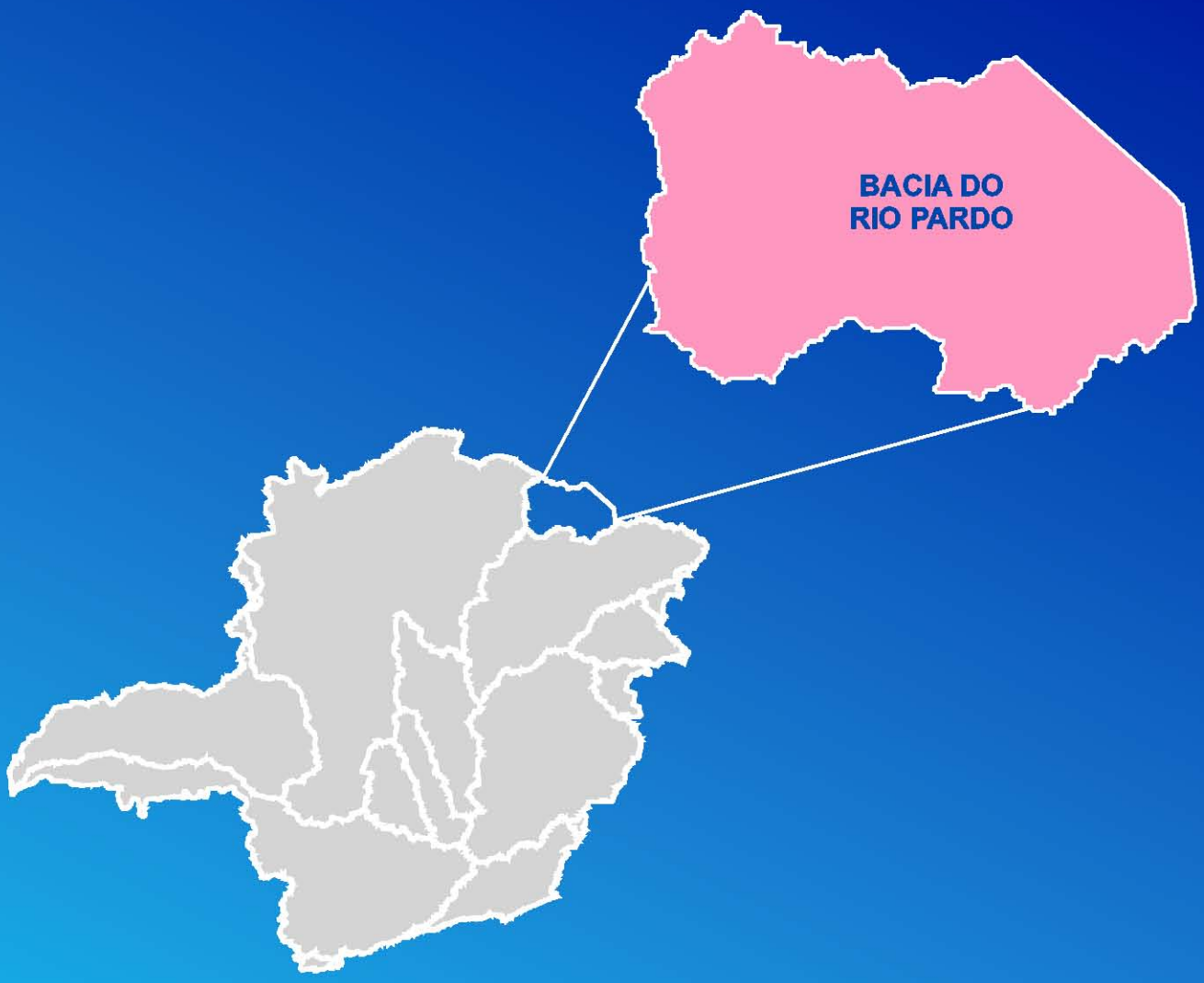
MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA DO RIO PARDO

RELATÓRIO ANUAL 2007



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

CETEC

IGAM
INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS

GOVERNO DE MINAS

Instituto Mineiro de
Gestão das Águas

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO PARDO EM 2007

Relatório Anual

Belo Horizonte
Dezembro/2008

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 2007. --- Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2008.
123p. : 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

Ângela Aparecida Pezzuti, Geógrafa

Beatriz Trindade Laender, Geógrafa

Cristiane Freitas de Azevedo Barros, Bióloga

Igor Lacerda Ferreira, Geógrafo

Katiane Cristina de Brito Almeida, Bióloga

Laylla Gabrielle Borges Correia, Estagiária

Leonardo Corradi Coelho, Geógrafo

Lívia Marcele Evangelista Borges, Estagiária

Ludmila Vieira Lage, Estatística

Milton Olavo de Paiva Franco, Químico

Mariana Moreira Nunes de Carvalho, Ecóloga

Nádia Antônia Pinheiro Santos, Geógrafa

Patrícia Sena Coelho, Bióloga

Priscilla Lacombe Retes, Estagiária

Raquel Souza Mendes, Bióloga

Regina Márcia Pimenta de Mello, Bióloga

Rômulo Cajueiro de Melo, Biólogo

Sérgio Pimenta Costa, Biólogo

Thiago Augusto Borges Rodrigues, 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 Cézar 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

APRESENTAÇÃO

A pressão do desenvolvimento econômico e do crescimento populacional já se fazem sentir com freqüência, 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

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..... 10
3.1. Significado Ambiental dos Parâmetros..... 11
3.1.1. Parâmetros Físicos..... 11
3.1.2. Parâmetros Químicos..... 13
3.1.3. Parâmetros Microbiológicos..... 23
3.1.4. Parâmetro Hidrobiológicos..... 24
3.1.5 Bioensaios Ecotoxicológicos..... 25
4. INDICADORES DA QUALIDADE DAS ÁGUAS..... 26
4.1. Índice de Qualidade das Águas – IQA..... 26
4.2. Contaminação por Tóxicos - CT..... 28
4.3. Bioensaios Ecotoxicológicos..... 29
5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS..... 29
5.1. Rede de Monitoramento..... 29
5.2. Coletas e Análises..... 30
5.2.1. Coletas..... 30
5.2.2. Análises..... 49
5.3. Avaliação Temporal..... 50
5.4. Avaliação Espacial..... 51
5.5. Avaliação Ambiental – Pressão x Estado x Resposta..... 51
6 ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA..... 53
6.1. O que é Enquadramento dos Corpos de Água..... 53
6.2. Modalidades de enquadramento dos corpos de água..... 53
6.3. Enquadramento dos corpos de água em Minas Gerais..... 53
6.4. Procedimentos metodológicos do enquadramento..... 54
7. OUTORGA..... 55
7.1. O Que é Outorga de Direito de Uso..... 55
7.2. Modalidades de Outorga..... 56
7.3. A Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos em Minas Gerais.. 56
7.4. A Quem Solicitar..... 57
7.5. Como Solicitar a Outorga..... 57

7.6. Quando se Deve Solicitar a Outorga..... 57
7.7. Os Usos de Recursos Hídricos Sujeitos a Outorga..... 58
7.8. Usos que independem da Outorga..... 58
7.9. Procedimento para a Solicitação de Outorga..... 58
7.10. Documentação Necessária para a Obtenção da Outorga..... 59
8. SITUAÇÃO NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2007..... 60
8.1. IQA – Índice de Qualidade das Águas nas Bacias Hidrográficas..... 62
8.2. CT – Contaminação por Tóxicos nas Bacias Hidrográficas..... 72
8.3. Parâmetros em desacordo com a legislação..... 80
8.3.1. No Estado de Minas Gerais..... 80
8.3.2. Nas bacias hidrográficas..... 82
8.4. Ensaios de Ecotoxicidade..... 88
9. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA DO RIO PARDO NO ESTADO DE MINAS GERAIS..... 98
10. CONSIDERAÇÕES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DE 2007..... 110
10.1. Rio Pardo..... 110
11. AVALIAÇÃO AMBIENTAL 113
11.1. Análise das Violações..... 113
12. AÇÕES DE CONTROLE AMBIENTAL – RESPOSTA..... 117
12.1. Contaminação por esgoto sanitário..... 117
12.2. Contaminação por atividades industriais e minerárias 117
12.2. Contaminação por mau uso do solo..... 117
13. BIBLIOGRAFIA..... 119

ANEXOS

Anexo A – Municípios com Sede na Bacia do Rio Grande..... A-1
Anexo B – Curvas de Qualidade e Equações para Cálculo do Índice de Qualidade das Águas..... B-1
Anexo C – Classificação das Coleções de Água..... C-1
Anexo D – Resultados dos Parâmetros e Indicadores de Qualidade das Águas em 2005..... D-1

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 –	Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos em Minas Gerais (UPGRH), suas respectivas áreas de drenagem, população e número de estações de amostragem.....	7
Tabela 5.1 -	Relação dos parâmetros analisados nas campanhas completas...	31
Tabela 5.2 -	Relação dos parâmetros comuns a todas as estações de amostragens analisados nas campanhas intermediárias.....	32
Tabela 5.3 -	Relação dos parâmetros específicos analisados nas campanhas intermediárias por estação de amostragem.....	33
Tabela 5.4 -	Relação dos métodos de ensaios utilizados no Projeto "Águas de Minas".....	49
Tabela 6.1 -	Classificação dos corpos de água segundo os usos preponderantes.....	55
Tabela 8.1 -	Avaliação dos resultados dos testes de ecotoxicidade, entre agosto/2003 e dezembro/2007 na bacia do rio Grande.....	90
Tabela 8.2 -	Resultados dos testes de ecotoxicidade observados nas estações da bacia do rio Grande monitoradas na 4ª campanha de 2007.....	91
Tabela 8.3 -	Avaliação dos resultados dos testes de ecotoxicidade realizados entre agosto/2003 e dezembro/2007 na bacia do rio Paranaíba.....	93
Tabela 8.4 -	Avaliação dos resultados dos testes de ecotoxicidade realizados entre agosto/2003 e dezembro/2007 na bacia do rio São Francisco.....	94
Tabela 8.5 -	Resultados dos testes de ecotoxicidade observados nas estações da bacia do rio São Francisco monitorados a partir do 3º trimestre de 2007.....	95
Tabela 9.1 -	Dados Gerais da Bacia do rio Pardo em Minas Gerais.....	98
Tabela 9.2 -	Descrição das estações de amostragem na 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 2007.....	114

LISTA DE FIGURAS

Figura 8.1:	Evolução temporal do Índice de Qualidade das Águas - IQA, no Estado de Minas Gerais.....	61
Figura 8.2:	Evolução temporal da Contaminação por Tóxicos – CT, no Estado de Minas Gerais.....	61
Figura 8.3:	Freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas- IQA nas UPGRHs SF1, SF4, SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10, no ano de 2007.....	62
Figura 8.4:	Freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas- IQA na bacia do rio Pará – UPGRH SF2, no ano de 2007.....	63
Figura 8.5:	Freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas- IQA na bacia do rio Paraopeba – UPGRH SF3, no ano de 2007.....	64
Figura 8.6:	Freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas- IQA na bacia do rio das Velhas – UPGRH SF5, no ano de 2007.....	65
Figura 8.7:	Freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas- IQA na bacia do rio Grande – UPGRH's GD1, GD2, GD3, GD4, GD5, GD6, GD7 e GD8, no ano de 2007.....	66
Figura 8.8:	Freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas- IQA na bacia do rio Doce – UPGRH's DO1, DO2, DO3, DO4, DO5 e DO6, no ano de 2007.....	67
Figura 8.9:	Freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas- IQA na bacia do rio Paraíba do Sul – UPGRH PS1 e PS2, no ano de 2007.....	68
Figura 8.10:	Freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas- IQA na bacia do rio Paranaíba – UPGRH's PN1, PN2 e PN3, no ano de 2007.....	69
Figura 8.11:	Freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas- IQA na bacia do rio Jequitinhonha – UPGRHs JQ1, JQ2 e JQ3.....	70
Figura 8.12:	Freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas- IQA na bacia do rio Mucuri – UPGRH MU1.....	71
Figura 8.13:	Freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas- IQA na bacia do rio Pardo – UPGRH PA1.....	72
Figura 8.14:	Freqüência de ocorrência de Contaminação por Tóxicos no Estado de Minas Gerais, no ano de 2007.....	73
Figura 8.15:	Ocorrência de parâmetros avaliados na Contaminação por Tóxicos no Estado de Minas Gerais, no ano de 2007.....	74
Figura 8.16:	Freqüência de ocorrência de Contaminação por Tóxicos nas sub-bacias do rio São Francisco, no ano de 2007.....	74
Figura 8.17:	Freqüência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média no ano de 2007 – UPGRHs SF1, SF4, SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10.....	75

Figura 8.18: **Freqüência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média no ano de 2007 – UPGRH SF2..... 76**

Figura 8.19: **Freqüência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média no ano de 2007 – UPGRH SF3..... 76**

Figura 8.20: **Freqüência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média no ano de 2007 – UPGRH SF5..... 77**

Figura 8.21: **Freqüência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média no ano de 2007 – UPGRHs GD1, GD2, GD3, GD4, GD5, GD6, GD7 e GD8..... 77**

Figura 8.22: **Freqüência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média no ano de 2007 – UPGRHs DO1, DO2, DO3, DO4, DO5 e DO6..... 78**

Figura 8.23: **Freqüência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média no ano de 2007 – UPGRHs PS1 e PS2..... 78**

Figura 8.24: **Freqüência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Média no ano de 2007 – UPGRHs PN1, PN2 e PN3..... 79**

Figura 8.25: **Freqüência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta no ano de 2007 – UPGRHs JQ1, JQ2 e JQ3..... 79**

Figura 8.26: **Freqüência da ocorrência de metais fora dos limites estabelecidos na legislação no Estado de Minas Gerais, em 2007.. 81**

Figura 8.27: **Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação no Estado de Minas Gerais, em 2007.. 81**

Figura 8.28: **Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação em 2007 – UPGRHs SF1, SF4, SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10..... 82**

Figura 8.29: **Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação em 2007 – UPGRH SF2..... 83**

Figura 8.30: **Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação em 2007 – UPGRH SF3..... 83**

Figura 8.31: **Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação em 2007 – UPGRH SF5..... 84**

Figura 8.32: **Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação em 2007 – UPGRHs GD1, GD2, GD3, GD4, GD5, GD6, GD7 e GD8..... 84**

Figura 8.33: **Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação em 2007 – UPGRH DO1, DO2, DO3, DO4, DO5 e DO6..... 85**

Figura 8.34: Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação em 2007 – UPGRH PS1 e PS2..... 85

Figura 8.35: Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação em 2007 – UPGRHs PN1, PN2 e PN3... 86

Figura 8.36: Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação em 2007 – UPGRHs JQ1, JQ2 e JQ3.... 86

Figura 8.37: Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação em 2007 – UPGRH MU1..... 87

Figura 8.38: Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação em 2007 – UPGRH PA1..... 87

Figura 8.39: Variação dos percentuais de estações da bacia do rio Grande com resultados positivos para os ensaios de ecotoxicidade crônica..... 89

Figura 8.40: Variação dos percentuais de estações da bacia do rio Paranaíba com resultados positivos para os ensaios de ecotoxicidade crônica..... 92

Figura 8.41: Variação dos percentuais de amostras do rio Manhuaçu com resultados positivos para os ensaios de ecotoxicidade crônica..... 96

Figura 8.42: Distribuição das estações entre as categorias Alta, Média e Baixa ocorrência de ecotoxicidade..... 96

Figura 9.1: Assoreamento do rio Pardo a jusante da cidade de rio Pardo de Minas e na cidade de Cândido Sales (BA)..... 100

Figura 9.2: Porcentagem de água superficial utilizada na bacia do rio Pardo em 2007, em função da vazão outorgada..... 103

Figura 9.3: Porcentagem de água subterrânea utilizada na bacia do rio Pardo em 2007, em função da vazão outorgada..... 103

Figura 10.1: Ocorrência de coliformes termotolerantes no rio Pardo a jusante da cidade de Rio Pardo de Minas (PD003) e na cidade de Cândido Sales – BA (PD005) no período de 1997 a 2007..... 111

Figura 10.2: Ocorrência de óleos e graxas no rio Pardo a jusante da cidade de Rio Pardo de Minas (PD003) em 2007..... 111

Figura 10.3: Ocorrência de cor verdadeira no rio Pardo a jusante da cidade de Rio Pardo de Minas (PD003) e na cidade de Cândido Sales (PD005) no período de 1997 a 2007..... 112

Figura 10.4: Ocorrência de ferro dissolvido no rio Pardo montante da cidade de Montezuma (PD001) e na cidade de Cândido Sales – BA (PD005), no período de 1997 a 2007..... 112

LISTA DE MAPAS

Mapa 2.1: **Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos em Minas Gerais (UPGRHs)..... 6**

Mapa 9.1: **Uso da água na bacia do Pardo, segundo outorgas concedidas pelo IGAM, válidas em 2007..... 101**

Mapa 9.2: **Volume de água outorgado pelo IGAM na bacia do Pardo, válido em 2007..... 102**

Mapa 9.3: **Qualidade das águas superficiais da bacia do rio Pardo, no primeiro trimestre de 2007 - UPGRH PA1..... 105**

Mapa 9.4: **Qualidade das águas superficiais da bacia do rio Pardo, no segundo trimestre de 2007 – UPGRH PA1..... 106**

Mapa 9.5: **Qualidade das águas superficiais da bacia do rio Pardo, no terceiro trimestre de 2007 – UPGRH PA1..... 107**

Mapa 9.6: **Qualidade das águas superficiais da bacia do rio Pardo, no quarto trimestre de 2007 – UPGRH PA1..... 108**

Mapa 9.7: **Qualidade das águas superficiais da bacia do rio Pardo, em 2007 – 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 delineia 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 Nº 13.199/99 fundamentada na Lei Federal Nº 9.433/97.

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

Com o *status* adquirido pela questão hídrica refletida na promulgação da Lei 9.433/97 e a conseqüente criação de órgãos federais e estaduais dirigidos ao gerenciamento racional das águas, o trabalho de monitoramento foi reforçado pela FEAM, em 1997, desta vez com um monitoramento mais amplo e completo, estendido às oito principais bacias hidrográficas mineiras por meio de convênio com o Ministério do Meio Ambiente - MMA. No final de 1999, o Governo do Estado de Minas Gerais, por intermédio do Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH, também destinou recursos para o Projeto Águas de Minas, passando o IGAM a integrar a coordenação do mesmo. Em 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 onze 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 freqüência trimestral. Em 2007 foram implantadas 50 novas estações de monitoramento distribuídas nas bacias dos rios Paraopeba (8), Pará (10), Urucuia (8), São Francisco - UPGRHs SF1 e SF4 (10) e Grande (14), totalizando 310 estações de amostragem. A descrição dos novos pontos pode ser observada nas tabelas específicas de cada bacia.

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

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

Para 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 dúbia.* No período de 2001 à 2004, foram inseridos os 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 2007, 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 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.

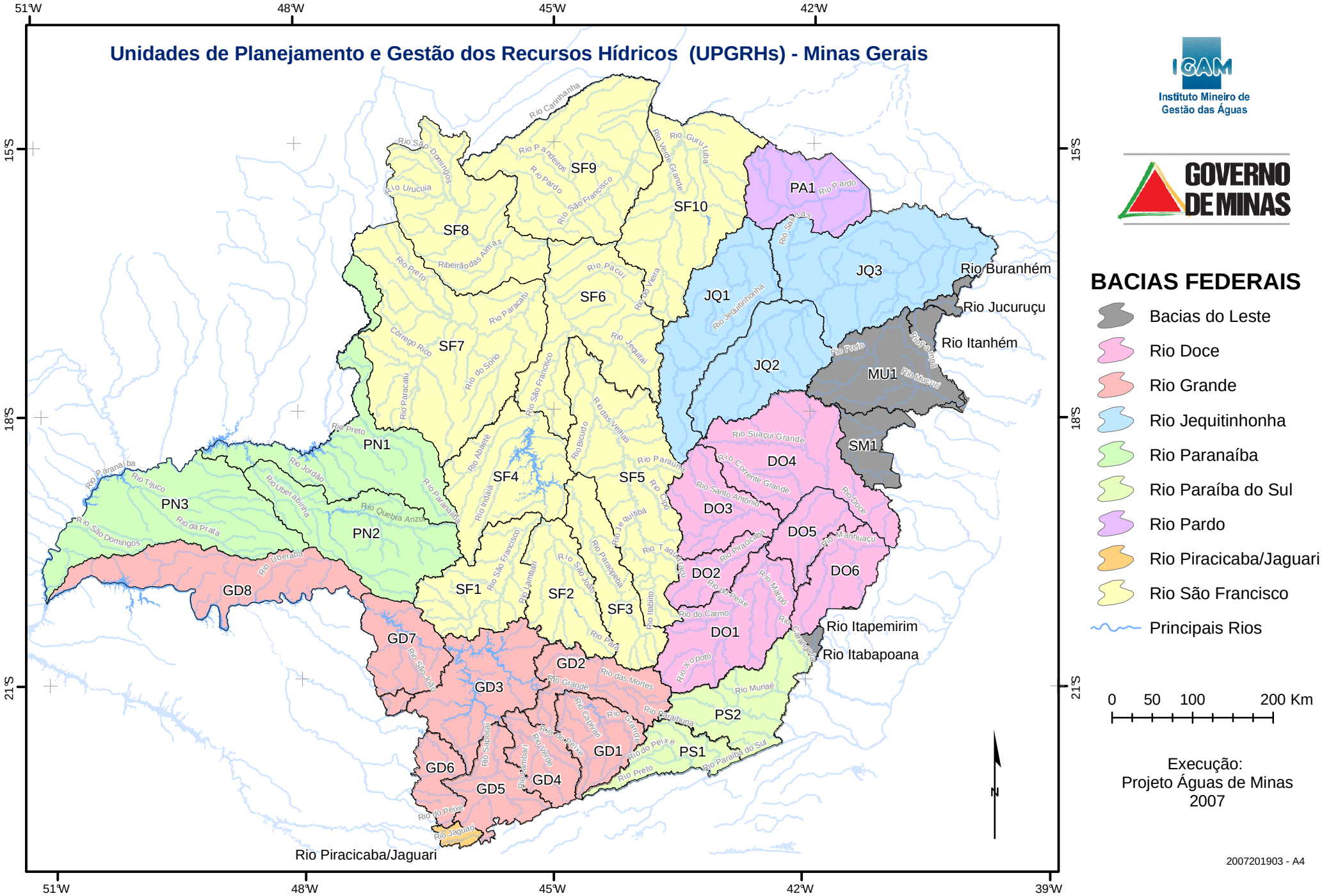
Dessa forma, gerou-se uma demanda do CERH ao IGAM no sentido de identificar e definir unidades de planejamento e gestão dos recursos hídricos no Estado, com o objetivo de orientar as ações relacionadas à aplicação da Política Estadual de Recursos Hídricos no âmbito estadual. Os trabalhos culminaram no 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.



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

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)	São Francisco e Afluentes	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	17	0,91
		SF6 - SF jusante Rio Abaeté até jusante do Rio Urucuia		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 Urucuia e afluentes esquerdos do SF		25.136	8	79.704	46.754	32.950	11	0,44
		SF9 - SF jusante confluência Urucuia até a montante do Rio Carinhanha		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 São Francisco e Afluentes	**7**	**182.997**	**101**	**1.689.409**	**1.229.342**	**460.067**	**62**	**0,34**
	Pará	SF2 - Bacia do Rio Pará		12.262	27	631.887	547.941	83.946	26	2,12
	Paraopeba	SF3 - Bacia do Rio Paraopeba		12.092	35	909.486	814.609	94.877	30	2,48
	Velhas	SF5 - Bacia Rio das Velhas até foz no SF		29.173	56	4.307.828	4.121.255	186.573	33	1,13
		TOTAL SF	**10**	**236.524**	**219**	**7.538.610**	**6.713.147**	**825.463**	**151**	**0,64**
Rio Paranaíba (PN)		PN1 - Nascentes Rio Paranaíba até jusante Barragem Itumbiara		22.292	18	430.955	361.277	69.678	5	0,22
		PN2 - Bacia Rio Araguari		21.567	13	741.486	696.543	44.943	8	0,37
		PN3 - Baixo curso, de Itumbiara até a foz		26.973	13	211.641	176.801	34.840	5	0,19
		TOTAL PN	**3**	**70.832**	**44**	**1.384.082**	**1.234.621**	**149.461**	**18**	**0,25**

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

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	4	0,24
	GD4 - Bacia Rio Verde		6.924	23	420.301	352.206	68.095	13	1,88
	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	7	1,17
	GD7 - Entorno Represa do Peixoto e Ribeirão Sapucaí		9.856	18	294.816	245.288	49.528	5	0,51
	GD8 - Baixo curso Rio Grande jusante Reservatório do Peixoto		18.785	18	457.099	403.239	53.860	6	0,32
	TOTAL GD	**8**	**86.344**	**206**	**3.397.465**	**2.733.472**	**663.993**	**56**	**0,65**
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**	**0,43**

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 (continuação).

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	0,20
	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	0,20
	TOTAL JQ	**3**	**65.851**	**60**	**774.114**	**429.861**	**344.253**	**13**	**0,20**
Rio Paraíba do Sul (PS)	PS1 - Bacia do Rio Paraibuna		7.223	22	598.644	551.273	47.371	13	1,80
	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**	**1,40**
Rio Pardo (PA)	**Toda a Bacia em MG**	**1**	**12.763**	**11**	**109.349**	**45.847**	**63.502**	**3**	**0,24**
Rio Mucuri (MU)	**Toda a Bacia em MG**	**1**	**14.859**	**12**	**296.845**	**205.132**	**91.713**	**8**	**0,54**
Rio Piracicaba/Jaguari	**Toda a Bacia em MG**	**1**	**1.161**	**4**	**57.794**	**35.551**	**22.243**	**-**	**-**
Bacias do Leste	Bacia Rio Buranhém em MG		325	1	12.144	6.104	6.040	-	-
	Bacia Rio Jucuruçu em MG		712	2	14.276	7.362	6.914	-	-
	Bacia Rio Itanhém em MG		1.519	4	39.853	26.620	13.233	-	-
	Bacia Rio Peruípe em MG		57	-	8.182	6.498	1684	-	-
	Bacia Rio Itaúnas em MG		23	-	41.619	37.781	3.838	-	-
	Bacia Rio Itapemirim em MG		33	-	19.528	11.218	8.310	-	-
	Bacia Rio Itabapoana em MG		671	4	34.568	18.147	16.421	-	-
	Bacia Rio São Mateus em MG	1	5.682	13	102.815	58.825	43.990	-	-
	TOTAL Bacias Leste	**1**	**9.022**	**24**	**272.985**	**172.555**	**100.430**	**-**	**-**
No Estado	**TOTAL de UPGRHs Amostradas**	**34**	**582.392**	**825**	**17.717.695**	**14.662.114**	**3.055.581**	**310**	**0,53**
	TOTAL de UPGRHs	36	592.575	853	18.048.474	14.870.220	3.178.254		

* Há 3 estações de monitoramento da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul localizadas no estado do Rio de Janeiro e 1 estação da bacia hidrográfica do rio Pardo situada no estado da Bahia.

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 carreiam. 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 carreados 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 totais, sólidos suspensos totais, 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 trialometanos.

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 $DBO_{5,20}$.

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 diarréias, 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 conseqüência, 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 o 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. 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 à 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 laseres. 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 sangüínea por vasoconstrição, até sérios efeitos tóxicos sobre o coração.

Boro (B)

O boro é muito reativo de forma que é dificultada a sua ocorrência no estado livre. Contudo, pode-se encontrá-lo combinado em diversos minerais. O boro, na sua forma combinada como bórax ($Na_2B_4O_7$. $10H_2O$) é utilizado desde tempos imemoriais. É usado como matéria-prima na produção de vidro de borosilicato, resistente ao calor, para usos domésticos e laboratoriais, familiarmente conhecido pela marca registrada Pirex, bem como na preparação de outros compostos de boro.

Em sua forma elementar, é duro e quebradiço como o vidro, tendo aplicações semelhantes a este. Pode ser adicionado a metais puros, ligas ou outros sólidos, para aumentar a sua resistência plástica, acrescendo, 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 diarréia 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.

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 gastro-intestinal, vômitos e diarréias.

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 diarréia 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 papeleira; 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.

Mercúrio (Hg)

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

O mercúrio prejudica o poder de autodepuração das águas a partir de uma concentração de apenas 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, diarréia, 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 24° 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 contém 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 dasdos 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 n° 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 ±0,5°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 ± 0,2ºC 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 44,5ºC 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.

Estreptococos Fecais

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

A partir de relações conhecidas entre os resultados de coliformes termotolerantes e estreptococos fecais pode-se ter uma indicação de se o material fecal presente na água é de origem humana ou animal. A relação menor que um (1) indica que os despejos são preponderantemente provenientes de animais domésticos, enquanto que, para despejos humanos, apresenta-se maior que quatro (4). Quando a relação se encontra na faixa entre os dois valores, a interpretação se torna duvidosa. Contudo, há algumas restrições para a interpretação sugerida:

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

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

Ensaios 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 expressa através de mudanças comportamentais, alterações fisiológicas, genéticas e de reprodução, etc.

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

4. INDICADORES DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

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

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

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

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

4.1. Índice de Qualidade das Águas - IQA

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

O tratamento dos dados da mencionada pesquisa definiu um conjunto de nove (9) parâmetros considerados mais representativos para a caracterização da qualidade das águas: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais. A cada parâmetro foi atribuído um peso, conforme apresentado na Tabela a seguir, de acordo com a sua importância relativa no cálculo do IQA, e traçadas curvas médias de variação da qualidade das águas em função da concentração do mesmo.

Parâmetro	Peso - w_i
Oxigênio dissolvido – OD (%ODSat)	0,17
Coliformes 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 livres, 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, como mostrado na Tabela abaixo. 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 < concentração $\leq$ 2.P
Alta	concentração > 2.P

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

A partir dos resultados do IQA e da CT de cada estação de amostragem, foi produzido o mapa “Qualidade das Águas Superficiais em 2007 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 o oxigênio dissolvido inviabiliza o cálculo desse índice, já que esses parâmetros possuem os maiores pesos no cálculo do IQA. Em 2007, ocorreram perdas de informações referentes ao parâmetro 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 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 microcrustáceo *Ceriodaphnia dúbia*, 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 Km^2, o que representa 98% de sua área total. Destaca-se que 50 novas estações foram implantadas em 2007, totalizando 310 pontos de monitoramento. Entretanto, para efeito de discussão dos dados, serão consideradas apenas as 260 estações já existentes, uma vez que, para as novas estações implantadas nesse ano, foram realizadas coletas a partir da terceira campanha na bacia do rio Urucuia e da quarta campanha nas bacias dos rios Pará, Paraopeba, São Francisco (UPGRHs SF1 e SF4) e Grande. Esses resultados serão apresentados nos relatórios de cada bacia.

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 1.000km^2, 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 as 260 estações distribuídas por todo o Estado, a densidade atual de estações é 0,45/1000km^2. No entanto, a densidade de pontos é superior a uma estação/1.000km^2 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.

