

Agência Nacional de Águas - ANA

Contrato N° 031/ANA/2008

**Elaboração do Plano de Recursos Hídricos
da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande**

Relatório de Qualidade das Águas

versão Preliminar

Maio / 2009

Versão Preliminar

APRESENTAÇÃO

Porto Alegre, 18 de Maio de 2009.

Ilmo. Sr. João Gilberto Lotufo
Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos
Agência Nacional de Águas – ANA
Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3, Bloco “M” – Brasília/DF.

Ref.: Elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.

Ass.: Apresentação do Relatório de Qualidade das Águas e dos Sedimentos do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.

Prezado Senhor,

A ECOPLAN Engenharia Ltda., detentora do Contrato N° 031/ANA/2008, referente à **Elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande**, por meio deste documento, apresenta o Relatório de Qualidade das Águas e dos Sedimentos do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.

O presente relatório tem por objetivo apresentar as informações sobre a qualidade das águas superficiais e sedimentos e águas subterrâneas da bacia. As figuras do capítulo final encontram-se em elaboração, mas foram mantidas suas chamadas no texto, para fins de conhecimento do conteúdo da versão final do relatório.

Aproveitamos o ensejo para manifestar votos de estima e apreço.

Atenciosamente.

Eng° Alexandre Carvalho
Gerente do Contrato
ECOPLAN ENGENHARIA LTDA.

**ELABORAÇÃO DO PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE**

RELATÓRIO DE QUALIDADE DAS ÁGUAS E DOS SEDIMENTOS

MAIO / 2009

SUMÁRIO

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	5
2. ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	8
2.1. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E DOS SEDIMENTOS.....	8
2.2. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	27
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
3.1. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E DOS SEDIMENTOS.....	38
3.2. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	104
4. SÍNTESE DAS INFORMAÇÕES DE QUALIDADE DE ÁGUAS E SEDIMENTOS	122
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	142

Versão Preliminar

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A caracterização das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Verde Grande fundamentou-se, sobretudo, nos dados da rede básica de qualidade da água do Estado de Minas Gerais operada de forma sistemática desde 1997 pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, por meio do projeto Águas de Minas.

Adicionalmente foram analisados os resultados de duas redes dirigidas, sendo uma associada ao Projeto Monitoramento das Águas Superficiais e Subterrâneas das Sub-bacias dos Rios Verde Grande, Pacuí-Riachão e Jequitaiá na Bacia do Rio São Francisco em Minas Gerais, executado por meio de convênio de cooperação técnica firmado entre a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - CODEVASF e o IGAM, no âmbito do Programa do Governo Federal de Revitalização de Bacias Hidrográficas em Situação de Vulnerabilidade Ambiental – São Francisco. A outra rede dirigida refere-se ao Projeto Estruturador da Bacia do Rio São Francisco, conduzido pelo IGAM na área de abrangência do Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros.

No monitoramento das redes dirigidas também foram avaliados os sedimentos de fundo dos cursos de água quanto às suas características químicas. O conhecimento da composição dos sedimentos tem sido cada vez mais utilizado em estudos de avaliação da qualidade de água, por retratar condições históricas da influência da ação do homem sobre os ecossistemas aquáticos, que nem sempre são detectáveis pelo uso de variáveis da água.

Com relação às águas subterrâneas, a avaliação englobou os dados da rede piloto de monitoramento das águas subterrâneas do Estado de Minas Gerais, desenvolvida no âmbito do citado convênio. Foram considerados ainda os resultados do trabalho do IGAM, Aperfeiçoamento do Estudo da Qualidade das Águas Subterrâneas nos municípios de Jaíba, Varzelândia, e Verdelândia / Bacia do Rio São Francisco. Ademais, para aperfeiçoar o diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas foi consultado o projeto de pesquisa “Processos geradores de concentração anômala de fluoreto na água subterrânea em região semi-árida: estudo de caso em aquífero cárstico-fissural do Grupo Bambuí nos municípios de Verdelândia, Varzelândia e Jaíba, Minas Gerais”. Esse estudo foi executado pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN e Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM com financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, tendo sido concluído em fevereiro de 2009.

Os ensaios laboratoriais dos trabalhos de monitoramento desenvolvidos pelo IGAM são realizados por laboratório público terceirizado, da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC, que também efetua as amostragens das águas superficiais. O IGAM é responsável pelas coletas de águas subterrâneas. Nas coletas são adotadas as técnicas de amostragem e

preservação especificadas na Norma NBR 9898, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, ou os métodos do *Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater* APHA-AWWAWPCF, última edição. As amostras em ambiente lótico são do tipo simples, de superfície, colhidas preferencialmente no perfil principal do curso de água.

