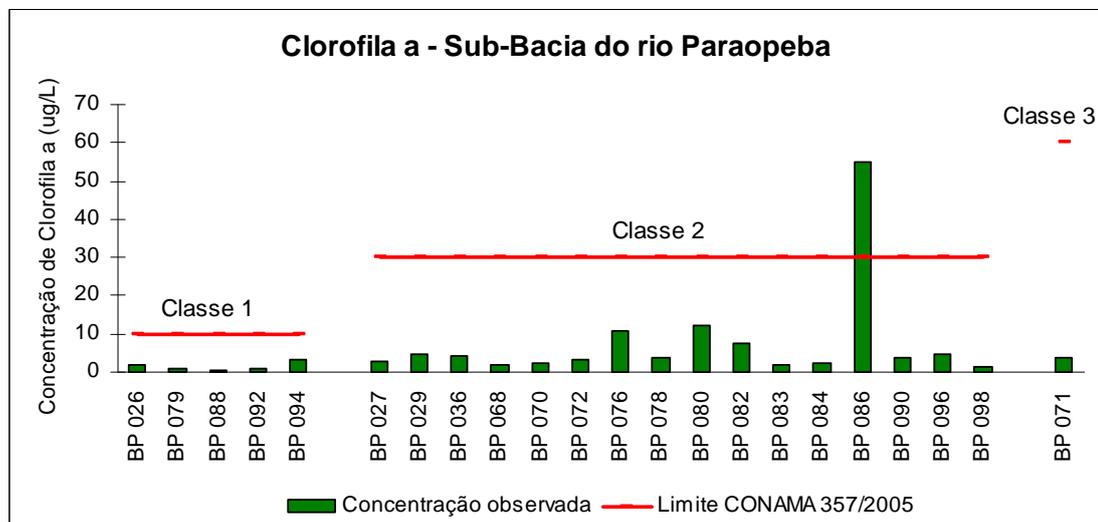


Figura 8.51: Concentrações de clorofila a observadas nas estações de amostragem da sub-bacia do rio Paraopeba em 2006.

A sub-bacia do rio Paracatu apresentou apenas uma estação com concentração de clorofila a acima do limite legal, a qual está localizada no rio da Prata a jusante da cidade de João Pinheiro (PT001). Porém, os valores observados ultrapassaram o limite permitido para água de Classe 2 em apenas 2% (Figura 8.52).

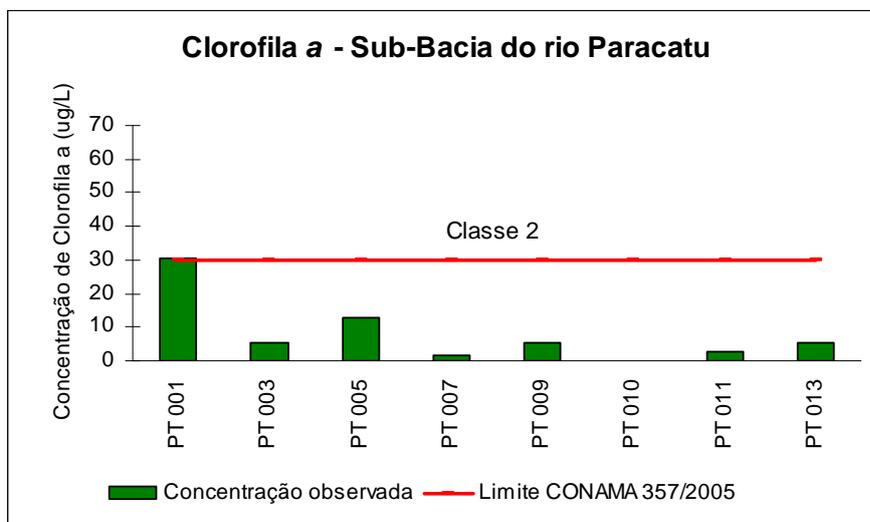


Figura 8.52: Concentrações de clorofila a observadas nas estações de amostragem da sub-bacia do rio Paracatu em 2006.

Conforme pode ser visualizado na Figura 8.53 as concentrações de clorofila a mantiveram-se abaixo dos limites legais nas sub-bacias dos rios Urucuia e Verde Grande e no Rio São Francisco, mostrando-se especialmente reduzidas nas três estações localizadas na bacia do Urucuia (entre 0 e $0,76\mu\text{g.L}^{-1}$) e no rio São Francisco, onde o máximo de $5,70\mu\text{g.L}^{-1}$ foi observado na estação situada no rio São Francisco a jusante a cidade de São Francisco (SF027). Teores um pouco mais elevados de clorofila a foram registrados na sub-bacia do rio Verde Grande ($1,53$ a $13,62\mu\text{g.L}^{-1}$).

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

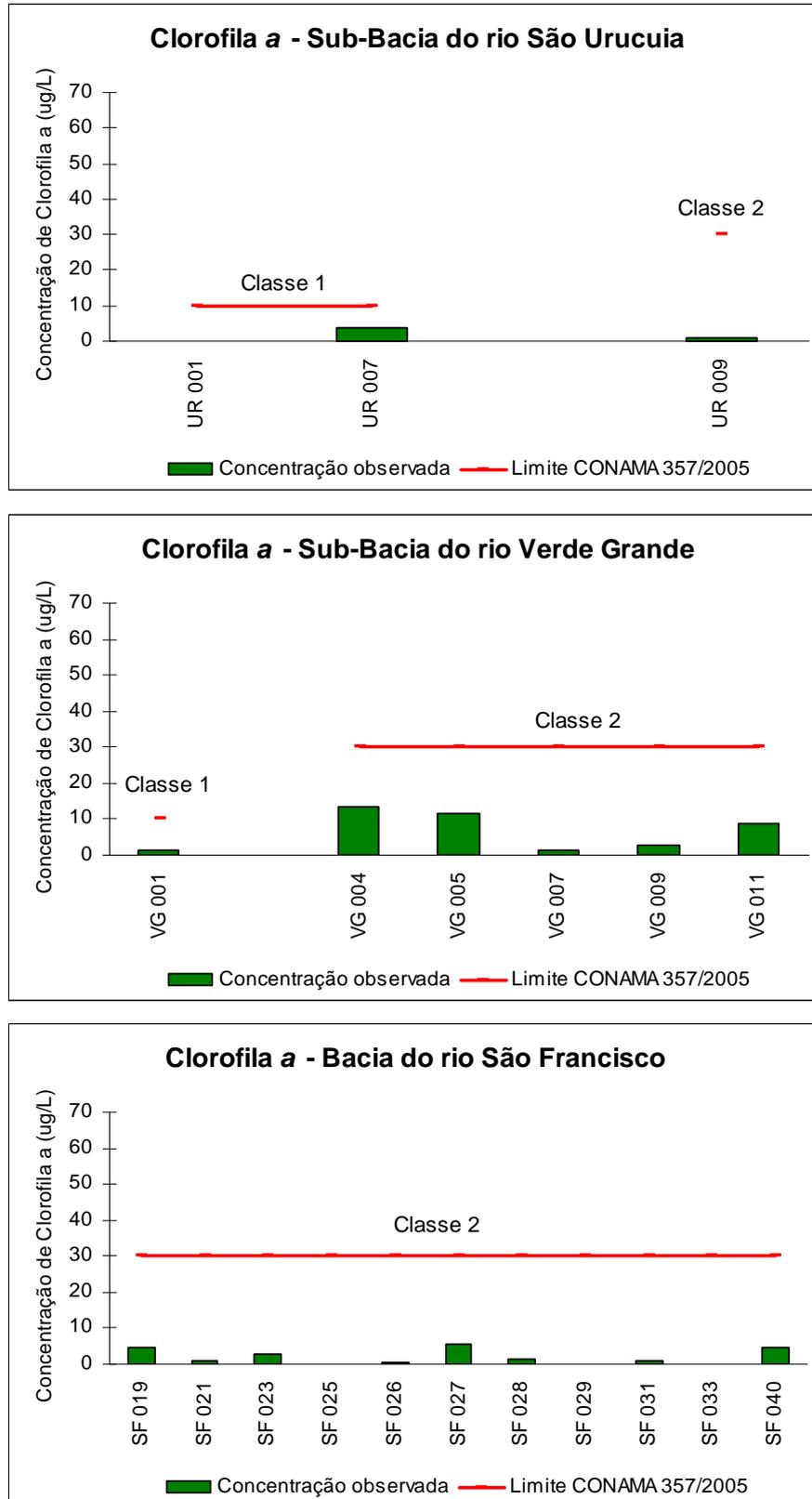


Figura 8.53: Concentrações de clorofila a observadas nas sub-bacias dos rios Urucua e Verde Grande e no rio São Francisco – Norte em 2006.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

Na bacia do rio São Francisco – Sul a maior concentração de clorofila *a* foi observada na estação situada no rio Preto a jusante da localidade de Ilha de Baixo (SF004), onde foram registrados $13,9\mu\text{g.L}^{-1}$ desse pigmento fotossintético. As demais estações apresentaram valores entre 0 e $4,4\mu\text{g.L}^{-1}$ (Figura 8.54).

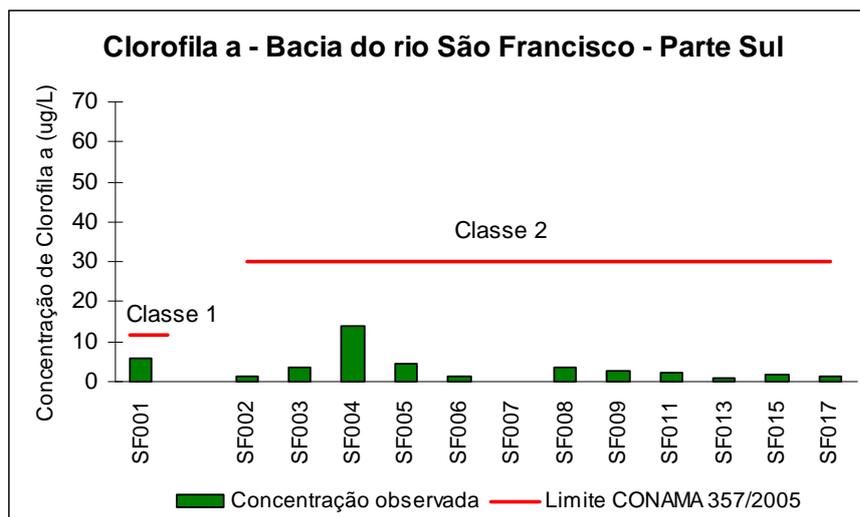


Figura 8.54: Concentrações de clorofila *a* observadas na bacia do rio São Francisco – Sul em 2006.

BACIA DO RIO GRANDE

A bacia do rio Grande concentrou o segundo maior número de estações avaliadas (41). Apesar disso, nenhuma violação dos limites foi registrada (Figura 8.55). Na estação localizada no ribeirão da Bocaina a jusante da cidade de Passos (BG053), foram observados $29,5\mu\text{g.L}^{-1}$ de clorofila *a*, concentração muito próxima ao limite estabelecido para águas de Classe 2. Nesta bacia, também merece destaque a estação situada no ribeirão das Antas a jusante da cidade de Poços de Caldas (BG063), que apresentou $19,7\mu\text{g.L}^{-1}$ de clorofila *a*. As estações localizadas no rio das Mortes a jusante da cidade de Barroso (BG013), no rio do Peixe a jusante da foz do Ribeirão Vermelho (BG034), no rio Sapucaí-Mirim próximo de sua foz no Rio Sapucaí (BG045), no rio Sapucaí a montante do Reservatório de Furnas (BG049) e no rio São João a montante do Reservatório de Peixoto (BG055) apresentaram concentrações desse pigmento abaixo de $1,0\mu\text{g.L}^{-1}$, indicando densidades muito reduzidas de algas.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

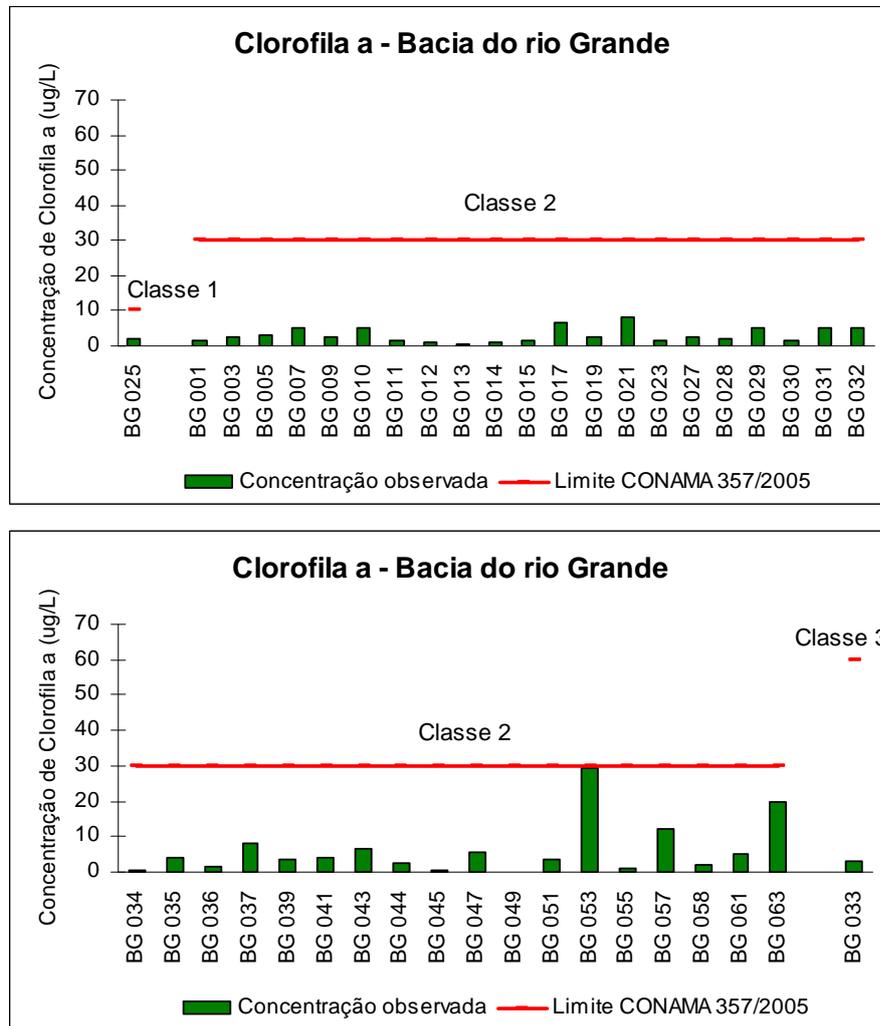


Figura 8.55: Concentrações de clorofila a observadas na bacia do rio Grande em 2006.