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
ArsênioTotal	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 suspensos totais
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 suspensos totais
Condutividade Elétrica “in loco”	Sólidos Totais
Demanda Bioquímica de Oxigênio	Temperatura da Água
Fósforo Total	Temperatura do Ar
Nitrato	Turbidez

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 e Densidade de cianobactérias
SF002	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
SF003	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Densidade de cianobactérias, 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, Densidade de cianobactérias, Fenóis totais, Mercúrio total, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
SF006	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Densidade de cianobactérias, 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, Densidade de cianobactérias, 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, Densidade de cianobactérias, 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, Densidade de cianobactérias, 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
SF042	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre solúvel, Cor verdadeira, Cromo total, DQO, Fenóis totais, Ferro solúvel, Mercúrio total Mercúrio total, Níquel total, Nitrito, Nitrogênio orgânico, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, 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	
UPGRHs SF1 e SF4: Rio São Francisco Sul	
SF044	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre solúvel, Cor verdadeira, Cromo total, DQO, Fenóis totais, Ferro solúvel, Manganês total, Mercúrio total Nitrito, Nitrogênio orgânico, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
SF046	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre solúvel, Cor verdadeira, Cromo total, DQO, Fenóis totais, Ferro solúvel, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Nitrito, Nitrogênio orgânico, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
SF048	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre solúvel, Cor verdadeira, Cromo total, DQO, Fenóis totais, Ferro solúvel, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Nitrito, Nitrogênio orgânico, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
SF050	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre solúvel, Cor verdadeira, Cromo total, DQO, Fenóis totais, Ferro solúvel, Manganês total, Mercúrio total, Nitrito, Nitrogênio orgânico, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
SF052	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre solúvel, Cor verdadeira, Cromo total, DQO, Fenóis totais, Ferro solúvel, Manganês total, Mercúrio total, Nitrito, Nitrogênio orgânico, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
SF054	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre solúvel, Cor verdadeira, Cromo total, DQO, Fenóis totais, Ferro solúvel, Manganês total, Mercúrio total, Nitrogênio orgânico, Nitrito, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco tota, Densidade de cianobactérias
SF056	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre solúvel, Cor verdadeira, Cromo total, DQO, Fenóis totais, Ferro solúvel, Manganês total, Mercúrio total Nitrogênio orgânico, Nitrito, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
SF058	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre solúvel, Cor verdadeira, Cromo total, DQO, Fenóis totais, Ferro solúvel, Manganês total, Mercúrio total, Manganês, Nitrito, Nitrogênio orgânico, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, Zinco total
SF060	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre solúvel, Cor verdadeira, Cromo total, DQO, Fenóis totais, Ferro solúvel, Manganês total, Mercúrio total, Manganês, Nitrito, Nitrogênio orgânico, Níquel total, Sulfetos, Surfactantes aniônicos, 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 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
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
PA005	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Cromo total, Densidade de cianobactérias, 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, Densidade de cianobactérias, 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

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	
PA022	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
PA024	Chumbo total, Cor, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Substâncias tensoativas.
PA026	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor, Cromo total, Densidade de cianobactérias,Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
PA028	Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo total, Ferro solúvel, Índice de fenóis, Mercúrio, Níquel, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco
PA032	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Fenóis totais, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total, Cianobactérias
PA034	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor real, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total, Densidade de cianobactérias,
PA036	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor real, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total, Densidade de cianobactérias,
PA040	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total, Cianobactérias
PA044	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor real, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total,Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
UPGRH SF3: Rio Paraopeba	
BP022	Cádmio total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Cor real
BP024	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Cor real, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Cor real
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
BP032	Cádmio total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Cor real

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	
BP036	Cádmio total, Chumbo total, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BP066	Cádmio total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Cor real
BP068	Cádmio total, Ferro dissolvido, Cor verdadeira, DQO, Fenóis totais, Manganês total
BP069	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Surfactantes aniônicos, Sulfetos, Zinco total, Cor real
BP070	Cádmio total, Chumbo total, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BP071	Cianeto livre, Cor verdadeira, Cromo total, Densidade de cianobactérias, 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
BP073	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Surfactantes aniônicos, Sulfetos, Zinco total, Cor real
BP074	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Zinco total, Cor real
BP076	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, DQO, Cor verdadeira, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Zinco total
BP078	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BP079	Cádmio total, Cor verdadeira, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês 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
BP082	Cádmio total, Chumbo total, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Manganês total, Substâncias tensoativas
BP083	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Zinco 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
BP086	Arsênio total, Cádmio total, Chumbo total, Cor verdadeira, DQO, Densidade de cianobactérias, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês 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 SF3: Rio Paraopeba	
BP088	Cádmio total, Cianeto livre, Cor verdadeira, 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
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
BP099	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Cor real
UPGRH SF5: Rio das Velhas	
BV013	Arsênio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, DQO, Densidade de cianobactérias, Ferro dissolvido, Manganês total, Sulfetos, Níquel total,
BV035	Arsênio total, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Cromo total, Densidade de cianobactérias, 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, Densidade de cianobactérias, Fenóis totais, Ferro dissolvido, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, 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, Densidade de cianobactérias, 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, Densidade de cianobactérias, 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, Ensaio ecotoxicológico, Zinco total
BV083	Arsênio total, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Densidade de cianobactérias, Ensaio ecotoxicológico, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Óleos e Graxas, Substâncias tensoativas, 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	
BV105	Arsênio total, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, DQO, Densidade de cianobactérias, Ensaio ecotoxicológico, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Óleos e Graxas, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
BV130	Alcalinidade, Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Dureza, DQO, Ensaio ecotoxicológico, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Óleos e Graxas, Substâncias tensoativas, Toxicidade crônica, Zinco total
BV135	Cor verdadeira, DQO, Ensaio ecotoxicológico, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
BV137	Arsênio total, Cobre dissolvido, DQO, Densidade de cianobactérias, Ensaio ecotoxicológico, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Óleos e Graxas, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
BV139	Arsênio total, Cobre dissolvido, DQO, Densidade de cianobactérias Fenóis totais, Ferro dissolvido, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Óleos e Graxas, Zinco total
BV140	Alcalinidade, Chumbo total, Dureza, Cor verdadeira, DQO, Fenóis totais, Manganês total
BV141	Arsênio total, Cobre dissolvido, DQO, Densidade de cianobactérias, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Zinco total
BV142	Arsênio total, Cobre dissolvido, DQO, Densidade de cianobactérias, 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, Densidade de cianobactérias, 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, Densidade de cianobactérias, Fenóis totais, Manganês total
BV153	Arsênio total, Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, DQO, Densidade de cianobactérias, Ensaio ecotoxicológico, Fenóis totais, Ferro dissolvido, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Óleos e Graxas, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
BV154	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, DQO, Ensaio ecotoxicológico, Ferro dissolvido, Manganês total, Níquel total, Óleos e Graxas, Substâncias tensoativas, 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	
BV155	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, DQO, Ensaio ecotoxicológico, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
BV156	Arsênio total, DQO, Densidade de cianobactérias, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas
BV160	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, DQO, Ensaio ecotoxicológico, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Óleos e graxas, Substâncias tensoativas, 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
UPGRHs SF6, SF7, SF8, SF9, SF10: Rio São Francisco Norte	
SF019	Boro dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Densidade de cianobactérias, Ensaio ecotoxicológico, 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, Densidade de cianobactérias, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
SF023	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Densidade de cianobactérias, Fenóis totais, Manganês total, Substâncias tensoativas, Zinco total
SF025	Densidade de cianobactérias, Manganês total, Substâncias tensoativas
SF026	DQO, Nitrogênio orgânico
SF027	Densidade de cianobactérias, Manganês total, Substâncias tensoativas
SF028	DQO, Nitrogênio orgânico
SF029	Boro dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Cromo total, Densidade de cianobactérias, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Nitrito, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Ensaio ecotoxicológico, Zinco total
SF031	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Densidade de cianobactérias, Fenóis totais, Manganês total, Nitrito, Substâncias tensoativas, Zinco total
SF033	Densidade de cianobactérias, Manganês total, Substâncias tensoativas
SF034	DQO, Nitrogênio orgânico
SF040	DQO, Nitrogênio orgânico
PT001	Cianeto livre, Cor verdadeira, Fenóis totais, Manganês total
PT003	Cádmio total, Cianeto livre, Cor verdadeira, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Substâncias tensoativas
PT005	Arsênio total, Bário total, Boro dissolvido, Cádmio total, Densidade de cianobactérias, Fenóis totais, Ferro dissolvido, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Ensaio ecotoxicológico, 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	
UPGRHs SF6, SF7, SF8, SF9, SF10: Rio São Francisco Norte	
PT007	Ensaio ecotoxicológico, Fenóis totais, Ferro dissolvido, Manganês total, Substâncias tensoativas
PT009	Cor verdadeira, Fenóis totais, Ferro dissolvido, Manganês total, Substâncias tensoativas
PT010	Cádmio total, DQO, Densidade de cianobactérias, 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, Densidade de cianobactérias, Fenóis totais, Manganês total, Nitrito, Substâncias tensoativas, Ensaio ecotoxicológico
UR007	Cádmio total, Cor verdadeira, Fenóis totais, Nitrito, Substâncias tensoativas
UR009	Fenóis totais, Substâncias tensoativas
UR011	Cádmio Total, Arsênio Total, Fenóis Totais, Manganês Total, Sulfatos, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Ensaio ecotoxicológico
UR012	Cádmio Total, Arsênio Total, Fenóis Totais e Manganês Total
UR013	Cádmio Total, Nitrogênio Amoniacal Total, Cor Verdadeira, Cromo Total, Fenóis Totais, Mercúrio Total Ensaio ecotoxicológico,
UR014	Cádmio Total, Arsênio Total, Nitrogênio Amoniacal Total, Cor Verdadeira, Cromo Total, Fenóis Totais, Surfactantes Aniônicos Densidade de cianobactérias, Ensaio ecotoxicológico
UR015	Cádmio Total, Cor Verdadeira, Cromo Total e Fenóis Totais
UR016	Cádmio Total, Chumbo Total, Cobre Dissolvido, Fenóis Totais, Níquel Total, Ensaio ecotoxicológico
UR017	Cádmio Total, Chumbo Total, Cianeto Livre, Cobre Dissolvido, Cor Verdadeira, Cromo Total, Fenóis Totais, Manganês Total, Níquel Total, Sulfetos, Surfactantes Aniônicos, Zinco Total, Ensaio ecotoxicológico
VG001	Cádmio total, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Substâncias tensoativas, Zinco total
VG003	Boro dissolvido, Cádmio total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Densidade de cianobactérias, Fenóis totais, Ferro dissolvido, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Substâncias tensoativas, Sulfetos, Ensaio ecotoxicológico, Zinco total
VG004	Cádmio total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Nitrito, Substâncias tensoativas
VG005	Cádmio total, Densidade de cianobactérias, Fenóis totais, Manganês total, Substâncias tensoativas
VG007	Cádmio total, Densidade de cianobactérias, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Substâncias tensoativas, Ensaio ecotoxicológico
VG009	Cádmio total, Densidade de cianobactérias, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Ensaio ecotoxicológico
VG011	Cádmio total, Densidade de cianobactérias, Fenóis totais, Ensaio ecotoxicológico

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

Estação	Parâmetros específicos
BACIA DO RIO GRANDE	
UPGRH GD1, GD2, GD3, GD4, GD5, GD6, GD7 e GD8	
BG001	Cádmio total, Chumbo total, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Ensaio ecotoxicológico
BG003	Cádmio total, DQO, Ensaio ecotoxicológico, Ferro dissolvido, Fenóis totais,
BG005	Cádmio total, Chumbo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais
BG007	Cádmio total, Chumbo total, DQO, Fenóis totais, Níquel total, Ensaio ecotoxicológico
BG010	DQO, Ferro dissolvido, Manganês total
BG012	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, Ensaio ecotoxicológico
BG021	Cádmio total, Chumbo total, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Ensaio ecotoxicológico
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
BG028	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Ensaio ecotoxicológico, Zinco total
BG029	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Ensaio ecotoxicológico, 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, Ensaio ecotoxicológico
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
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

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

Estação	Parâmetros específicos
BACIA DO RIO GRANDE	
UPGRH GD1, GD2, GD3, GD4, GD5, GD6, GD7 e GD8	
BG034	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
BG035	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Ensaio ecotoxicológico, 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, Ensaio ecotoxicológico, 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, Ensaio ecotoxicológico
BG045	Cádmio total, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total
BG047	Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Ensaio ecotoxicológico
BG049	Cobre dissolvido, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Ensaio ecotoxicológico
BG051	Cobre dissolvido, Fenóis totais
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, Ensaio ecotoxicológico, 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, Ensaio ecotoxicológico
BG061	Chumbo total, Cobre dissolvido, DQO, Fenóis totais
BG063	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Densidade de cianobactérias, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, DQO, Ensaio ecotoxicológico

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	
BG065	Cianeto livre, Índice de fenóis, Cádmio total, Cromo total, Mercúrio total e Ensaio ecotoxicológico
BG067	Cianeto livre, Índice de fenóis, Cádmio total, Cromo total, Mercúrio total e Ensaio ecotoxicológico
BG069	Cianeto livre, Índice de fenóis, Cádmio total, Cromo total, Mercúrio total e Ensaio ecotoxicológico
BG071	Cianeto livre, Índice de fenóis, Cádmio total, Cromo total, Mercúrio total e Ensaio ecotoxicológico
BG073	Cianeto livre, Índice de fenóis, Cádmio total, Cromo total, Mercúrio total e Ensaio ecotoxicológico
BG075	Cianeto livre, Índice de fenóis, Cádmio total, Cromo total, Mercúrio total e Ensaio ecotoxicológico
BG077	Cianeto livre, Índice de fenóis, Cádmio total, Cromo total, Mercúrio total e Ensaio ecotoxicológico
BG079	Cianeto livre, Índice de fenóis, Cádmio total, Cromo total, Mercúrio total e Ensaio ecotoxicológico
BG081	Cianeto livre, Índice de fenóis, Cádmio total, Cromo total, Mercúrio total e Ensaio ecotoxicológico
BG083	Cianeto livre, Índice de fenóis, Cádmio total, Cromo total, Mercúrio total e Ensaio ecotoxicológico
BG085	Cianeto livre, Densidade de cianobactérias, Índice de fenóis, Cádmio total, Cromo total, Mercúrio total e Ensaio ecotoxicológico
BG087	Cianeto livre, Índice de fenóis, Cádmio total, Cromo total, Mercúrio total e Ensaio ecotoxicológico Densidade de cianobactérias
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, Densidade de cianobactérias, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Ensaio ecotoxicológico
PB005	Cádmio total, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, DQO, Fenóis totais, Manganês total
PB007	Chumbo total, Cobre dissolvido, DQO, DQO, Fenóis totais, Manganês total, Ensaio ecotoxicológico
PB009	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, DQO, Fenóis totais, Manganês total, Ensaio ecotoxicológico
PB011	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Manganês total, Ensaio ecotoxicológico
PB013	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Ensaio ecotoxicológico
PB015	Cádmio total, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Ensaio ecotoxicológico

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	
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, Ensaio ecotoxicológico
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, Ensaio ecotoxicológico, Ferro dissolvido, Fenóis totais
PB025	Cádmio total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Fenóis totais, Ensaio ecotoxicológico
PB027	Cádmio total, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Zinco total, Ensaio ecotoxicológico
PB029	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Cor verdadeira, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Ensaio ecotoxicológico, Zinco total
PB031	Cádmio total, Cobre dissolvido, Fenóis totais
PB033	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Ensaio ecotoxicológico
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
RD009	Arsênio total, Cobre dissolvido, Fenóis totais, mercúrio total
RD013	Alumínio dissolvido, Cobre dissolvido
RD018	Cobre dissolvido, Fenóis totais, Ferro dissolvido, Manganês total
RD019	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
RD021	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais
RD023	Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Sulfetos
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

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

BACIA DO RIO DOCE	
UPGRHs DO1, DO2, DO3, DO4, DO5 e DO6	
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
RD031	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Sulfetos, Substâncias tensoativas, Zinco total
RD032	Cobre dissolvido, Manganês total
RD033	Cobre dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
RD034	Cobre dissolvido
RD035	Cobre dissolvido
RD039	Cobre dissolvido, Fenóis totais, Manganês total
RD040	Cobre dissolvido
RD044	Cobre dissolvido
RD045	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Manganês total, Sulfetos
RD049	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Sulfetos
RD053	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Manganês total, Sulfetos
RD056	Cobre dissolvido, Densidade de cianobactérias, Ferro dissolvido, Sulfetos
RD057	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Sulfetos
RD058	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Sulfetos
RD059	Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Sulfetos
RD064	Cobre dissolvido, Densidade de cianobactérias, Ferro dissolvido, Sulfetos, Ensaio ecotoxicológico
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

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	
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
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, Densidade de cianobactérias, 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

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, Densidade de cianobactérias, 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, Densidade de cianobactérias, 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, Densidade de cianobactérias, 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	SM 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	SM 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 suspensos totais	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
Ensaio ecotoxicológico	ensaio com *Ceriodaphnia dubia*	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 2007, 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 significante 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 2006 e 2007 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 2007, 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 2007 e os parâmetros que apresentaram as maiores violações em relação aos limites legais no período de 1997 a 2007, 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:

- 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 30.000 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 2007 algumas ocorrências de metais tóxicos, quais sejam: Cobre total (entre 1997 e 2004), Cobre dissolvido (a partir de 2005), Mercúrio total, Arsênio total, Cádmio 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 2007, 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 n° 9.433/97 e Lei n° 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 n°12/2000, 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 n° 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, 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 aquáticas 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 aqüicultura 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 n° 357/2005, 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.

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.

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 explotação 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– GEARA 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 corpos 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

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 Nº 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.

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 2007

Foram obtidos, a partir das análises laboratoriais realizadas em 2007, 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 freqüência de ocorrência do IQA no Estado de Minas Gerais em 2007. Ressalta-se que no ano de 2007, a média anual do IQA não foi calculada para algumas estações de amostragem monitoradas, nas quais houve perda de informações referentes ao parâmetro coliformes termotolerantes em uma ou mais campanhas de monitoramento. Na estação localizada no rio Carinhanha a montante da sua foz no rio São Francisco (SF034), pertencente à bacia do rio São Francisco, na estação da bacia do rio Paranaíba situada no rio Paranaíba a montante do Reservatório de Emborcação (PB005), e na estação do rio Jequitinhonha monitorada próximo à localidade de Caçaratiba (JE005), o cálculo da média anual do IQA também não foi realizado, uma vez que não houve amostragem em uma ou mais campanhas do ano em questão, devido à dificuldade de acesso ao local de coleta. Por tais razões, para comparar os resultados de IQA de 2007 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 trimestrais de IQA demonstra que não houve uma grande variação das condições de qualidade das águas ao longo de onze anos de monitoramento.

No ano de 2007, houve uma redução na ocorrência do Índice de Qualidade das Águas Bom, diminuindo de 36,2% em 2006 para 23,1% em 2007. Com isso, pode-se perceber ainda a ruptura de um aumento gradativo da sua ocorrência entre os anos de 2002 até 2006. Esse ainda é o menor nível de ocorrência de IQA Bom em toda a série histórica para o Estado de Minas Gerais. Ressalta-se a ocorrência de IQA não calculado com 15,3% de freqüência, o que provavelmente influenciou na tendência observada.

O IQA Médio ainda é predominante em todas as bacias hidrográficas monitoradas no Estado de Minas Gerais com ocorrência em 42,4% dos pontos de amostragem em 2007, ante 40,4% em 2006. Entretanto, pode-se verificar que, mesmo com esse pequeno aumento, há uma tendência de 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 freqüência de 17,1% em 2007.

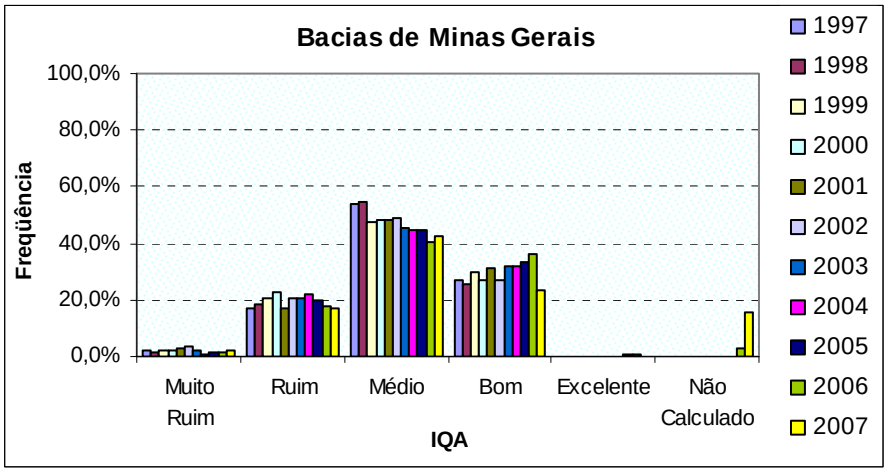


Figura 8.1: Evolução temporal do Índice de Qualidade das Águas - IQA, no Estado de Minas Gerais.

Com relação à Contaminação por Tóxicos (CT), observou-se um grande aumento na ocorrência de CT Baixa, de 57,9% em 2006 para 74,2% em 2007, atingindo assim, o seu maior percentual em toda a série histórica. Pelo outro lado, houve diminuição na ocorrência da CT Alta, de 18,9% em 2006 para 11,8% em 2007, alcançando também ao menor valor de toda série histórica. Destaca-se ainda a redução da CT Média, de 23,2% em 2006 para 14,1% em 2007, diminuindo gradativamente sua ocorrência a partir do ano de 2004 (Figura 8.2).

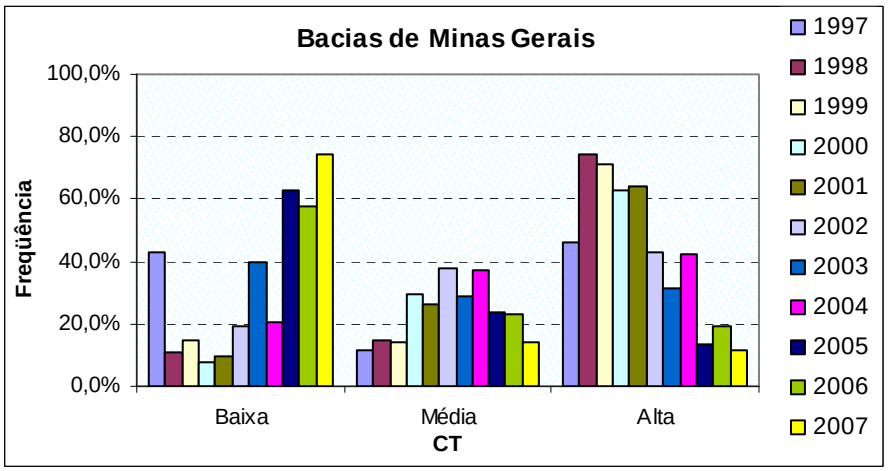


Figura 8.2: Evolução temporal da Contaminação por Tóxicos – CT, no Estado de Minas Gerais.

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

A seguir são apresentadas as freqüências de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas calculadas para cada trimestre do ano de 2007, para cada bacia hidrográfica monitorada no Estado de Minas Gerais.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO

Rio São Francisco e afluentes

Na Figura 8.3 é apresentada a freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas - IQA calculada por trimestre no rio São Francisco e seus afluentes em 2007. Observou-se o predomínio do IQA Médio no 1º e 4º trimestres (68,2% e 57,4%, respectivamente), ambos correspondentes ao período de chuvas. Nas amostragens realizadas durante o período de seca, nota-se o aumento da ocorrência de IQA Bom, uma vez que valores correspondentes a essa faixa foram registrados em 50% das estações no 2º trimestre e 73% no 3º trimestre.

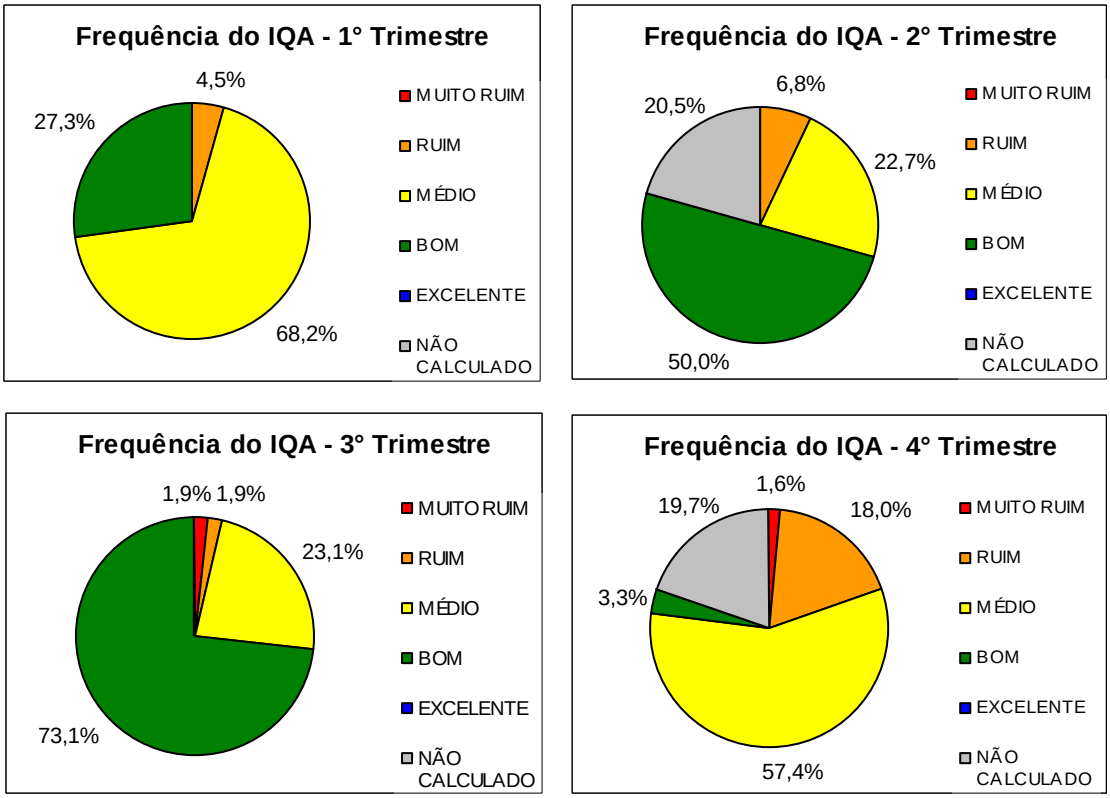


Figura 8.3: Freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas- IQA nas UPGRHs SF1, SF4, SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10, no ano de 2007.

Sub-Bacia do Rio Pará

Na sub-bacia do rio Pará o predomínio de IQA Médio foi constatado no 1º, 2º e 4º trimestres de 2007, ocorrendo, respectivamente em 81,3%, 56,3% e 80% das estações. As maiores ocorrências de IQA Bom foram registradas no período de seca em 31,3% das estações no 2º trimestre e 50% no 3º trimestre (Figura 8.4).

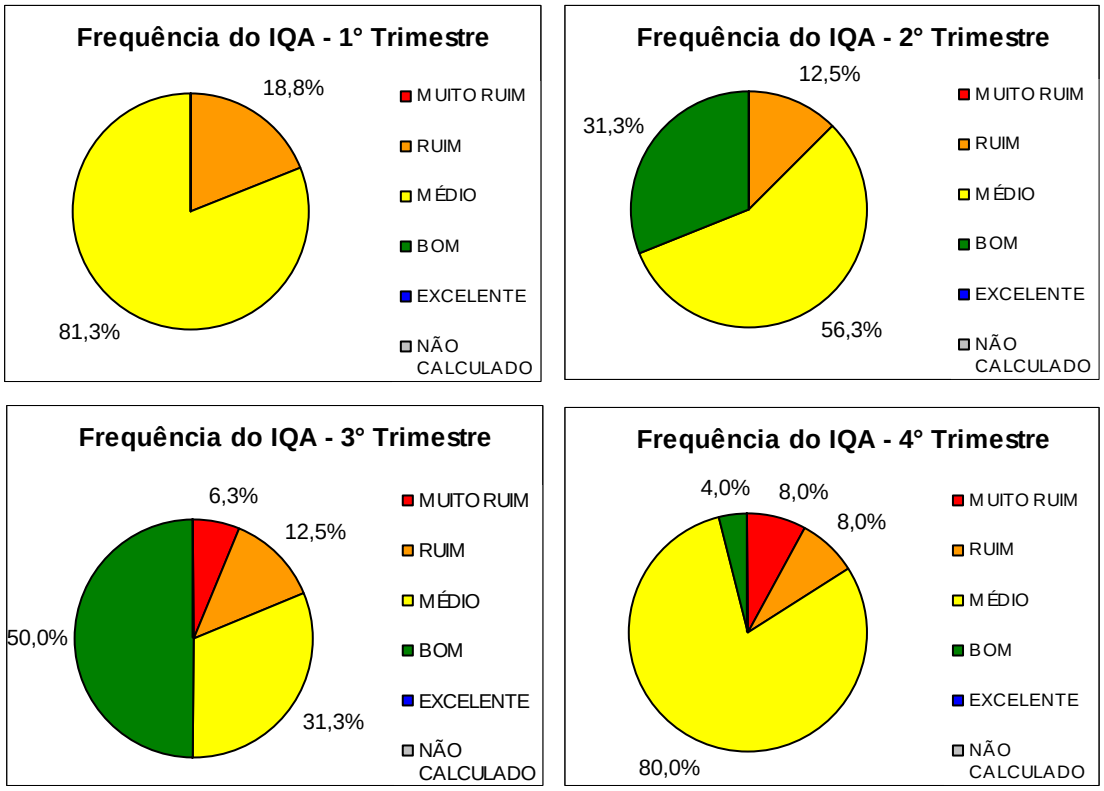


Figura 8.4: Freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas- IQA na bacia do rio Pará – UPGRH SF2, no ano de 2007.

Sub-Bacia do Rio Paraopeba

Observou-se na sub-bacia do rio Paraopeba a prevalência de IQA Médio na maioria das estações no 1º e 2º trimestres de 2007, com 54,5% e 68,2% de ocorrência, respectivamente. No 3º trimestre, caracterizado pelo período seco, 54,5% das estações apresentaram IQA Bom. Ressalta-se que no 4º trimestre 40% das estações não tiveram o IQA calculado devido à perda de informações do parâmetro coliformes termotolerantes. Nessa campanha, 30% das estações apresentaram IQA Médio e 20%, IQA Ruim. O IQA Muito Ruim apresentou ocorrências em todas as campanhas, com destaque para o 3º trimestre, com 9,1% de freqüência (Figura 8.5).

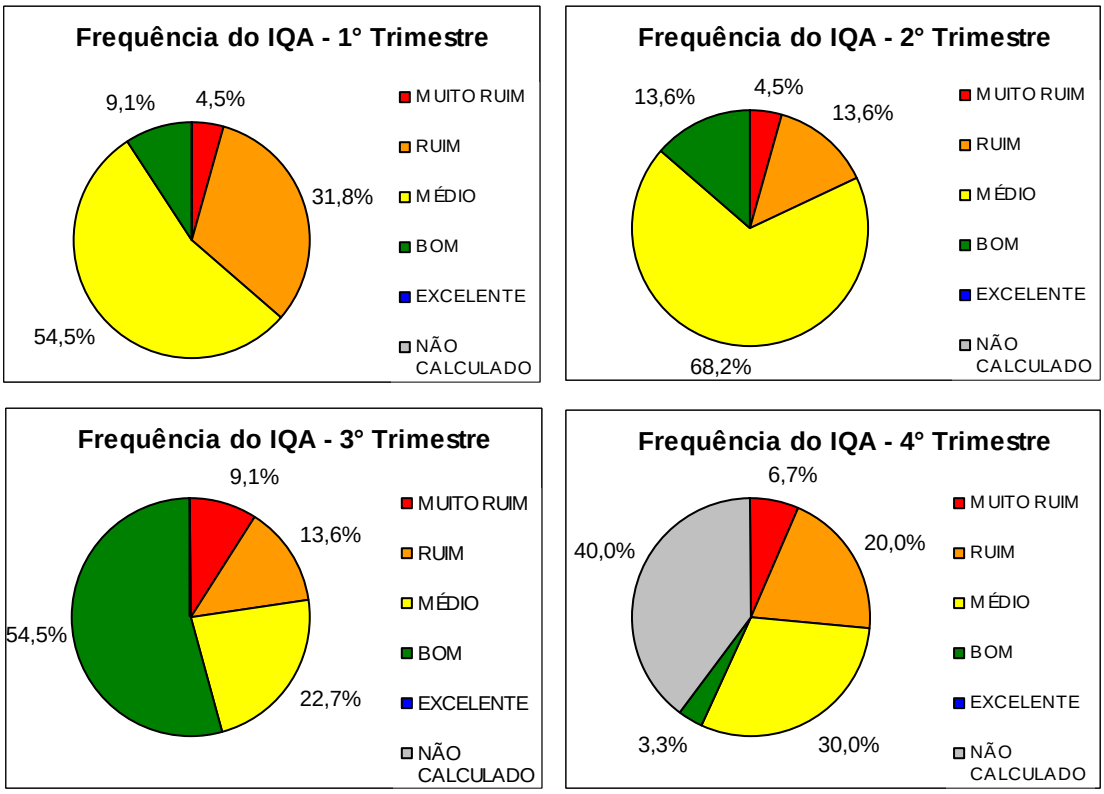


Figura 8.5: Freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas- IQA na bacia do rio Paraopeba – UPGRH SF3, no ano de 2007.

Sub-Bacia do Rio das Velhas

Foi verificado na sub-bacia do rio das Velhas o predomínio da ocorrência de IQA Ruim (66,7%), de IQA Médio (45,5%) e de IQA Bom, (42,4%), no 1º, 2º e 3º trimestres, respectivamente. No 4º trimestre, quando o IQA não pôde ser calculado para 36,4% das estações de amostragem devido à perda de informações do parâmetro coliformes termotolerantes, 21,2% das estações apresentaram IQA Médio, tendo sido observado o mesmo percentual para a ocorrência de IQA Ruim, conforme Figura 8.6.

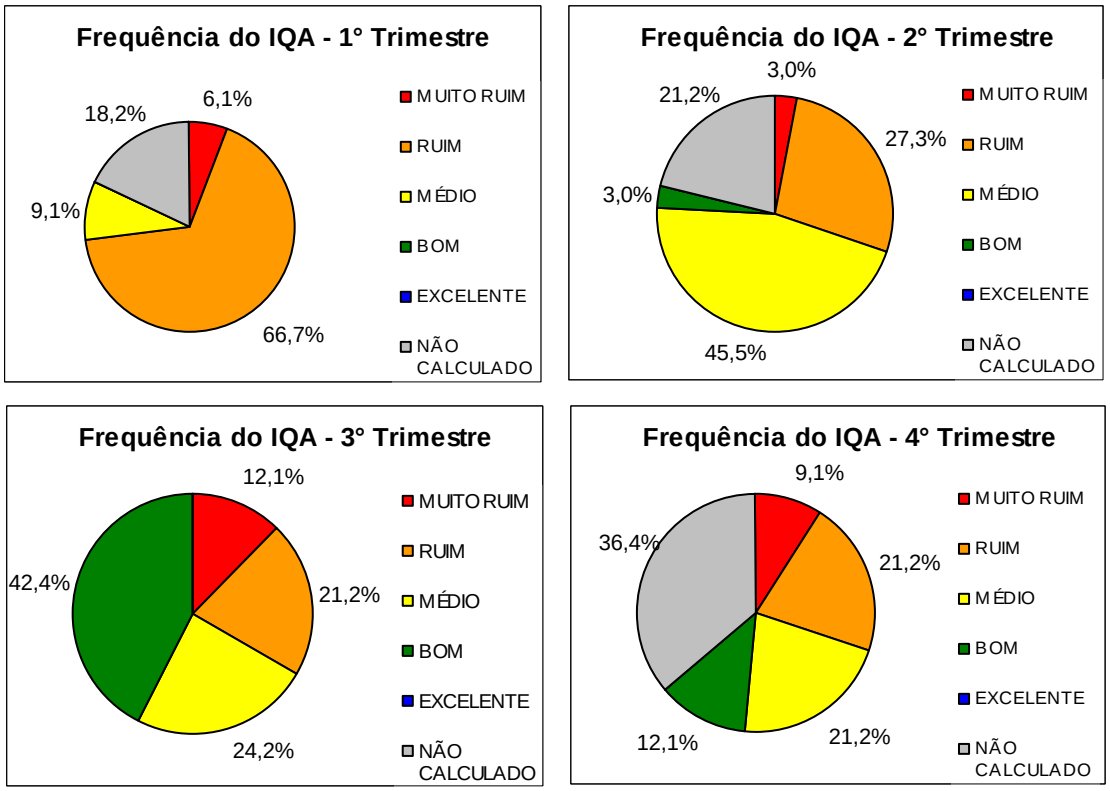


Figura 8.6: Freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas- IQA na bacia do rio das Velhas – UPGRH SF5, no ano de 2007.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRANDE

A Figura 8.7 apresenta o Índice de Qualidade das Águas – IQA observado nos quatro trimestres de 2007, no rio Grande e seus afluentes. Observou-se o predomínio do IQA Médio no 1º, 3º e 4º trimestres, com freqüência de 83,3%, 47,6% e 48,1%, respectivamente. Nas amostragens realizadas durante o período de seca, nota-se o aumento da ocorrência de IQA Bom, uma vez que valores correspondentes a essa faixa foram registrados em 16,7% das estações no 2º trimestre e 42,9% no 3º trimestre. No 2º trimestre de 2007 não foi possível calcular o IQA em 50% das estações de amostragem, em razão da perda de informações de coliformes termotolerantes. No quarto trimestre de 2007 observou-se 1,9% de IQA Muito Ruim, fato não observado em nenhuma campanha de 2006.