Na parte baiana da bacia do rio Verde Grande não foram obtidos dados de qualidade de águas superficiais e subterrâneas e de sedimentos.

Versão Preliminar

Versão Preliminar

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E DOS SEDIMENTOS

O Quadro 2.1 especifica as bases de dados de qualidade de águas superficiais utilizadas na presente avaliação, disponibilizadas pelo IGAM, considerando-se a rede básica e duas redes dirigidas. A localização das estações de amostragem dessas redes é indicada na Figura 2.1 e as suas descrições são apresentadas nos Quadros 2.2, 2.3 e 2.4.

Quadro 2.1 – Redes de monitoramento da qualidade das águas superficiais avaliadas na parte mineira da bacia do rio Verde Grande

Rede de Monitoramento	Período de Dados	Nº de Estações	Frequência / Nº de Campanhas
Rede básica do IGAM – Projeto Águas de Minas	Outubro de 1997 a Dezembro de 2008	7	Trimestral 46 campanhas
Rede dirigida do convênio CODEVASF/IGAM	Março a Dezembro de 2005	34	Trimestral 4 campanhas
Rede dirigida do IGAM na área do projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros	Junho de 2006 a Dezembro de 2008	9	Trimestral 11 campanhas

Quadro 2.2 – Estações de amostragem da qualidade das águas superficiais Bacia do rio Verde Grande - Rede básica do projeto Águas de Minas

Código	Descrição	Enquadramento	Latitude	Longitude
VG001	Rio Verde Grande a jusante da cidade de Glaucilândia	Classe 1	8144131	639523
VG003	Rio do Vieira a jusante da cidade de Montes Claros	Classe 2	8163745	634169
VG004	Rio Verde Grande a jusante da cidade de Capitão Enéas	Classe 2	8210511	631073
VG005	Rio Verde Grande a jusante da cidade de Jaíba	Classe 2	8302800	641689
VG007	Rio Gorutuba a jusante da cidade de Janaúba e da barragem da ASSIEG	Classe 2	8258325	681035
VG009	Rio Gorutuba a montante da confluência com o rio Pacuí	Classe 2	8315169	679901

Código	Descrição	Enquadramento	Latitude	Longitude
VG011	Rio Verde Grande a jusante da confluência com o rio Gorutuba	Classe 2	8349206	661123

Fonte: IGAM, 2008

Quadro 2.3– Estações de amostragem da qualidade das águas superficiais: Bacia do rio Verde Grande - Rede dirigida do convênio CODEVASF/IGAM

Código	Descrição	Enquadramento	Latitude	Longitude
SFC240	Rio São Francisco a montante da foz do rio Verde Grande	Classe 2	8368559	614033
SFC050/VG001	Rio Verde Grande a jusante da cidade de Glaucilândia	Classe 1	8144131	639523
SFC055/VG003	Rio do Vieira a jusante da cidade de Montes Claros	Classe 2	8163745	634169
SFC060	Rio São Domingos a montante da barragem São Domingos, em Francisco Sá	Classe 2	8174663	665709
SFC065	Barragem São Domingos, corpo da barragem, em Francisco Sá	Classe 2	8176080	665442
SFC075/VG004	Rio Verde Grande a jusante da cidade de Capitão Enéas	Classe 2	8210511	631073
SFC085	Barragem Canabrava, corpo da barragem, no povoado de Canabrava, em Francisco Sá	Classe 2	8192950	670352
SFC090	Córrego Canabrava a jusante da barragem Canabrava, no povoado de Canabrava, município de Francisco Sá	Classe 2	8193931	668997
SFC100	Barragem Pedro Jú, em Francisco Sá	Classe 2	8207480	669005
SFC105	Rio Poções a jusante da barragem Pedro Jú, em Francisco Sá	Classe 2	8207942	668336