BACIA DO RIO DOCE

Na bacia do rio Doce, a concentração de clorofila a foi avaliada em 32 estações, das quais duas não atenderam o limite estabelecido na Resolução 357/05. As violações ocorreram nas estações localizadas no rio do Carmo no distrito de Monsenhor Horta (RD009) e no rio Doce a montante da foz do rio Casca (RD019), nas quais os teores desse pigmento fotossintético ultrapassaram, respectivamente, em 21% e 23% os limites legais definidos para águas de Classe 2. Duas outras estações, situadas no rio Matipó a jusante de Raul Soares (RD021) e no rio Suaçuí Grande em Matias Lobato (RD049), chamaram a atenção por apresentarem concentrações relativamente elevadas de clorofila a ($>20\mu\text{g.L}^{-1}$). No entanto, tais valores estão ainda na faixa legalmente aceita (Figura 8.56).

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

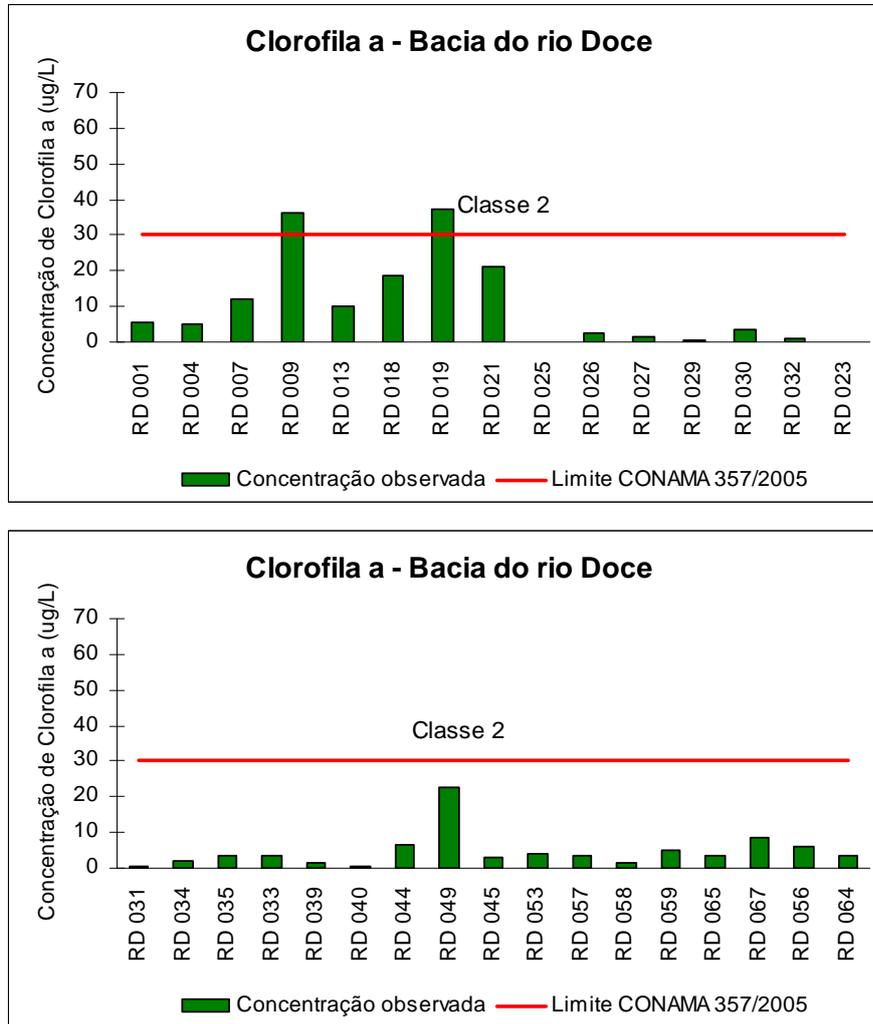


Figura 8.56: Concentrações de clorofila a observadas na bacia do rio Doce em 2006.

BACIA DO RIO PARANAÍBA

Os teores de clorofila *a* obtidos nas 18 estações avaliadas na bacia do rio Paranaíba podem ser visualizados na Figura 8.57. Nenhuma violação foi registrada, sendo o valor máximo observado de $6,2\mu\text{g.L}^{-1}$, no rio Araguari a montante do reservatório de Itumbiara (PB021).

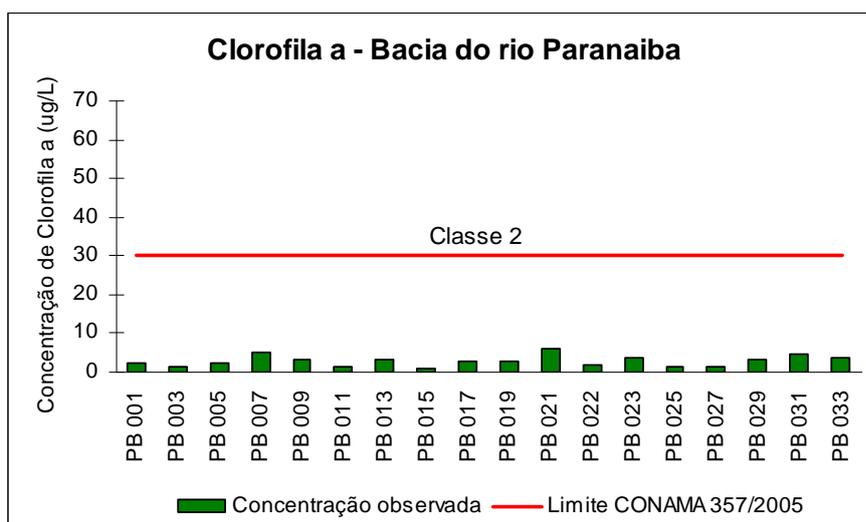


Figura 8.57: Concentrações de clorofila *a* observadas na bacia do rio Paranaíba em 2006.

BACIA DO RIO JEQUITINHONHA

Conforme apresentado na Figura 8.58, nas onze estações monitoradas na bacia do rio Jequitinhonha, os valores de clorofila *a* se mantiveram bem abaixo do limite estabelecido na legislação vigente, variando entre $0\mu\text{g.L}^{-1}$ no rio Araçuaí a jusante da foz do rio Itamarandiba (JE013) e $7,12\mu\text{g.L}^{-1}$ no rio Jequitinhonha a montante da foz do rio Itamarandiba (JE011).

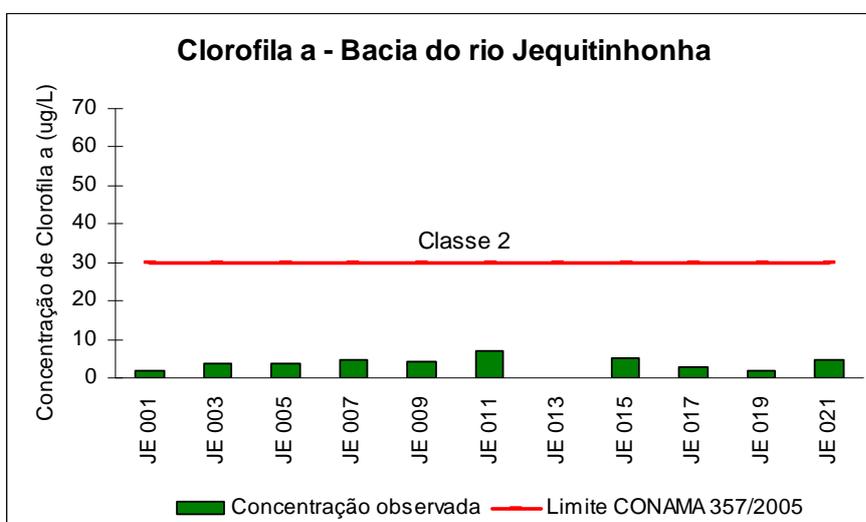


Figura 8.58: Concentrações de clorofila *a* observadas na bacia do rio Jequitinhonha em 2006.

BACIA DO RIO PARDO

Na bacia do rio Pardo foram monitoradas três estações (Figura 8.59). Em nenhuma delas a concentração de clorofila *a* ultrapassou o limite estabelecido para águas de Classe 2. Os valores obtidos variaram entre 2,67 e 8,54 $\mu\text{g.L}^{-1}$ nas estações de amostragem localizadas no rio Pardo na cidade de Cândido Sales (PD005) e a montante da cidade de Montezuma (PD001), respectivamente.

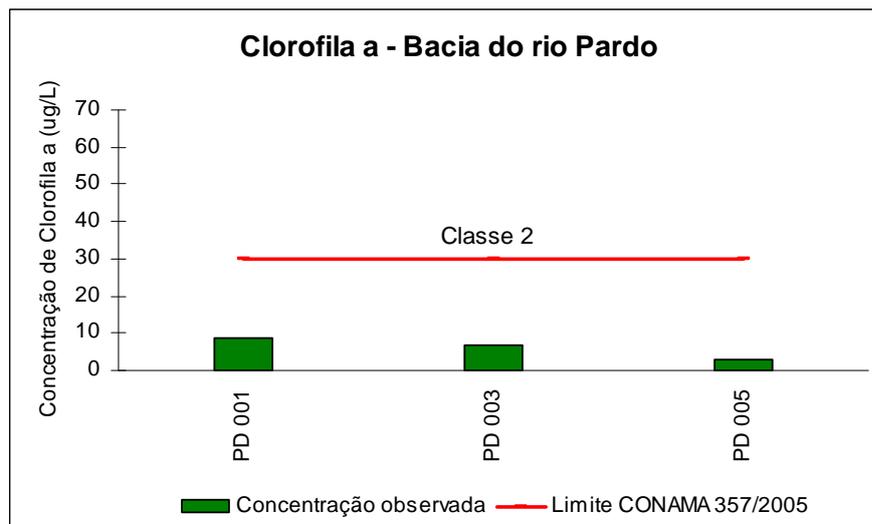


Figura 8.59: Concentrações de clorofila *a* observadas na bacia do rio Pardo em 2006.

Considerações Finais

Com base nos dados apresentados, pode-se concluir que a maioria das estações monitoradas através do Projeto Águas de Minas atendeu aos limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05, no que se refere às concentrações de clorofila *a*. Apenas quatro violações foram registradas nessa primeira campanha, sendo duas na bacia do rio Doce nas estações localizadas no rio do Carmo no distrito de Monsenhor Horta (RD009) e no rio Doce a montante da foz do rio Casca (RD019); uma na bacia do rio Paraopeba no trecho do ribeirão Sarzedo próximo de sua foz no rio Paraopeba (BP086) e uma na bacia do rio Paracatu na estação situada no rio da Prata a jusante da cidade de João Pinheiro (PT001). Todas as violações identificadas ocorreram em corpos de água de Classe 2.

As piores condições foram observadas no ribeirão Sarzedo (BP086), onde a concentração de clorofila *a* foi de 54,9 $\mu\text{g.L}^{-1}$, 80% além do limite legal. Tal resultado reflete uma elevada densidade de algas neste corpo de água e sugere um estado avançado de eutrofização. As demais violações foram inferiores a 20%.

Apesar de não ter sido caracterizada como violação, merece destaque a elevada concentração de clorofila *a* identificada no ribeirão da Bocaina a jusante da cidade de Passos (BG053), bacia do rio Grande.

Na continuidade do monitoramento, maior atenção deve ser dada às estações nas quais se identificaram as violações ou onde a concentração de clorofila *a* se destacou das demais

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

estações da bacia. Em caso de persistência das tendências apontadas nessa primeira campanha, sugere-se a busca por fontes pontuais de poluição, especialmente, de esgoto orgânico.

8.6. A Situação Atual das Outorgas em Minas Gerais

Analisando a totalidade das outorgas concedidas pelo IGAM no Estado de Minas Gerais vigentes em 2006 e utilizando como critério as vazões outorgadas, observa-se que as outorgas de águas superficiais se destinam principalmente à irrigação (62,4%) conforme pode ser observado na Figura 8.60. Os usos destinados à mineração e ao abastecimento representaram 19,9% e 9,3%, respectivamente, das vazões outorgadas. Vale ressaltar que a categoria de usos múltiplos refere-se aos locais para onde um único registro de outorga foi realizado, porém com mais de um uso declarado pelo requerente.

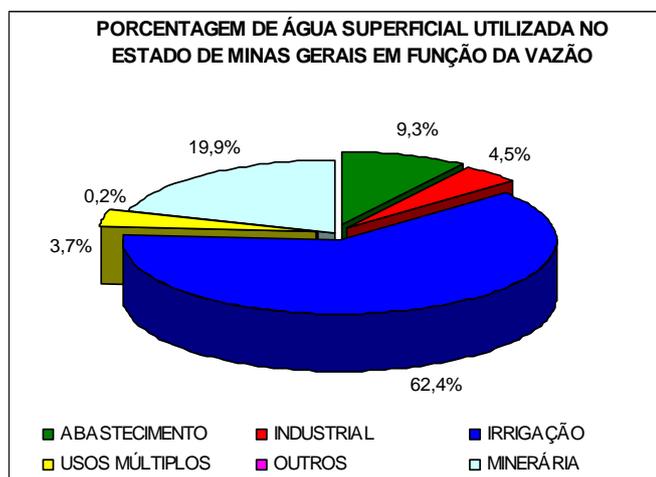


Figura 8.60: Porcentagem de água superficial utilizada no Estado de Minas Gerais em 2006, em função da vazão outorgada.