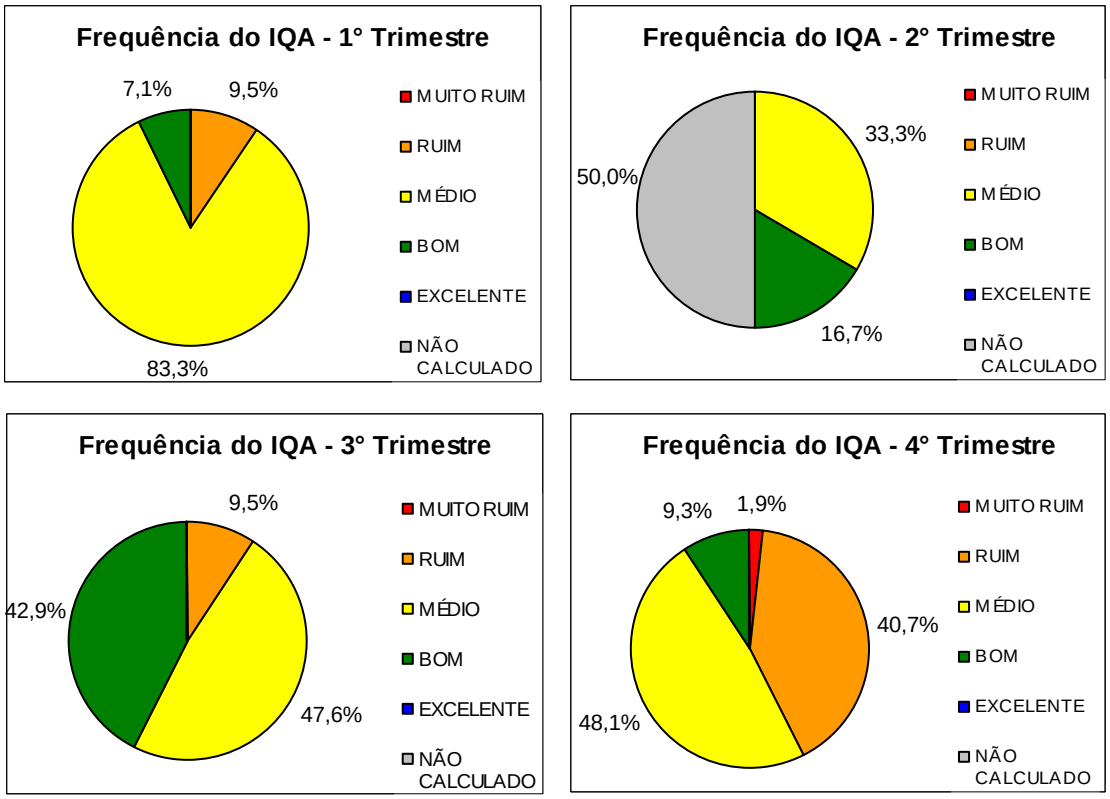


Figura 8.7: Freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas- IQA na bacia do rio Grande – UPGRH's GD1, GD2, GD3, GD4, GD5, GD6, GD7 e GD8, no ano de 2007.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE

Na bacia do rio Doce o predomínio de IQA Médio foi constatado no 2º e 3º trimestres de 2007, ocorrendo, respectivamente, em 84,4% e 53,1% das estações. A maior ocorrência de IQA Ruim foi registrada no 1º trimestre, em 53,1% das estações, sendo que em 28,1% das estações de amostragem o IQA não foi calculado. O IQA Bom predominou no 4º trimestre de 2007 em 53,1% das estações de amostragem (Figura 8.8).

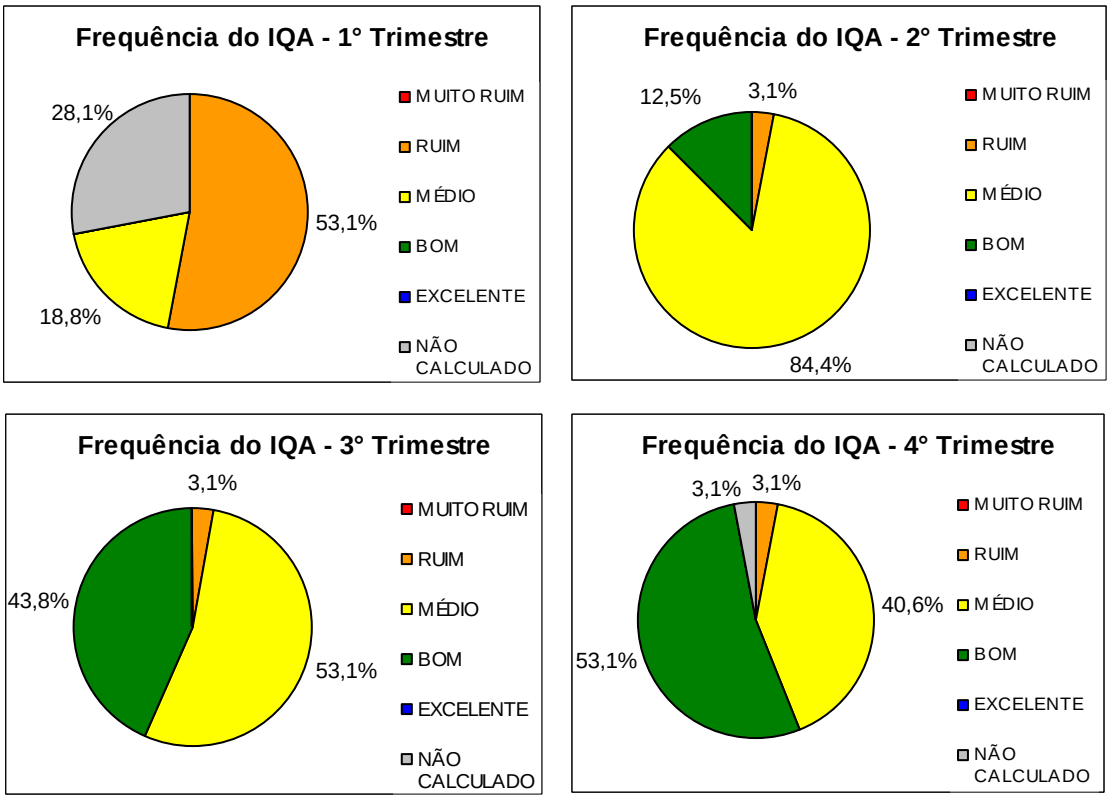


Figura 8.8: Freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas- IQA na bacia do rio Doce – UPGRH's DO1, DO2, DO3, DO4, DO5 e DO6, no ano de 2007.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL

Na bacia do rio Paraíba do Sul observou-se o predomínio do IQA Ruim no 1º trimestre de 2007, com ocorrência em 62,1% das estações de amostragem. No 3º e 4º trimestres o IQA Ruim apresentou, respectivamente, 20,7% e 34,5% de freqüência. O IQA Médio prevaleceu no 3º e 4º trimestres de amostragem, com 72,4% e 37,9% de ocorrência, respectivamente. Os IQA's Bom e Muito Ruim foram identificados, ambos, em 3,4% das ocorrências, somente no 3º trimestre. O IQA não foi calculado em 27,6% das estações de amostragem no 4º trimestre e em todas as estações no 2º trimestre de 2007, devido à perda de informações relativas ao parâmetro coliformes termotolerantes (Figura 8.9).

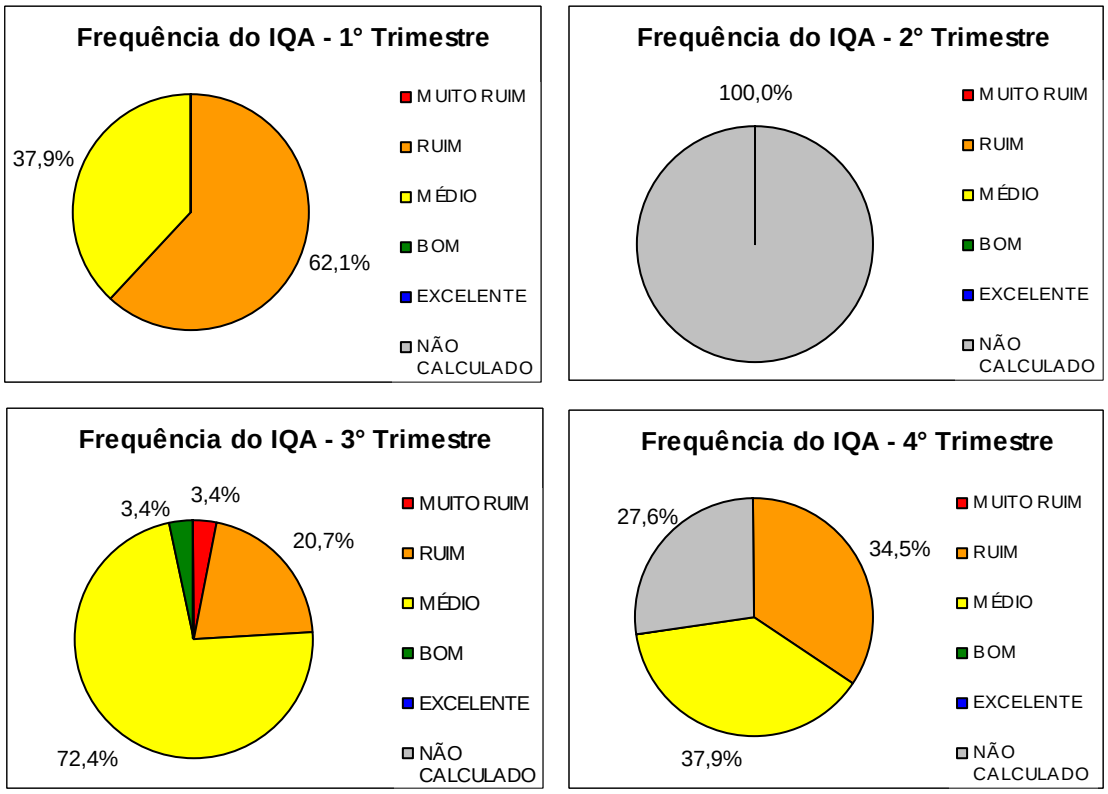


Figura 8.9: Freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas- IQA na bacia do rio Paraíba do Sul – UPGRH PS1 e PS2, no ano de 2007.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA

Na Figura 8.10 é apresentada a freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas nas quatro campanhas de monitoramento de 2007, na bacia hidrográfica do rio Paranaíba. Observou-se em 2007 a predominância do IQA Bom nas duas campanhas do período seco (2º e 3º trimestres), com 66,7% de freqüência. Por outro lado, o IQA Médio ocorreu em 52,9% e 61,1% das estações no período chuvoso (1º e 4º trimestres respectivamente). O IQA Ruim foi verificado em 5,9%, 11,1% e 22,2% das estações no 1º, 2º e 4º trimestres, respectivamente.

Ressalta-se que não foi registrada nenhuma ocorrência de IQA Muito Ruim ao longo de todo o período de monitoramento nessa bacia hidrográfica.

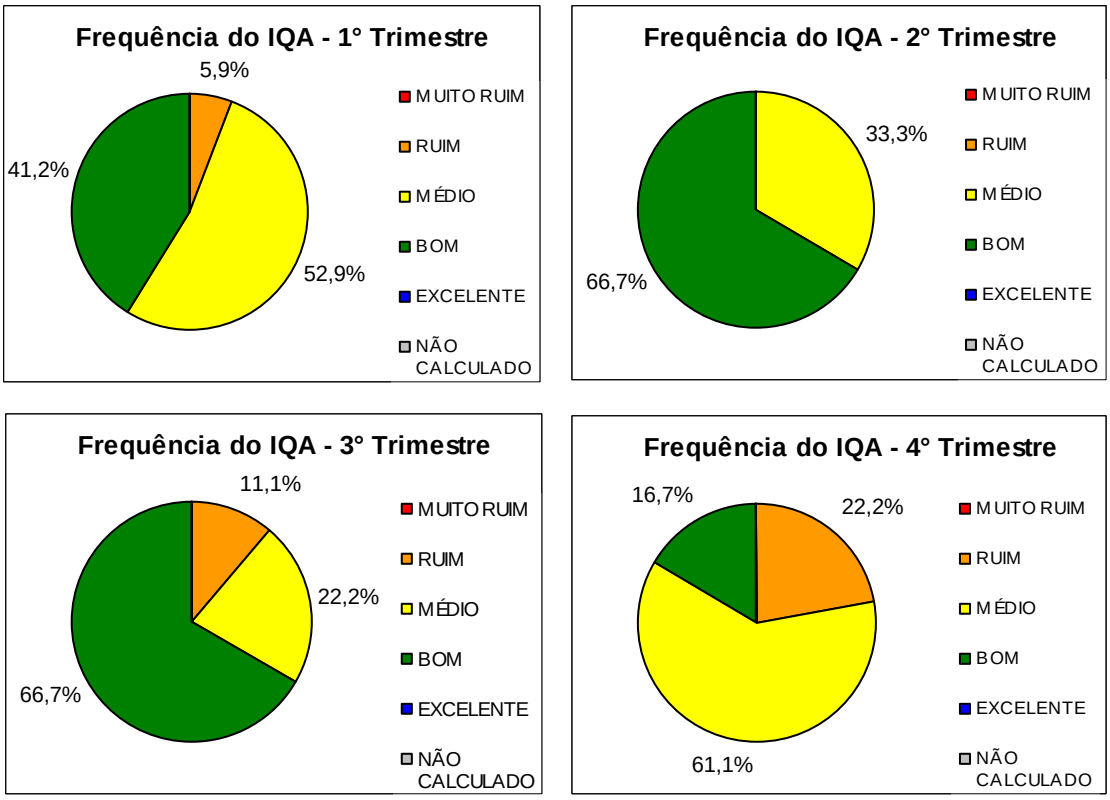


Figura 8.10: Freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas- IQA na bacia do rio Paranaíba – UPGRH's PN1, PN2 e PN3, no ano de 2007.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JEQUITINHONHA

Na bacia do rio Jequitinhonha o IQA Bom ocorreu em 23,1% e 92,3% das estações no 2º e 3º trimestres de 2007, respectivamente. O IQA Médio apresentou 30,8% e 7,7% de freqüência nesse mesmo período. No 1º trimestre, observou-se a ocorrência de IQA Ruim em 25% das estações monitoradas. Ressalta-se que o IQA não pôde ser calculado em 75%, 46,2% e 100% das estações no 1º, 2º e 4º trimestres, respectivamente, devido às perdas de informações do parâmetro coliformes termotolerantes (Figura 8.11).

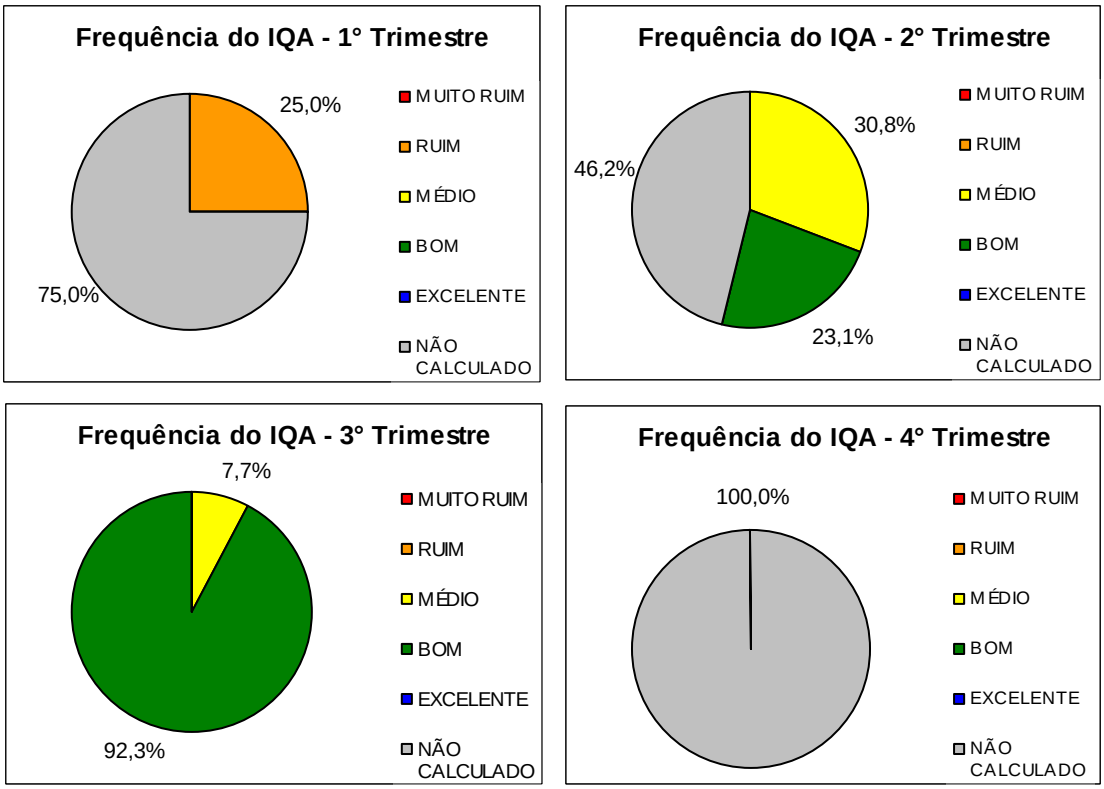


Figura 8.11: Freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas- IQA na bacia do rio Jequitinhonha – UPGRHs JQ1, JQ2 e JQ3.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUCURI

A Figura 8.12 apresenta o Índice de Qualidade das Águas - IQA na bacia do rio Mucuri nas quatro campanhas de monitoramento realizadas em 2007. O IQA Médio predominou nesta bacia no 1º, 2º e 3º trimestres, ocorrendo, respectivamente, em 62,5%, 75% e 62,5% das estações. Foi observado o aumento da ocorrência de IQA Bom no 2º e 3º trimestres, período de seca. O cálculo do IQA não foi possível para o 4º trimestre, devido à perdas de informações referentes ao parâmetro coliformes termotolerantes.

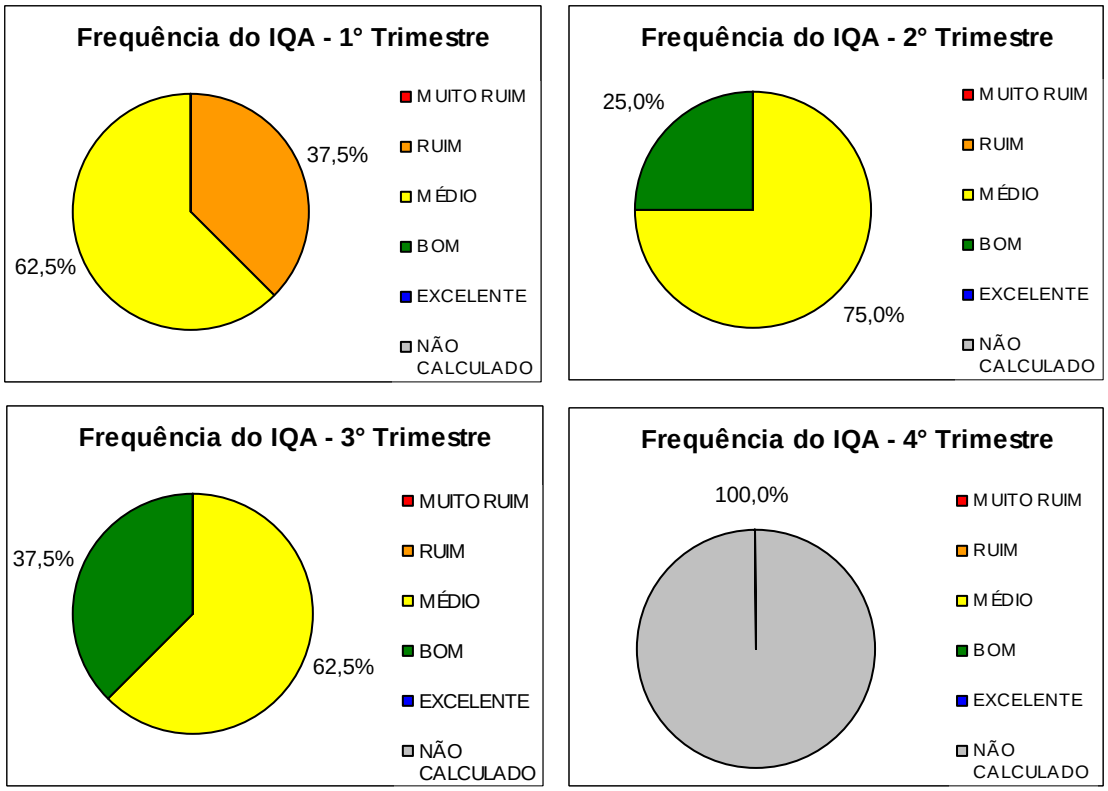


Figura 8.12: Freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas- IQA na bacia do rio Mucuri – UPGRH MU1.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARDO

A Figura 8.13 apresenta o Índice de Qualidade das Águas para a bacia hidrográfica do rio Pardo. Observou-se predomínio absoluto do IQA Médio no 1º trimestre, ocorrendo em 100% das estações de amostragem. O IQA Bom apresentou 33,3% e 100% de freqüência, no 2º e 3º trimestres, respectivamente, período que corresponde à estiagem. Perdas de informações relativas ao parâmetro coliformes termotolerantes impossibilitaram o cálculo do IQA no 2º e 4º trimestres em 66,7% e 100% das estações, respectivamente.

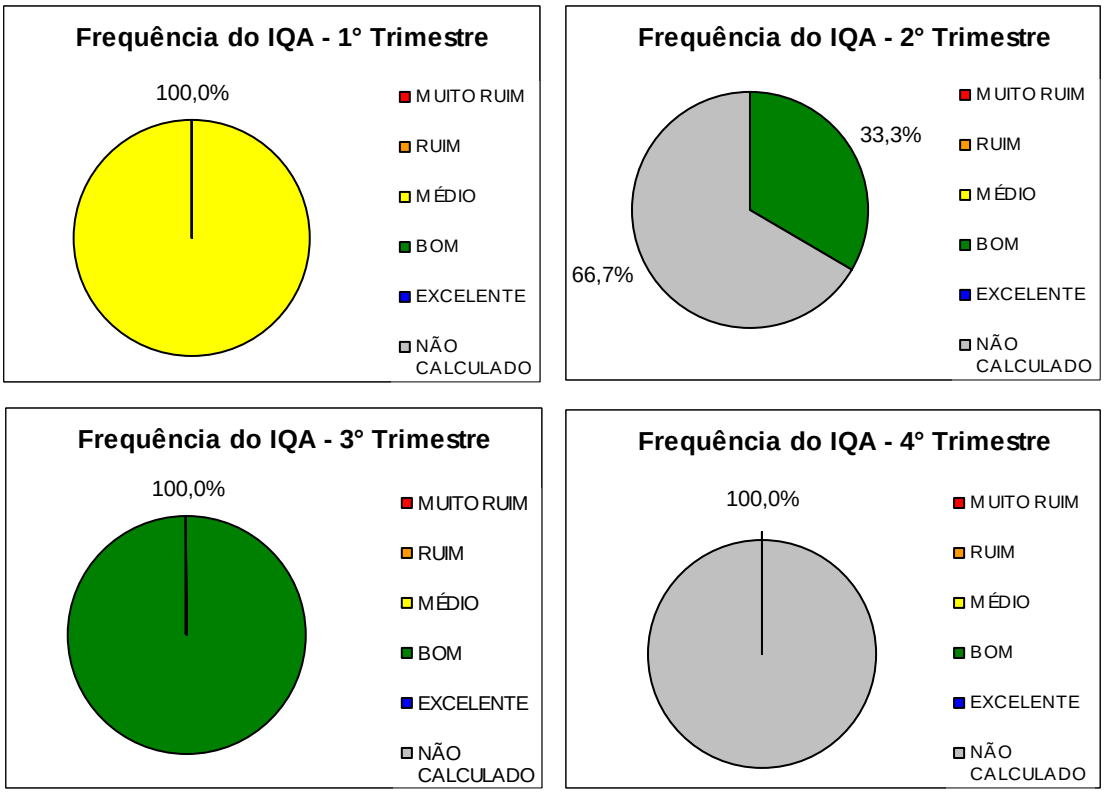


Figura 8.13: Freqüência de ocorrência do Índice de Qualidade das Águas- IQA na bacia do rio Pardo – UPGRH PA1.

8.2. CT – Contaminação por Tóxicos nas Bacias Hidrográficas

Nas bacias hidrográficas monitoradas em 2007, pôde-se verificar uma grande melhora em relação à Contaminação por Tóxicos comparativamente ao ano de 2006. Assim, observa-se de forma geral o predomínio da Contaminação por Tóxicos Baixa nas bacias monitoradas em Minas Gerais em 2007, sendo que nas bacias dos rios Pardo, Mucuri e Paranaíba, não houve registro de CT Alta (Figura 8.14).

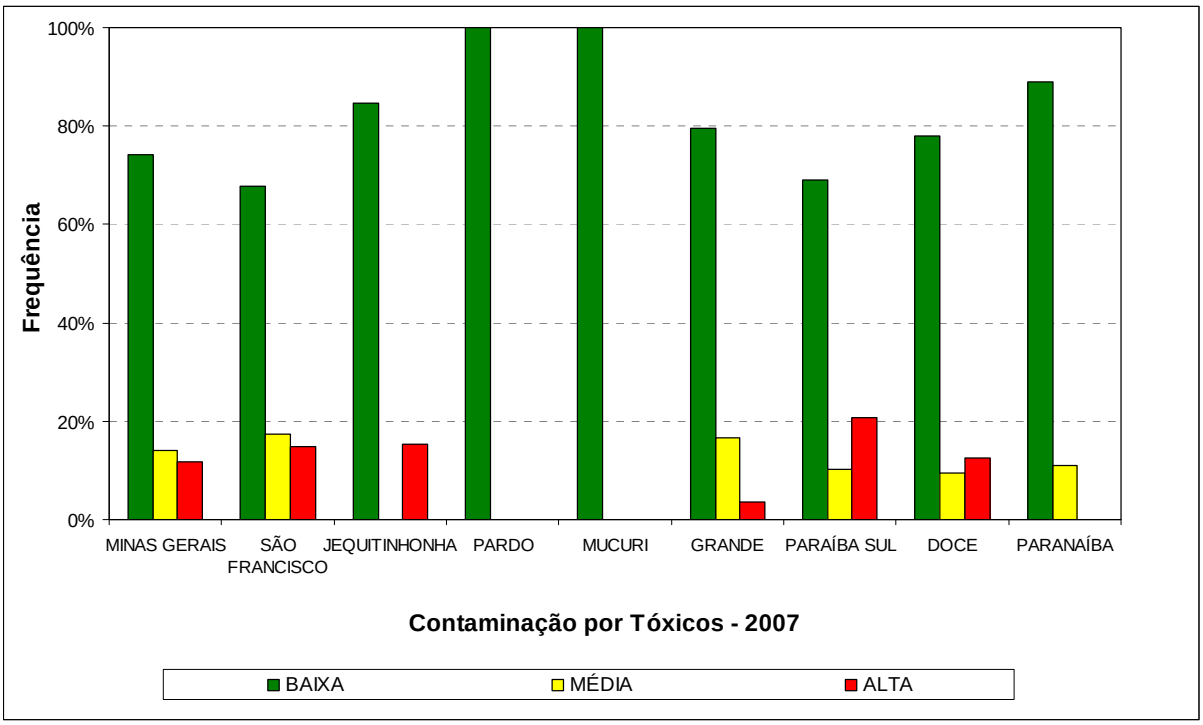


Figura 8.14: Freqüência de ocorrência de Contaminação por Tóxicos no Estado de Minas Gerais, no ano de 2007.

Analisando-se a Figura 8.15 pôde-se perceber que o chumbo total foi a substância tóxica que apresentou as maiores ocorrências em desconformidade com a legislação em todo o Estado de Minas Gerais em 2007, quando cerca de 22,7% das análises desse parâmetro não atenderam aos limites das classes de enquadramento dos corpos de água monitorados. Destacam-se também as ocorrências do parâmetro fenóis totais, com 21% de ocorrência. Vale ressaltar ainda os parâmetros nitrogênio amoniacal total, arsênio total, cromo total e cobre dissolvido, que apresentaram, respectivamente, 12,6%, 11,8%, 11,8% e 10,1% de ocorrências em desconformidade com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA Nº357/05.

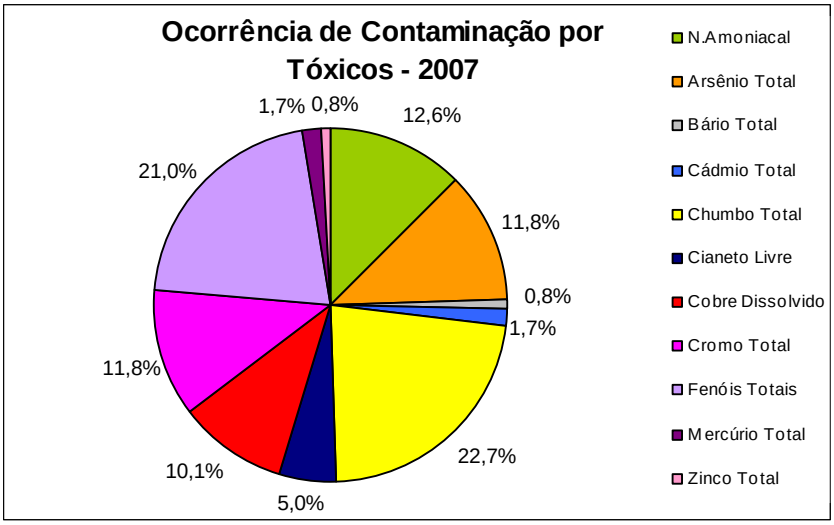


Figura 8.15: Ocorrência de parâmetros avaliados na Contaminação por Tóxicos no Estado de Minas Gerais, no ano de 2007.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO

Na bacia do rio São Francisco houve permanência de CT Alta na freqüência de 15% em 2007, prevalecendo a condição de CT Baixa em todas as sub-bacias nesse ano (Figura 8.16).

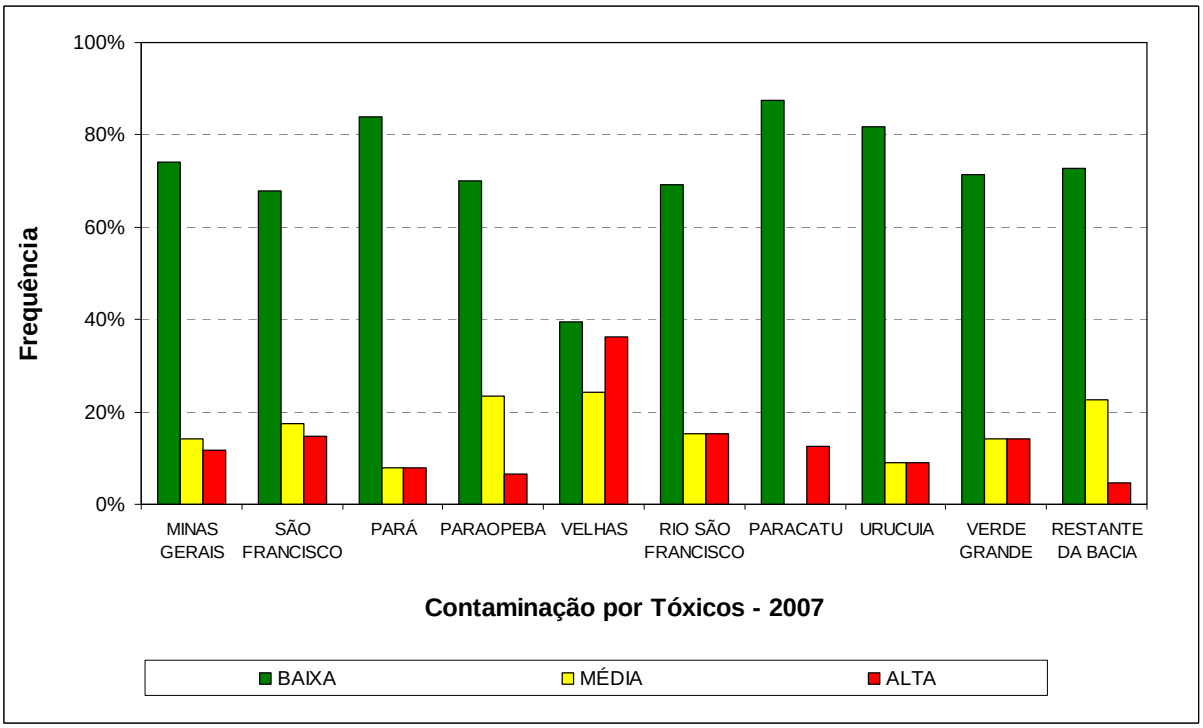


Figura 8.16: Freqüência de ocorrência de Contaminação por Tóxicos nas sub-bacias do rio São Francisco, no ano de 2007.