Código	Descrição	Enquadramento	Latitude	Longitude
SFC107/SFJ22	Rio Verde Grande a montante da cidade de Verdelândia	Classe 2	8259682	651497
SFC110/VG005	Rio Verde Grande a jusante da cidade de Jaíba	Classe 2	8302800	641689
SFC115	Rio Gorutuba a montante da barragem Bico da Pedra, na localidade de Barreiro da Raiz, município de Janaúba	Classe 2	8222858	686693
SFC120 *	Barragem Bico da Pedra, estação próxima à captação e ao barramento	Classe 2	8249509	686807
SFC125 *	Barragem Bico da Pedra, estação próxima à ao Clube Pedra dos Sonhos	Classe 2	8242413	692149
SFC130 *	Barragem Bico da Pedra, na entrada do braço do rio Mocó	Classe 2	8247495	692273
SFC135 *	Barragem Bico da Pedra, na entrada do braço do córrego Confisco	Classe 2	8247495	692273
SFC140 *	Barragem Bico da Pedra, na entrada do braço do rio Gorutuba	Classe 2	8239126	690679
SFC145	Rio Gorutuba, à aproximadamente 250m após o barramento do Bico da Pedra	Classe 2	8249119	685919
SFC150	Rio Gorutuba à montante da barragem da ASSIEG	Classe 2	8257345	681652
SFC155	Barragem da ASSIEG, corpo da barragem, no município de Janaúba	Classe 2	8258144	681140
SFC160/VG007	Rio Gorutuba a jusante da cidade de Janaúba e da barragem da ASSIEG, município de Janaúba	Classe 2	8258325	681035
SFC161	Lagoa Grande - Lagoa marginal ao rio Gorutuba, em sua margem esquerda, próxima ao	Classe 2	8263029	681091

Código	Descrição	Enquadramento	Latitude	Longitude
	distrito de irrigação			
SFC165	Rio Gorutuba a jusante da confluência com o rio Mosquito	Classe 2	8275592	685196
SFC185	Rio Mosquito próximo a sua foz no rio Gorutuba, em Nova Porteirinha	Classe 2	8267886	685219
SFC190/VG009	Rio Gorutuba a montante da confluência com o rio Pacuí, município de Jaíba	Classe 2	8315169	679901
SFC200	Rio Serra Branca a jusante da barragem Serra Branca	Classe 2	8265142	729365
SFC205	Rio Lajes a montante da barragem das Lajes	Classe 2	8273271	729458
SFC210	Barragem das Lajes, corpo da barragem	Classe 2	8274132	728508
SFC215	Rio Lajes a jusante da barragem das Lajes	Classe 2	8274455	728136
SFC225	Barragem Gameleira, corpo da barragem	Classe 2	8333581	704148
SFC230	Rio Gameleira a jusante da barragem Gameleira, em Gameleiras	Classe 2	8333600	703951
SFC235/VG011	Rio Verde Grande a jusante da confluência com o rio Gorutuba	Classe 2	8349206	661123
SFC245	Rio São Francisco a jusante da foz do rio Verde Grande	Classe 2	8368559	614033

Fonte: IGAM, 2008

* Amostragens em duas profundidades, na metade da zona fótica e a 1,0 m do fundo

Quadro 2.4 – Estações de amostragem da qualidade das águas superficiais: Bacia do rio Verde Grande - Rede dirigida na área do projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros

Código	Descrição	Enquadramento	Latitude	Longitude
SFJ15	Rio Caititu a montante do rio Verde Grande	Classe 2	8173021	640808
SFJ16	Rio Verde Grande a jusante do rio Caititu	Classe 2	8192987	629985
SFJ17	Rio Suçuapara a montante do rio Verde Grande	Classe 2	8218415	622619
SFJ18	Rio Verde Grande a jusante do rio Suçuapara	Classe 2	8237169	645510
SFJ19	Rio Quem Quem a montante da confluência no rio Verde Grande	Classe 2	8231197	654277
SFJ20	Rio Verde Grande a jusante do rio Quem Quem	Classe 2	8254832	648475
SFJ21	Rio Arapoim a montante do rio Verde Grande	Classe 2	8251117	604506
SFJ22/SFC107	Rio Verde Grande a jusante do rio Arapoim e a montante de Verdelândia	Classe 2	8259628	651478
SFJ23	Rio Verde Grande a montante de Jaíba	Classe 2	8292296	643845

Fonte: IGAM, 2008

Relativamente ao enquadramento das águas, para o rio Verde Grande foi seguida a Portaria N° 715, de 20 de setembro de 1989, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, que enquadra os cursos de água federais da bacia do rio São Francisco, conforme adotado nos relatórios do IGAM. Ressalte-se que o Estudo Técnico de Apoio ao Plano Decenal da Bacia do Rio São Francisco – N° 05, de abril de 2004, considera a calha do rio Verde Grande, em toda a sua extensão, como classe 2. Os demais cursos de água monitorados são de domínio do Estado e não possuem enquadramento específico, sendo considerados classe 2, de acordo com o artigo 37 da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N° 1, de 5 de maio de 2008.