Em relação às águas subterrâneas no Estado de Minas Gerais, prevaleceram as vazões outorgadas referentes ao uso para abastecimento (30,9%), seguido pela irrigação (19,4%), outros usos (19,3%) e usos múltiplos (16,6%), conforme pode ser observado na Figura 8.61. O uso minerário representou a menor parcela de vazões outorgadas para água subterrânea (1,3%).

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

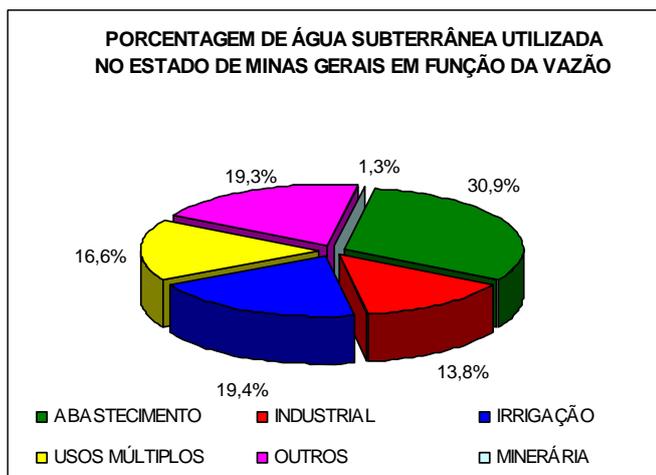


Figura 8.61: Porcentagem de água subterrânea utilizada no Estado de Minas Gerais em 2006, em função da vazão outorgada.

Na Figura 8.62 está representada a evolução das outorgas no período de 1987 a 2006.

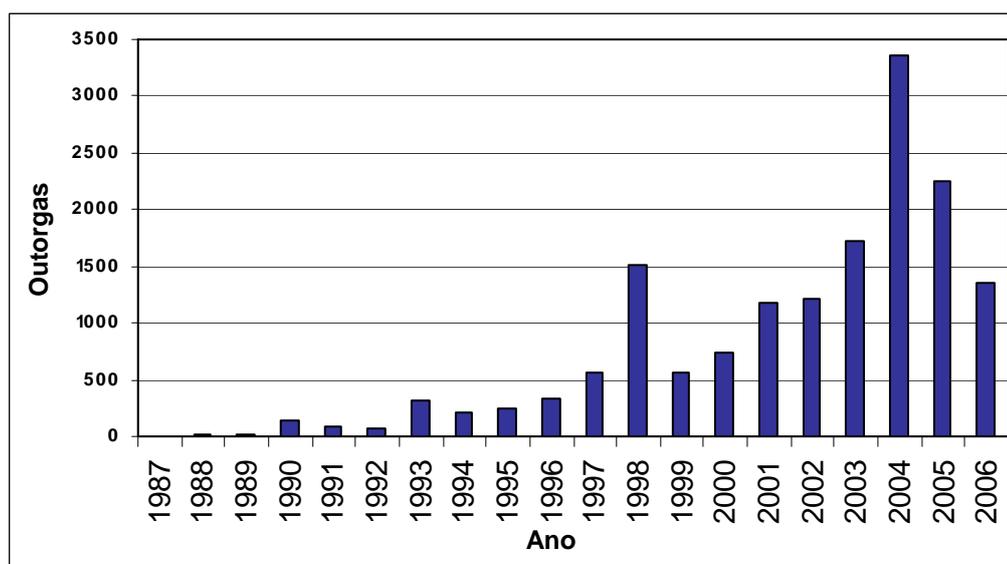


Figura 8.62: Evolução das outorgas ano a ano.

A situação das outorgas em cada bacia hidrográfica será discutida no item 9.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS no Estado de Minas Gerais em 2006

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

A bacia do rio Pardo localiza-se na região nordeste do Estado de Minas Gerais e compreende uma área de 12.763 Km² em Minas Gerais. O rio Pardo nasce na cidade de Montezuma e deságua no Oceano Atlântico.

Os principais afluentes da margem esquerda do rio Pardo em Minas Gerais são o córrego Tingui, ribeirão Maravilha, rio Moquém e os córregos Mundo Novo e Baixa do Pau-Ferro. Na margem direita, o rio Tracabel, rio Preto, ribeirão dos cavalos, ribeirão Santana, rio Itaberaba, córrego Caldeirão, córrego Mangabeira e rio Mosquito.

Os dados gerais da bacia do rio Pardo estão descritos na Tabela 9.1.

Tabela 9.1: Dados Gerais da Bacia do rio Pardo em Minas Gerais

Área de Drenagem		12.762	km ²
Municípios com sede na bacia		11	municípios
População aproximada (IBGE, 2000)	Urbana	45.847	habitantes
	Rural	63.502	habitantes
Outorgas Superficiais vigentes em 2006		0,689	m ³ /s
Outorgas Subterrâneas vigentes em 2006		0,029	m ³ /h

Uso do Solo

O Plano Diretor de Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Pardo e Jequitinhonha - PLANVALE, de 1992, indica o desmatamento da vegetação nativa, a atividade agropecuária, a mineração, o garimpo e o lançamento de efluentes domésticos como determinantes para a alteração da qualidade da água. As atividades agrícolas, pecuárias e florestais estão presentes em toda bacia do Rio Pardo. No alto do Rio Pardo identifica-se a silvicultura e no médio curso a horticultura. No baixo curso há exploração de rochas ornamentais e outros minerais não metálicos. A agricultura de subsistência é bastante evidente em toda a bacia hidrográfica. Apresentam também indústrias alimentícia, química e de material cerâmico.

O desmatamento, principalmente das áreas de mata ciliar, tem aumentado os focos de erosão e favorecido o carreamento de sedimentos e, conseqüentemente, o assoreamento dos corpos de água (Figura 9.1). A agricultura, desenvolvida em toda a parte mineira da bacia, sofreu intensificação e modernização devido à presença de projetos de irrigação que geram resíduos provenientes da utilização de fertilizantes e agrotóxicos.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS no Estado de Minas Gerais em 2006



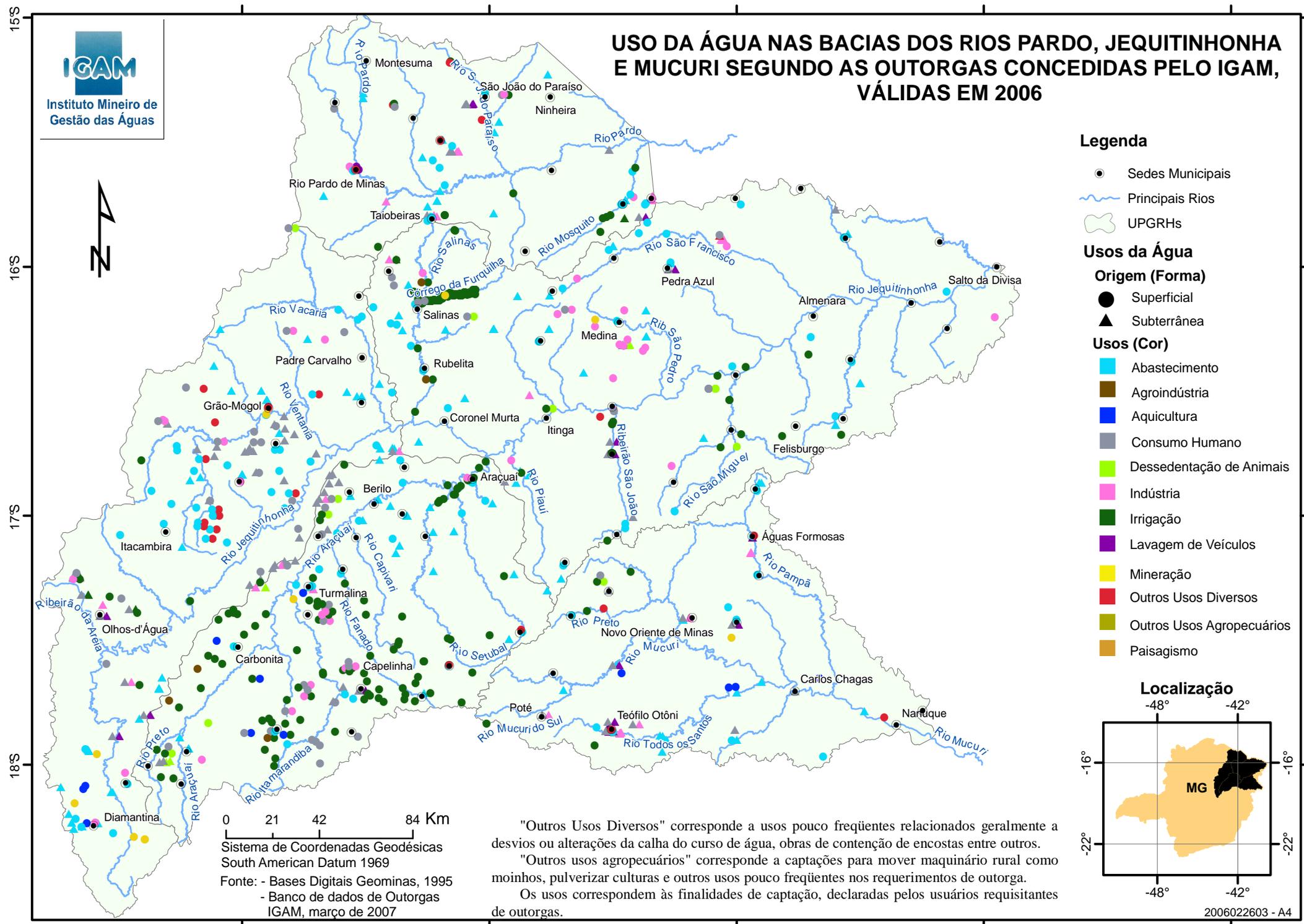
Figura 9.1: Assoreamento do rio Pardo a jusante da cidade de rio Pardo de Minas e na cidade de Cândido Sales (BA)

Usos da Água

Os usos das águas da bacia do rio Pardo são para abastecimento doméstico, dessedentação de animais, irrigação, pesca e recreação de contato primário.

A bacia hidrográfica do rio Pardo é caracterizada pelos usos múltiplos dos recursos hídricos e a distribuição dos usos por toda a bacia pode ser observada no Mapa 9.1.

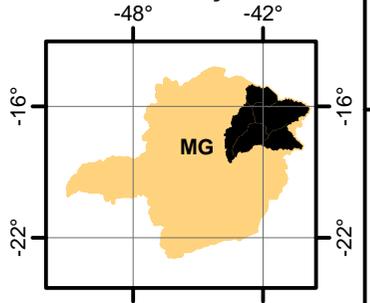
USO DA ÁGUA NAS BACIAS DOS RIOS PARDO, JEQUITINHONHA E MUCURI SEGUNDO AS OUTORGAS CONCEDIDAS PELO IGAM, VÁLIDAS EM 2006



Legenda

- Sedes Municipais
 - ~ Principais Rios
 - UPGRHs
- ### Usos da Água
- Origem (Forma)**
- Superficial
 - ▲ Subterrânea
- Usos (Cor)**
- Abastecimento
 - Agroindústria
 - Aquicultura
 - Consumo Humano
 - Dessedentação de Animais
 - Indústria
 - Irrigação
 - Lavagem de Veículos
 - Mineração
 - Outros Usos Diversos
 - Outros Usos Agropecuários
 - Paisagismo

Localização



0 21 42 84 Km

Sistema de Coordenadas Geodésicas
South American Datum 1969

Fonte: - Bases Digitais Geominas, 1995
- Banco de dados de Outorgas IGAM, março de 2007

"Outros Usos Diversos" corresponde a usos pouco frequentes relacionados geralmente a desvios ou alterações da calha do curso de água, obras de contenção de encostas entre outros.
"Outros usos agropecuários" corresponde a captações para mover maquinário rural como moinhos, pulverizar culturas e outros usos pouco frequentes nos requerimentos de outorga.
Os usos correspondem às finalidades de captação, declaradas pelos usuários requisitantes de outorgas.

Mapa 9.1: Uso da água nas bacias dos rios Pardo, Jequitinhonha e Mucuri, segundo outorgas concedidas pelo IGAM, válidas em 2006.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

Analisando a totalidade das outorgas de água vigentes em 2006 e utilizando como critério as vazões outorgadas pelo IGAM na bacia do rio Pardo, observa-se que as outorgas de águas superficiais se destinam 60,8% para irrigação, 21,9% para usos múltiplos, 16,4% para abastecimento e 0,9% para uso industrial (Figura 9.2). Vale ressaltar que a categoria de usos múltiplos refere-se aos locais para onde um único registro de outorga foi realizado, porém com mais de um uso declarado pelo requerente.

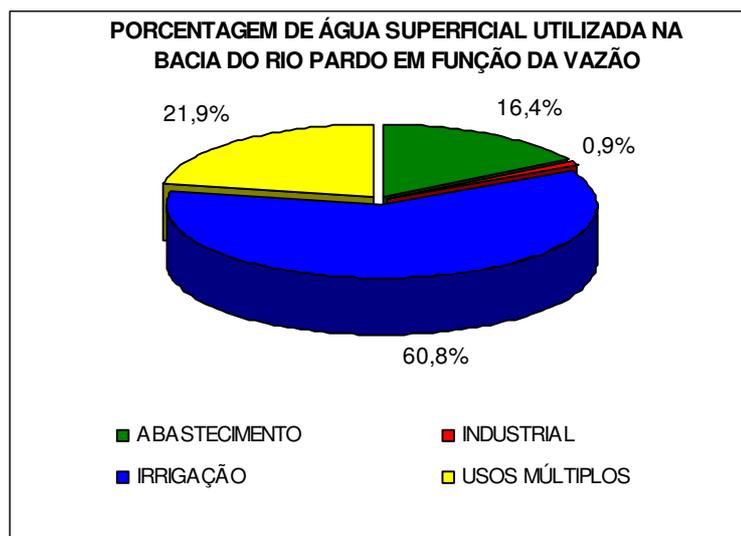


Figura 9.2: Porcentagem de água superficial utilizada na bacia do rio Pardo em 2006, em função da vazão outorgada.