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 2007.

Rio São Francisco e afluentes

No rio São Francisco e seus afluentes, houve redução das ocorrências de CT Média entre 2006 e 2007, com os percentuais variando de 20 para 17%. O parâmetro que mais contribuiu para a CT Média em 2007 foi o cobre dissolvido, que violou os limites legais em 40% das estações. As ocorrências de CT Alta, por sua vez, mostraram um aumento, variando de 71% em 2006 para 74% em 2007. Os parâmetros nitrogênio amoniacal, arsênio total, chumbo total, cobre dissolvido e cianeto livre contribuíram, cada um com 20% das ocorrências de CT Alta (Figura 8.17).

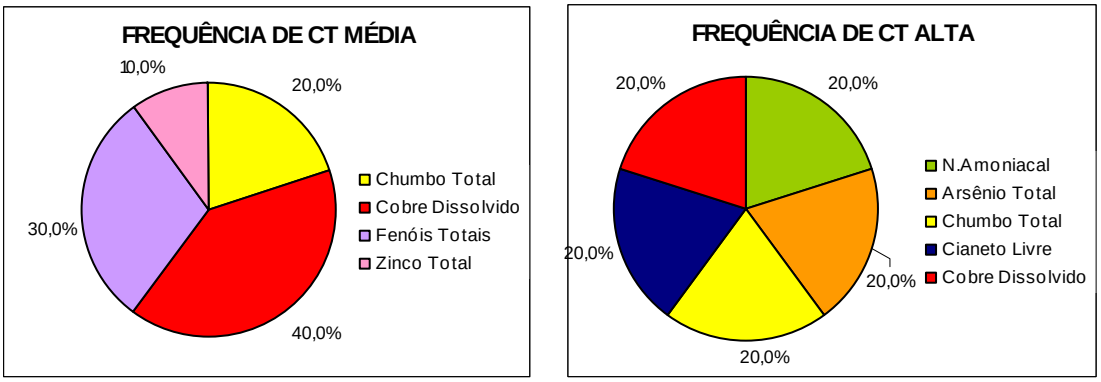


Figura 8.17: Freqüência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média no ano de 2007 – UPGRHs SF1, SF4, SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10.

Sub-Bacia do Rio Pará

Na sub-bacia do rio Pará, as freqüências de CT Média e Alta diminuíram, respectivamente, de 31% e 12% em 2006 para 8% e 8% em 2007 nas estações amostradas. Dentre as estações que registraram freqüência de CT Média, os parâmetros nitrogênio amoniacal e chumbo total foram responsáveis por 25% das ocorrências, enquanto o parâmetro fenóis totais foi responsável por 50% das ocorrências. Em relação aos registros da freqüência de CT Alta, os parâmetros nitrogênio amoniacal, chumbo total e cianeto livre registraram 20% das ocorrências contra 40% dos fenóis totais (Figura 8.18).

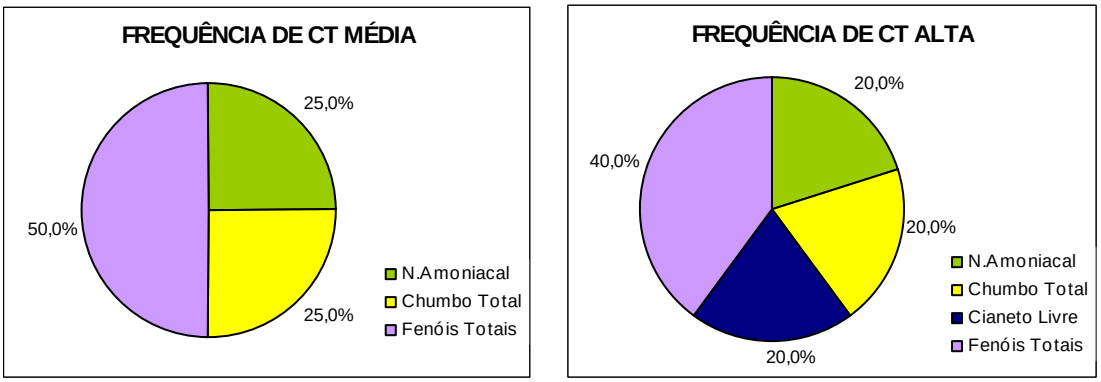


Figura 8.18: Freqüência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média no ano de 2007 – UPGRH SF2.

Bacia do Rio Paraopeba

Na sub-bacia do rio Paraopeba verificou-se redução na ocorrência da CT Média de 41% em 2006 para 23% em 2007. Por outro lado, a freqüência da CT Alta aumentou de 4% para 7% entre esses dois anos. Os parâmetros chumbo total e nitrogênio amoniacal foram os principais responsáveis pela CT Média 2007, ambos contribuindo com 33% das ocorrências. As ocorrências de CT Alta se deveram ao nitrogênio amoniacal, cianeto livre e fenóis totais (Figura 8.19).

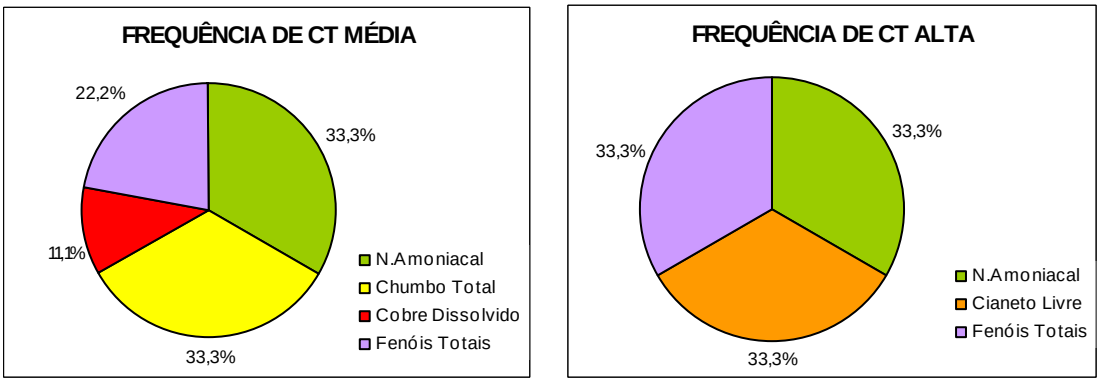


Figura 8.19: Freqüência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média no ano de 2007 – UPGRH SF3.

Sub-Bacia do Rio das Velhas

Na sub-bacia do rio das Velhas observou-se o aumento da CT Alta de 30% em 2006 para 36% em 2007, enquanto a freqüência de CT Média manteve-se em 24% nesses dois anos. Os parâmetros fenóis totais e nitrogênio amoniacal foram responsáveis, respectivamente, por 44,4% e 22,2% das ocorrências de Contaminação por Tóxicos Média em 2007. Arsênio total e chumbo total foram os principais responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta, com freqüências de 45% e 20% das ocorrências, respectivamente (Figura 8.20).

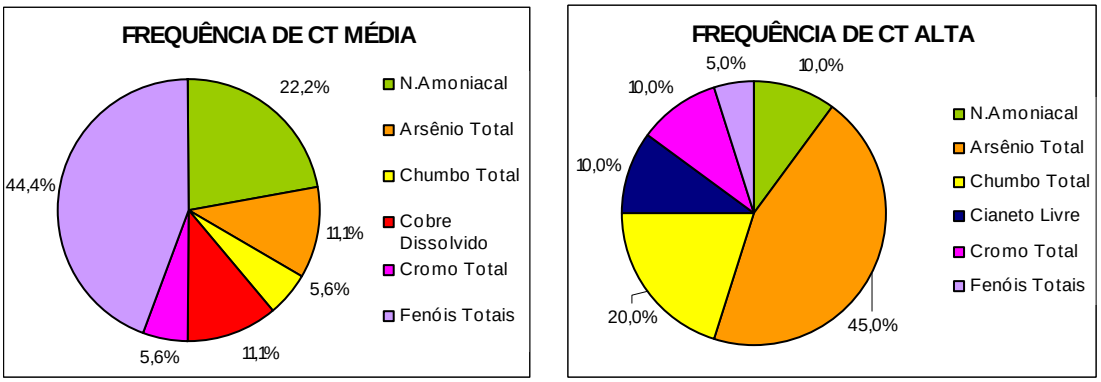


Figura 8.20: Freqüência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média no ano de 2007 – UPGRH SF5.

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 2007.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRANDE

Em 2007 a bacia do rio Grande apresentou aumento de 7% da CT Média e diminuição de 8% da CT Alta, em relação ao ano de 2006. Os parâmetros chumbo total e cobre dissolvido foram os que mais contribuíram para a CT Média em 2007, com uma freqüência de 50% e 40%, respectivamente. Os parâmetros nitrogênio amoniacal, cianeto livre, cromo total, fenóis totais e mercúrio total foram os responsáveis pela CT Alta nesta bacia, com cerca de 20% de freqüência de cada um deles (Figura 8.21).

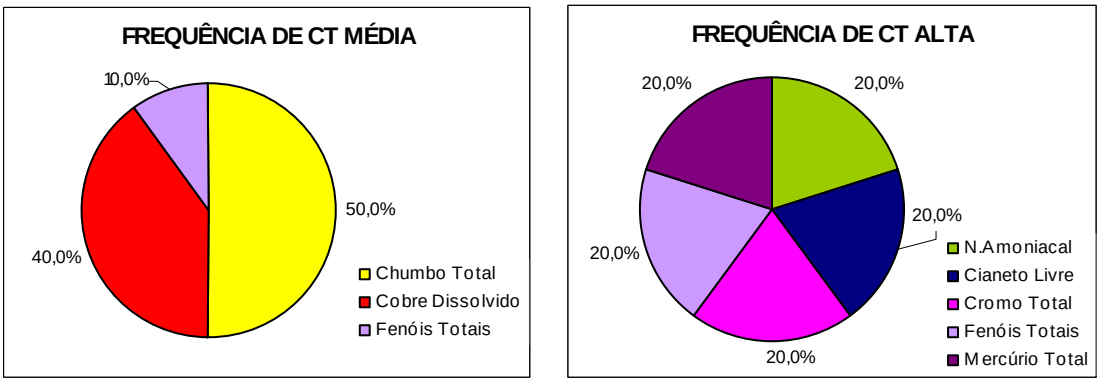


Figura 8.21: Freqüência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média no ano de 2007 – UPGRHs GD1, GD2, GD3, GD4, GD5, GD6, GD7 e GD8.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE

Na bacia do rio Doce, houve diminuição das freqüências de CT Alta e Média, respectivamente, de 38% e 34% em 2006 para 12,5% e 9,4% em 2007, nas estações amostradas.

Ainda nessa bacia, os parâmetros bário total, mercúrio total e cromo total foram responsáveis, respectivamente, por 25%, 25% e 50% das ocorrências de CT Média no ano de 2007. Em relação aos registros da freqüência de CT Alta, os parâmetros arsênio total, chumbo total e cromo total corresponderam a 33,3% das ocorrências (Figura 8.22).

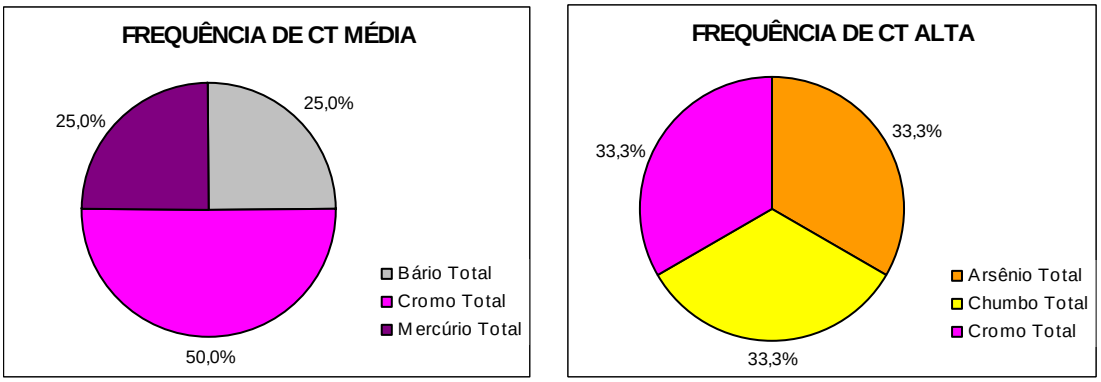


Figura 8.22: Freqüência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média no ano de 2007 – UPGRHs DO1, DO2, DO3, DO4, DO5 e DO6.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL

Na bacia do rio Paraíba do Sul, a freqüência de CT Alta aumentou de 17% em 2006 para 20,7% em 2007, nas estações amostradas. Em relação à CT Média, houve diminuição de sua freqüência, de 17% em 2006 para 10,3% nas estações de monitoramento. Em 2007, na bacia do rio Paraíba do Sul foi registrada a ocorrência de Contaminação por Tóxicos Média em função dos parâmetros fenóis totais e cromo total com 42,9% e 28,6% de freqüência, respectivamente. Os parâmetros nitrogênio amoniacal e chumbo total apresentaram 14,3% das ocorrências, cada um. O parâmetro chumbo total foi o responsável por 50% das ocorrências de CT Alta no ano em questão, enquanto os valores de cromo total e cádmio total foram responsáveis por 25% das ocorrências, cada um (Figura 8.23).

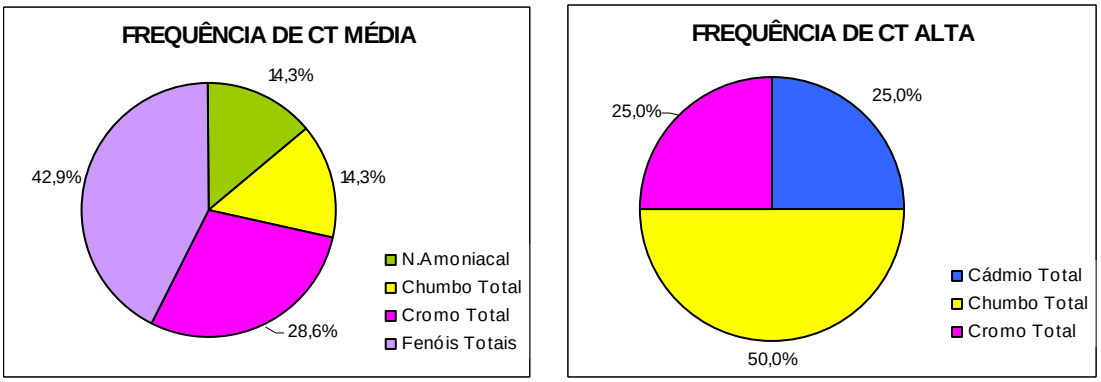


Figura 8.23: Freqüência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta e Média no ano de 2007 – UPGRHs PS1 e PS2.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA

Na bacia do rio Paranaíba, a CT Alta, que apresentou 11% de freqüência em 2006, não foi detectada em 2007. Houve redução de CT Média de 22% em 2006 para 11,1 % em 2007. Os parâmetros que influenciaram a CT Média em 2007 foram cromo total e fenóis totais, com freqüência de 50% das ocorrências para cada um deles (Figura 8.24).

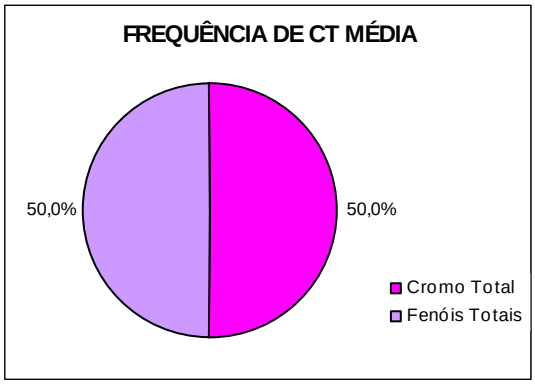


Figura 8.24: Freqüência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Média no ano de 2007 – UPGRHs PN1, PN2 e PN3.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JEQUITINHONHA

Na bacia do rio Jequitinhonha não se observou Contaminação por Tóxicos Média em 2007, o que se contrapõe à freqüência de 46% de ocorrência registrada em 2006. A ocorrência de CT Alta também apresentou uma redução entre 2006 e 2007, passando de 31% a 15%. Os parâmetros chumbo total e cromo total foram responsáveis, respectivamente, por 66,7% e 33,3% das ocorrências de CT Alta em 2007 (Figura 8.25).

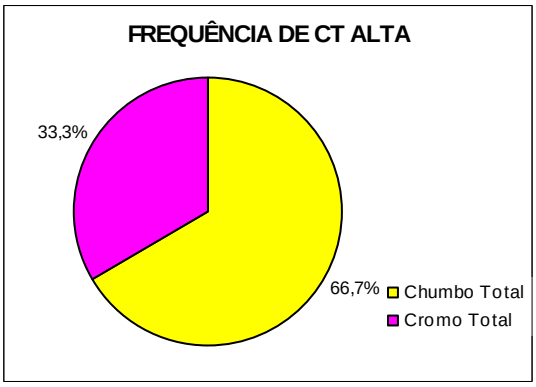


Figura 8.25: Freqüência da ocorrência de parâmetros responsáveis pela Contaminação por Tóxicos Alta no ano de 2007 – UPGRHs JQ1, JQ2 e JQ3.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARDO

Na bacia do rio Pardo, a freqüência de CT Alta diminuiu, de 33% em 2006 para 0% em 2007 nas estações de monitoramento. Na bacia do rio Pardo, não se observou ocorrência de CT Média ou Alta no ano de 2007.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUCURI

Também não foram registradas ocorrências de Contaminação por Tóxicos Média ou Alta na bacia do rio Mucuri, diferente do observado em 2006, quando 37% das estações monitoradas haviam apresentado CT Média.

8.3. Parâmetros em desacordo com a legislação

8.3.1. No Estado de Minas Gerais

Na Figura 8.26 pode-se observar a ocorrência de metais em desconformidade com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 no Estado de Minas Gerais em 2007. O parâmetro manganês total permanece apresentando as maiores freqüências de desconformidades no Estado, totalizando 36,2% das ocorrências, aumento de 5% em relação ao ano de 2006. O metal ferro dissolvido vem em seguida, com aumento de 12,7% nas ocorrências de desconformidades em relação a 2006, totalizando 27,7% das ocorrências em 2007. Merece destaque também o parâmetro alumínio dissolvido, que em 2007 totalizou 21,5% das ocorrências em desconformidade com os limites permitidos pela legislação, aumento de 15,1% em relação a 2006. 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 desses parâmetros em Minas Gerais pode estar relacionada às atividades do setor minerário e metalúrgico, além do manejo inadequado dos solos sem os devidos cuidados para preservação da vida aquática.

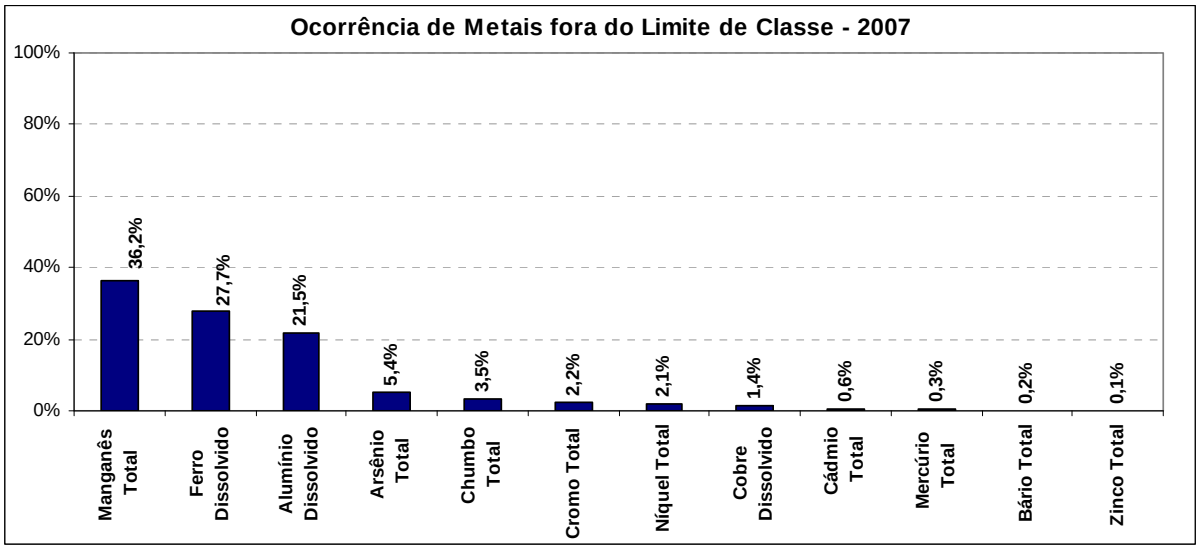


Figura 8.26: Freqüência da ocorrência de metais fora dos limites estabelecidos na legislação no Estado de Minas Gerais, em 2007.

Em relação aos demais parâmetros monitorados, pôde-se observar pela Figura 8.27, que a contagem de coliformes termotolerantes permanece apresentando a maior freqüência de desconformidades no Estado de Minas Gerais, totalizando 54,2% das ocorrências em 2007. Ressalta-se o aumento das ocorrências do parâmetro cor verdadeira em 2007, totalizando 36,1% das ocorrências no Estado. Vale destacar ainda, as freqüências dos parâmetros fósforo total e turbidez, com 26,2% e 16,5% das ocorrências, respectivamente, em 2007.

As violações das concentrações desses parâmetros em relação aos limites legais em Minas Gerais pode estar relacionada aos lançamentos de efluentes domésticos e industriais nos corpos de água, além do uso de fertilizantes na agricultura e manejo inadequado do solo.

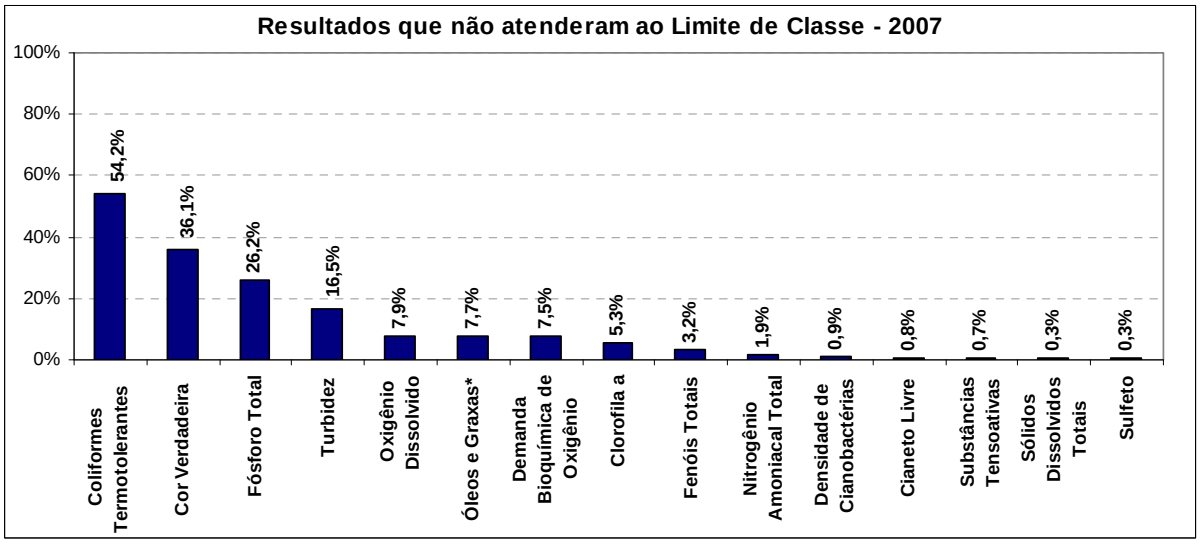


Figura 8.27: Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação no Estado de Minas Gerais, em 2007.

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 2007 são mostrados nas Figuras 8.28 a 8.38. O parâmetro coliformes termotolerantes apresentou as maiores ocorrências, predominando na maioria das bacias mineiras em 2007, como por exemplo na bacia do rio das Velhas (Figura 8.31). Nas bacias dos rios São Francisco e afluentes, Paranaíba e Jequitinhonha predominaram as ocorrências do parâmetro cor verdadeira (Figuras 8.28, 8.35 e 8.36, respectivamente).

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO

Rio São Francisco e afluentes

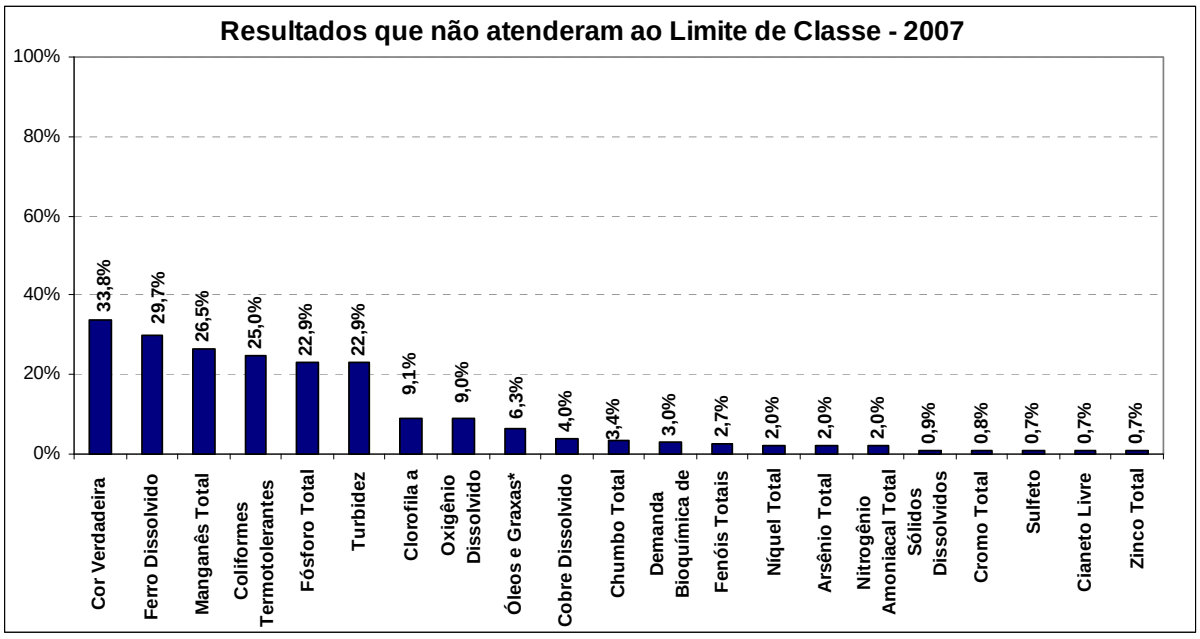


Figura 8.28: Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação em 2007 – UPGRHs SF1, SF4, SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10.

Sub-Bacia do Rio Pará

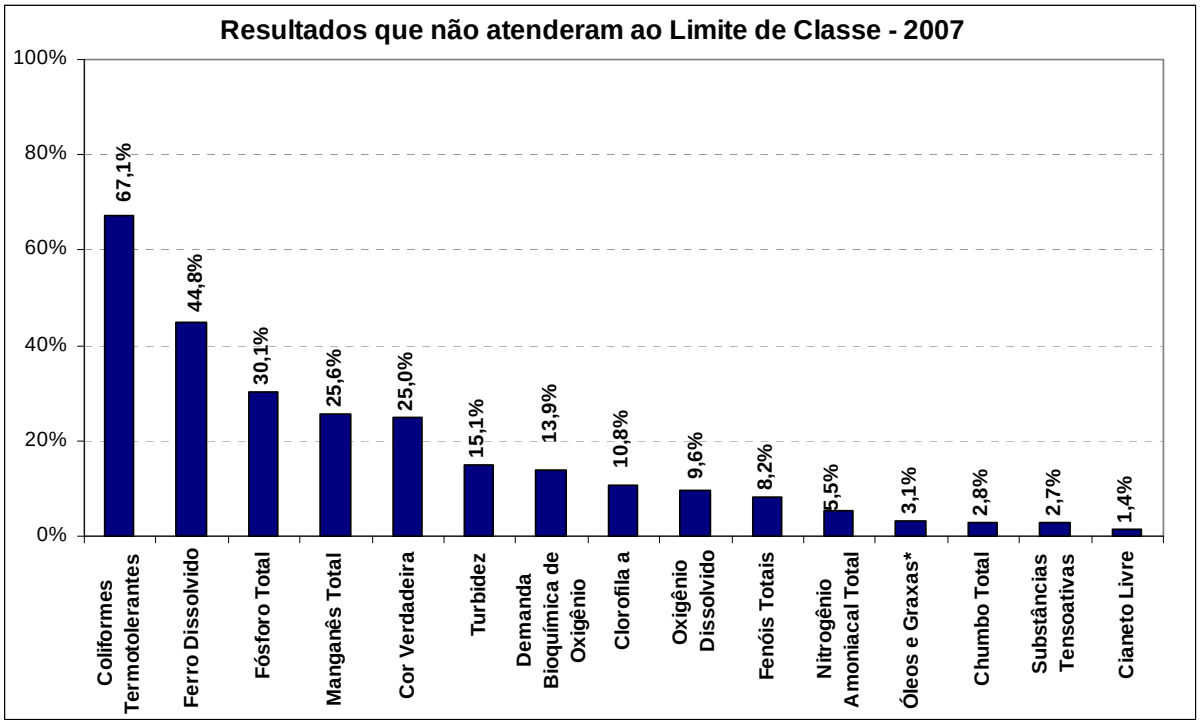


Figura 8.29: Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação em 2007 – UPGRH SF2.

Sub-Bacia do Rio Paraopeba

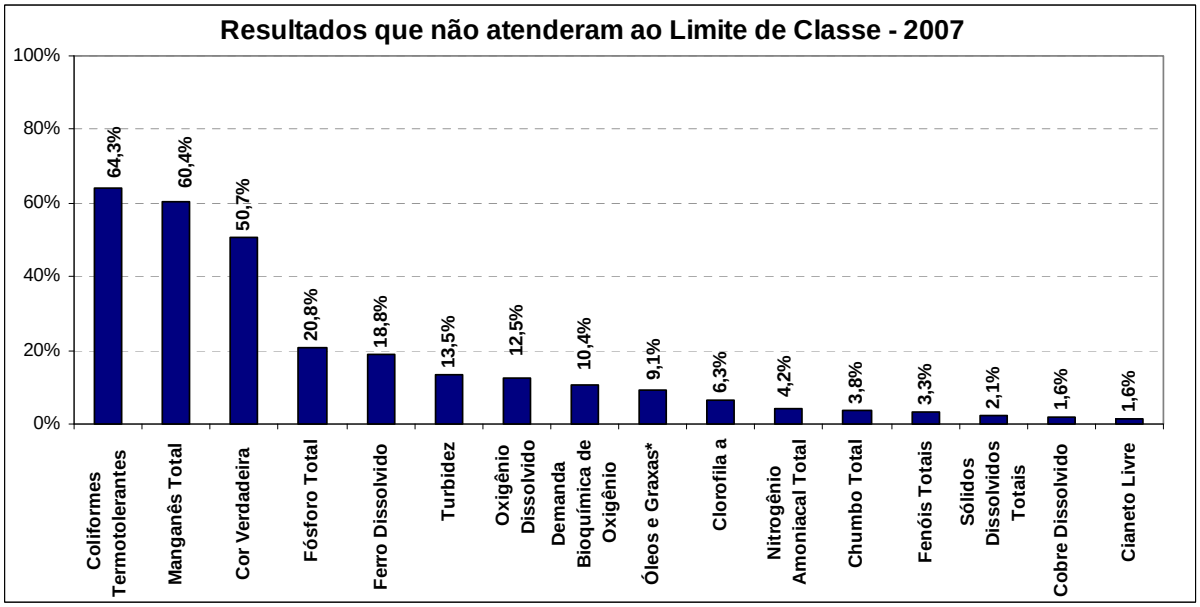


Figura 8.30: Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação em 2007 – UPGRH SF3.