Na presente avaliação da qualidade das águas os resultados disponíveis serão discutidos sob o enfoque físico, químico e biológico por projeto, tanto para águas superficiais quanto para águas subterrâneas, conforme metodologia descrita na seqüência. Os sedimentos também serão abordados no âmbito dos respectivos projetos.

No que se refere ao Projeto Águas de Minas, o IGAM estabeleceu como meta da rede básica a razão de 1 estação de monitoramento por 1.000 km², densidade adotada pelos países membros da União Européia para gestão da qualidade da água. Na bacia do rio Verde Grande a densidade é igual a 0,26 estação/1.000 km², significativamente menor que a meta definida, sendo também inferior ao valor médio do Estado, de 0,45 estação/1.000 km², considerando o total de 260 estações distribuídas por todo território mineiro em 2007.

Nesse sentido, as redes dirigidas implantadas objetivaram ampliar a cobertura do monitoramento na área, fornecendo subsídios para avaliar a pertinência do estabelecimento de pontos adicionais de amostragem na rede básica de forma a aprimorar o conhecimento da qualidade da água e dos efeitos no meio hídrico das fontes de poluição difusa, em especial o impacto decorrente do uso de fertilizantes e agrotóxicos nas atividades agrícolas. No atual formato, a rede básica fornece uma visão global da condição da qualidade da água da bacia, subsidiando principalmente o planejamento e a execução de ações de gestão e a divulgação de informações para os usuários.

A rede básica operada trimestralmente a partir de outubro de 1997 na bacia do rio Verde Grande inclui 7 estações de amostragem, 4 no rio Verde Grande e 3 em afluentes, nos rios do Vieira e Gortuba. Embora o conjunto de dados avaliados englobe 46 campanhas de monitoramento, devido às severas condições de estiagem no nordeste do Estado, sistematicamente em algumas estações, no segundo semestre do ano, não é possível efetuar as coletas por insuficiência de água na calha dos rios. Deste modo, há várias lacunas de valores na série histórica, especialmente no rio Gortuba a montante da confluência com o rio Pacuí (VG009), com 30 campanhas, e rio Verde Grande a jusante da confluência com o rio Gortuba (VG011), com 32 campanhas.

Nas amostragens do primeiro e terceiro trimestres de cada ano, representativas do período de chuva e de estiagem, respectivamente, é realizada uma caracterização completa em todas as estações, incluindo ensaios de cinquenta e quatro parâmetros físicos, químicos e biológicos (Quadro 2.5).

Quadro 2.5 – Parâmetros analisados nas águas superficiais nas campanhas completas - Projeto Águas de Minas

Parâmetros analisados nas campanhas completas		
1. Alcalinidade bicarbonato	20. Cromo III	38. Nitrogênio orgânico
2. Alcalinidade total	21. Cromo VI	39. Óleos e Graxas
3. Alumínio total	22. Cromo total	40. Oxigênio dissolvido - OD
4. Alumínio dissolvido	23. Demanda bioquímica de oxigênio - DBO	41. pH <i>in loco</i>
5. Arsênio total	24. Demanda química de oxigênio - DQO	42. Potássio dissolvido
6. Bário total	25. Dureza de cálcio	43. Selênio total
7. Boro total	26. Dureza de magnésio	44. Sódio dissolvido
8. Cádmio total	27. Estreptococos fecais	45. Sólidos dissolvidos totais - SDT
9. Cálcio	28. Ferro dissolvido	46. Sólidos em suspensão totais - SST
10. Chumbo total	29. Fósforo total	47. Sólidos totais
11. Cianeto livre	30. Fenóis totais	48. Substâncias tensoativas
12. Clorofila <i>a</i>	31. Magnésio	49. Sulfato total
13. Cloreto total	32. Manganês total	50. Sulfeto (H ₂ S não dissociado)
14. Cobre dissolvido	33. Mercúrio total	51. Temperatura da água
15. Cobre total	34. Níquel total	52. Temperatura do ar
16. Coliformes termotolerantes	35. Nitrato	53. Turbidez
17. Coliformes totais	36. Nitrito	54. Zinco total
18. Condutividade elétrica <i>in loco</i>	37. Nitrogênio amoniacal total	
19. Cor verdadeira		