Em relação às vazões outorgadas para águas subterrâneas na bacia do rio Pardo prevalecem aquelas cujo objetivo é abastecimento (58,6%), uso industrial e irrigação (17,2%) e usos múltiplos (6,9%), como pode ser observado na Figura 9.3.

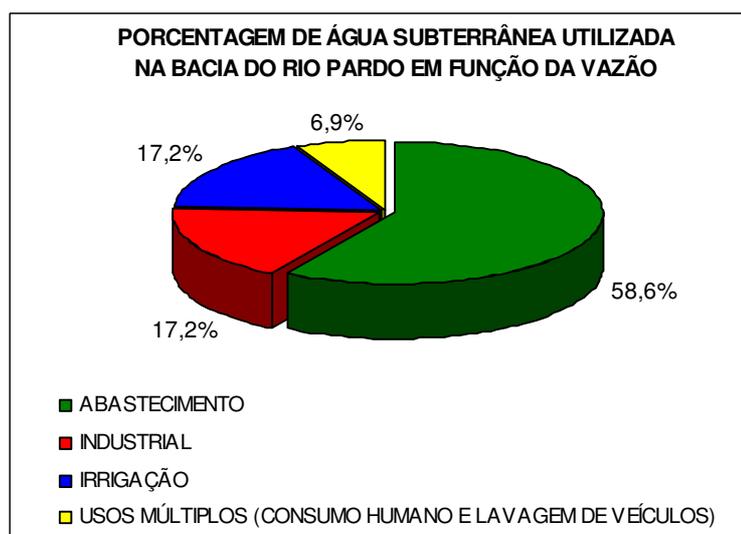


Figura 9.3: Porcentagem de água subterrânea utilizada na bacia do rio Pardo em 2006, em função da vazão outorgada.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

Distribuição das Estações de Amostragem na sub-bacia do rio Pardo

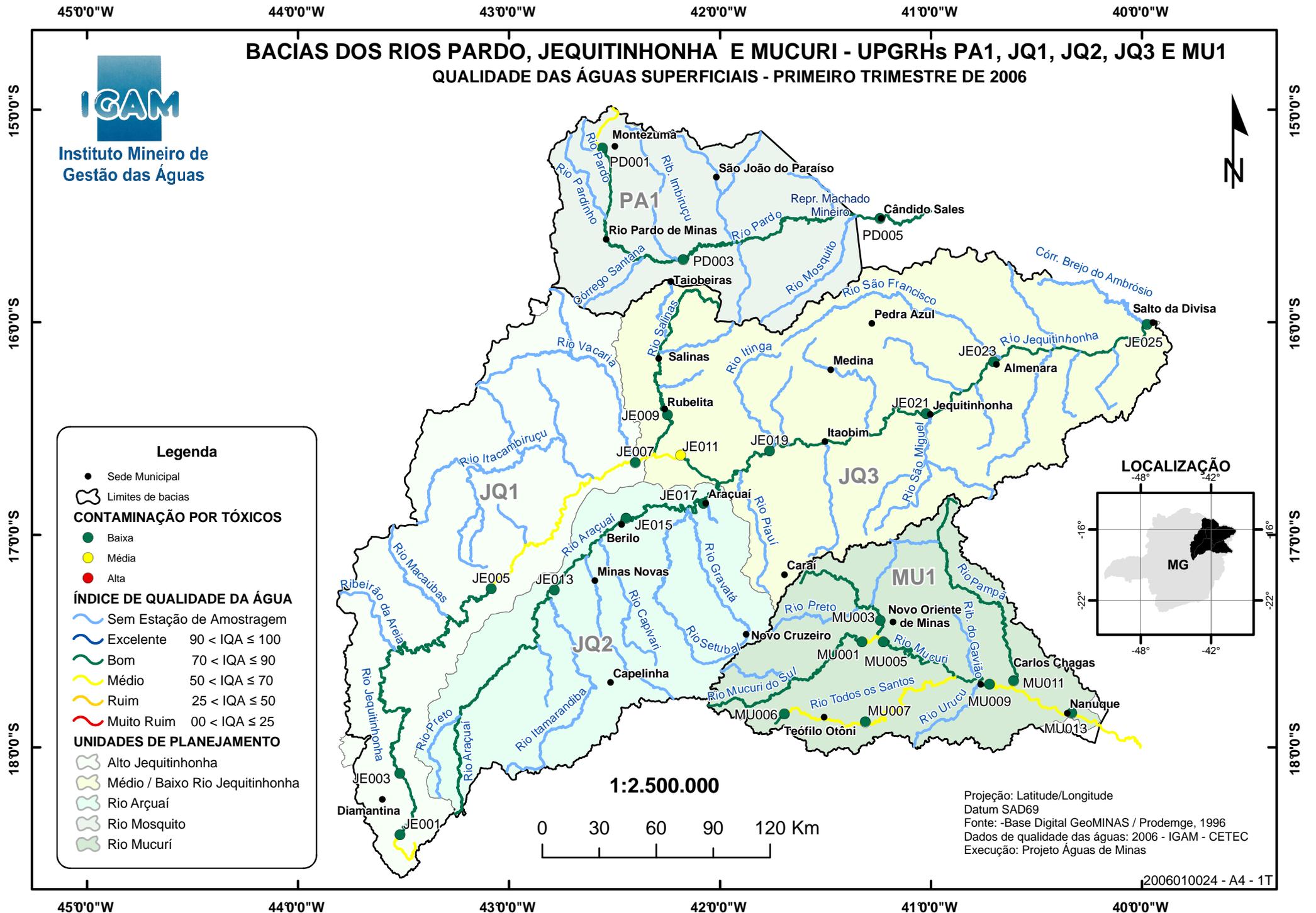
A Tabela 9.2 apresenta a descrição das estações de amostragem monitoradas na bacia do rio Pardo em ordem numérica crescente.

Tabela 9.2: Descrição das estações de amostragem da bacia do rio Pardo

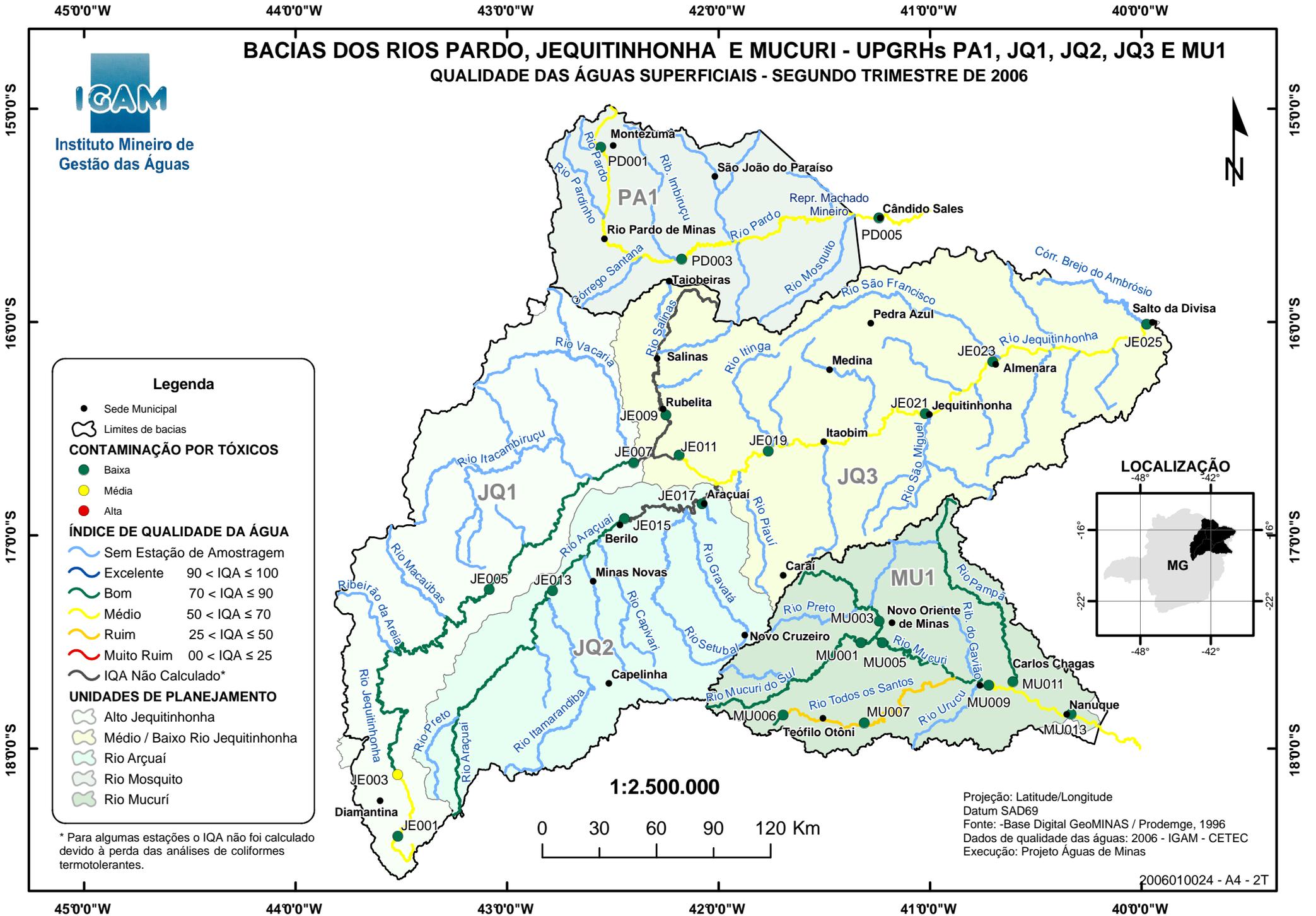
Estação	Descrição	Latitude			Longitude			Altitude
PD001	Rio PARDO a montante da cidade de Montezuma	15	11	34	42	32	12	900
PD003	Rio PARDO a jusante da cidade de Rio Pardo de Minas	15	42	10	42	10	22	800
PD005	Rio PARDO na cidade de Cândido Sales (BA)	15	30	41	41	14	10	700

Qualidade das Águas Superficiais

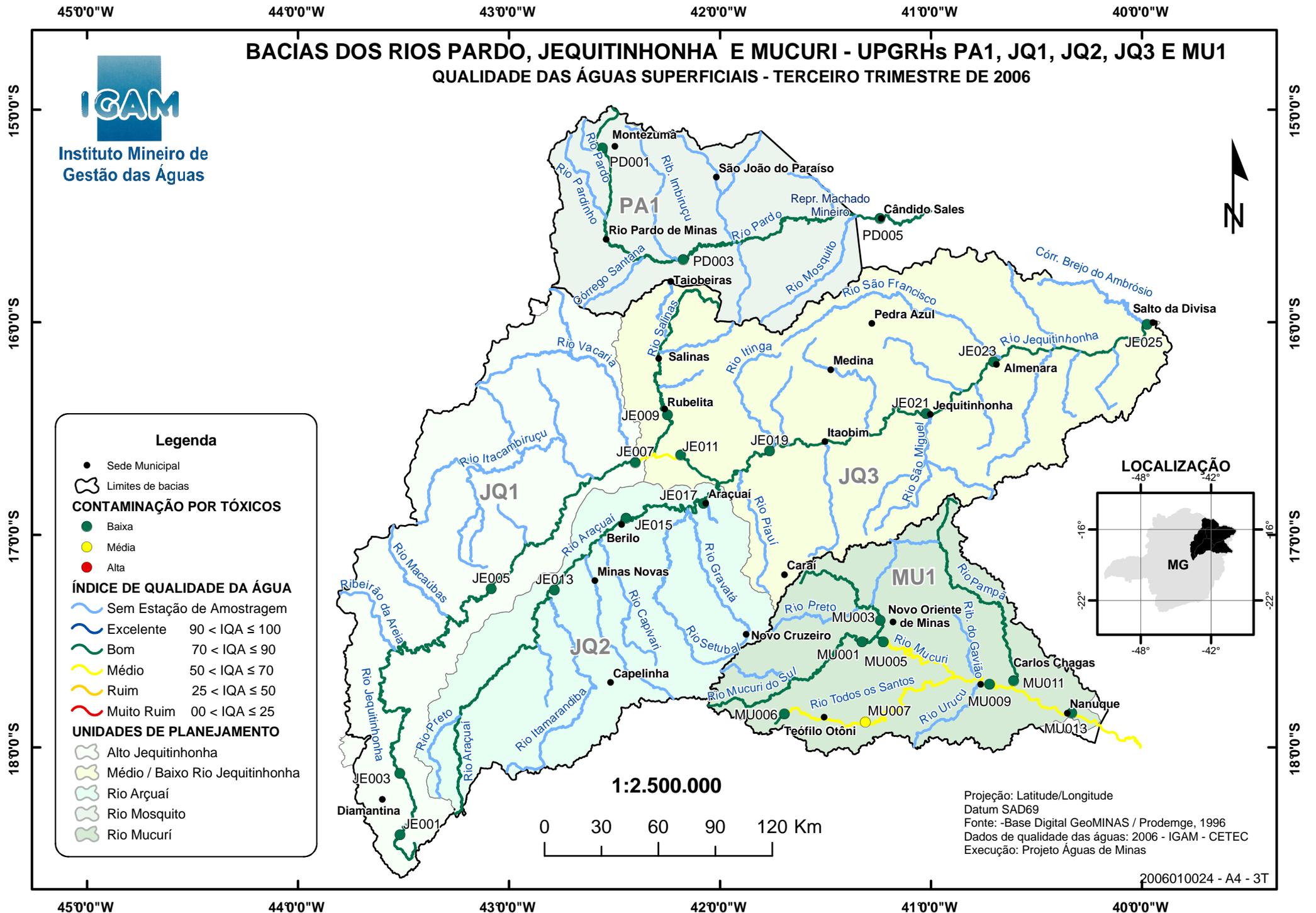
Os Mapas 9.2 a 9.5 apresentam a distribuição espacial das estações de amostragem monitoradas na bacia do rio Pardo, a Contaminação por Tóxicos – CT e o Índice de Qualidade das Águas - IQA para cada trimestre de 2006. O Mapa 9.6 mostra a Contaminação por Tóxicos – CT em 2006.