Sub-Bacia do Rio das Velhas

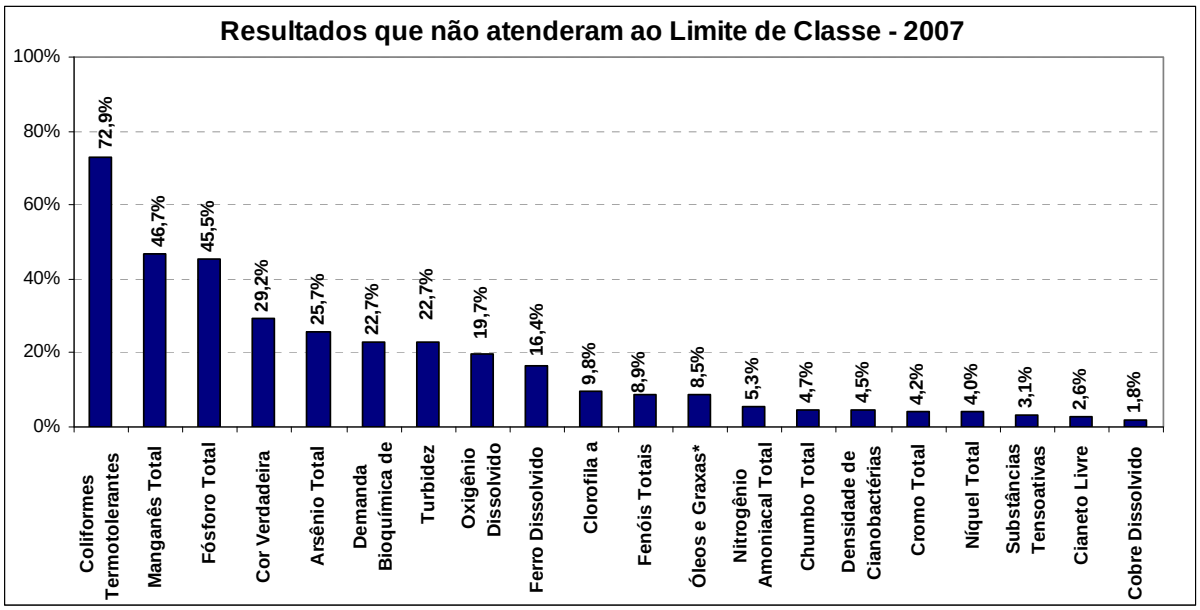


Figura 8.31: Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação em 2007 – UPGRH SF5.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRANDE

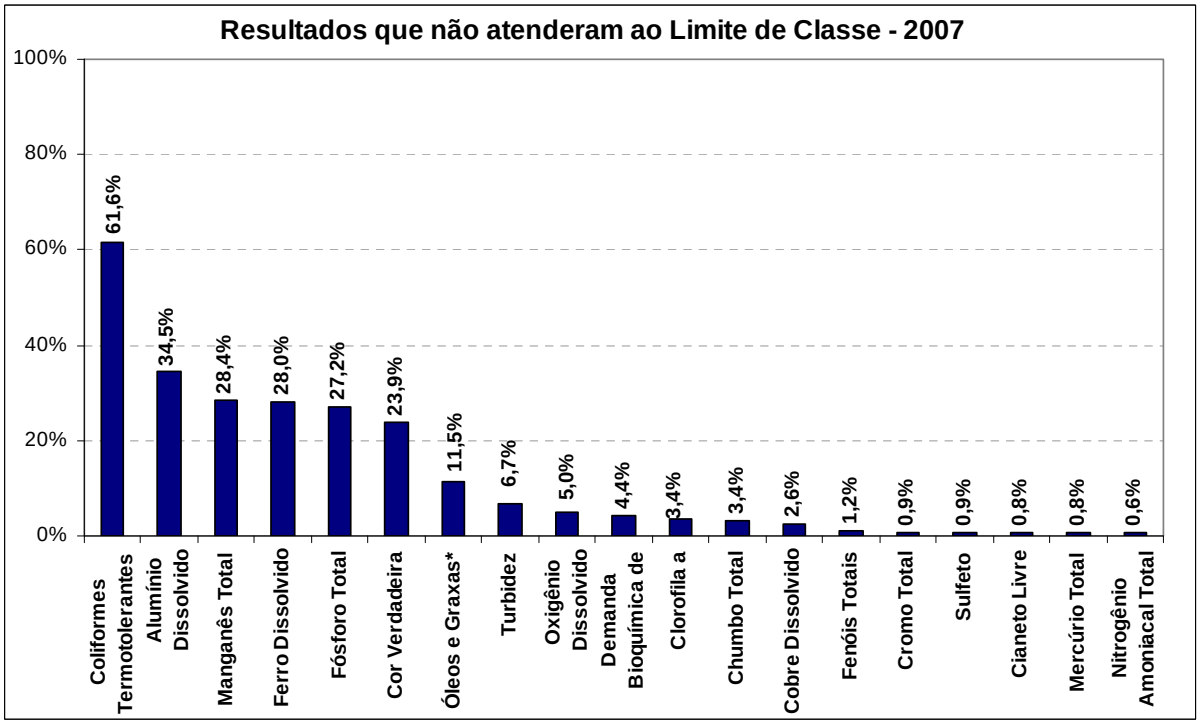


Figura 8.32: Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação em 2007 – UPGRHs GD1, GD2, GD3, GD4, GD5, GD6, GD7 e GD8.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE

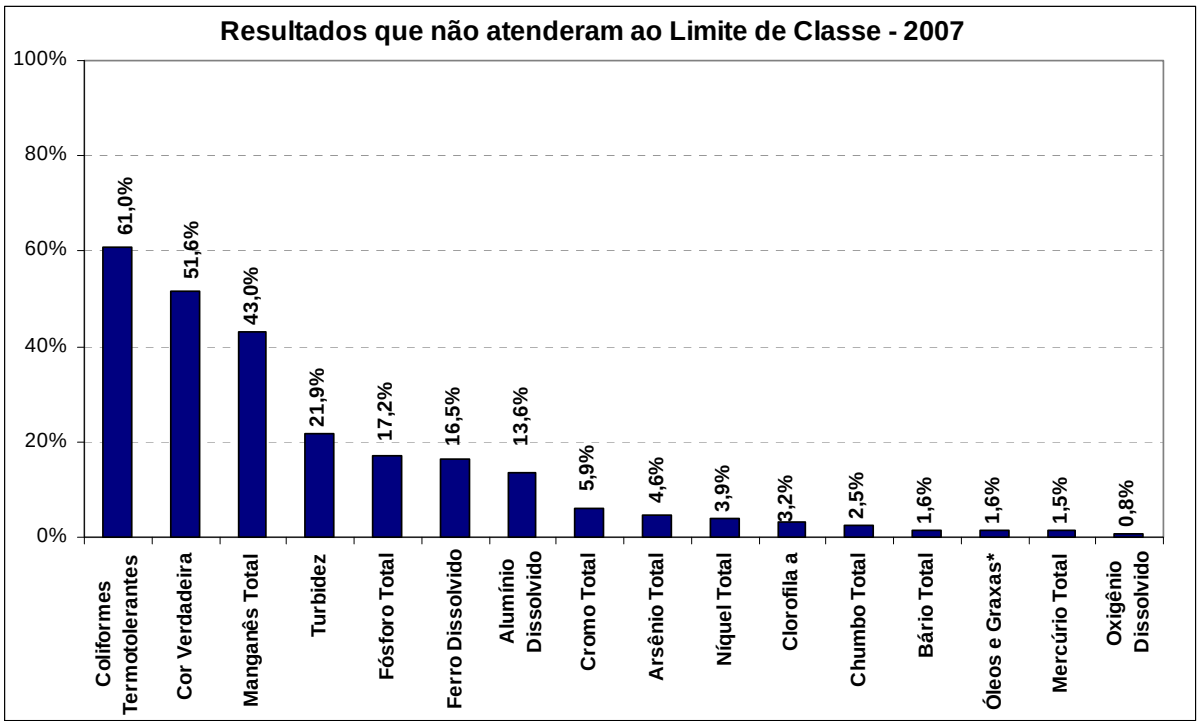


Figura 8.33: Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação em 2007 – UPGRH DO1, DO2, DO3, DO4, DO5 e DO6.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL

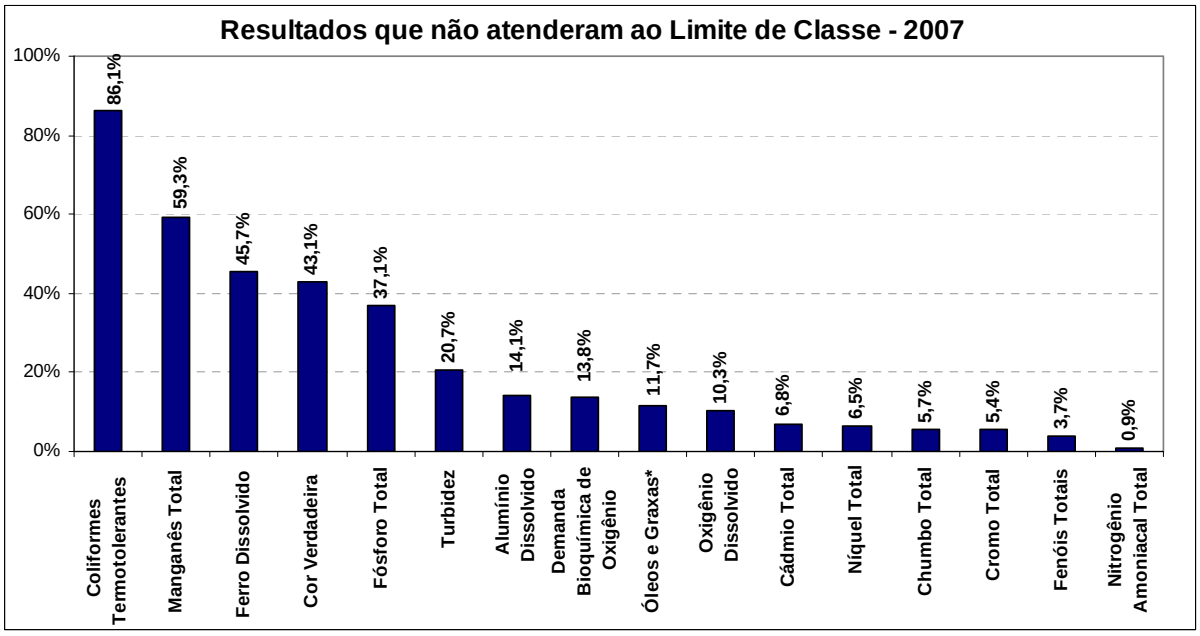


Figura 8.34: Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação em 2007 – UPGRH PS1 e PS2.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA

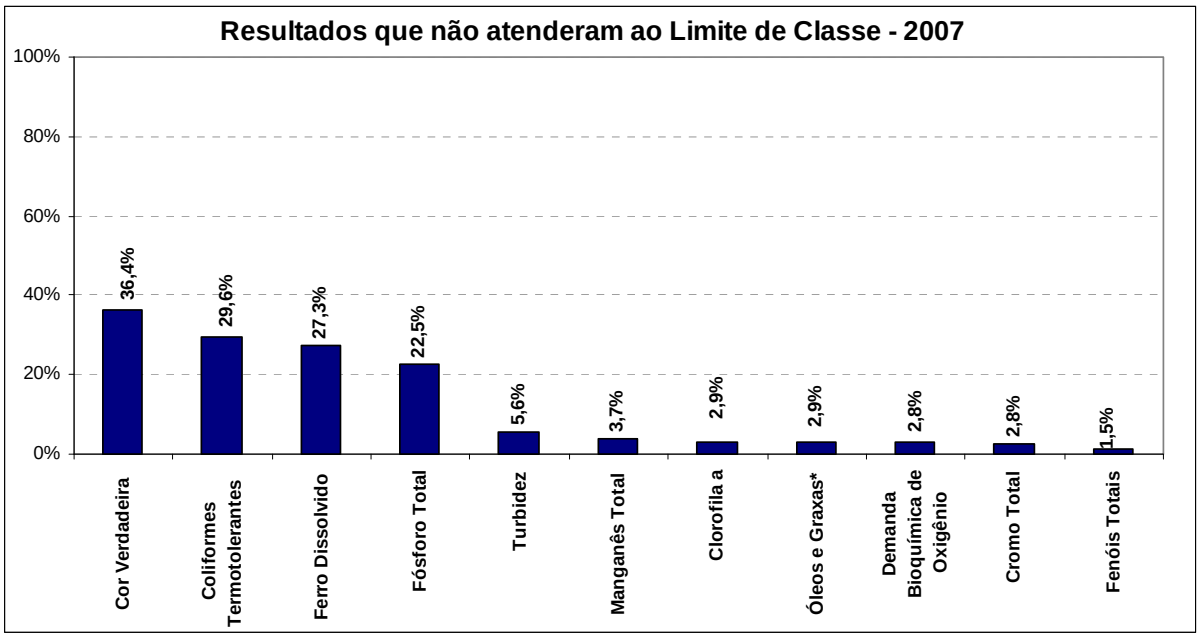


Figura 8.35: Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação em 2007 – UPGRHs PN1, PN2 e PN3.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JEQUITINHONHA

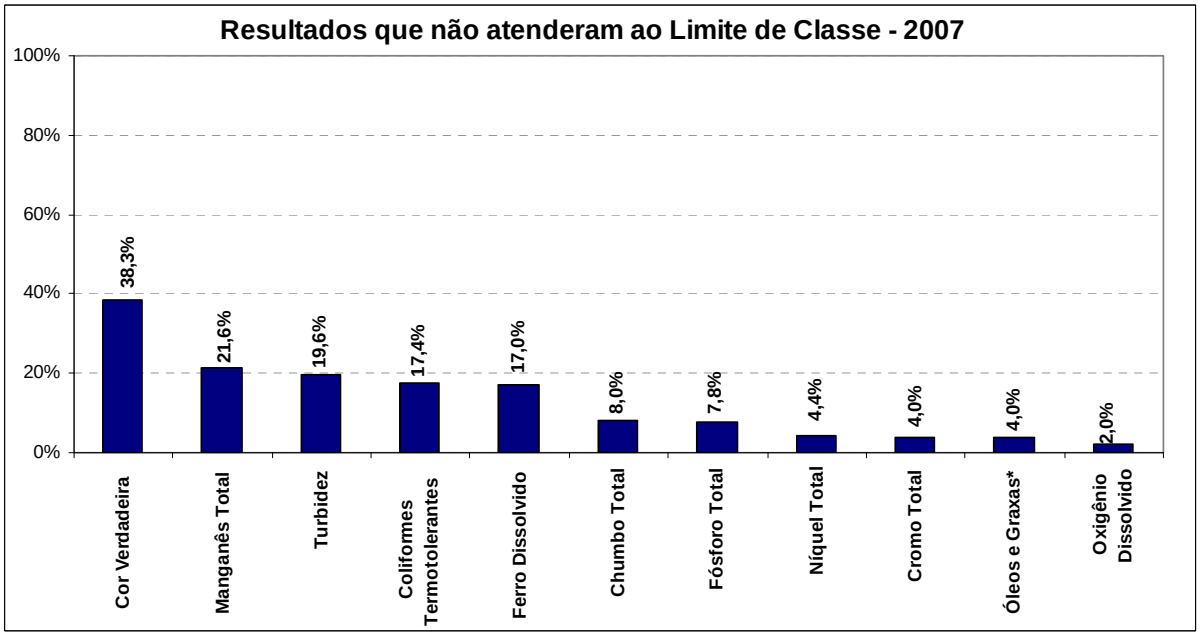


Figura 8.36: Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação em 2007 – UPGRHs JQ1, JQ2 e JQ3.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUCURI

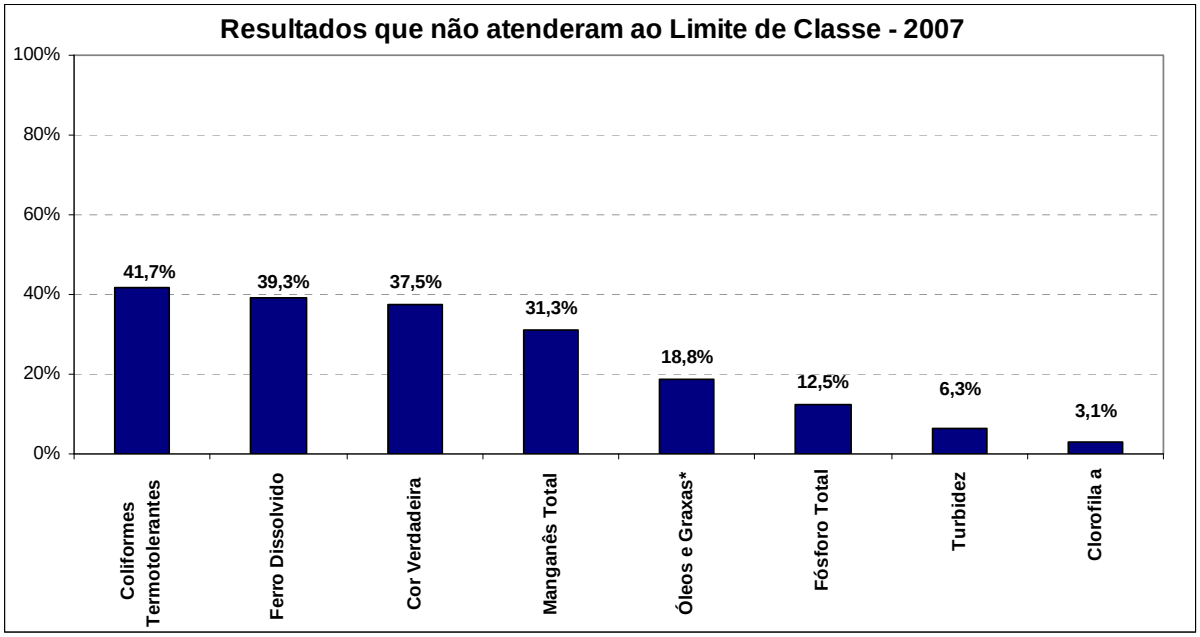


Figura 8.37: Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação em 2007 – UPGRH MU1.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARDO

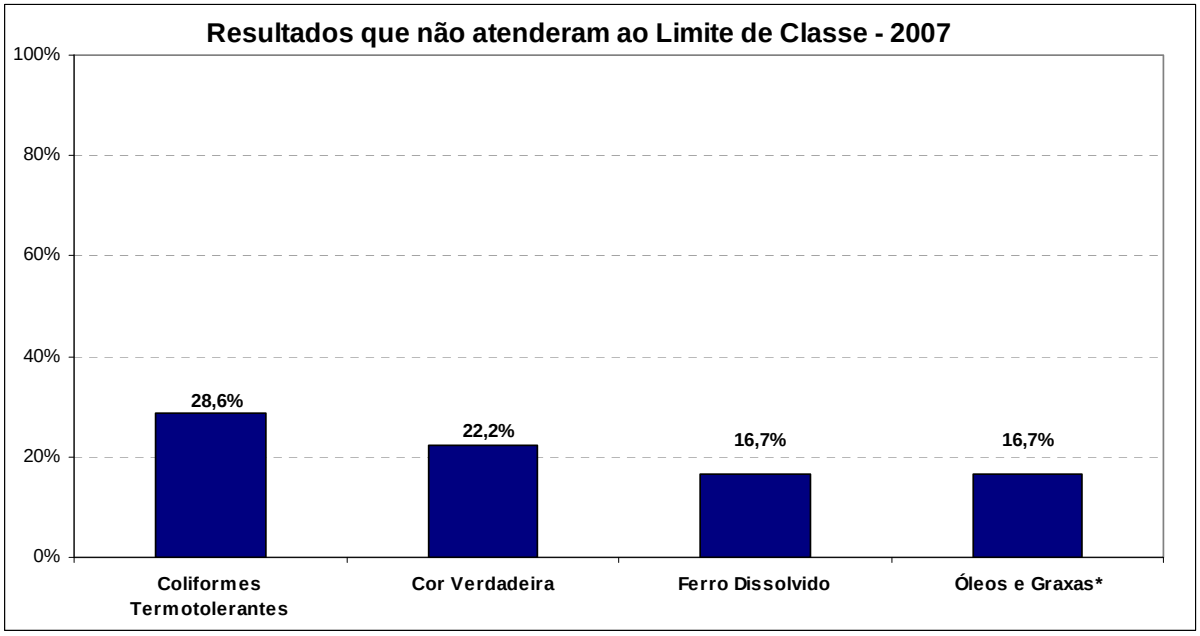


Figura 8.38: Freqüência da ocorrência de parâmetros fora dos limites estabelecidos na legislação em 2007 – UPGRH PA1.

8.4. Ensaios de Ecotoxicidade

Com o objetivo de atender à demanda de informações mais completas sobre a qualidade das águas em todo o Estado, a rede de monitoramento das condições ecotoxicológicas dos corpos de água do Projeto Águas de Minas passou por um processo de atualização em 2007. Nesse processo, as 32 estações originais foram mantidas e 35 novas estações foram incluídas a partir do 3º trimestre de amostragem. As modificações realizadas foram a ampliação das redes de amostragem da bacia do rio Grande, com a inclusão de 13 estações e da bacia do rio São Francisco, onde foram incluídas 22 estações. Assim, a rede atual para o monitoramento ecotoxicológico é composta por 67 estações de amostragem, distribuídas da seguinte forma: 30 na bacia do rio Grande, 12 na bacia do rio Paranaíba, 24 na bacia do rio São Francisco, e uma na bacia do rio Doce.

A distribuição das estações foi determinada, principalmente, em função do uso do solo nas áreas adjacentes, priorizando áreas em que há predominância da agricultura com uso de agroquímicos. No entanto, também foram considerados corpos de água que recebem esgotos industriais e sanitários, bem como rejeitos de mineração.

Os resultados apresentados a seguir referem-se a 560 ensaios de toxicidade crônica, realizados nas 67 estações de amostragem monitoradas entre agosto de 2003 e dezembro de 2007 com freqüência trimestral. O microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia* foi o organismo-teste utilizado.

Nas estações em que se realizaram pelo menos quatro amostragens, as condições de ecotoxicidade foram avaliadas através dos percentuais de ocorrência durante os trimestres realizados. As estações onde efeitos tóxicos foram identificados em menos de 25% dos ensaios realizados foram caracterizadas como tendo **Baixa** ocorrência de ecotoxicidade; aquelas em que 25,1 a 50% dos ensaios apresentaram resultados positivos foram consideradas com ocorrência **Média** e aquelas estações cuja porcentagem de resultados positivos foi superior a 50% foram consideradas com **Alta** ocorrência de ecotoxicidade. Para as estações que tiveram a ecotoxicidade avaliada a partir do terceiro trimestre de 2007, estão apresentados os resultados obtidos em cada ensaio de ecotoxicidade crônica realizado.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRANDE

Duzentos e oitenta e três amostras foram avaliadas na bacia do rio Grande, 270 delas correspondentes às 17 estações monitoradas desde 2003 e 13 referentes às novas estações incluídas no 4º trimestre de 2007. Pouco mais da metade (51%) das amostras avaliadas apresentaram propriedades tóxicas, refletidas principalmente na redução da fecundidade do organismo-teste.

Comparando os resultados obtidos a cada ano nas estações amostradas desde 2003, nota-se que, em relação à ecotoxicidade, as piores condições das águas da bacia do rio Grande foram registradas em 2006, quando 88% das amostras apresentaram resultados positivos para os testes de toxicidade crônica. O ano de 2004 também se destacou pelo fato da maioria das amostras (67%) terem apresentado efeitos tóxicos, enquanto as melhores condições ocorreram em 2007, já que apenas 33% das amostras tiveram efeitos tóxicos (Figura 8.39).

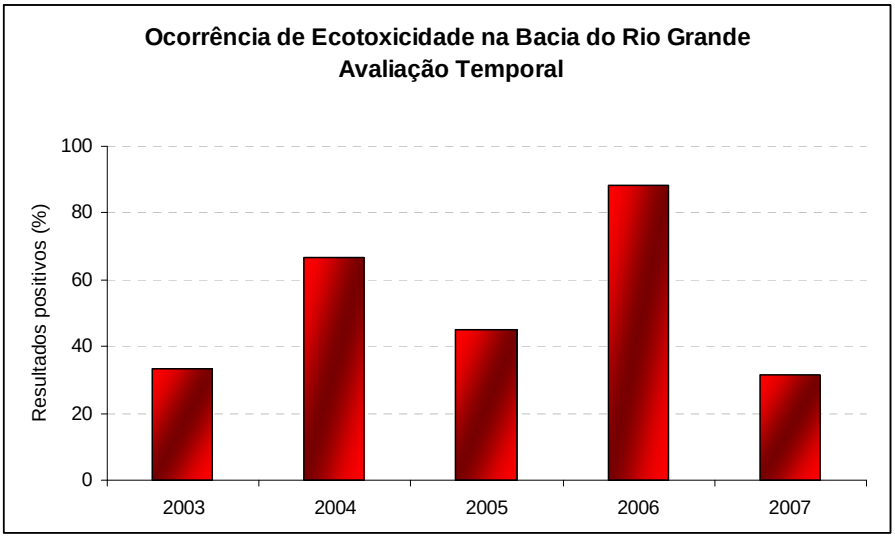


Figura 8.39: Variação dos percentuais de estações da bacia do rio Grande com resultados positivos para os ensaios de ecotoxicidade crônica.

Nenhuma das estações monitoradas desde 2003 se mostrou atóxica. A estação localizada no rio Grande a montante do reservatório de Furnas (BG019) continuou apresentando a melhor condição ecotoxicológica, com **Baixa** ocorrência de resultados positivos (19% das amostras analisadas). Foi apontada uma melhoria das águas das águas do rio Verde na localidade de Flora (BG035), onde o percentual de amostras em que se observaram propriedades tóxicas foi reduzido de 54% (**Alta** ocorrência de ecotoxicidade) para 47% (**Média** ocorrência de ecotoxicidade). O inverso foi observado no rio São João a montante do reservatório de Peixoto (BG055), que havia apresentado 50% das amostras com resultados positivos em 2006 e 56%, em 2007, migrando da categoria **Média** para **Alta** ocorrência de ecotoxicidade.

As piores condições continuaram a ser observadas na sub-bacia do rio Verde, onde quatro das cinco estações monitoradas apresentaram **Alta** ocorrência de ecotoxicidade (Tabela 8.1). A estação localizada no rio Baependi próximo a sua foz no rio Verde (BG029) destacou-se pelo maior percentual de amostras (75%) com efeitos tóxicos.

Tabela 8.1: Avaliação dos resultados dos testes de ecotoxicidade realizados entre agosto/2003 e dezembro/2007 na bacia do rio Grande

Ocorrência de Toxicidade	Nº de ensaios	BACIA DO RIO GRANDE - Estações monitoradas desde 2003	
			UPGRH GD1 - Rio Grande
M	16	**BG001**	Rio GRANDE na cidade de Liberdade
A	15	**BG003**	Rio GRANDE a montante do Reservatório de Camargos
A	16	**BG007**	Rio GRANDE a jusante do Reservatório de Itutinga
A	15	**BG009**	Rio CAPIVARI próximo de sua foz no Rio Grande
			UPGRH GD2 - Rio das Mortes, Grande e Jacaré
M	15	**BG011**	Rio das MORTES a montante da cidade de Barbacena
B	16	**BG019**	Rio GRANDE a montante do Reservatório de Furnas
M	15	**BG021**	Rio JACARÉ a montante do Reservatório de Furnas
			UPGRH GD4 - Rio Verde
A	17	**BG028**	Rio VERDE na cidade de Soledade de Minas
A	16	**BG029**	Rio BAEPENDI próximo de sua foz no Rio Verde
A	15	**BG031**	Rio LAMBARI próximo de sua foz no Rio Verde
M	17	**BG035**	Rio VERDE na localidade de Flora
A	16	**BG036**	Rio PALMELA na proximidade de sua foz no Rio Verde
			UPGRH GD5 - Rio Sapucaí
M	16	**BG044**	Rio SAPUCAÍ-MIRIM a montante da cidade de Pouso Alegre
M	17	**BG047**	Rio SAPUCAÍ a montante da cidade de Careaçu
M	16	**BG049**	Rio SAPUCAÍ a montante do Reservatório de Furnas
			UPGRH GD7 - Rio Grande
A	16	**BG055**	Rio SÃO JOÃO a montante do Reservatório de Peixoto
			UPGRH GD8 - Rio Grande
M	16	**BG059**	Rio UBERABA a montante do Reservatório de Porto Colômbia

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 esnsaios realizados

Conforme pode ser observado na Tabela 8.2, quatro das estações que tiveram o monitoramento das condições ecotoxicológicas iniciado em 2007 apresentaram resultados positivos para os ensaios realizados com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia.* Duas delas (BG063 e BG083) localizam-se no rio das Antas, sugerindo grande impacto antrópico sobre esse corpo de água. No caso da estação situada no rio das Antas a jusante da cidade de Poços de Caldas (BG063), o principal impacto e provável causa das condições restritivas para a biota é o lançamento de esgoto não tratado da cidade de Poços de Caldas, enquanto aquela situada no rio das Antas a jusante de Bueno Brandão (BG083) encontra-se em área de pastagem. As águas do rio Mogi Guaçu na cidade de Inconfidentes (BG077) também tiveram efeitos crônicos nos ensaios de toxicidade.

A amostra coletada no córrego Liso a jusante de São Sebastião do Paraíso (BG071) chamou a atenção por causar a morte dos organismos-teste, configurando um quadro de toxicidade aguda. A presença de curtumes a montante dessa estação e o lançamento de esgoto não tratado proveniente do município de São Sebastião do Paraíso constituem os principais fator de degradação ambiental.

Tabela 8.2: Resultados dos testes de ecotoxicidade observados nas estações da bacia do rio Grande monitoradas na 4ª campanha de 2007

Nº de ensaios	Resultado 4a 2007	BACIA DO RIO GRANDE - Estações monitoradas a partir de 2007	
			UPGRH´s GD3 e GD4 - Rio Verde
1	-	**BG065**	Ribeirão SÃO PEDRO a montante do lago de furnas
1	-	**BG069**	Rio MACHADO a jusante da cidade de Machado
1	-	**BG067**	Ribeirão da ESPERA a jusante do lixão da cidade de Varginha
			UPGRH GD6 - Rios das Antas, Pardo, Mogi Guaçu
1	+	**BG063**	Rio das ANTAS a jusante da cidade de Poços de Caldas
1	-	**BG075**	Rio PARDO a jusante de Ipuiuna
1	+	**BG077**	Rio MOGI GUAÇU na cidade de Inconfidentes
1	-	**BG079**	Ribeirão OURO FINO na cidade de Ouro Fino
1	-	**BG081**	Rio MOGI GUAÇU na divisa de Minas Gerais com São Paulo
1	+	**BG083**	Rio das ANTAS a jusante de Bueno Brandão
			UPGRH GD7 - Entrono da Represa Peixoto
1	+	**BG071**	Córrego LISO a Jusante de São Sebastião do Paraíso
1	-	**BG073**	Rio SANTANA a jusante do córrego Liso
			UPGRH GD8 - Rio Grande
1	-	**BG085**	Rio VERDE ou FEIO a montante do lago de Águas Vermelhas
1	-	**BG087**	Ribeirão TRONQUEIRA a jusante da cidade de Iturama

Legenda:
+ = Ocorrência de toxicidade
- = Toxicidade não detectada

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA

A rede de monitoramento ecotoxicológico da bacia do rio Paranaíba não sofreu alterações. Foram realizados 195 ensaios de ecotoxicidade crônica entre julho de 2003 e dezembro de 2007, referentes a 12 estações de amostragem com freqüência trimestral.

A pior situação em relação à ecotoxicidade da água também ocorreu em 2006, quando 69% dos ensaios realizados tiveram resultados positivos (Figura 8.40). No entanto, a diferença entre os anos de monitoramento, especialmente 2005, 2006 e 2007, foi menos expressiva do que na bacia do rio Grande.

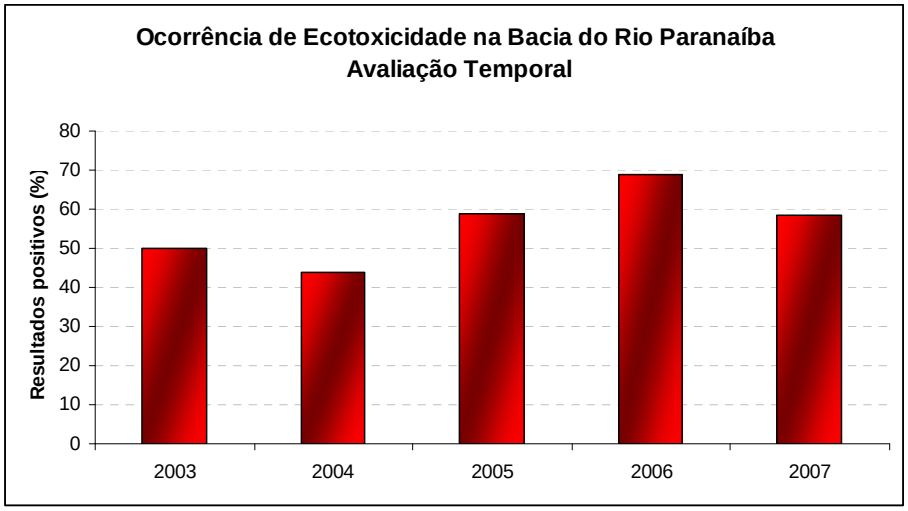


Figura 8.40: Variação dos percentuais de estações da bacia do rio Paranaíba com resultados positivos para os ensaios de ecotoxicidade crônica.

A categoria de porcentagem de ocorrência de resultados positivos para cada estação pode ser observada na Tabela 8.3. Nenhum dos corpos de água monitorados apresentou **Baixa** ocorrência de ecotoxicidade (resultados positivos em até 25% das amostras analisadas), sendo o percentual mínimo de amostras com efeitos deletérios observados nessa bacia de 31% (rio São Domingos, PB033).

As piores condições foram observadas na sub-bacia do rio Araguari, especialmente nas estações de amostragem no rio Quebra Anzol e no próprio rio Araguari, ambas localizadas a montante do reservatório de Nova Ponte (PB011 e PB017, respectivamente). Nesses pontos, mais de 80% das amostras testadas apresentaram resultados positivos para os ensaios de toxicidade crônica. Na bacia do rio Paranaíba, o rio Tijuco a montante do reservatório São Simão (PB027) também apresentou uma grande proporção de amostras (75%) com propriedades tóxicas para o organismo- teste.

Duas estações, PB019 e PB033, tiveram suas categorias de ocorrência de ecotoxicidade alteradas entre 2006 e 2007, evidenciando uma piora nas condições ambientais entre esses dois anos. Na estação localizada no rio Araguari a jusante do Reservatório de Miranda (PB019), o percentual de ocorrência de amostras com resultados positivos aumentou de 50 (**Baixa**) para 63% (**Média**) com a inclusão dos dados de 2007. Na estação do rio São Domingos (PB033), haviam sido registrados efeitos ecotoxicológicos em 16% dos ensaios realizados até 2006 e observou-se aumento desse percentual para 31% após a inclusão dos resultados de 2007, ano em que três das quatro amostras coletadas apresentaram ecotoxicidade crônica. As possíveis causas para esse aumento podem estar associadas às atividades de agricultura e à outras fontes de poluição difusa dessa região.