Fonte: IGAM, 2008

No segundo e quarto trimestres, as campanhas são intituladas intermediárias, e compreendem um grupo de 19 parâmetros comuns a todos os pontos, quais sejam: cloreto total, clorofila *a*, coliformes termotolerantes, condutividade elétrica *in loco*, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química

de oxigênio, fósforo total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal total, nitrogênio orgânico, oxigênio dissolvido, pH *in loco*, sólidos dissolvidos totais, sólidos em suspensão totais, sólidos totais, temperatura da água, temperatura do ar e turbidez. Adicionalmente são realizados ensaios específicos por estação, relacionados aos impactos provenientes da sua área montante subjacente, com reflexos na qualidade das águas (Quadro 2.6).

Quadro 2.6 – Parâmetros específicos analisados nas águas superficiais nas campanhas intermediárias – Projeto Águas de Minas

Código	Parâmetros específicos
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

Fonte: IGAM, 2008

No terceiro trimestre de 2003 foi inserido o teste de ecotoxicidade crônica com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia* no rio Verde Grande (VG011) e em 2007, no terceiro trimestre no rio do Vieira (VG003) e no quarto trimestre no rio Gorutuba (VG007 e VG009). A partir da quarta campanha de 2006 foi introduzida a variável clorofila *a* e em 2007 foi iniciada a determinação de densidade de cianobactérias nas estações VG007, VG009 e VG011 e em 2008 nas estações VG003 e VG005.

Os métodos analíticos empregados constam do Quadro 2.7.

Quadro 2.7 – Métodos analíticos – Projeto Águas de Minas

Parâmetro	Método Analítico	Ref. Normativa
Alcalinidade bicarbonato	Potenciometria	APHA 2320 B
Alcalinidade total	Potenciometria	APHA 2320 B
Alumínio dissolvido	Espectrometria de AA* - plasma	APHA 3120 B

Parâmetro	Método Analítico	Ref. Normativa
Alumínio total	Espectrometria de AA* - plasma	APHA 3120 B
Arsênio total	Espectrometria de AA*- gerador de hidretos	APHA 3114 B
Bário total	Espectrometria de AA*- plasma	APHA 3120 B
Boro total	Espectrometria de AA* - plasma	APHA 3120 B
Cádmio total	Espectrometria de AA* - forno de grafite	APHA 3113 B
Cálcio total	Titulometria	APHA 3500-Ca B
Chumbo total	Espectrometria de AA* - forno de grafite	APHA 3113 B
Cianeto	Titulometria	APHA 4500-CN D
Cloreto	Colorimetria	USGS- I -1187 78
Cobre dissolvido	Espectrometria de AA* - plasma	APHA 3120 B
Coliformes termotolerantes	Tubos múltiplos	APHA 9221 E
Coliformes totais	Tubos múltiplos	APHA 9221 B
Condutividade elétrica	Condutimetria	APHA 2510 B
Cor verdadeira	Colorimetria	APHA 2120 B
Cromo hexavalente	Colorimetria	APHA 3500-Cr D
Cromo total	Espectrometria de AA* - plasma	APHA 3120 B
Demanda bioquímica de oxigênio	Winkler/incubação	ABNT NBR 12614/1992
Demanda química de oxigênio	Titulometria	ABNT NBR 10357/1988
Densidade de cianobactérias		
Dureza de cálcio	Titulometria	APHA 3500-Ca D
Dureza de magnésio	Titulometria	APHA 3500-Mg E
Estreptococos fecais	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
Magnésio total	Titulometria	APHA 3500-Mg E