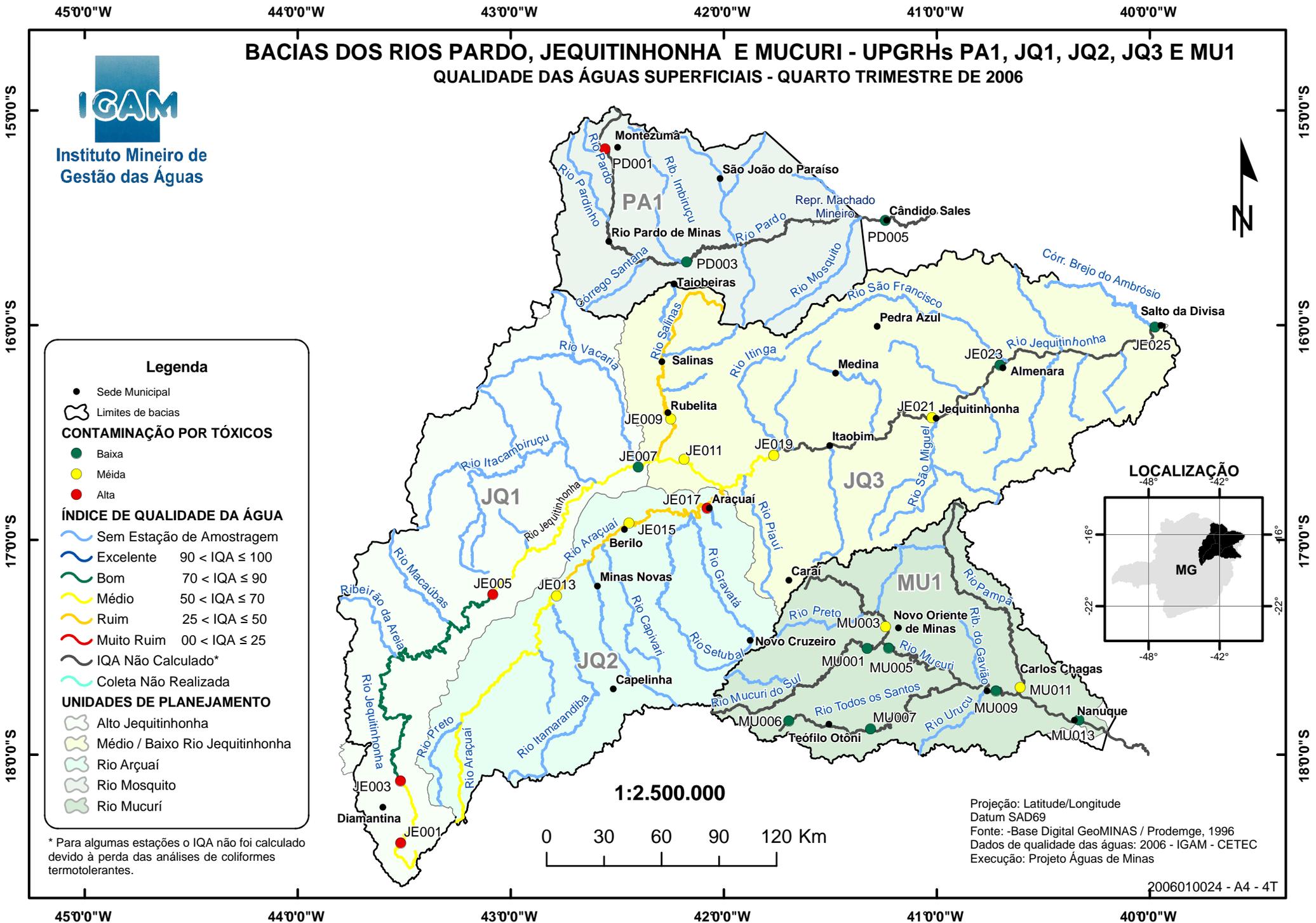
Mapa 9.2: Qualidade das águas superficiais das bacias dos rios Pardo, Jequitinhonha e Mucuri no primeiro trimestre de 2006 – UPGRHs PA1, JQ1, JQ2, JQ3 e MU1.



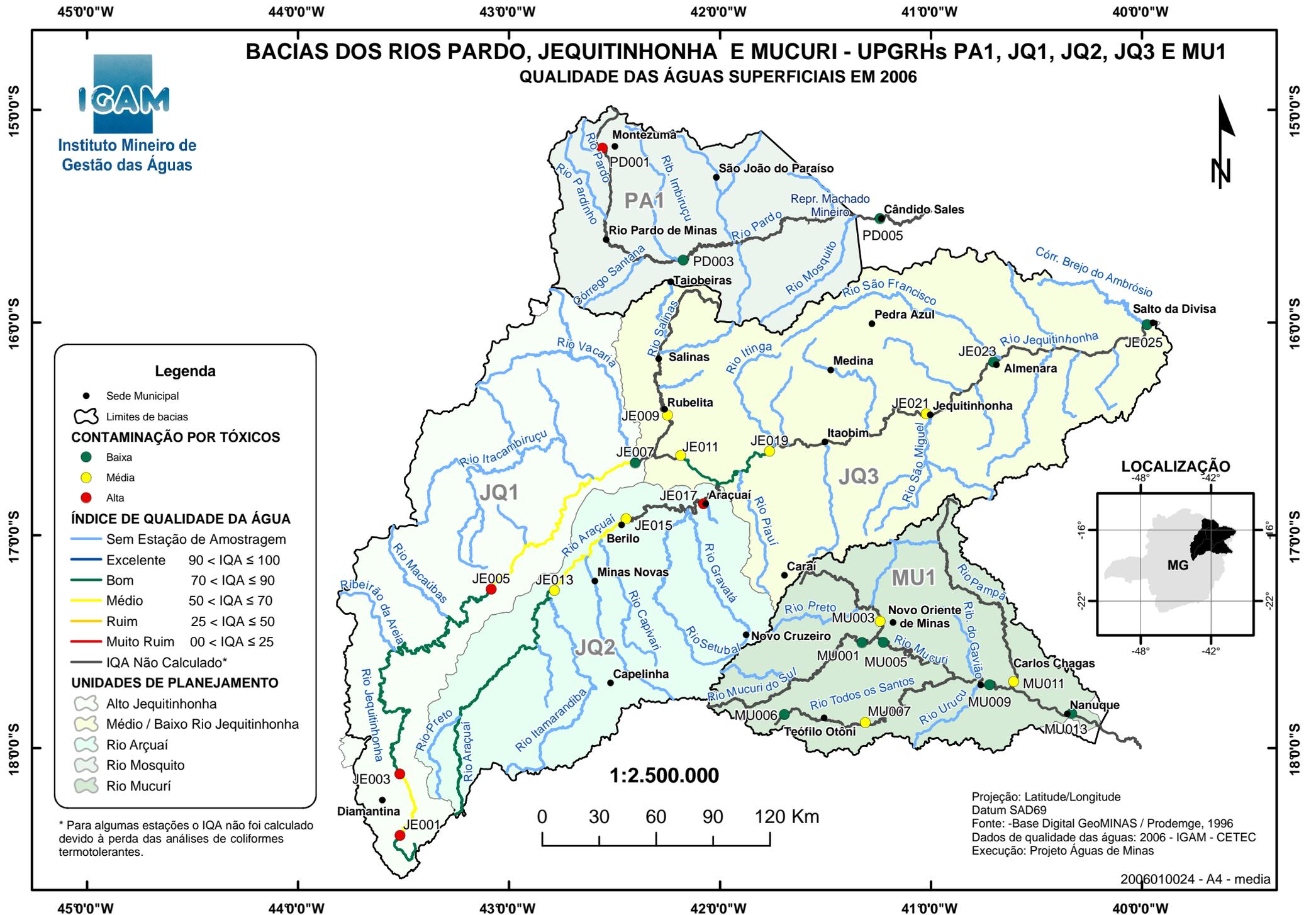
Mapa 9.3: Qualidade das águas superficiais das bacias dos rios Pardo, Jequitinhonha e Mucuri no segundo trimestre de 2006 – UPGRHs PA1, JQ1, JQ2, JQ3 e MU1.



Mapa 9.4: Qualidade das águas superficiais das bacias dos rios Pardo, Jequitinhonha e Mucuri no terceiro trimestre de 2006 – UPGRHs PA1, JQ1, JQ2, JQ3 e MU1.



Mapa 9.5: Qualidade das águas superficiais das bacias dos rios Pardo, Jequitinhonha e Mucuri no quarto trimestre de 2006 – UPGRHs PA1, JQ1, JQ2, JQ3 e MU1.



Mapa 9.6: Qualidade das águas superficiais das bacias dos rios Pardo, Jequitinhonha e Mucuri em 2006 – UPGRHs PA1, JQ1, JQ2, JQ3 e MU1.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

Enquadramento dos corpos de água da bacia do rio Pardo

As águas da bacia do rio Pardo ainda não foram enquadradas, sendo, portanto, consideradas Classe 2, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente, segundo a Resolução CONAMA 357/2005 no seu art. 42

10. CONSIDERAÇÕES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DE 2006

10.1 Rio Pardo

UPGRH PA1

Estações de Amostragem: PD001, PD003 e PD005

O rio Pardo apresentou Índice de Qualidade das Águas – IQA, predominantemente, no nível Médio em 2006, na estação de monitoramento do rio Pardo a montante da cidade de Montezuma (PD001), influenciado pelo número de coliformes termotolerantes, pH e baixa concentração de oxigênio dissolvido na água, observados na segunda campanha. Nas estações do rio Pardo a jusante da cidade de Rio Pardo de Minas (PD003) e a jusante da cidade de Cândido Sales (PD005) o índice foi considerado Bom na primeira e terceira campanhas de amostragem. Devido à perda de análises do parâmetro coliformes termotolerantes não foi possível calcular o IQA para a quarta campanha de 2006.

O segmento do rio Pardo a montante da cidade de Montezuma (PD001), apresentou concentração de oxigênio dissolvido abaixo do padrão legal determinado na segunda campanha de 2006. Para rios de Classe 2, esses valores devem estar acima de 5mg/L. A contagem de coliformes termotolerantes apresentou valor cinco vezes acima do limite de referência da Resolução CONAMA 357/05 na primeira campanha de 2006, como está apresentado na Figura 10.1. Esses indicadores sanitários confirmaram o aporte de material fecal e orgânico podendo ser de origem tanto humana quanto animal, provenientes de esgotos domésticos do município de Montezuma e de atividades de pecuária existentes nos domínios desse município. Nos demais trechos do rio Pardo analisados, os indicadores de qualidade sanitária atenderam ao limite legal. Nessa região, predominam práticas agrícolas e pecuária extensiva, além disso, não há tratamento de esgoto sanitário o que compromete a qualidade das águas do rio Pardo.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

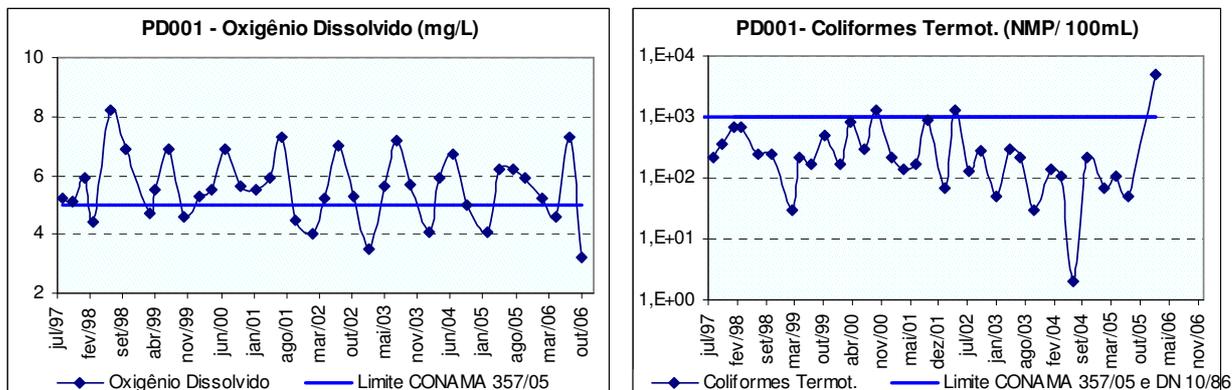


Figura 10.1: Ocorrência de oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes no rio Pardo a montante da cidade de Montezuma (PD001), no período de 1997 a 2006.

Quanto aos metais, o ferro dissolvido apresentou teores acima do limite legal em dois dos três trechos monitorados do rio Pardo: na cidade de Montezuma (PD001) e na cidade de Cândido Sales (PD005), como está apresentado na Figura 10.2. Foram verificados vários segmentos das margens com o solo exposto sem vegetação ciliar. Esse fato favorece o assoreamento e a dissolução de elementos do solo no corpo de água.

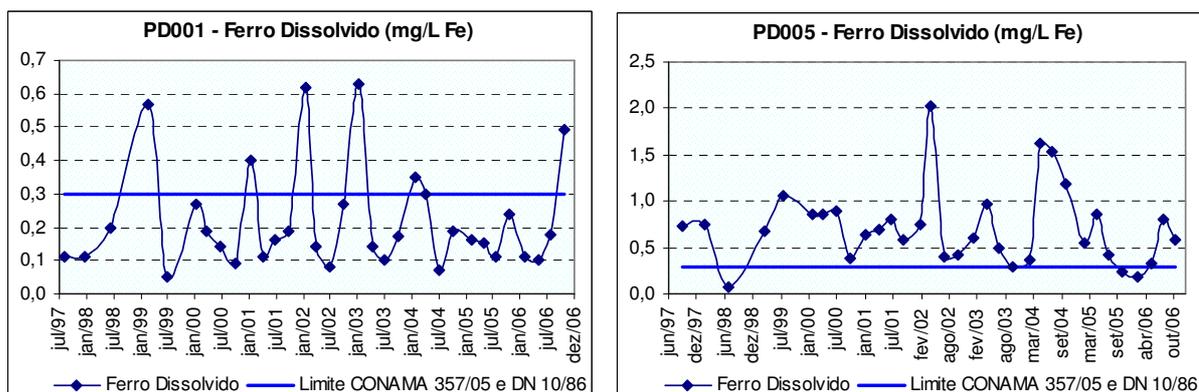


Figura 10.2: Ocorrência de ferro dissolvido no rio Pardo a montante da cidade de Montezuma (PD001) e na cidade de Cândido Sales (PD005), no período de 1997 a 2006.