Tabela 8.3: Avaliação dos resultados dos testes de ecotoxicidade realizados entre agosto/2003 e dezembro/2007 na bacia do rio Paranaíba

Ocorrência de Toxicidade	Nº de ensaios	BACIA DO RIO PARANAÍBA	
			UPGRH PN1 - Rio Paranaíba
M	16	**PB003**	Rio PARANAÍBA a jusante da cidade de Patos de Minas
A	17	**PB007**	Rio PARANAÍBA entre os Reservatórios de Emborcação e Itumbiara
A	16	**PB009**	Rio JORDÃO a jusante da cidade de Araguari
			UPGRH PN2 - Rio Araguari
A	17	**PB011**	Rio QUEBRA ANZOL a montante do Reservatório de Nova Ponte
M	16	**PB013**	Rio CAPIVARA a jusante da cidade de Araxá
A	16	**PB017**	Rio ARAGUARI a montante do Reservatório de Nova Ponte
A	16	**PB019**	Rio ARAGUARI a jusante do Reservatório de Miranda
M	15	**PB023**	Rio UBERABINHA a jusante da cidade de Uberlândia
			UPGRH PN3 - Rio Paranaíba e afluentes
M	17	**PB025**	Rio PARANAÍBA a jusante do Reservatório de Itumbiara
A	16	**PB027**	Rio TIJUCO a montante do Reservatório de São Simão
M	17	**PB029**	Rio da PRATA a montante do Reservatório de São Simão
M	16	**PB033**	Rio SÃO DOMINGOS próximo de sua foz no Rio Paranaíba

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 esnsaios realizados

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO

As principais modificações na rede de monitoramento ecotoxicológico ocorreram na bacia do rio São Francisco. Até 2006, eram monitoradas apenas duas estações nessa bacia, uma na sub-bacia do rio Paracatu e outra na sub-bacia do rio Verde Grande. No entanto, dada a importância sócio-econômica e ambiental do rio São Francisco, optou-se pela incorporação de outras vinte e duas estações a partir do terceiro trimestre de 2007. As novas estações foram distribuídas entre seis Unidades de Planejamento, abrangendo as sub-bacias dos rios das Velhas (10), Urucuia (6), Verde Grande (3) e Paracatu (1), além de duas estações localizadas no próprio rio São Francisco.

Nas duas estações monitoradas desde 2003, não se observaram mudanças na categoria de ocorrência de ecotoxicidade entre 2006 e 2007. A despeito do percentual de amostras tóxicas no rio Verde Grande próximo de sua foz no rio São Francisco (VG011) ter aumentado de 9 para 13% entre esses dois anos, esse trecho de rio permaneceu com **Baixa** ocorrência de ecotoxicidade. Nenhuma melhoria em relação às condições de ecotoxicidade foi observada no trecho do rio Preto a jusante da cidade de Unaí (PT007), que continuou apresentando **Alta** ocorrência de ensaios com resultado positivo (Tabela 8.4).

Tabela 8.4: Avaliação dos resultados dos testes de ecotoxicidade realizados entre agosto/2003 e dezembro/2007 na bacia do rio São Francisco

Ocorrência de Toxicidade	Nº de ensaios	BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO - Porção Norte	
			UPGRH SF07 - Rio Paracatu
A	12	PT007	Rio PRETO a jusante da cidade de Unaí
			UPGRH SF10 - Rio Verde Grande
B	15	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 esnsaios realizados

Dentre as estações monitoradas a partir de 2007 (Tabela 8.5), a pior condição de ecotoxicidade parece ocorrer na sub-bacia do rio Urucuia, onde todas as estações apresentaram efeitos tóxicos para o mcrocrustáceo *Ceriodaphnia dubia*. Devido a problemas técnicos, a ecotoxicidade não pôde ser avaliada nas novas estações do rio São Francisco a montante da foz no rio das Velhas (SF019) e a jusante de Januária (SF029) e no córrego Rico a jusante da cidade de Paracatu (PT005) ainda na terceira campanha de 2007. No quarto trimestre, nenhuma delas apresentou resultados positivos para os ensaios realizados. Deve-se destacar ainda, que, no terceiro trimestre de 2007, a amostra coletada no ribeirão dos Vieiras a jusante da cidade de Montes Claros (VG003) causou a morte do organismo teste, apontando condições ambientais extremamente restritivas para a vida aquática. Esse quadro parecer ter sido amenizado no período de chuvas, uma vez que não foram observados efeitos deletérios na quarta campanha.

Dois afluentes do rio das Velhas, ribeirão do Onça (BV154) e ribeirão Arrudas (BV155) se destacaram por apresentarem resultados positivos nos dois trimestres de amostragem realizados em 2007. Nestes dois ambientes, que recebem grandes cargas de esgotos domésticos e industriais, as condições ambientais parecem ter se tornado ainda mais críticas com a chegada das chuvas, uma vez que os ensaios de ecotoxicidade realizados no último trimestre de amostragem de 2007 culminaram com a morte dos organismos-teste, evidenciando um efeito agudo da água e condições extremamente restritivas para o desenvolvimento e a manutenção da vida aquática.

Tabela 8.5: Resultados dos testes de ecotoxicidade observados nas estações da bacia do rio São Francisco monitorados a partir do 3º trimestre de 2007

Nº de ensaios	Resultados		BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO - Estações monitoradas a partir de 2007	
	3a 2007	4a 2007		
			UPGRH SF5 - Rio das Velhas	
2	-	-	**BV076**	Ribeirão Sabará próximo de sua foz no Rio das Velhas
2	-	-	**BV083**	Rio das Velhas logo a jusante do Ribeirão Arrudas
2	-	-	**BV105**	Rio das Velhas logo a jusante do Ribeirão do Onça
2	-	-	**BV130**	Ribeirão da Mata próximo de sua foz no Rio das Velhas
2	-	-	**BV135**	Rio TAQUARAÇU próximo de sua foz no Rio das Velhas
2	-	-	**BV137**	Rio das Velhas na Ponte Raul Soares
2	-	-	**BV153**	Rio das Velhas a jusante do Ribeirão da Mata
2	+	+	**BV154**	Ribeirão do Onça próximo de sua foz no Rio das Velhas
2	+	+	**BV155**	Ribeirão Arrudas próximo de sua foz no Rio das Velhas
2	-	+	**BV160**	Ribeirão das Neves próximo de sua foz no Ribeirão da Mata
			UPGRH´s SF6 e SF9 - Rio São Francisco	
1	*	-	**SF019**	Rio SÃO FRANCISCO a montante da foz do rio das Velhas
1	*	-	**SF029**	Rio São Francisco a jusante da cidade de Januária
			UPGRH SF7 - Rio Paracatu	
	*	-	**PT005**	Córrego Rico a jusante da cidade de Paracatu
			UPGRH SF8 - Rio Urucuia	
1		+	**UR001**	Rio Urucuia na cidade de Buritis
2	-	+	**UR011**	Ribeirão São Domingos no município de Buritis
2	-	+	**UR013**	Rio Urucuia a montante da cidade de Arinos
2	-	+	**UR014**	Rio São Miguel a jusante da cidade de Uruana de Minas
2	+	-	**UR016**	Ribeirão Santo André na MG-181, próximo à cidade de Bonfinópolis de Minas
2	+	-	**UR017**	Rio Urucuia a montante da sua confluência com o rio São Francisco
			UPGRH SF10 - Rio Verde Grande	
1	+	-	**VG003**	Ribeirão dos Vieiras a jusante da cidade de Montes Claros
1	*	-	**VG007**	Rio Gorutuba a jusante da cidade de Janaúba e da barragem da ASSIEG
1	*	-	**VG009**	Rio Gorutuba a montante da confluência com o rio Pacuí

A bacia do rio doce, representada no projeto Águas de Minas pela estação localizada no rio Manhuaçu em Santana do Manhuaçu (RD064), apresentou uma piora das condições ecotoxicológicas entre 2006 e 2007, tendo sua porcentagem de resultados positivos aumentada 31 para 38%. Apesar desse aumento, não houve mudança na categoria de ocorrência, que permaneceu **Média**. Através da avaliação temporal (Figura 8.41), nota-se que nenhuma das amostras coletadas em 2004 e 2005 apresentou efeitos ecotoxicológicos, enquanto as piores condições nessa estação foram verificadas em 2006 (75% das amostras).

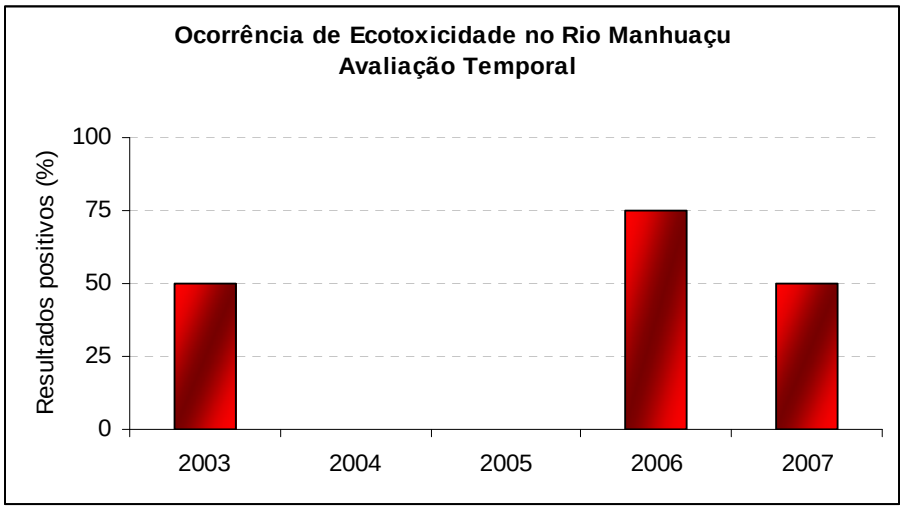


Figura 8.41: Variação dos percentuais de amostras do rio Manhuaçu com resultados positivos para os ensaios de ecotoxicidade crônica.

Considerações Finais

Os resultados mostram que em todas as bacias houve resultados positivos de ecotoxicidade das águas. Dentre as 32 estações monitoradas no período compreendido entre 2003 e 2007, trinta (94%) apresentaram **Alta** ou **Média** ocorrência de ecotoxicidade, evidenciando condições restritivas ao desenvolvimento da biota em pelo menos um quarto das amostras coletadas em cada uma delas (Figura 8.42). Somente duas estações (6%), mostraram baixa ocorrência de ensaios com resultados positivos, quais sejam: rio Verde Grande próximo de sua foz no rio São Francisco (VG011) e rio Grande a montante do Reservatório de Furnas (BG019).

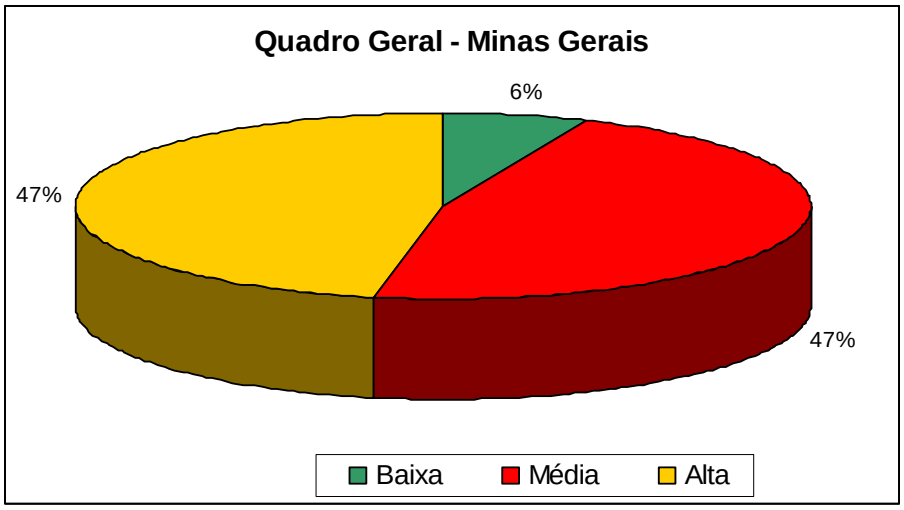


Figura 8.42: Distribuição das estações entre as categorias Alta, Média e Baixa ocorrência de ecotoxicidade.

As piores condições foram registradas no rio Quebra-Anzol a montante do Reservatório de Nova Ponte (PB011) e no rio Araguari a montante do Reservatório de Nova Ponte (PB017) e a jusante do Reservatório de Miranda (PB019), ambos localizados na bacia do rio Paranaíba e rio Baependi próximo de sua foz no rio Verde (BG029), localizado na bacia do rio Grande, os quais apresentaram efeitos tóxicos em mais de 75% das amostras coletadas entre 2003 e 2007.

Dentre os novos corpos de água monitorados, deve-se destacar o rio das Antas a jusante da cidade de Poços de Caldas (BG063) e a jusante de Bueno Brandão (BG083), cujas duas estações amostradas apresentaram condições restritivas para a biota e o córrego Liso a jusante de São Sebastião do Paraíso (BG071), onde a amostra coletada causou a morte dos organismos-teste. A letalidade também foi observada em três estações da bacia do rio São Francisco: Ribeirão dos Vieiras a jusante da cidade de Montes Claros (VG003), pertencente à sub-bacia do rio Verde Grande, e nos ribeirões do Onça (BV154) e Arrudas (BV155), na sub-bacia do rio das Velhas. Todas estas estações recebem grandes cargas de esgotos domésticos e industriais, e estão próximas aos grandes centros urbanos.

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

A bacia do rio Pardo localiza-se na região nordeste de Minas Gerais e compreende uma área de 12.763 Km^2, o que corresponde a aproximadamente 2,2% da área do Estado. Por se tratar de um rio federal parte de sua área está localizado em território mineiro e parte no baiano. Na parte mineira, a bacia abrange 13 municípios, sendo que onze possuem a sua sede na bacia.

O rio Pardo nasce na cidade de Montezuma, a uma altitude de 800 metros, e deságua no Oceano Atlântico, no município de Canavieiras - BA. Sua extensão total é de 650 km, sendo que 430 km encontram-se no estado da Bahia. Os limites da bacia são: ao norte a bacia do rio Contas; a oeste a do rio São Francisco e ao sul a do rio Jequitinhonha.

Os principais afluentes do rio Pardo em Minas Gerais são da margem esquerda 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 (IBGE, 2000)	Urbana	45.847 habitantes
	Rural	63.502 habitantes
Outorgas Superficiais vigentes em 2007		0,677 m^3/s
Outorgas Subterrâneas vigentes em 2007		0,049 m^3/h

Segundo informações do Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH (2007), “predomina nessa região um clima quente e úmido, com chuvas fortemente concentradas nos meses de verão (novembro, dezembro e janeiro), ocorrendo frequentemente totais mensais nulos no período de estiagem que abrange os meses de junho, julho e agosto”.

Em relação as características morfoclimáticas, o Plano Diretor de Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Pardo e Jequitinhonha, (PLANVALE, 1992), identificou três domínios na bacia do rio Pardo de acordo com classificação proposta por Ab’Saber (1977):

- Floresta Atlântica: localizada no alto e médio curso do rio Pardo;
- Cerrado: cuja ocorrência está no alto curso do rio Pardo; e
- Caatinga: que recobre grande parte do alto curso do rio Pardo.

Em relação aos aspectos geológicos o PERH (2007) destaca:

> "As bacias dos rios Jequitinhonha e Pardo são constituídas principalmente por rochas antigas do Arqueano e do Proterozóico Médio e Superior, sobre as quais se assentam sedimentos de cobertura do Terciário – Quaternário, aluviões e sedimentos costeiros recentes. As rochas mais antigas, que constituem um núcleo estável, são constituídas principalmente de migmatitos, granitos e gnaisses de elevado grau de metamorfismo, de estrutura complexa, resultante da superposição de várias fases de deformação. São representadas por uma unidade do pré-cambriano indiferenciado, uma associação de gnaisses e granitos, uma faixa de piroxênios-migmatitos e rochas da Associação Charnockítica".

Em função dessas características, a bacia apresenta variados minerais de interesse econômico, ressaltando-se não somente a quantidade mais também a diversidade incluindo-se diamantes, pedras semi-preciosas e minerais de pegmatito, ferro, grafita, calcário, mármore, cianita e sodalita.

Uso do Solo

O PLANVALE (1992) destaca que a ocupação do Alto Pardo ocorreu em meados do século XVIII, principalmente, devido a sua proximidade com o estado da Bahia e das áreas mineradoras. O desenvolvimento da pecuária extensiva ocorreu paralelamente ao da agricultura, "responsável pela produção alimentar para o consumo local". Foi a partir da década de 50 que se introduziram culturas comerciais com o algodão e o reflorestamento.

Desde então, o desmatamento da vegetação nativa, a atividade agropecuária, a mineração, o garimpo e o lançamento de efluentes domésticos foram determinantes para a alteração da qualidade da água (PLANVALE,1992).

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. 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. 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).

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

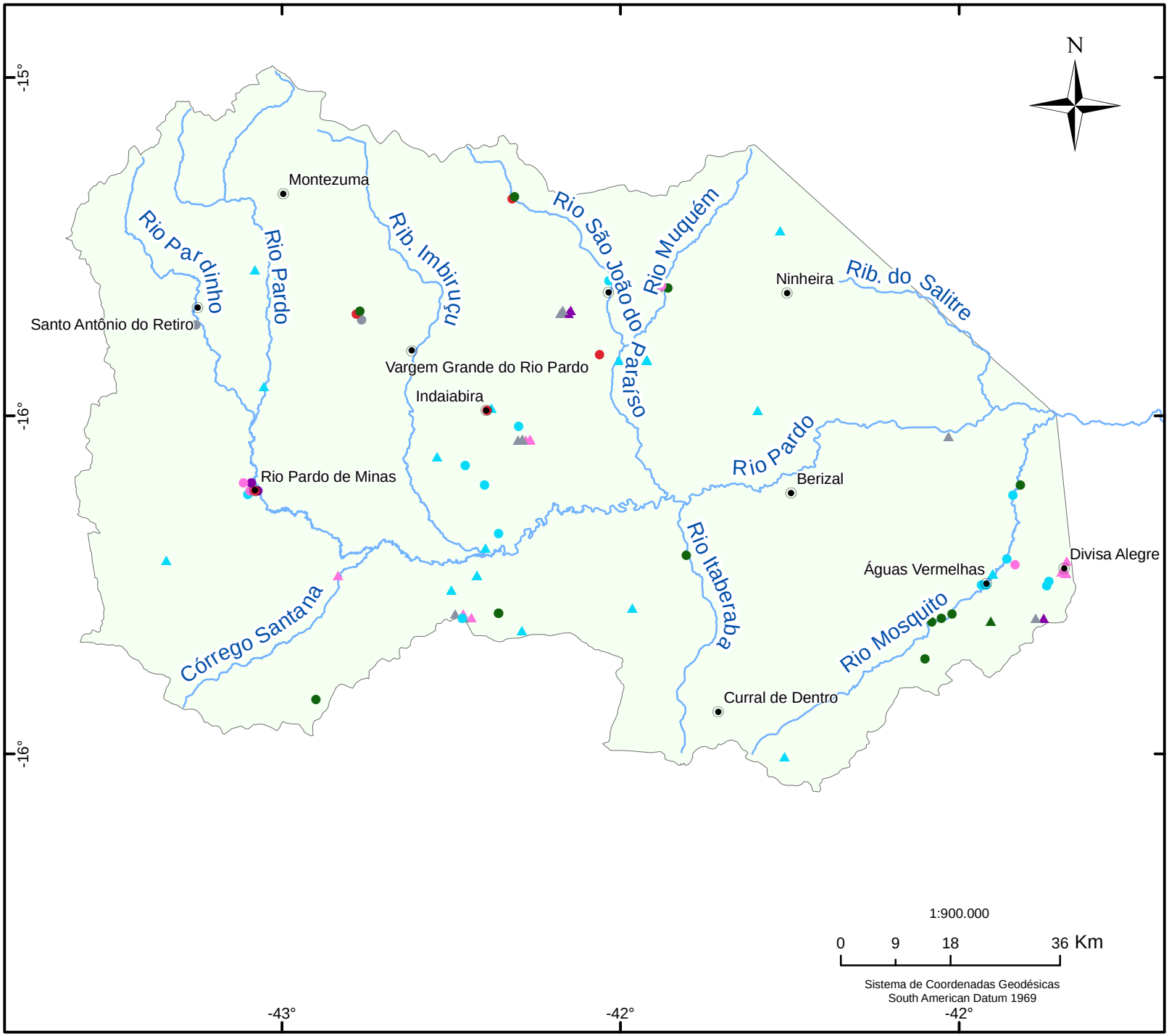
Usos da Água

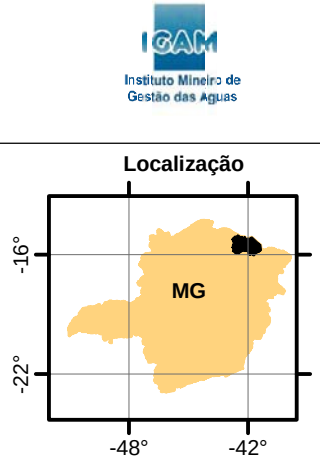
Os usos das águas da bacia do rio Pardo são para abastecimento doméstico, dessedentação de animais, irrigação, pesca e recreação de contato primário.

De acordo com as outorgas concedidas pelo IGAM, válidas em 2007, a irrigação predomina na região de Águas Vermelhas, enquanto o abastecimento encontra-se ao longo de toda a bacia. (Mapa 9.1).

As áreas que apresentam os maiores volumes outorgados na Bacia do Rio Pardo são próximos a São João do Paraíso e Vargem Grande do Rio Pardo, onde predominam vazões de 0,027 a 0,55 m³/s. A irrigação é bastante utilizada nestas áreas. As vazões de 0,013 a 0,041 m³/s são bastante comuns na bacia (Mapa 9.2). Estes valores estão relacionados às atividades agropecuárias desenvolvidas nestas regiões.

USO DA ÁGUA NA BACIA DO RIO PARDO SEGUNDO AS OUTORGAS CONCEDIDAS PELO IGAM, VÁLIDAS EM 2007





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

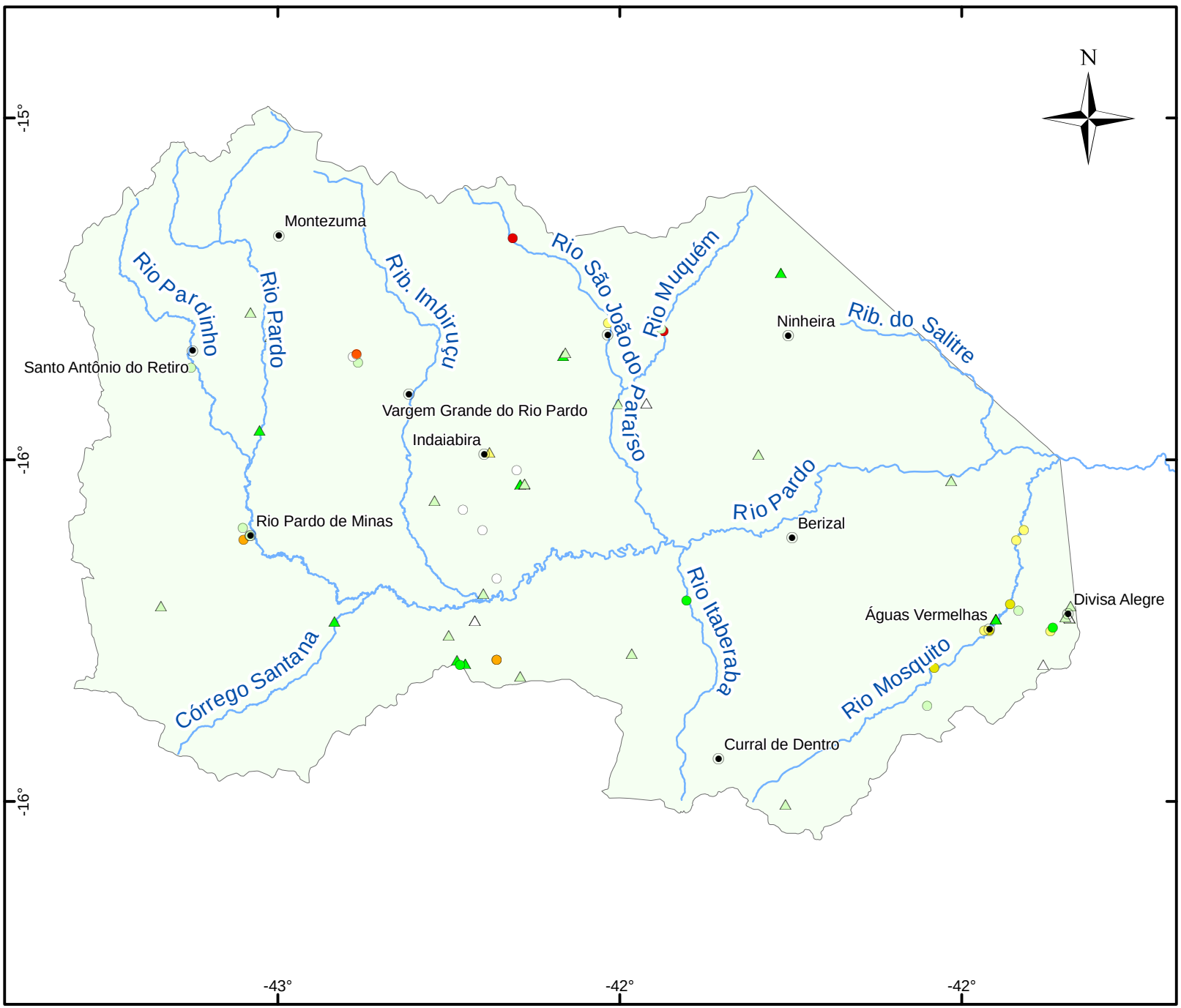
"Outros Usos Diversos" corresponde a usos pouco freqüentes relacionados geralmente a desvios ou alterações da calha do curso de água, obras de contenção de encostas entre outros. Os usos correspondem às finalidades de captação, declaradas pelos usuários requisitantes de outorgas.

Fonte:
- Bases Digitais Geominas, 1995
- Banco de dados de Outorgas IGAM, Agosto de 2008

Edição: Setembro de 2008
DMFA - GEMOG
Rua Espírito Santo, 495/12°
031-3219-5797

2007022633 - A4

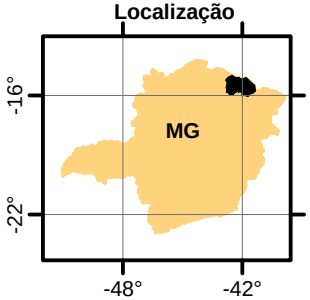
Mapa 9.1: Uso da água na bacia do Pardo, segundo outorgas concedidas pelo IGAM, válidas em 2007.



VOLUME DE ÁGUA OUTORGADO PELO IGAM NA BACIA DO RIO PARDO, VÁLIDO EM 2007

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Localização



Legenda

- Sedes Municipais
- Principais Rios
- UPGRHs

Usos da Água

Origem (Forma)

- Superficial
- Subterrânea

Vazão m³/s (Cor)

- Menos que 0,00279
- 0,00279 –| 0,001389
- 0,001390 –| 0,004167
- 0,004168 –| 0,013889
- 0,013890 –| 0,027778
- 0,027779 –| 0,055556
- 0,055557 –| 0,111111
- Mais que 0,111112

1:900.000

0 9 18 36 Km

Sistema de Coordenadas Geodésicas
South American Datum 1969

Os volumes de água concedidos não correspondem à vazão do corpo ou recurso hídrico, mas à quantidade de água que se permitiu captar durante o processo de outorga.

Fonte:
- Bases Digitais Geominas, 1995
- Banco de dados de Outorgas IGAM, Agosto de 2008

Edição: Setembro de 2008
DMFA - GEMOG
Rua Espírito Santo, 495/12°
031-3219-5797

Mapa 9.2: Volume de água outorgado pelo IGAM na bacia do Pardo, válido em 2007.

2007022734 - A4

Analisando a totalidade das outorgas de água vigentes em 2007 e utilizando como critério as vazões outorgadas pelo IGAM na bacia do rio Pardo, observa-se que as outorgas de águas superficiais se destinam 60,5% para irrigação, 22,4% para usos múltiplos, 16,8% para abastecimento e 0,3% 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.

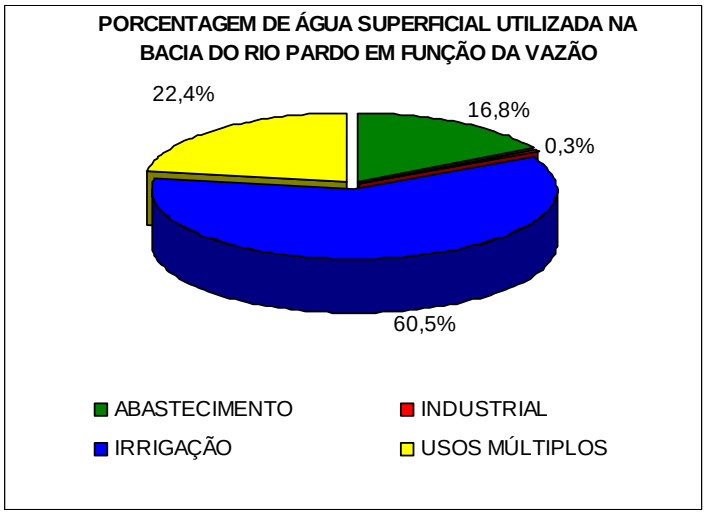


Figura 9.2: Porcentagem de água superficial utilizada na bacia do rio Pardo em 2007, em função da vazão outorgada.

Em relação às vazões outorgadas para águas subterrâneas na bacia do rio Pardo prevalecem aquelas cujo objetivo é abastecimento (65,9%), uso industrial e irrigação (10,1%) e usos múltiplos (24,0%), como pode ser observado na Figura 9.3.

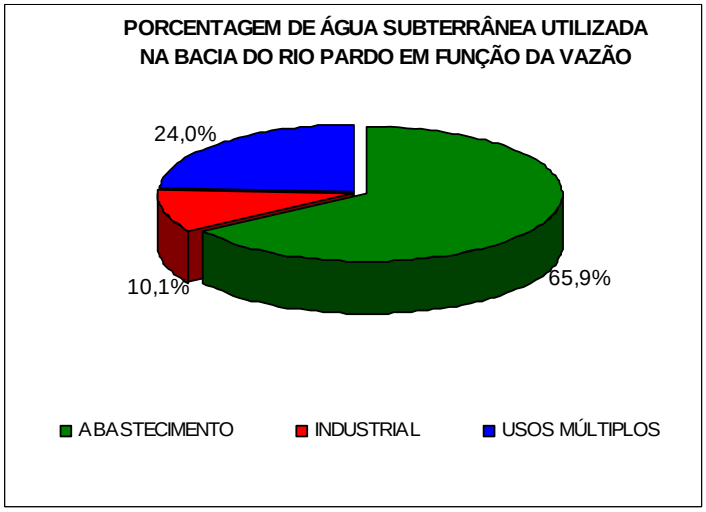


Figura 9.3: Porcentagem de água subterrânea utilizada na bacia do rio Pardo em 2007, em função da vazão outorgada.

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

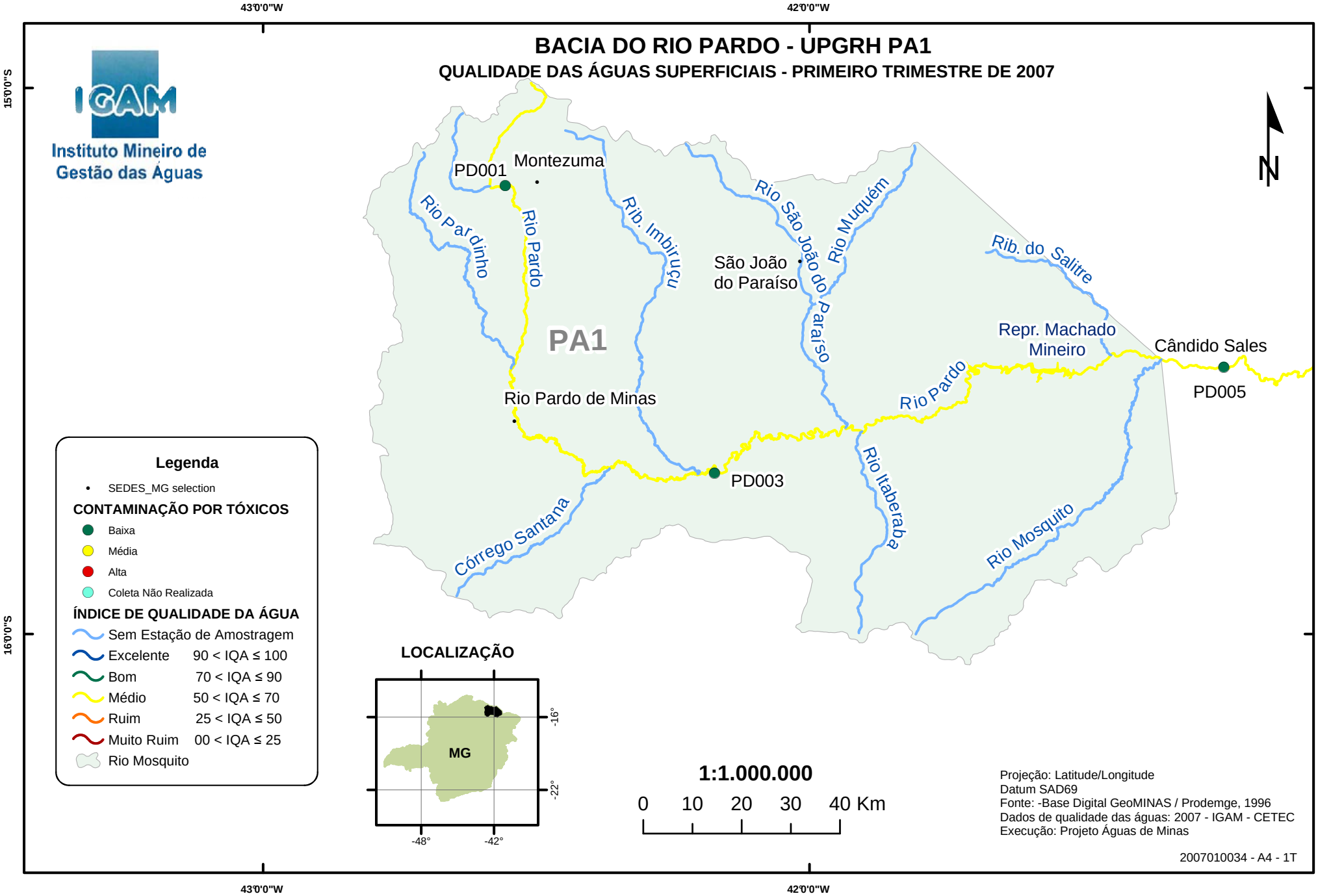
A Tabela 9.2 apresenta a descrição das estações de amostragem monitoradas na bacia do rio Pardo em ordem numérica crescente.

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

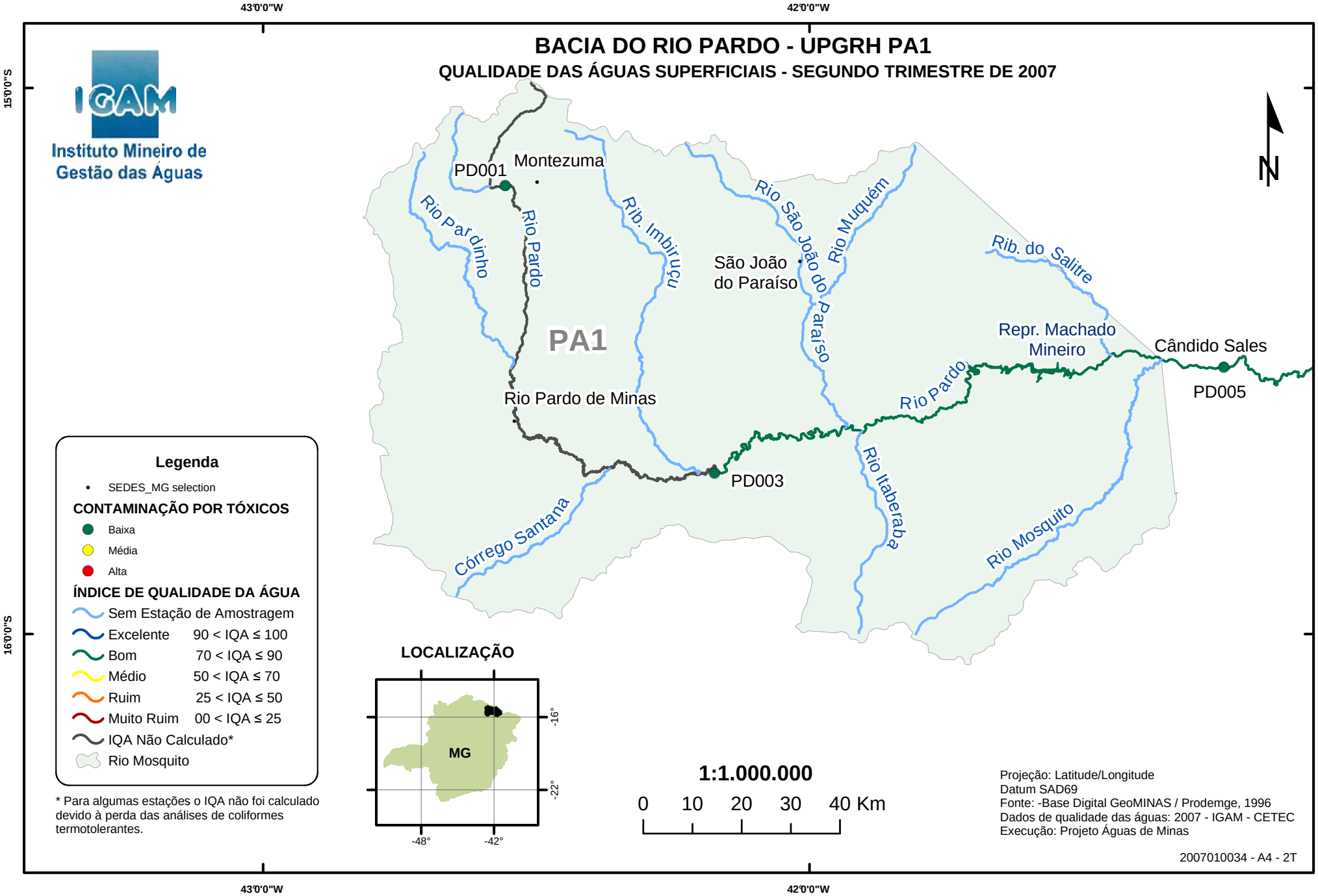
Estação	Descrição	Latitude			Longitude			Altitude
PD001	Rio PARDO a montante da cidade de Montezuma	15	11	34	42	32	12	900
PD003	Rio PARDO a jusante da cidade de Rio Pardo de Minas	15	42	10	42	10	22	800
PD005	Rio PARDO na cidade de Cândido Sales (BA)	15	30	41	41	14	10	700

Qualidade das Águas Superficiais

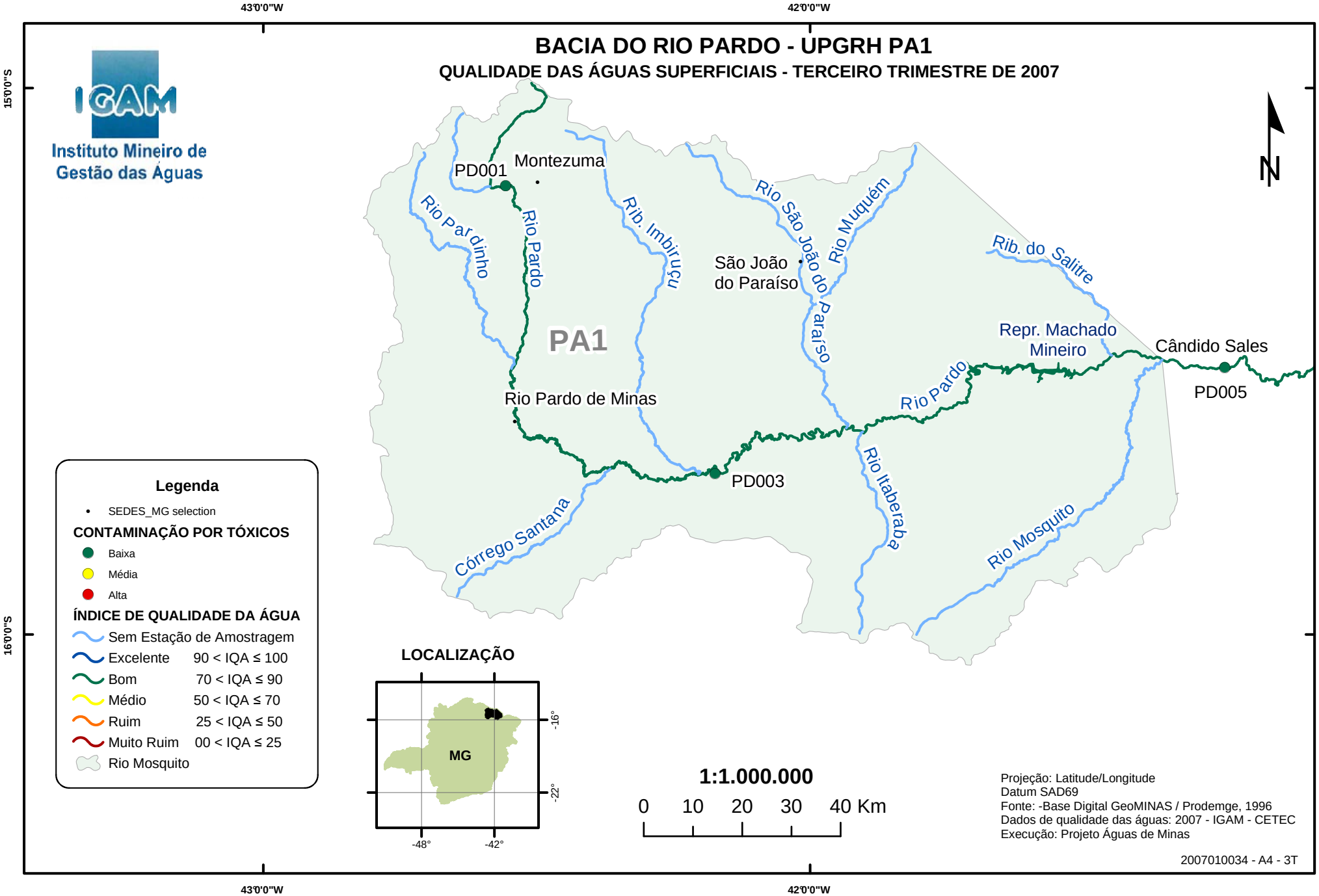
Os Mapas 9.3 a 9.6 apresentam a distribuição espacial das estações de amostragem monitoradas na bacia do rio Pardo, a Contaminação por Tóxicos – CT e o Índice de Qualidade das Águas - IQA para cada trimestre de 2007. O Mapa 9.7 mostra a Contaminação por Tóxicos – CT em 2007.



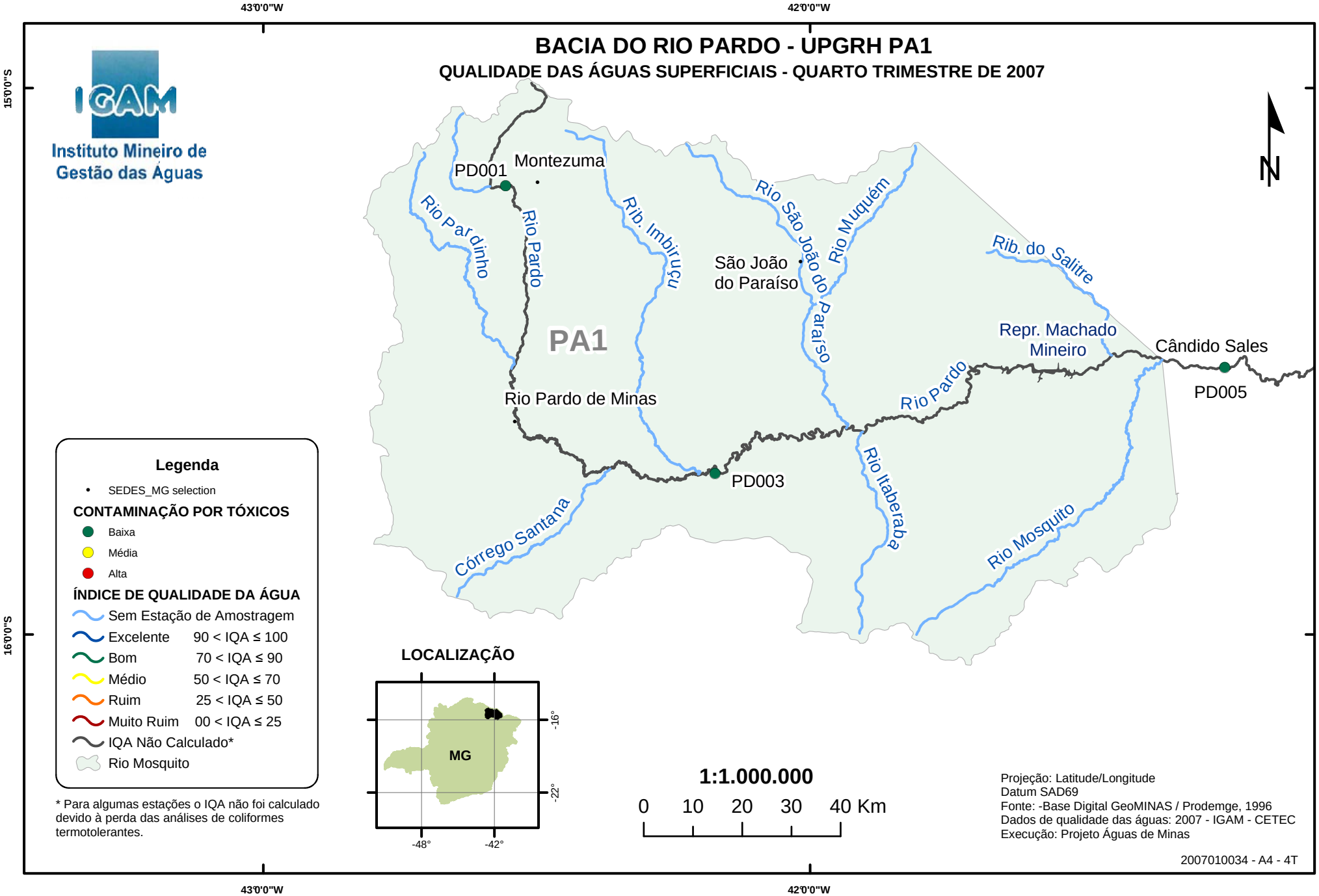
Mapa 9.3: Qualidade das águas superficiais da bacia do rio Pardo, no primeiro trimestre de 2007 - UPGRH PA1.



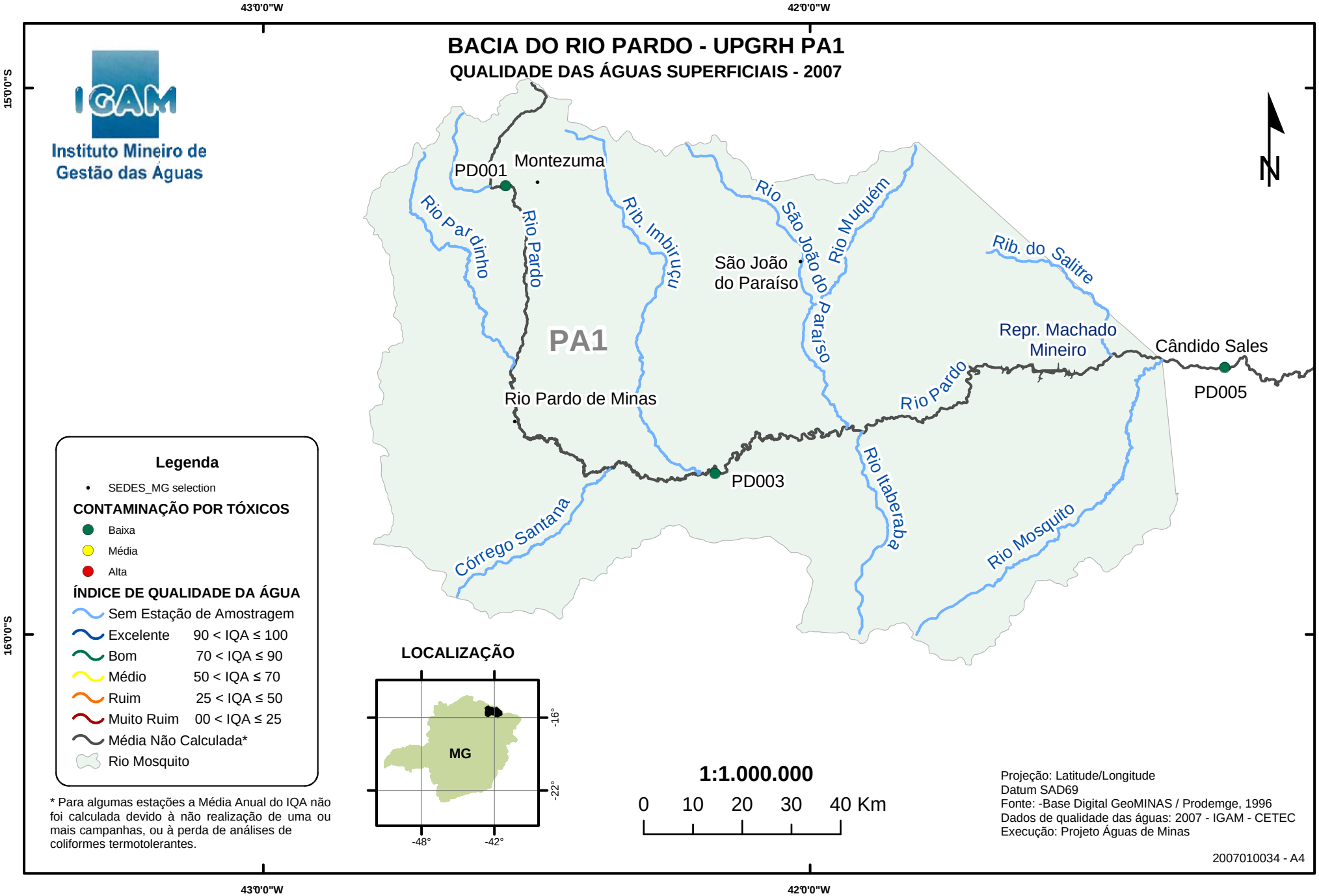
Mapa 9.4: Qualidade das águas superficiais da bacia do rio Pardo, no segundo trimestre de 2007 – UPGRH PA1.



Mapa 9.5: Qualidade das águas superficiais da bacia do rio Pardo, no terceiro trimestre de 2007 – UPGRH PA1.



Mapa 9.6: Qualidade das águas superficiais da bacia do rio Pardo, no quarto trimestre de 2007 – UPGRH PA1.



Mapa 9.7: Qualidade das águas superficiais da bacia do rio Pardo, em 2007 – UPGRH PA1.

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 2007

10.1 Rio Pardo

A média anual do Índice de Qualidade das Águas - IQA na bacia hidrográfica do rio Pardo não pode ser calculado no ano de 2007, em função da perda de resultados do parâmetro coliformes termotolerantes em algumas estações de monitoramento em uma ou mais campanhas de 2007 e, em especial, na quarta campanha de amostragem em todas as estações monitoradas. Sendo assim, serão analisados os valores de IQA obtidos por trimestre.

UPGRH: PA1
Estações de Amostragem: PD001, PD003 e PD005

O rio Pardo é monitorado em três estações de amostragem, quais sejam: a montante da cidade de Montezuma (PD001), a jusante da cidade de Rio Pardo de Minas (PD003) e na cidade de Cândido Sales-BA (PD005).

O Índice de Qualidade das Águas – IQA obtido na primeira campanha de 2007, em todo o rio Pardo foi considerado Médio influenciado, principalmente pelo parâmetro coliformes termotolerantes. No terceiro trimestre, o IQA foi considerado Bom também em todos os trechos do rio Pardo. Na estação localizada na cidade de Cândido Sales-BA (PD005), o IQA da terceira campanha foi considerado Bom. Ressalta-se que no segundo e quarto trimestres, não foi possível calcular o IQA, nos trechos localizados no rio Pardo a montante da cidade de Montezuma (PD001) e a jusante da cidade de Rio Pardo de Minas (PD003).

Na Figura 10.1 é apresentada a série histórica dos resultados de coliformes termotolerantes nas estações localizadas no rio Pardo a jusante da cidade de Rio Pardo de Minas (PD003) e na cidade de Cândido Sales-BA (PD005). Observa-se que esse parâmetro violou o limite legal na primeira campanha em ambas as estações. Esses resultados podem estar associados ao lançamento de esgotos domésticos sem tratamento dos municípios de Montezuma, Rio Pardo de Minas e Cândido Sales.

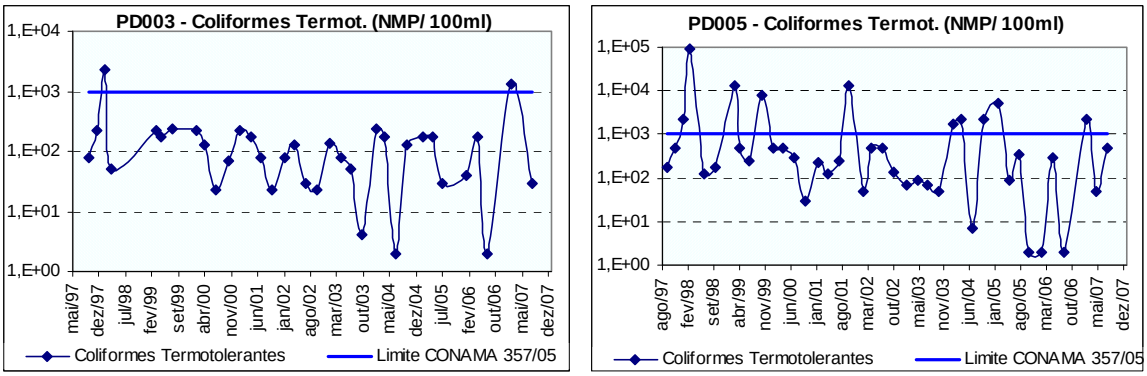


Figura 10.1: Ocorrência de coliformes termotolerantes no rio Pardo a jusante da cidade de Rio Pardo de Minas (PD003) e na cidade de Cândido Sales – BA (PD005) no período de 1997 a 2007.

O parâmetro óleos e graxas apresentou-se fora do limite estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 na primeira campanha de 2007 na estação monitorada no rio Pardo a jusante da cidade de Rio Pardo de Minas (PD003) (Figura 10.2). Estas substâncias 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.

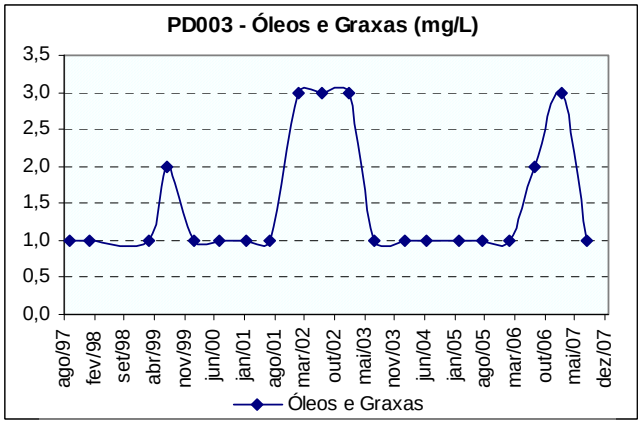


Figura 10.2: Ocorrência de óleos e graxas no rio Pardo a jusante da cidade de Rio Pardo de Minas (PD003) em 2007.

Os valores do parâmetro cor verdadeira (Figura 10.3) excederam o limite legal nas estações monitoradas no rio Pardo a jusante da cidade de Rio Pardo de Minas (PD003) e na cidade de Candido Sales – BA (PD005). Nas épocas do ano quando ocorrem os maiores índices de precipitação há o carremento de sólidos para dentro do corpo de água por meio do escoamento superficial, favorecendo a dissolução de elementos presentes no solo no corpo de água.

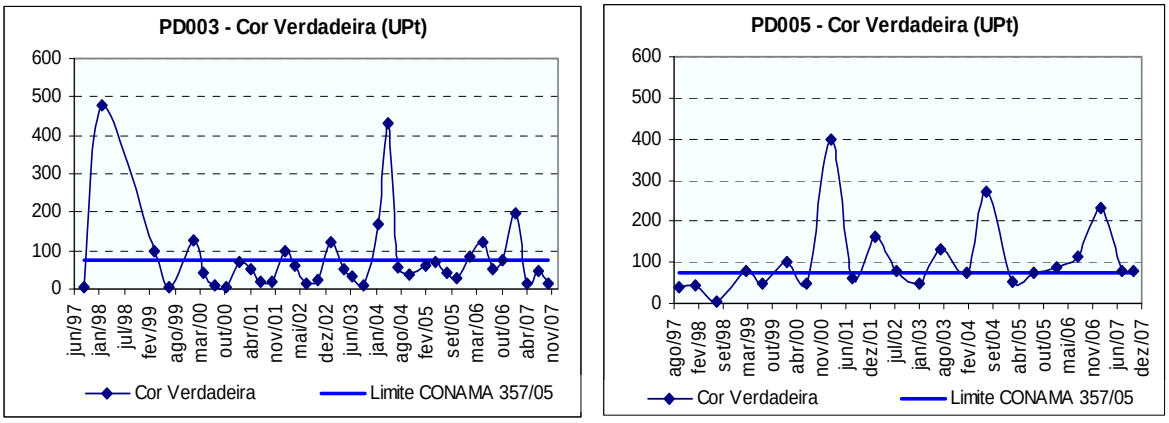


Figura 10.3: Ocorrência de cor verdadeira no rio Pardo a jusante da cidade de Rio Pardo de Minas (PD003) e na cidade de Cândido Sales (PD005) no período de 1997 a 2007.

Quanto aos metais, assim como ocorreu no ano de 2006, o ferro dissolvido apresentou concentrações acima do limite legal em dois dos três trechos monitorados do rio Pardo: a montante da cidade de Montezuma (PD001) e na cidade de Cândido Sales (PD005), como está apresentado na Figura 9.3. Foram verificados vários segmentos das margens do rio com o solo exposto sem vegetação ciliar. Esse fato favorece o assoreamento e a dissolução de elementos do solo no corpo de água.

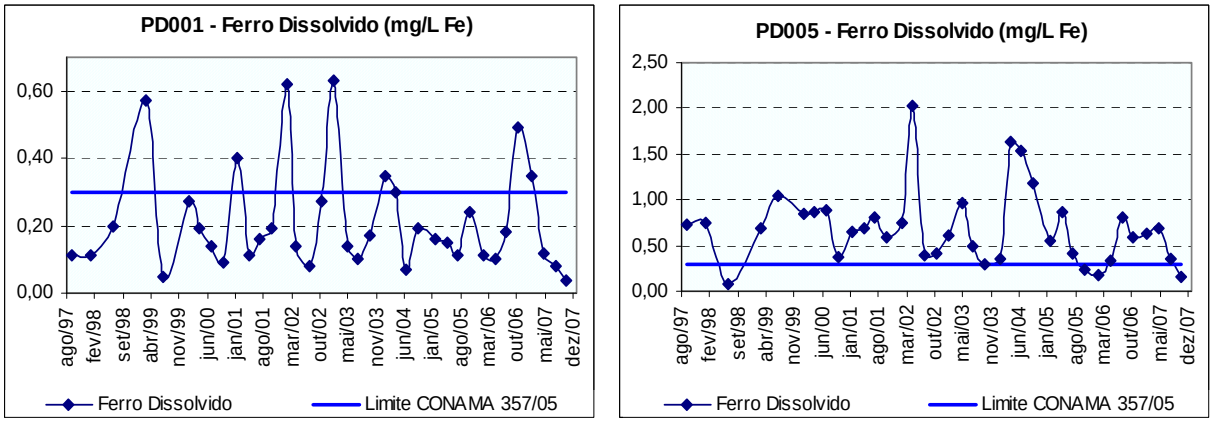


Figura 10.4: Ocorrência de ferro dissolvido no rio Pardo montante da cidade de Montezuma (PD001) e na cidade de Cândido Sales – BA (PD005), no período de 1997 a 2007.

Em 2007, verificou-se Contaminação por Tóxicos - CT Baixa em todo o rio Pardo, pois não foram identificados metais pesados ou substâncias tóxicas acima dos limites definidos na Resolução CONAMA 357/05. Esse resultado apresenta uma melhora significativa em relação ao ano anterior, quando a CT Alta foi registrada na quarta campanha de 2006 no rio Pardo na cidade de Montezuma (PD001) devido à concentração de cobre dissolvido na água.

11. AVALIAÇÃO AMBIENTAL

11.1. Análise das Violações

Considerando a série de resultados no período de 1997 a 2007, 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 a 2007), considerando o enquadramento do corpo de água no local de cada estação. A Tabela 11.1 apresenta o percentual de violações em ordem decrescente do valor obtido para cada parâmetro, indicando os constituintes mais críticos na bacia.

A bacia hidrográfica do rio Pardo apresentou baixa freqüência 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, associando-se a isso, o pequeno adensamento populacional e menor quantidade de indústrias se comparada aos municípios de maior porte.

Neste contexto, observou-se na Tabela 11.1 que o ferro dissolvido apresentou o maior percentual de violação (35,5%) entre os anos de 1997 a 2007. Embora esteja associado às características naturais do solo, esse metal é disponibilizado no corpo de água, devido às práticas agrícolas inadequadas. 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 (22,6%) e fósforo total (20,3%) apresentaram os maiores percentuais de violações em relação aos limites estabelecidos na legislação. Esses parâmetros estão associados, principalmente, ao lançamento de esgotos sanitários.

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 2007

PARÂMETRO	Nº DE VIOLAÇÃO	Nº TOTAL DE COLETAS	% VIOLAÇÃO
Ferro Dissolvido	39	110	35,5%
Óleos e Graxas*	14	62	22,6%
Fósforo Total	25	123	20,3%
Cor Verdadeira	16	79	20,3%
Fenóis Totais	14	78	17,9%
Coliformes Termotolerantes	15	113	13,3%
Coliformes Totais**	8	87	9,2%
Cobre Dissolvido	1	20	5,0%
Cobre Total**	1	54	1,9%
Oxigênio Dissolvido	2	123	1,6%
Turbidez	2	123	1,6%
Cádmio Total	1	62	1,6%
Chumbo Total	1	78	1,3%
Demanda Bioquímica de Oxigênio	1	123	0,8%
Alumínio Dissolvido	0	0	0,0%
Arsênio Total	0	62	0,0%
Bário Total	0	62	0,0%
Boro Total	0	6	0,0%
Cianeto Livre	0	62	0,0%
Cloreto Total	0	123	0,0%
Clorofila a	0	9	0,0%
Cromo Total	0	18	0,0%
Densidade de Cianobactérias	0	3	0,0%
Manganês Total	0	64	0,0%
Mercúrio Total	0	62	0,0%
Níquel Total	0	62	0,0%
Nitrato	0	123	0,0%
Nitrito	0	77	0,0%
Nitrogênio Amoniacal Total	0	123	0,0%
pH	0	123	0,0%
Selênio Total	0	62	0,0%
Sólidos Dissolvidos Totais	0	105	0,0%
Substâncias Tensoativas	0	62	0,0%
Sulfato Total	0	62	0,0%
Sulfeto	0	62	0,0%
Zinco Total	0	62	0,0%
Alumínio Total**	0	0	0,0%
Amônia Não Ionizável**	0	87	0,0%
Cromo III**	0	44	0,0%
Cromo VI**	0	44	0,0%

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

**** Dados correspondentes ao período de 1997 a 2004, limite DN 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 2007 e os parâmetros que apresentaram as maiores violações no período de 1997 a 2007 para cada estação de amostragem, caracterizando o ESTADO da qualidade das águas.

Corpo de água: Rio Pardo
UPGRH: PA1

ESTAÇÃO	CLASSE	PRESSÃO	ESTADO	
		FATORES DE PRESSÃO	INDICADORES DE DEGRADAÇÃO EM 2007	INDICADORES COM MAIOR Nº DE VIOLAÇÕES NO PERÍODO DE 1997 A 2007
PD001	2	Carga difusa Perenidade de corpo de água	*	Fenóis totais, ferro dissolvido, fósforo total, óleos e graxas, cobre dissolvido, coliformes termotolerantes, coliformes totais, oxigênio dissolvido, cobre total, chumbo total e demanda bioquímica de oxigênio.
PD003	2	Carga difusa	Coliformes termotolerantes, óleos e graxas e cor verdadeira.	Óleos e graxas, cor verdadeira, fósforo total, fenóis totais, ferro dissolvido, coliformes termotolerantes, cádmio total, turbidez e coliformes totais.
PD005	2	Carga difusa Atividade minerária Rodovia	Ferro dissolvido, cor verdadeira e coliformes termotolerantes.	Ferro dissolvido, cor verdadeira, fósforo total, coliformes termotolerantes, óleos e graxas, fenóis totais e

*Não houve indicadores de degradação em 2007.

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 2007 foram fósforo total, coliformes termotolerantes e coliformes totais com, respectivamente, 57,9%, 51,5% e 46,7% de ocorrências acima dos limites legais.

Na bacia do rio Pardo, em 2007, os óleos e graxas, os coliformes termotolerantes apresentaram, respectivamente, 16,7% e 28,6% de violações em relação ao limite legal. A estação localizada no rio Pardo a montante da cidade de Montezuma (PD001) não apresentou violação dos parâmetros associados ao lançamento de efluentes domésticos. 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 coliformes termotolerantes e 50% para óleos e graxas. A estação localizada no rio Pardo na cidade de Cândido Sales (PD005) apresentou 33% de violação para o parâmetro coliformes termotolerantes. Esses resultados refletem o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento pelos municípios de Montezuma, Rio Pardo de Minas e Cândido Sales.

12.2. Contaminação por atividades industriais e minerárias

No Estado de Minas Gerais foram verificadas no período de 1997 a 2007 algumas ocorrências de metais tóxicos em desconformidade com os limites estabelecidos na legislação, quais sejam: cobre dissolvido, mercúrio total, arsênio total, cádmio total, zinco total, bário total, cromo total e chumbo total, bem como outras substâncias tóxicas como fenóis totais e íons cianeto livres.

Na Bacia do rio Pardo, os valores de ferro dissolvido obtidos na estação localizada no rio Pardo na cidade de Cândido Sales (PD005), ultrapassaram o limite legal em duas das quarto campanhas do ano de 2007. As atividades industriais e minerárias distribuídas por toda a bacia do rio Pardo são fontes significativas de contaminação contribuindo para alterações de ferro dissolvido.

12.3. Contaminação por mau uso do solo

Entre 1997 e 2007, foram verificadas em Minas Gerais várias ocorrências de alumínio dissolvido, 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, em 2007, foram identificadas ocorrências de cor verdadeira e ferro dissolvido com valores acima do limite legal. A estação localizada no rio Pardo a montante da cidade de Montezuma (PD001) não apresentou nenhuma ocorrência acima do limite legal, em relação aos parâmetros associados ao mau uso do solo. Verificou-se desconformidade na primeira campanha para cor verdadeira 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, respectivamente, 33% e 50% de violação do limite legal para os parâmetros cor

verdadeira e ferro dissolvido. Esses resultados indicam o mau uso dos solos com a disponibilização de partículas para o corpo de água.