A estação de amostragem localizada no rio Pardo na cidade de Montezuma (PD001) apresentou Contaminação por Tóxicos - CT Alta em 2006, devido à presença de cobre dissolvido detectado na quarta campanha de monitoramento, como pode ser observado na Figura 10.3. Nos trechos do rio Pardo a jusante da cidade de rio Pardo de Minas (PD003) e a jusante de Cândido Sales (PD005), a CT foi Baixa nas quatro campanhas de 2006 por não ter sido identificados metais pesados ou substâncias tóxicas acima dos limites definidos na Resolução CONAMA 357/05.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

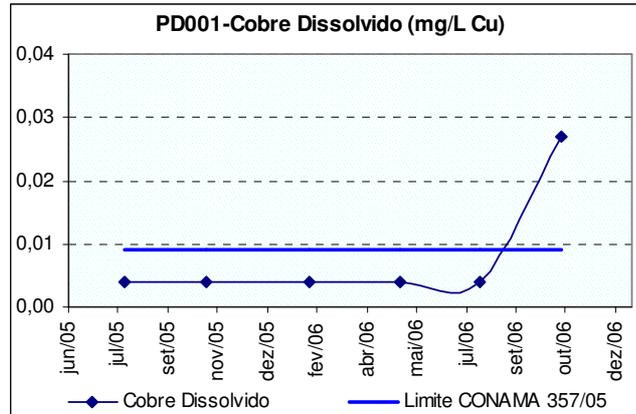


Figura 10.3: Ocorrência de cobre dissolvido no rio Pardo na cidade de Montezuma (PD001), no período de 2005 a 2006.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

11. AVALIAÇÃO AMBIENTAL

11.1. Análise das Violações

Considerando a série de resultados no período de 1997 a 2006, para as três estações de amostragem localizadas na 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 até 2004) e Resolução CONAMA 357/05 (2005 e 2006), considerando o enquadramento do corpo de água no local de cada estação. Na Tabela 11.1 é apresentado o percentual de violações em ordem decrescente do valor obtido para cada parâmetro, indicando os constituintes mais críticos na bacia. Estes resultados permitem o conhecimento das principais interferências das atividades predominantes na bacia do rio Pardo, como os lançamentos de esgoto sanitário sem tratamento, as atividades minerárias, as atividades urbanas e industriais, que afetam a qualidade da água.

A bacia hidrográfica do rio Pardo apresentou baixa frequência de 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, fato associado ao pequeno adensamento populacional e menor quantidade de indústrias, comparado aos municípios de maior porte existentes em outras bacias hidrográficas do Estado.

Neste contexto, observou-se na Tabela 11.1 que o ferro dissolvido apresentou o maior percentual de violação (38%) entre os anos de 1997 e 2006. Ressalta-se que a presença desse metal está associada às características naturais do solo e é disponibilizado no corpo de água, devido ao manejo inadequado de práticas agrícolas. Por tais razões, atribuem-se características de poluição difusa na bacia do rio Pardo, uma vez que o processo de degradação dos corpos de água monitorados apresenta-se potencializado durante o período chuvoso.

Seguidamente ao ferro dissolvido, os parâmetros óleos e graxas e fósforo total apresentaram os maiores percentuais de violações em relação aos limites estabelecidos na legislação. Esses parâmetros estão associados, principalmente, ao lançamento de esgoto sanitário, como também à carga de poluição difusa.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

Tabela 11.1: 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 2006.

PARÂMETRO	% VIOLAÇÃO	Nº TOTAL DE ANÁLISES
Ferro Dissolvido	38%	98
Óleos e Graxas*	23%	56
Fósforo Total	23%	111
Cor Verdadeira	20%	70
Fenóis Totais	20%	70
Coliformes Termotolerantes	12%	106
Coliformes Totais	9%	106
Cobre Dissolvido	8%	12
Cobre Total**	2%	54
Turbidez	2%	111
Oxigênio Dissolvido	2%	111
Cádmio Total	2%	56
Chumbo Total	1%	70
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	1%	111
pH "in loco"	0%	111
Sólidos Dissolvidos	0%	86
Cloreto Total	0%	111
Sulfatos Totais	0%	56
Sulfeto	0%	56
Nitrogênio Amoniacal Total	0%	111
Nitrato	0%	111
Nitrito	0%	71
Cianeto Livre	0%	56
Arsênio Total	0%	56
Bário Total	0%	56
Cromo Total	0%	56
Manganês Total	0%	56
Mercúrio Total	0%	56
Níquel Total	0%	56
Selênio Total	0%	56
Zinco Total	0%	56
Amônia Não Ionizável**	0%	87
Boro Solúvel	0%	44
Cromo Trivalente*	0%	44
Cromo Hexavalente**	0%	44

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

**Dados correspondentes ao período de 1997 a 2004, limites estabelecidos pela Deliberação Normativa COPAM nº 10/86.

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 2006 e os parâmetros que apresentaram as maiores violações no período de 1997 a 2006 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 2006

Corpo de água: Rio Pardo UPGRH: PA1

ESTAÇÃO	CLASSE	PRESSÃO	ESTADO	
		FATORES DE PRESSÃO	INDICADORES DE DEGRADAÇÃO EM 2006	INDICADORES COM MAIOR Nº DE VIOLAÇÕES NO PERÍODO DE 1997 A 2006
PD001	2	Carga difusa Perenidade de corpo de água	Oxigênio dissolvido, óleos e graxas, coliformes totais e termotolerantes, cobre dissolvido e ferro dissolvido.	Fenóis totais, cobre dissolvido, fósforo total, óleos e graxas, ferro dissolvido, oxigênio dissolvido.
PD003	2	Carga difusa	Cor verdadeira e óleos e graxas	Óleos e graxas, cor verdadeira, fósforo total, ferro dissolvido, fenóis totais.
PD005	2	Carga difusa Atividade minerária Rodovia	Cor verdadeira e ferro dissolvido	Ferro dissolvido, cor verdadeira, fósforo total, óleos e graxas, coliformes termotolerantes, fenóis totais.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

12. AÇÕES DE CONTROLE AMBIENTAL - RESPOSTA

12.1. Contaminação por esgoto sanitário

Dentre os parâmetros que representam um indicativo de contaminação dos corpos de água por lançamento de esgoto sanitário, os que apresentaram maior número de violações no Estado de Minas Gerais entre 1997 e 2006 foram fósforo total, coliformes termotolerantes e coliformes totais com, respectivamente, 61,9%, 51,5% e 46,5% de ocorrências acima dos limites legais.

Na bacia do rio Pardo, os óleos e graxas, os coliformes termotolerantes e o oxigênio dissolvido (OD), apresentaram em 2006, respectivamente, 33%, 11,1% e 8,3% de violações. A estação localizada no rio Pardo a montante da cidade de Montezuma (PD001) apresentou, respectivamente, 50, 33 e 25% de violação desses parâmetros em todas as campanhas realizadas. A estação localizada no rio Pardo a jusante da cidade de Rio Pardo de Minas (PD003) apresentou 50% de ocorrências acima do limite legal para o parâmetro óleos e graxas. Por outro lado, a estação localizada no rio Pardo na cidade de Cândido Sales (PD005) não apresentou violação dos parâmetros associados ao lançamento de efluentes domésticos, em 2006.

12.2. Contaminação por mau uso do solo

Entre 1997 e 2006, foram verificadas em Minas Gerais, várias ocorrências de alumínio total, manganês total, ferro dissolvido e turbidez em desconformidade com os padrões legais. Esses parâmetros se destacam por caracterizar, principalmente, o mau uso do solo no Estado.

Na bacia do rio Pardo foram identificadas ocorrências de cor verdadeira e ferro dissolvido com valores acima do limite legal em 2006. A estação localizada no rio Pardo a montante da cidade de Montezuma (PD001) apresentou concentração de ferro dissolvido acima do limite legal na quarta campanha. Verificaram-se ainda, desconformidades dos valores de cor verdadeira na segunda e na quarta campanhas, para na estação localizada no rio Pardo a jusante da cidade de Rio Pardo de Minas (PD003). A estação localizada no rio Pardo na cidade de Cândido Sales (PD005) apresentou 50% de ocorrências de violação para os parâmetros cor e ferro dissolvido. Esses resultados indicam o mau uso dos solos com a disponibilização de partículas para o corpo de água.

Ressalta-se que o valor de cobre obtido na estação localizada no rio Pardo a montante da cidade de Montezuma (PD001), na quarta campanha de amostragem, que resultou em Contaminação por Tóxicos Alta no ano de 2006, pode também estar associada ao mau uso dos solos por meio da utilização de agroquímicos de forma indiscriminada, sobretudo, onde predomina a plantação de cana de açúcar a montante da estação citada.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

Dessa maneira, recomenda-se a participação da EMATER, do IMA, do IEF, do ITER e da RURALMINAS com a finalidade de: disponibilizar orientações técnicas sobre a utilização correta e eficaz de corretivos do solo na agricultura, a fim de se conter maiores danos ambientais decorrentes de uso insustentável do solo; fornecer aos pequenos, médios e grandes produtores estudos sobre a presença de teores de metais pesados, macro e micronutrientes nos solos, agroquímicos e matérias primas envolvidas em sua produção, principalmente, nos municípios de Montezuma, Taiboeiras e Cândido Sales; e disponibilizar mudas para o plantio nas margens do rio Pardo, recuperando as matas ciliares ao longo desse corpo de água.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

13 – BIBLIOGRAFIA

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

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

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

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE MUNICÍPIOS. Dados de municípios mineiros. Disponível em: <<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. 765 p.

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.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: Relatórios ambientais. São Paulo: CETESB, 2005. 265p. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>

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 de águas aplicados a águas correntes. Trad. J. H. Saar, Florianópolis: FATMA/GTZ.

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



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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>.

_____. Pesquisa de informações básicas municipais 1999. Perfil dos Municípios Brasileiros. Rio de Janeiro, 2001. 121p.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

_____. 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 2005. Belo Horizonte: IGAM, 2006. 138 p.

_____. Monitoramento das águas superficiais na bacia do rio Grande em 2005. Belo Horizonte: IGAM, 2006. 165 p.

_____. Monitoramento das águas superficiais na bacia do rio Jequitinhonha em 2005. Belo Horizonte: IGAM, 2006. 110 p.

_____. Monitoramento das águas superficiais na bacia do rio Mucuri em 2005. Belo Horizonte: IGAM, 2006. 111 p.

_____. Monitoramento das águas superficiais na bacia do rio Pará em 2005. Belo Horizonte: IGAM, 2006. 119 p.

_____. Monitoramento das águas superficiais na bacia do rio Paraíba do Sul em 2005. Belo Horizonte: IGAM, 2006. 147 p.

_____. Monitoramento das águas superficiais na bacia do rio Paranaíba em 2005. Belo Horizonte: IGAM, 2006. 125 p.

_____. Monitoramento das águas superficiais na bacia do rio Paraopeba em 2005. Belo Horizonte: IGAM, 2006. 127 p.

_____. Monitoramento das águas superficiais na bacia do rio Pardo em 2005. Belo Horizonte: IGAM, 2006. 101 p.

_____. Monitoramento das águas superficiais na bacia do rio São Francisco - Norte em 2005. Belo Horizonte: IGAM, 2006. 141p.

_____. Monitoramento das águas superficiais na bacia do rio São Francisco - Sul em 2005. Belo Horizonte: IGAM, 2006. 125 p.

_____. Monitoramento das águas superficiais na bacia do rio das Velhas em 2005. Belo Horizonte: IGAM, 2006. 146 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.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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 e sociedade 1ª ed. Juiz de Fora: Jorge Macedo, 2002, 487p.

_____. Águas & Águas. 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.

PÁDUA, H. B. Alcalinidade, condutividade e salinidade em sistemas aquáticos. Disponível em <www.ccinet.com.br/tucunare/alcalinidade.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.



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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.