Dessa maneira, recomenda-se a participação do CBH, 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; e disponibilização de mudas para o plantio nas margens do rio Pardo, recuperando as matas ciliares ao longo desse corpo de água.

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, 20ª 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. 3ª 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 das águas aplicados a águas correntes. Trad. J. H. Saar, Florianópolis: FATMA/GTZ.

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

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

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

FIGUEIREDO, V.L.S.; MAZZINI, A.L.A. Enquadramento das águas da bacia hidrográfica do rio das Velhas. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 1997. 60p.

FLORENCIO, E. Enquadramento das águas da bacia hidrográfica do rio Paraibuna. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 1997. 50p

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. Diagnóstico ambiental do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1983. v. 4 (Série de Publicações Técnicas, 10).

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. Processos de licenciamento e fiscalização (Sistema FEAM). Belo Horizonte, 1989 a 2000.

_____. Licenciamento ambiental: coletânea de legislação. Belo Horizonte: FEAM, 1998. 380p. v. 5.(Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios)

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Qualidade das águas superficiais do Estado de Minas Gerais em 1998. Belo Horizonte: FEAM, 1999. 87p.

_____. Qualidade das águas superficiais do Estado de Minas Gerais em 1999. Belo Horizonte: FEAM, 2000. 81p.

_____. Qualidade das águas superficiais do Estado de Minas Gerais em 2000. Belo Horizonte: FEAM, 2000. 112p.

_____. Eventos de mortandade de peixes acompanhados pela FEAM de 1996 a 2002. Belo Horizonte: FEAM, 2005.

_____. Agenda Marrom: Indicadores Ambientais 2002. Belo Horizonte: FEAM, 2002. 68p.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cartas topográficas. Rio de Janeiro: IBGE. Escalas de 1:50.000; 1:100.000 e 1:250.000.

_____. Pesquisa da pecuária municipal. Minas Gerais: IBGE, 2000.

_____. Pesquisa de informações básicas municipais. Disponível em: <www.ibge.gov.br>.

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

_____. Pesquisa industrial 2000. Volume 19, número 1, EMPRESA. Rio de Janeiro, 2000.

_____. Pesquisa industrial 2000. Volume 19, número 1, PRODUTO. Rio de Janeiro, 2000.

_____. Pesquisa nacional de saneamento básico 2000. Rio de Janeiro, 2002.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Monitoramento das águas superficiais na bacia do rio Doce em 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.

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.

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.

ANEXOS

Anexo A
Municípios com Sede na Bacia do Rio Pardo

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS
NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2007

UPGRH PA1			
	POPULAÇÃO		
MUNICÍPIO	TOTAL	URBANA	RURAL
Águas 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**

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

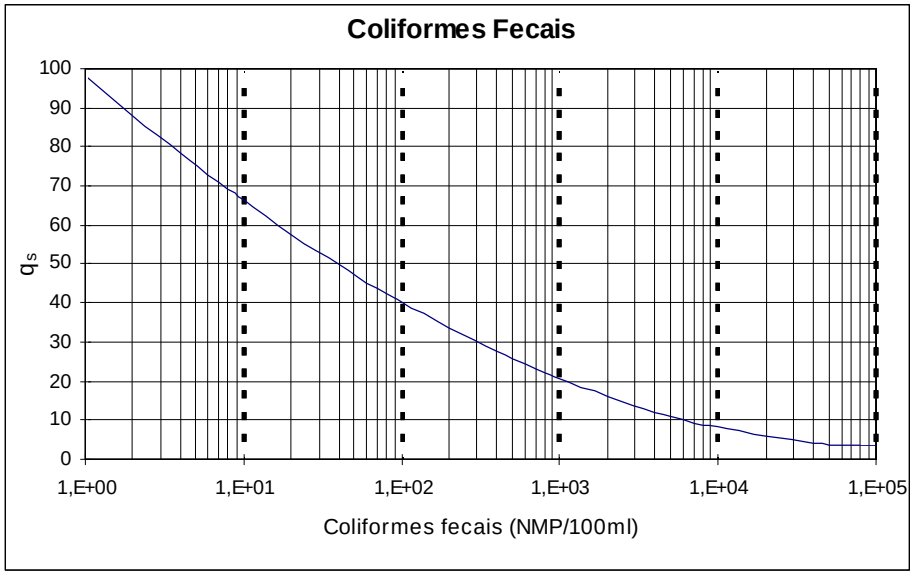
1. Coliformes Fecais

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

Para CF ≤ 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 > 105 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 ≤ 2,0 $\Rightarrow$ $q_s = 2{,}0$

Para 2,0 < pH ≤ 6,9

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

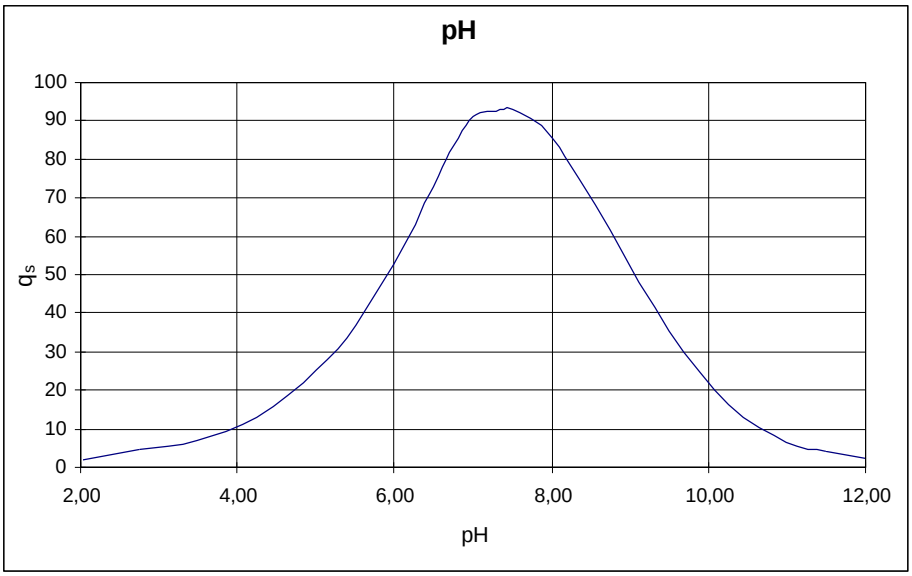
Para 6,9 < pH ≤ 7,1

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

Para 7,1 < pH ≤ 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 pH ≥ 12,0 $\Rightarrow$ $q_s = 3{,}0$



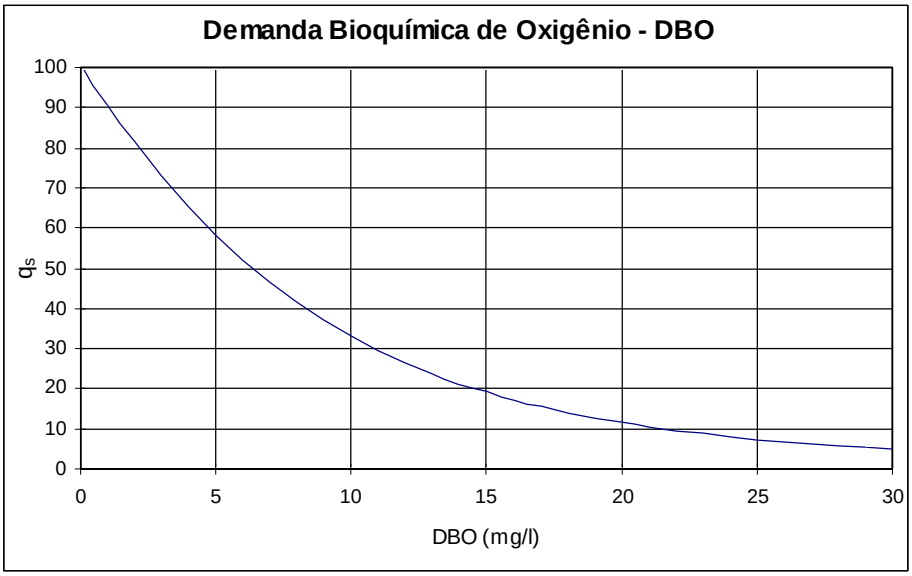
3. Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO

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

Para DBO ≤ 30 mg/l

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

Para DBO > 30,0 mg/l $\Rightarrow$ $q_s = 2{,}0$



4. Nitrato – NO_3

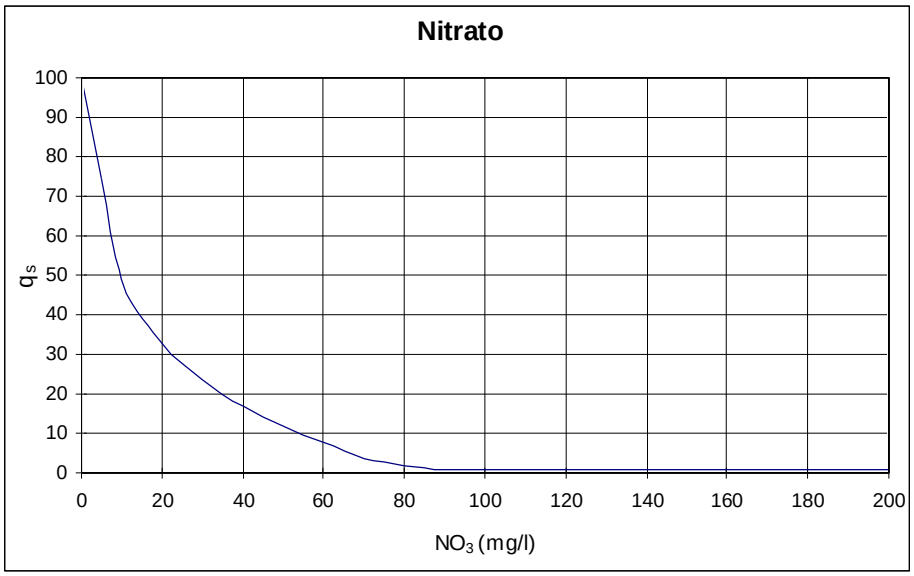
As equações para o cálculo da qualidade (qs) do parâmetro Nitrato (NO_3) são:

Para $NO_3 \leq 10$ mg/l $\Rightarrow$ $q_s = -5{,}1 \times NO_3 + 100{,}17$

Para $10 < NO_3 \leq 60$ mg/l $\Rightarrow$ $q_s = -22{,}853 \times \ln(NO_3) + 101{,}18$

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

Para $NO_3 > 90$ mg/l $\Rightarrow$ $q_s = 1{,}0$

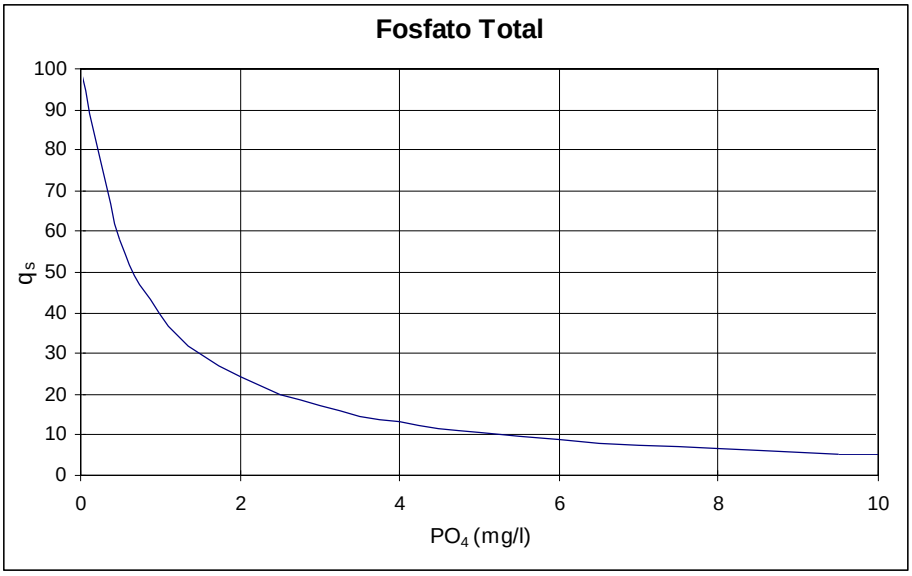


5. Fosfato Total – PO_4

As equações para o cálculo da qualidade (qs) do parâmetro Fosfato Total (PO_4) são:

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

Para $PO_4 > 10{,}0$ mg/l $\Rightarrow$ $q_s = 5{,}0$



6. Temperatura (afastamento da temperatura de equilíbrio)

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

Para $\Delta T < -5{,}0$ $\Rightarrow$ q_s *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 $0 < \Delta T \leq 0{,}625$ $\Rightarrow$ $q_s = -4{,}8 \times \Delta T + 93$

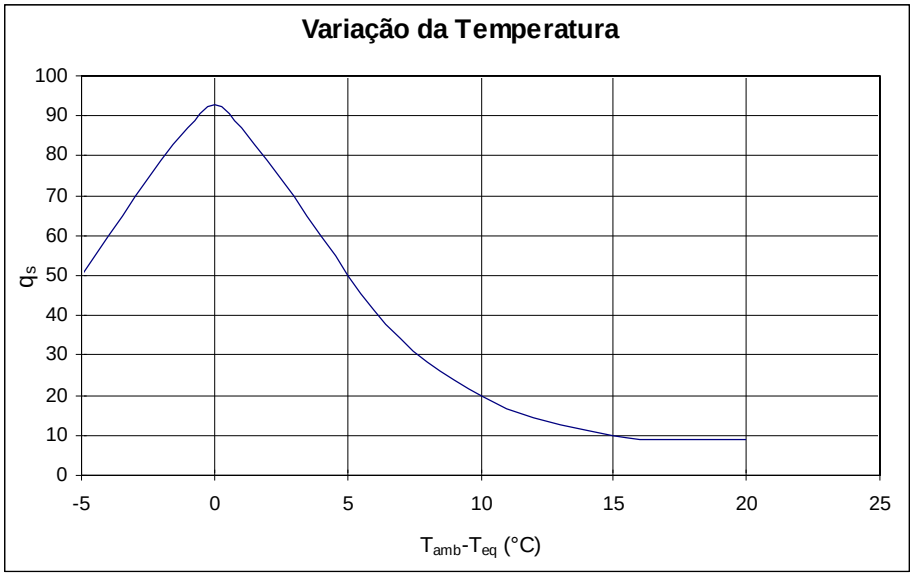
Para $0{,}625 < \Delta T \leq 2{,}5$ $\Rightarrow$ $q_s = -8 \times \Delta T + 95$

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 qs=92,00.

7. Turbidez

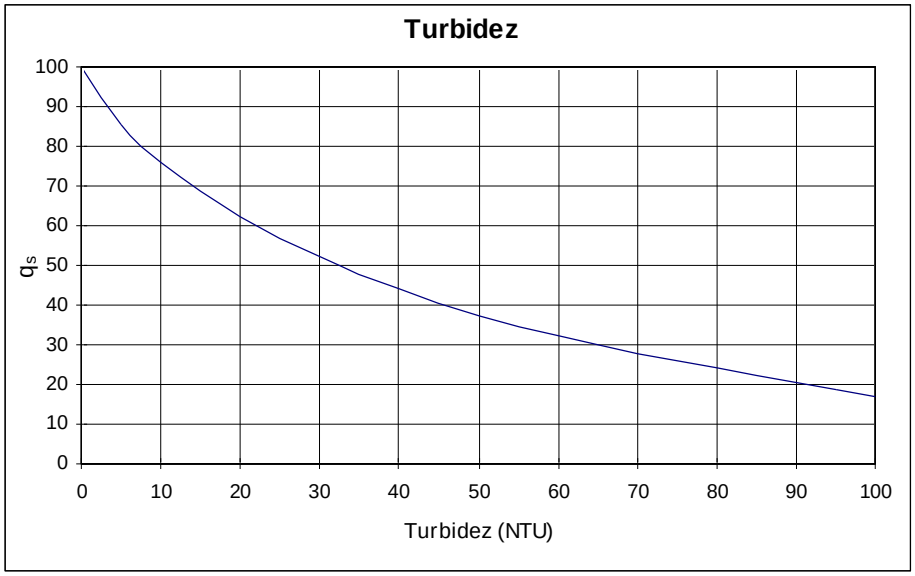
As equações para o cálculo da qualidade (qs) do parâmetro Turbidez são:

Para Tu ≤ 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 $\Rightarrow$ $\boxed{q_s = 5{,}0}$

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



8. Sólidos Totais - ST

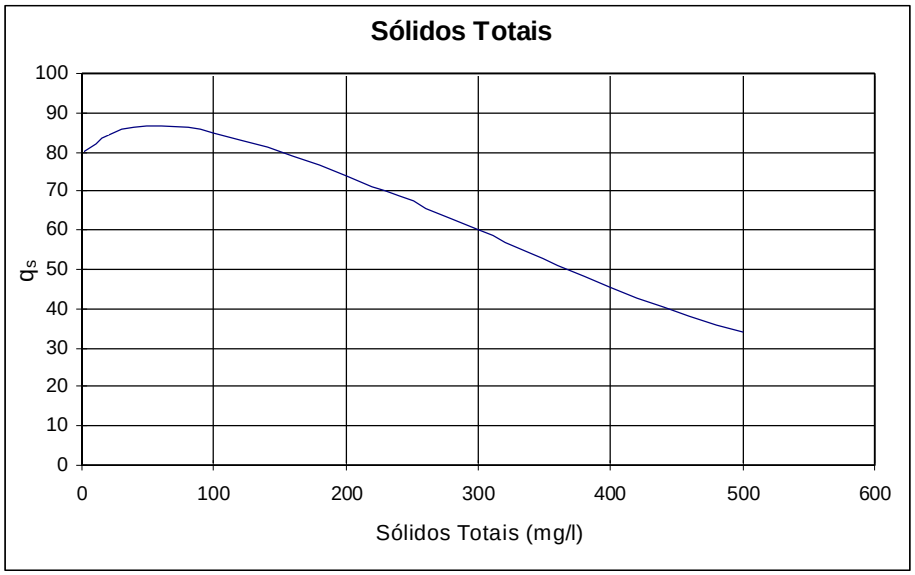
As equações para o cálculo da qualidade (qs) do parâmetro Sólidos Totais (ST) são:

Para ST ≤ 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 (qs) 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:

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

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

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

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

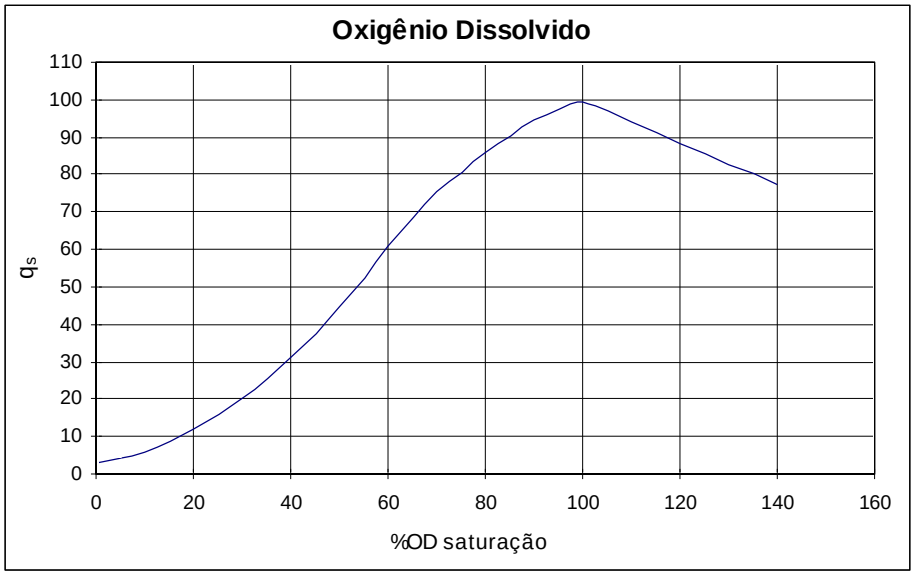
$$y_5 = \frac{(65 - OD)}{10}$$

Para 100 ≤ OD% saturação ≤ 140 %

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

Para OD% saturação > 140 % $\Rightarrow$ $q_s = 47{,}0$

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


Oxigênio Dissolvido
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
qs
0
20
40
60
80
100
120
140
160
%OD saturação

Anexo C
Classificação das Coleções de Água

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 aqüicultura 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.

Anexo D
Resultados dos Parâmetros e Indicadores de Qualidade das Águas em 2007

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
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						**02/02/07**		**27/04/07**		**27/07/07**		**19/10/07**
Hora de Amostragem						**8:30**		**8:40**		**8:35**		**8:55**
Condições do Tempo						**Chuvoso**		**Nublado**		**Bom**		**Bom**
Temperatura do Ar				° C		24		20		19		22
Temperatura da Água				° C		25		20,7		20,1		23,2
pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9			7		6		6,4		6,9
Condutividade Elétrica				µmho/cm		44		40,3		43,7		52,4
Turbidez	40	100	100	NTU		7,92		0,6		4,81		11,9
Cor Verdadeira	cor natural	75	75	UPt		54				26		
Sólidos Totais				mg / L		51		40		34		53
Sólidos Dissolvidos Totais	500	500	500	mg / L		39				33		
Sólidos Suspensos Totais				mg / L		12		8	<	1		5
Alcalinidade Total				mg / L $CaCO_3$		17,4				21		
Alcalinidade de Bicarbonato				mg / L $CaCO_3$		17,4				21		
Dureza Total				mg / L $CaCO_3$		21,100				27,900		
Dureza de Cálcio				mg / L $CaCO_3$		12				14,1		
Dureza de Magnésio				mg / L $CaCO_3$		9,1				13,7		
Cloreto Total	250	250	250	mg / L Cl		1,89		1,24		0,62		1,3
Potássio Dissolvido				mg / L K		0,77				0,83		
Sódio Dissolvido				mg / L Na		1,8				1,42		
Sulfato Total	250	250	250	mg / L SO_4		1,6			<	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	<	0,01	<	0,01	<	0,01	<	0,01
Nitrogênio Orgânico				mg / L N		0,2			<	0,1		
Nitrogênio Amoniacal Total	3,7 p/ pH < =7,5 2,0 p/ 7,5<pH<=8,0 1,0 p/ 8,0<pH<=8,5 0,5 p/ pH>8,5	3,7 p/ pH <= 7,5 2,0 p/ 7,5<pH<=8,0 1,0 p/ 8,0<pH<=8,5 0,5 p/ pH>8,5	13,3 p/ pH <= 7,5 5,6 p/ 7,5<pH<=8,0 2,2 p/ 8,0<pH<=8,5 1,0 p/ pH>8,5	mg / L N		0,2	<	0,1	<	0,1	<	0,1
Nitrato	10	10	10	mg / L N		0,02		0,03		0,1		0,02
Nitrito	1	1	1	mg / L N		0,002			<	0,001		
Amônia não Ionizável				mg / L NH_3		0,001330		0,000049		0,000118		0,000466
OD	> 6	> 5	> 4	mg / L		4,1		5,5		7		5,7
% OD Saturação				%		54,492		66,729		83,854		72,920
DBO	3	5	10	mg / L	<	2	<	2	<	2	<	2
DQO				mg / L	<	5				15		
Cianeto Livre	0,005	0,005	0,022	mg / L CN	<	0,01			<	0,01		
Fenóis Totais (substâncias que reagem com 4-aminoantiprina)	0,003	0,003	0,01	mg / L C_6H_5OH		0,002			<	0,001		
Óleos e Graxas	ausentes	ausentes	ausentes	mg / L	<	1			<	1		
Substâncias Tensoativas	0,5	0,5	0,5	mg / L LAS	<	0,05			<	0,05		
Coliformes Totais				NMP / 100 ml		500				80		
Coliformes Termotolerantes	200	1000	4000	NMP / 100 ml		230				50		
Estreptococos Fecais				NMP / 100 ml		170				80		
Clorofila *a*	10	30	60	µg / L				1,375751				2,797143
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		0,015				0,017		
Boro Dissolvido				mg / L B								
Boro Total	0,5	0,5	0,75	mg / L B	<	0,07			<	0,07		
Cádmio Total	0,001	0,001	0,01	mg / L Cd	<	0,0005			<	0,0005		
Cálcio Total				mg / L Ca		4,8				5,7		
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	<	0,004
Cobre Total				mg / L Cu								
Cromo Hexavalente				mg / L Cr								
Cromo Trivalente				mg / L Cr								
Cromo Total	0,05	0,05	0,05	mg / L Cr	<	0,040000			<	0,040000		
Ferro Dissolvido	0,3	0,3	5	mg / L Fe		0,35		0,12		0,08		0,04
Magnésio Total				mg / L Mg		2,2				3,3		
Manganês Total	0,1	0,1	0,5	mg / L Mn		0,014				0,018		
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						**68,93**				**79,00**		
CT						**BAIXA**		**BAIXA**		**BAIXA**		**BAIXA**

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
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						**02/02/07**		**27/04/07**		**27/07/07**		**19/10/07**
Hora de Amostragem						**12:10**		**11:20**		**11:15**		**11:25**
Condições do Tempo						**Chuvoso**		**Bom**		**Bom**		**Bom**
Temperatura do Ar				° C		28		26		23		28
Temperatura da Água				° C		27		24		23,2		27,3
pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9			6,9		6,2		7,2		7,2
Condutividade Elétrica				µmho/cm		30,3		22,8		22,2		27,7
Turbidez	40	100	100	NTU		69,2		0,46		4,88		1,51
Cor Verdadeira	cor natural	75	75	UPt		**195**		13		45		15
Sólidos Totais				mg / L		88		31		26		32
Sólidos Dissolvidos Totais	500	500	500	mg / L		41				26		
Sólidos Suspensos Totais				mg / L		47		1	<	1		4
Alcalinidade Total				mg / L $CaCO_3$		6				7,7		
Alcalinidade de Bicarbonato				mg / L $CaCO_3$		6				7,7		
Dureza Total				mg / L $CaCO_3$		10,800				9,200		
Dureza de Cálcio				mg / L $CaCO_3$		5,7				5,1		
Dureza de Magnésio				mg / L $CaCO_3$		5,1				4		
Cloreto Total	250	250	250	mg / L Cl		1,98		1,91		1,17		2,04
Potássio Dissolvido				mg / L K		0,99				0,72		
Sódio Dissolvido				mg / L Na		1,47				1,59		
Sulfato Total	250	250	250	mg / L SO_4		1,3			<	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	<	0,01	<	0,01	<	0,01	<	0,01
Nitrogênio Orgânico				mg / L N		0,4				0,4		
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	<	0,1
Nitrato	10	10	10	mg / L N		0,05		0,08		0,11	<	0,01
Nitrito	1	1	1	mg / L N		0,004			<	0,001		
Amônia não Ionizável				mg / L NH_3		0,001215		0,000099		0,000926		0,001232
OD	> 6	> 5	> 4	mg / L		4,9		7		8		6,7
% OD Saturação				%		67,168		90,041		101,173		92,427
DBO	3	5	10	mg / L	<	2	<	2	<	2	<	2
DQO				mg / L	<	5				16		
Cianeto Livre	0,005	0,005	0,022	mg / L CN	<	0,01			<	0,01		
Fenóis Totais (substâncias que reagem com 4-aminoantiprina)	0,003	0,003	0,01	mg / L C_6H_5OH		0,002			<	0,001		
Óleos e Graxas	ausentes	ausentes	ausentes	mg / L		**3**			<	1		
Substâncias Tensoativas	0,5	0,5	0,5	mg / L LAS	<	0,05			<	0,05		
Coliformes Totais				NMP / 100 ml		2300				80		
Coliformes Termotolerantes	200	1000	4000	NMP / 100 ml		**1300**				30		
Estreptococos Fecais				NMP / 100 ml		900				30		
Clorofila *a*	10	30	60	µg / L				2,67				6,408
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		0,034				0,013		
Boro Dissolvido				mg / L B								
Boro Total	0,5	0,5	0,75	mg / L B	<	0,07			<	0,07		
Cádmio Total	0,001	0,001	0,01	mg / L Cd	<	0,0005			<	0,0005		
Cálcio Total				mg / L Ca		2,3				2,1		
Chumbo Total	0,01	0,01	0,033	mg / L Pb	<	0,005				0,008		
Cobre Dissolvido	0,009	0,009	0,013	mg / L Cu	<	0,004			<	0,004		
Cobre Total				mg / L Cu								
Cromo Hexavalente				mg / L Cr								
Cromo Trivalente				mg / L Cr								
Cromo Total	0,05	0,05	0,05	mg / L Cr	<	0,040000			<	0,040000		
Ferro Dissolvido	0,3	0,3	5	mg / L Fe		0,27		0,09		0,18		0,11
Magnésio Total				mg / L Mg		1,2				1		
Manganês Total	0,1	0,1	0,5	mg / L Mn		0,046				0,016		0,018
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		0,03			<	0,02		
Toxicidade Crônica												
IQA						**60,92**				**84,01**		
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
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						**04/02/07**		**29/04/07**		**29/07/07**		**21/10/07**
Hora de Amostragem						**9:20**		**9:40**		**10:00**		**9:25**
Condições do Tempo						**Chuvoso**		**Bom**		**Nublado**		**Nublado**
Temperatura do Ar				° C		23		25		20		24
Temperatura da Água				° C		25		24,4		21,9		25
pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9			7,4		6,1		6,2		6,8
Condutividade Elétrica				µmho/cm		44		43,8		57,5		43
Turbidez	40	100	100	NTU		34,4		17,2		9,14		6,1
Cor Verdadeira	cor natural	75	75	UPt		**234**				79		79
Sólidos Totais				mg / L		73		73		55		54
Sólidos Dissolvidos Totais	500	500	500	mg / L		62				54		
Sólidos Suspensos Totais				mg / L		11		12	<	1		10
Alcalinidade Total				mg / L $CaCO_3$		18,3				13,6		
Alcalinidade de Bicarbonato				mg / L $CaCO_3$		18,3				13,6		
Dureza Total				mg / L $CaCO_3$		13,900				13,700		
Dureza de Cálcio				mg / L $CaCO_3$		8,9				9		
Dureza de Magnésio				mg / L $CaCO_3$		5,1				4,7		
Cloreto Total	250	250	250	mg / L Cl		3,58		4,32		5,67		3,79
Potássio Dissolvido				mg / L K		2,03				3,27		
Sódio Dissolvido				mg / L Na		2,58				5,28		
Sulfato Total	250	250	250	mg / L SO_4		2,4				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	<	0,01	<	0,01	<	0,01
Nitrogênio Orgânico				mg / L N		0,2				0,4		
Nitrogênio Amoniacal Total	3,7 p/ pH < =7,5 2,0 p/ 7,5<pH<=8,0 1,0 p/ 8,0<pH<=8,5 0,5 p/ pH>8,5	3,7 p/ pH <= 7,5 2,0 p/ 7,5<pH<=8,0 1,0 p/ 8,0<pH<=8,5 0,5 p/ pH>8,5	13,3 p/ pH <= 7,5 5,6 p/ 7,5<pH<=8,0 2,2 p/ 8,0<pH<=8,5 1,0 p/ pH>8,5	mg / L N	<	0,1	<	0,1	<	0,1		0,2
Nitrato	10	10	10	mg / L N		0,06		0,07		0,1	<	0,01
Nitrito	1	1	1	mg / L N		0,007				0,003		
Amônia não Ionizável				mg / L NH_3		0,001657		0,000081		0,000085		0,000841
OD	> 6	> 5	> 4	mg / L		5,6		7,1		7,6		7
% OD Saturação				%		72,745		91,065		92,448		90,931
DBO	3	5	10	mg / L	<	2	<	2	<	2	<	2
DQO				mg / L		14				24		
Cianeto Livre	0,005	0,005	0,022	mg / L CN	<	0,01			<	0,01		
Fenóis Totais (substâncias que reagem com 4-aminoantiprina)	0,003	0,003	0,01	mg / L C_6H_5OH		0,003	<	0,001	<	0,001	<	0,001
Óleos e Graxas	ausentes	ausentes	ausentes	mg / L	<	1			<	1		
Substâncias Tensoativas	0,5	0,5	0,5	mg / L LAS	<	0,05			<	0,05		
Coliformes Totais				NMP / 100 ml		2300		220		500		
Coliformes Termotolerantes	200	1000	4000	NMP / 100 ml		**2300**		50		500		
Estreptococos Fecais				NMP / 100 ml		500				220		
Clorofila *a*	10	30	60	µg / L				4,420333				12,549
Feofitina *a*				µg / L								
Densidade de Cianobactérias	20000	50000	100000	cel / mL						5,22		2,77
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		0,049				0,049		
Boro Dissolvido				mg / L B								
Boro Total	0,5	0,5	0,75	mg / L B	<	0,07			<	0,07		
Cádmio Total	0,001	0,001	0,01	mg / L Cd	<	0,0005			<	0,0005		
Cálcio Total				mg / L Ca		3,5				3,6		
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								
Cromo Hexavalente				mg / L Cr								
Cromo Trivalente				mg / L Cr								
Cromo Total	0,05	0,05	0,05	mg / L Cr	<	0,040000			<	0,040000		
Ferro Dissolvido	0,3	0,3	5	mg / L Fe		**0,63**		**0,68**		0,35		0,15
Magnésio Total				mg / L Mg		1,2				1,2		
Manganês Total	0,1	0,1	0,5	mg / L Mn		0,083				0,028		0,016
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						**63,31**		**76,78**		**70,93**		
CT						**BAIXA**		**BAIXA**		**BAIXA**		**BAIXA**

Legenda:

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

IQA:	**Excelente**	90 < IQA ≤ 100
	Bom	70 < IQA ≤ 90
	Médio	50 < IQA ≤ 70
	Ruim	25 < IQA ≤ 50
	Muito Ruim	0 < IQA ≤ 25
CT:	**Baixa**	Concentração ≤ 1,2 . P
	Média	1,2 .P < Concentração ≤ 2 . P
	Alta	Concentração > 2 . P

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

Vazão: Inferida por método de regionalização.