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.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS
NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

ANEXOS

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS
NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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 2006

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 2006

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

1. Coliformes Fecais

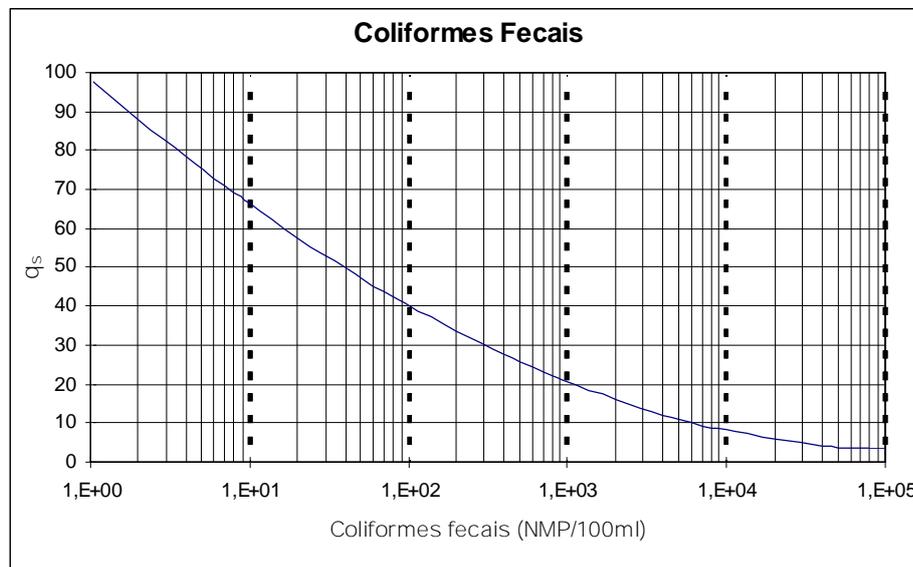
As equações para o cálculo da qualidade (q_s) do parâmetro Coliformes Fecais (CF) são:

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

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

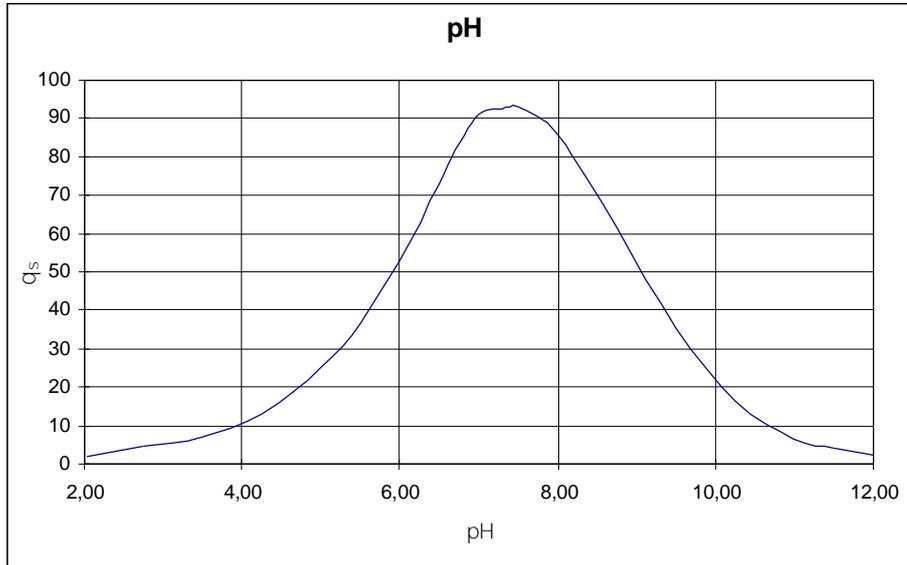
Para $7,1 < pH \leq 12$

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

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:

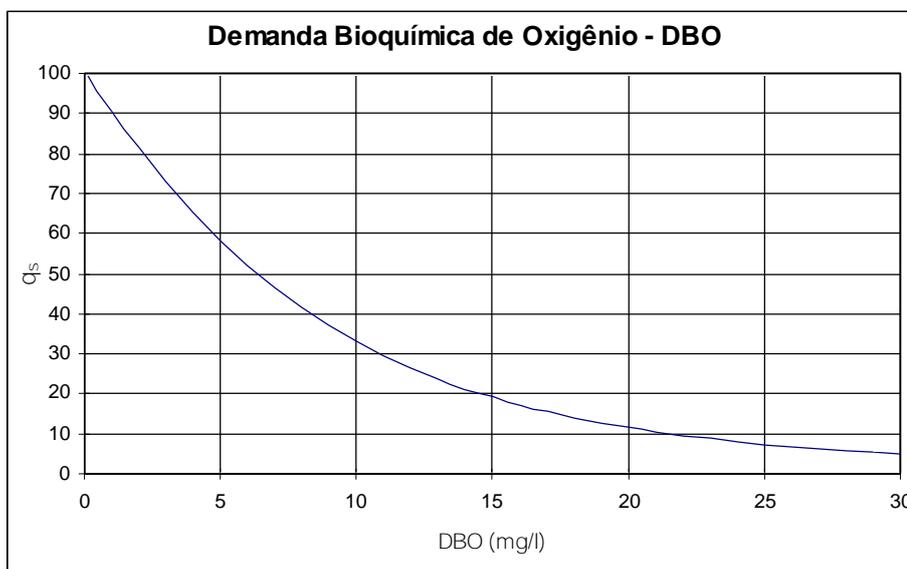
Para $\text{DBO} \leq 30 \text{ mg/l}$

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

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

\Rightarrow

$$q_s = 2,0$$



4. Nitrato – NO₃

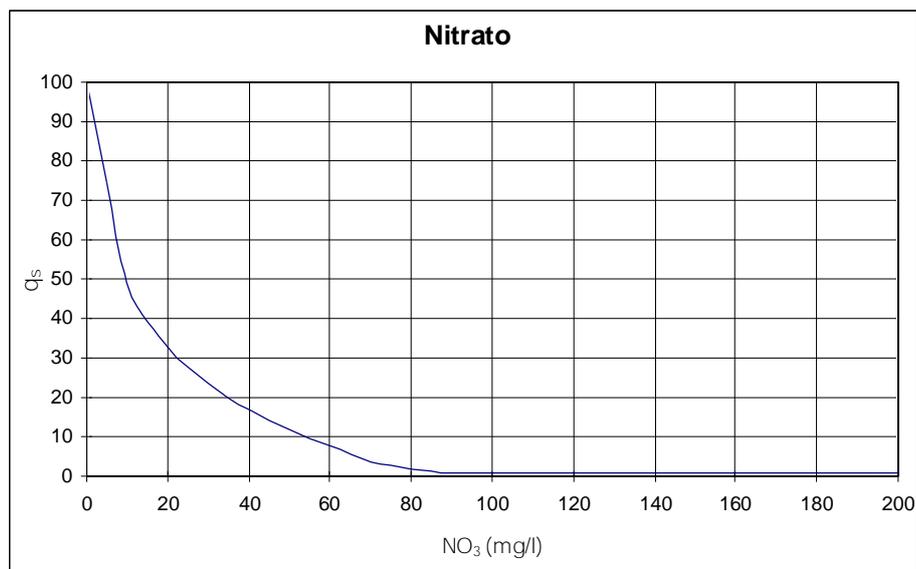
As equações para o cálculo da qualidade (qs) do parâmetro Nitrato (NO₃) são:

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 ⇒ $q_s = 1,0$

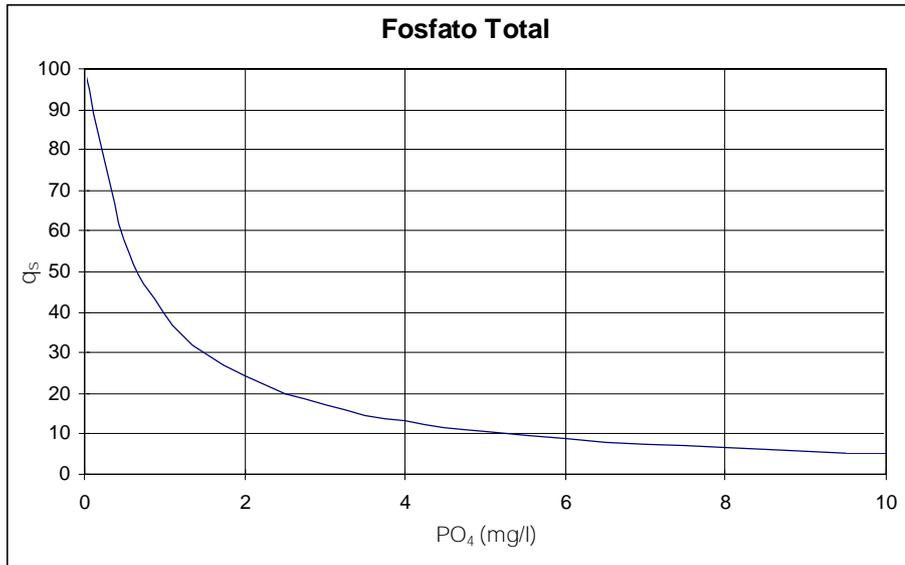


5. Fosfato Total – PO₄

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

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

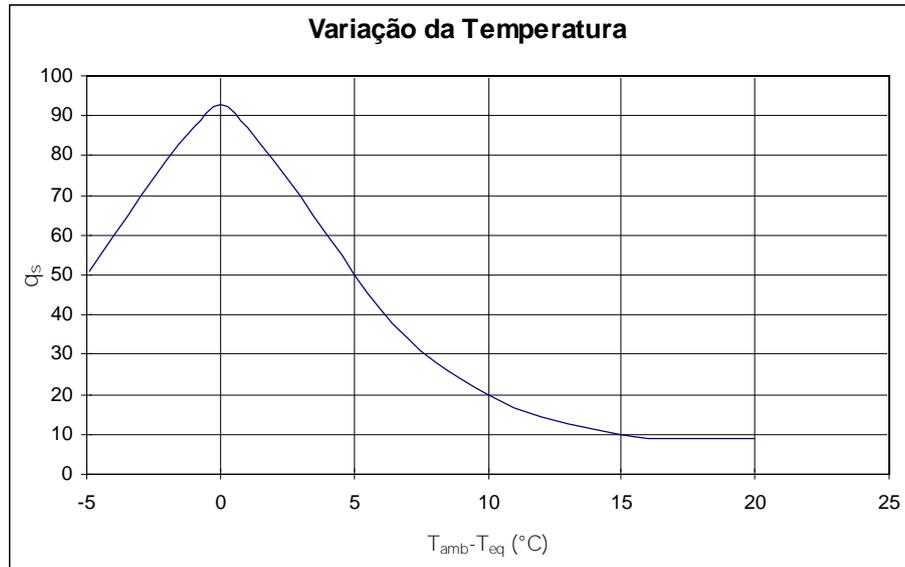
Para PO₄ > 10,0 mg/l ⇒ $q_s = 5,0$



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 $Tu \leq 100$

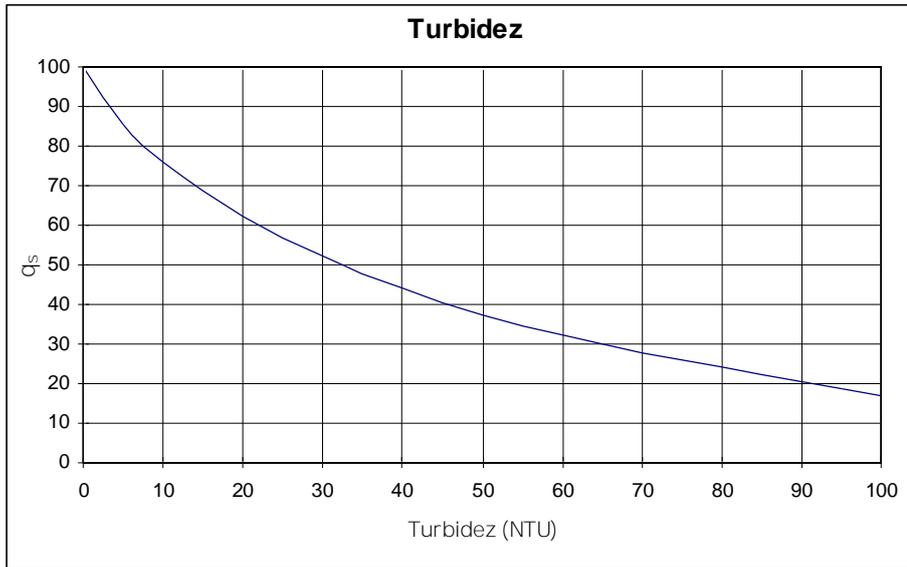
$$q_s = 90,37 \times e^{(-0,0169 \times Tu)} - 1,5 \times \cos(0,0571 \times (Tu - 30)) + 10,22 \times e^{(-0,231 \times Tu)} - 0,8$$

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 2006



8. Sólidos Totais - ST

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

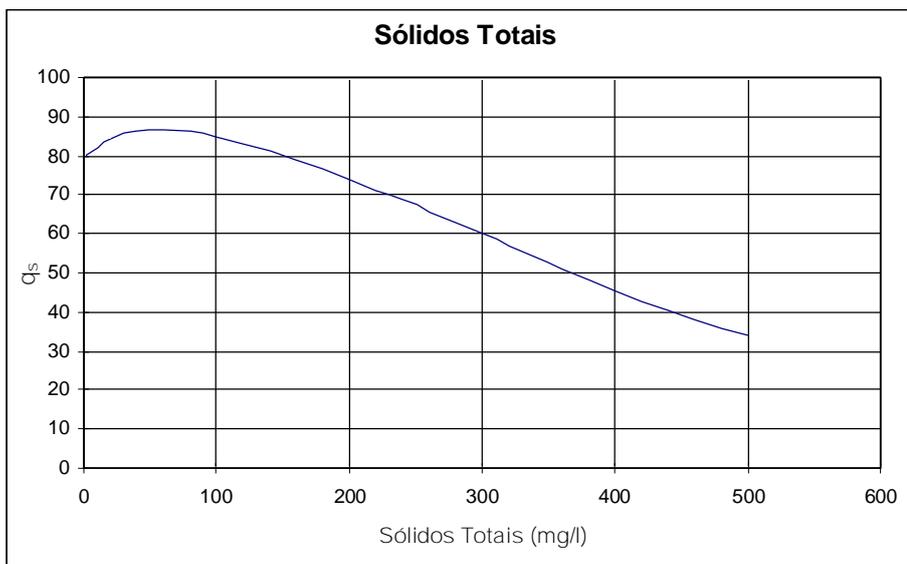
Para $ST \leq 500$

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

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 %

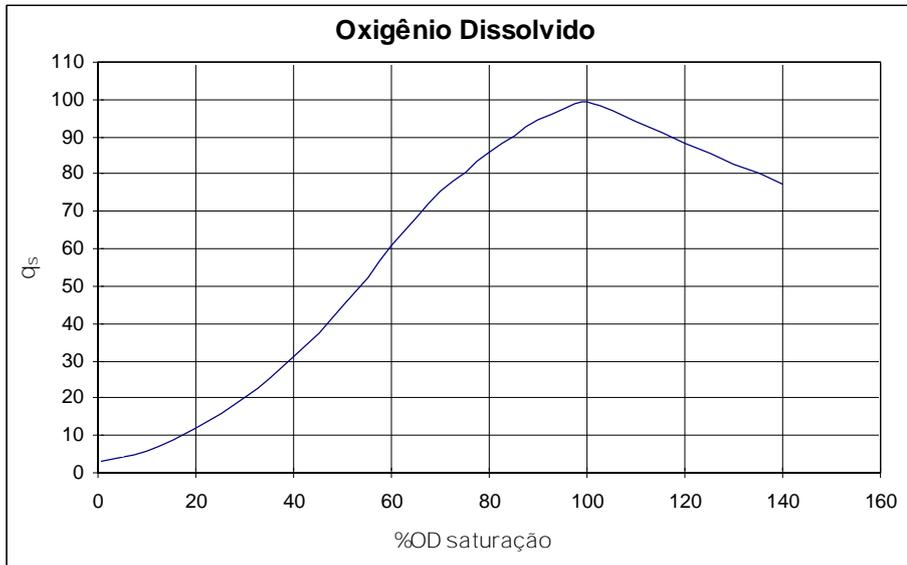
$$q_s = -0,00777142857142832 \times (OD)^2 + 1,27854285714278 \times OD + 49,8817148572$$

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.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006



QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS
NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

Anexo C
Classificação das Coleções de Água



Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2006

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 2006

Anexo D
Resultados dos Parâmetros e Indicadores de Qualidade
das Águas em 2006



Resultados das Análises Físico-químicas e Bacteriológicas

Descrição da Estação :

Rio Pardo a montante da cidade de Montezuma

Variável	Padrão			Unidade	PD001	PD001	PD001	PD001
	Classe 1	Classe 2	Classe 3		PA1	PA1	PA1	PA1
UPGRH								
Classe de Enquadramento	Classe 1	Classe 2	Classe 3		Classe 2	Classe 2	Classe 2	Classe 2
Data de Amostragem					03/02/06	07/05/06	28/07/06	20/10/06
Hora de Amostragem					8:40	8:25	8:35	8:50
Condições do Tempo					Nublado	Nublado	Nublado	Chuvoso
Temperatura do Ar				° C	23	20	16	23
Temperatura da Água				° C	24,5	22,8	17,4	23,3
pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9		6,4	6,1	6,1	6,7
Condutividade Elétrica				µmho/cm	55,8	46,6	45,9	58,6
Turbidez	40	100	100	NTU	6,57	8,55	4,26	48,7
Cor Verdadeira	cor natural	75	75	Upt	56		37	
Sólidos Totais				mg / L	54	45	34	83
Sólidos Dissolvidos Totais	500	500	500	mg / L	45		32	
Sólidos Suspensos Totais				mg / L	9	18	2	12
Alcalinidade Total				mg / L CaCO ₃	23,6		16,2	
Alcalinidade de Bicarbonato				mg / L CaCO ₃	23,6		16,2	
Dureza Total				mg / L CaCO ₃	25,3		22,8	
Dureza de Cálcio				mg / L CaCO ₃	15,2		12,4	
Dureza de Magnésio				mg / L CaCO ₃	10		10,4	
Cloreto Total	250	250	250	mg / L Cl	0,99	1,58	0,52	4,46
Potássio Dissolvido				mg / L K	0,84		0,97	
Sódio Dissolvido				mg / L Na	1,65		1,36	
Sulfato Total	250	250	250	mg / L SO ₄	1,5		< 1	
Sulfeto	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	0,03	0,01	0,03
Nitrogênio Orgânico				mg / L N	0,2		0,3	
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	0,6	0,1	< 0,1	0,2
Nitrato	10	10	10	mg / L N	0,08	0,12	0,03	0,03
Nitrito	1	1	1	mg / L N	0,003		0,007	
Amônia não Ionizável				mg / L NH ₃	0,000972	0,000072	0,000049	0,000593
OD	> 6	> 5	> 4	mg / L	5,2	4,6	7,3	3,2
% OD Saturação				%	68,382	58,351	82,583	41,026
DBO	3	5	10	mg / L	< 2	< 2	5	2
DQO				mg / L	< 5		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	0,001		0,001	
Óleos e Graxas	ausentes	ausentes	ausentes	mg / L	< 1		2	
Substâncias Tensoativas	0,5	0,5	0,5	mg / L LAS	< 0,05		< 0,05	
Coliformes Totais				NMP / 100 ml	90000	1100	50	
Coliformes Termotolerantes	200	1000	4000	NMP / 100 ml	5000	200	30	
Estreptococos Fecais				NMP / 100 ml	700		110	
Clorofila a	10	30	60	µg / L				8,54
Feofitina a				µg / L				
Densidade de Cianobactérias	20000	50000	100000	cel / mL				
Alumínio Dissolvido	0,1	0,1	0,2	mg / L Al				
Alumínio Total				mg / L Al				
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	0,021		0,016	
Boro Dissolvido				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	
Cálcio Total				mg / L Ca	6,1		5	
Chumbo Total	0,01	0,01	0,033	mg / L Pb	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cobre Dissolvido	0,009	0,009	0,013	mg / L Cu	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,027
Cobre Total				mg / L Cu	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Cromo Hexavalente				mg / L Cr	< 0,01		< 0,01	
Cromo Trivalente				mg / L Cr	< 0,04		< 0,04	
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	0,11	0,1	0,18	0,49
Magnésio Total				mg / L Mg	2,4		2,5	
Manganês Total	0,1	0,1	0,5	mg / L Mn	0,025		0,012	
Mercúrio Total	0,2	0,2	2	µg / 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					60,51	67,06	76,28	
CT					BAIXA	BAIXA	BAIXA	ALTA



Resultados das Análises Físico-químicas e Bacteriológicas

Descrição da Estação :

Rio Pardo a jusante da cidade de Rio Pardo de Minas

Variável	Padrão			Unidade	PD003	PD003	PD003	PD003
	Classe 1	Classe 2	Classe 3		PA1	PA1	PA1	PA1
UPGRH								
Classe de Enquadramento					Classe 2	Classe 2	Classe 2	Classe 2
Data de Amostragem					03/02/06	07/05/06	28/07/06	20/10/06
Hora de Amostragem					11:40	11:25	11:10	11:20
Condições do Tempo					Nublado	Nublado	Bom	Nublado
Temperatura do Ar				° C	26	24	22	22
Temperatura da Água				° C	27,2	23,9	21,8	24,6
pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9		6,1	6	6,1	6,8
Condutividade Elétrica				µmho/cm	23,5	23,6	23,9	26,1
Turbidez	40	100	100	NTU	8,6	41,7	5,2	29,4
Cor Verdadeira	cor natural	75	75	Upt	84	123	50	74
Sólidos Totais				mg / L	31	48	23	49
Sólidos Dissolvidos Totais	500	500	500	mg / L	28		23	
Sólidos Suspensos Totais				mg / L	3	13	< 1	23
Alcalinidade Total				mg / L CaCO ₃	6,1		5,6	
Alcalinidade de Bicarbonato				mg / L CaCO ₃	6,1		5,6	
Dureza Total				mg / L CaCO ₃	10,4		9,5	
Dureza de Cálcio				mg / L CaCO ₃	6		6,5	
Dureza de Magnésio				mg / L CaCO ₃	4,4		3	
Cloreto Total	250	250	250	mg / L Cl	1,9	1,58	1,41	1,9
Potássio Dissolvido				mg / L K	0,85		0,72	
Sódio Dissolvido				mg / L Na	1,45		1,43	
Sulfato Total	250	250	250	mg / L SO ₄	1,8		1,8	
Sulfeto	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	0,03	0,01	0,03
Nitrogênio Orgânico				mg / L N	0,2		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	0,2	0,1	0,1	0,2
Nitrato	10	10	10	mg / L N	0,05	0,14	0,02	0,04
Nitrito	1	1	1	mg / L N	0,002		0,007	
Amônia não Ionizável				mg / L NH ₃	0,000196	0,000062	0,000067	0,000818
OD	> 6	> 5	> 4	mg / L	6,9	7	8	6,6
% OD Saturação				%	94,985	89,850	98,214	85,983
DBO	3	5	10	mg / L	2	< 2	< 2	< 2
DQO				mg / L	9		< 5	
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	
Óleos e Graxas	ausentes	ausentes	ausentes	mg / L	< 1		2	
Substâncias Tensoativas	0,5	0,5	0,5	mg / L LAS	< 0,05		< 0,05	
Coliformes Totais				NMP / 100 ml	170	3000	< 2	
Coliformes Termotolerantes	200	1000	4000	NMP / 100 ml	40	170	< 2	
Estreptococos Fecais				NMP / 100 ml	80		70	
Clorofila a	10	30	60	µg / L				6,54
Feofitina a				µg / L				
Densidade de Cianobactérias	20000	50000	100000	cel / mL				
Alumínio Dissolvido	0,1	0,1	0,2	mg / L Al				
Alumínio Total				mg / L Al				
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	0,011		0,01	
Boro Dissolvido				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	
Cálcio Total				mg / L Ca	2,4		2,6	
Chumbo Total	0,01	0,01	0,033	mg / L Pb	< 0,005		< 0,005	
Cobre Dissolvido	0,009	0,009	0,013	mg / L Cu	< 0,004		< 0,004	
Cobre Total				mg / L Cu	< 0,004		< 0,004	
Cromo Hexavalente				mg / L Cr	< 0,01		< 0,01	
Cromo Trivalente				mg / L Cr	< 0,04		< 0,04	
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	0,15	0,16	0,2	0,11
Magnésio Total				mg / L Mg	1,1		0,7	
Manganês Total	0,1	0,1	0,5	mg / L Mn	0,018		0,012	
Mercúrio Total	0,2	0,2	2	µg / 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					78,91	69,06	87,14	
CT					BAIXA	BAIXA	BAIXA	BAIXA



Resultados das Análises Físico-químicas e Bacteriológicas

Descrição da Estação :

Rio Pardo na cidade de Candido Sales / BA

Variável	Padrão			Unidade	PD005	PD005	PD005	PD005
	Classe 1	Classe 2	Classe 3		PA1	PA1	PA1	PA1
UPGRH					PA1	PA1	PA1	PA1
Classe de Enquadramento	Classe 1	Classe 2	Classe 3		Classe 2	Classe 2	Classe 2	Classe 2
Data de Amostragem					05/02/06	08/05/06	30/07/06	22/10/06
Hora de Amostragem					10:40	10:10	9:55	10:30
Condições do Tempo					Bom	Nublado	Bom	Nublado
Temperatura do Ar				° C	30	26	23	19
Temperatura da Água				° C	25,8	23,6	22,3	21,8
pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9		6,4	6,4	6,3	7,3
Condutividade Elétrica				µmho/cm	44,8	49,8	42,9	49,6
Turbidez	40	100	100	NTU	17	65,6	30,3	18,9
Cor Verdadeira	cor natural	75	75	UPT	86		115	
Sólidos Totais				mg / L	57	95	64	61
Sólidos Dissolvidos Totais	500	500	500	mg / L	46		57	
Sólidos Suspensos Totais				mg / L	11	13	7	11
Alcalinidade Total				mg / L CaCO ₃	10,1		8,7	
Alcalinidade de Bicarbonato				mg / L CaCO ₃	10,1		8,7	
Dureza Total				mg / L CaCO ₃	12,9		11,4	
Dureza de Cálcio				mg / L CaCO ₃	7,7		8,8	
Dureza de Magnésio				mg / L CaCO ₃	5,3		2,6	
Cloreto Total	250	250	250	mg / L Cl	3,85	4,51	3,65	5,19
Potássio Dissolvido				mg / L K	2,51		2,55	
Sódio Dissolvido				mg / L Na	2,95		2,93	
Sulfato Total	250	250	250	mg / L SO ₄	3,2		10,5	
Sulfeto	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	0,02	0,09	0,03	0,02
Nitrogênio Orgânico				mg / L N	0,5		0,3	
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	0,3	0,1	0,3	0,1
Nitrato	10	10	10	mg / L N	0,12	0,2	0,07	0,04
Nitrito	1	1	1	mg / L N	0,006		0,014	
Amônia não Ionizável				mg / L NH ₃	0,000532	0,000152	0,000330	0,001053
OD	> 6	> 5	> 4	mg / L	7,2	7,2	7,8	7,4
% OD Saturação				%	95,129	90,795	95,687	89,824
DBO	3	5	10	mg / L	< 2	2	< 2	2
DQO				mg / L	16		21	
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	0,002
Óleos e Graxas	ausentes	ausentes	ausentes	mg / L	< 1		1	
Substâncias Tensioativas	0,5	0,5	0,5	mg / L LAS	< 0,05		< 0,05	
Coliformes Totais				NMP / 100 ml	< 2	1100	< 2	
Coliformes Termotolerantes	200	1000	4000	NMP / 100 ml	< 2	280	< 2	
Streptococos Fecais				NMP / 100 ml	5000		800	
Clorofila a	10	30	60	µg / L				2,67
Feofitina a				µg / L				
Densidade de Cianobactérias	20000	50000	100000	cel / mL				
Alumínio Dissolvido	0,1	0,1	0,2	mg / L Al				
Alumínio Total				mg / L Al				
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	0,042		0,047	
Boro Dissolvido				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	
Cálcio Total				mg / L Ca	3,1		3,5	
Chumbo Total	0,01	0,01	0,033	mg / L Pb	< 0,005		< 0,005	
Cobre Dissolvido	0,009	0,009	0,013	mg / L Cu	< 0,004		< 0,004	
Cobre Total				mg / L Cu	< 0,004		< 0,004	
Cromo Hexavalente				mg / L Cr	< 0,01		< 0,01	
Cromo Trivalente				mg / L Cr	< 0,04		< 0,04	
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	0,18	0,33	0,81	0,59
Magnésio Total				mg / L Mg	1,3		0,6	
Manganês Total	0,1	0,1	0,5	mg / L Mn	0,039		0,041	
Mercúrio Total	0,2	0,2	2	µg / 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					86,11	65,58	83,77	
CT					BAIXA	BAIXA	BAIXA	BAIXA

Legenda:

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

IQA:	Excelente	$90 < \text{IQA} \leq 100$
	Bom	$70 < \text{IQA} \leq 90$
	Médio	$50 < \text{IQA} \leq 70$
	Ruim	$25 < \text{IQA} \leq 50$
	Muito Ruim	$0 < \text{IQA} \leq 25$
CT:	Baixa	Concentração $\leq 1,2 \cdot P$
	Média	$1,2 \cdot P < \text{Concentração} \leq 2 \cdot P$
	Alta	Concentração $> 2 \cdot P$

P = Limite de classe definido na CONAMA No 357/05

Vazão: Inferida por método de regionalização.