Parâmetro	Método Analítico	Ref. Normativa
Manganês total	Espectrometria de AA* - plasma	APHA 3120 B
Mercúrio total	Espectrometria de AA* - vapor frio	APHA 3112 B
Níquel total	Espectrometria de AA* - forno de grafite	APHA 3113 B
Nitrogênio amoniacal total	Colorimetria	ABNT NBR 10560/1988
Nitrato	Colorimetria	APHA 4500-NO ₃ ⁻ E
Nitrito	Colorimetria	APHA 4500-NO ₂ ⁻ B
Nitrogênio orgânico	Colorimetria	APHA 4500-Norg B
Óleos e graxas	Gravimetria	APHA 5520 B
Oxigênio dissolvido	Titulometria	ABNT NBR 10559/1988
pH	Potenciometria	APHA 5520 B
Potássio dissolvido	Espectrometria de AA* - plasma	APHA 3120 B
Selênio total	Espectrometria de AA* - gerador de hidretos	APHA 3114 B
Sódio dissolvido	Espectrometria de AA* - plasma	APHA 3120 B
Sólidos dissolvidos totais	Gravimetria	ABNT NBR 10664/1989
Sólidos em suspensão totais	Gravimetria	ABNT NBR 10664/1989
Sólidos totais	Gravimetria	ABNT NBR 10664/1989
Substâncias tensoativas	Colorimetria	ABNT NBR 10738/1989
Sulfato total	Turbidimetria	APHA 4500-SO42- E
Sulfeto	Titulometria	APHA 4500-S2- E
Temperaturas da água e ar	Termometria	APHA 2550 B
Toxicidade crônica	Ensaio com Ceriodaphnia dubia	ABNT NBR 13373
Turbidez	Turbidimetria	APHA 2130 B
Zinco total	Espectrometria de AA* - plasma	APHA 3120 B

Fonte: IGAM, 2008

*AA - absorção atômica

Além da avaliação por parâmetro, no projeto Águas de Minas é empregado o Índice de Qualidade de Água – IQA. Esse índice é amplamente utilizado no

Brasil na gestão dos recursos hídricos, tendo sido desenvolvido em 1970 pela “*National Sanitation Foundation (NSF)*” dos Estados Unidos. Incorpora os seguintes nove parâmetros: oxigênio dissolvido, coliformes fecais/termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrogênio total, temperatura, turbidez e sólidos totais.

O método utilizado em Minas Gerais considera a variável nitrato total, em substituição a nitrogênio total, por ser a forma assimilável pelos microorganismos e prontamente disponível para utilização. O IQA varia de 0 a 100 e quanto menor seu valor, pior a qualidade da água relacionada à degradação por despejos orgânicos, sólidos e nutrientes. As faixas adotadas pelo IGAM são as seguintes:

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

Complementarmente, o IGAM utiliza, para estimar a presença de componentes prejudiciais, a Contaminação por Tóxicos – CT, que avalia as concentrações de treze variáveis, incluindo arsênio, bário, cádmio, chumbo, cromo, mercúrio e zinco, na forma total, além de cobre dissolvido, cianeto livre, fenóis totais, nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal total. Entre 1997 e a primeira campanha de 2005 foram consideradas as variáveis cobre total, cromo hexavalente e cianetos, seguindo as normas legais vigentes no período.

A CT é qualificada como Baixa, Média ou Alta. A denominação Baixa refere-se à ocorrência de concentração superior ao padrão de qualidade da classe de enquadramento das águas no ponto de coleta em até 20%, a Média refere-se à concentração entre 20% e 100% acima do padrão e a Alta superior a 100%. A faixa de contaminação é definida a partir da pior situação identificada para qualquer dos componentes prejudiciais considerados.

Para efetivar a presente avaliação da qualidade das águas, os dados do período de outubro de 1997 a dezembro de 2008 foram organizados, tratados e apresentados em gráficos, quadros e mapas. Reforça-se que em função das mudanças ocorridas em 2005 na legislação pertinente à qualidade de água, seja na listagem de variáveis ou nas condições e valores máximos, foram adotados para toda a série histórica de resultados os limites das normas vigentes, de forma a homogeneizar a análise. Com relação ao parâmetro cianeto livre, incluído nas normas legais vigentes em substituição ao cianeto total, embora os resultados reportados pelo CETEC ainda sejam de cianeto total, esses foram comparados com o padrão de cianeto livre, duas vezes mais restritivo.

Na comparação dos resultados analíticos com os padrões de qualidade da classe de enquadramento das águas foram empregados para os corpos hídricos estaduais os limites definidos na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N° 1, de 5 de maio de 2008, enquanto que para o rio Verde Grande, federal, adotou-se a Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005. Porém, para os pontos de monitoramento localizados no rio Verde Grande, também foi considerado o limite legal da legislação estadual para o parâmetro sólidos em suspensão totais, não contemplado na legislação federal.

Quanto ao IQA e CT, considerou-se a distribuição dos valores por estação de amostragem para o conjunto de dados, e separadamente para o período de chuva e de estiagem. Salienta-se que, a partir da publicação da Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005, os limites das variáveis nitrogênio amoniacal total e fenóis totais foram flexibilizados, enquanto os padrões de qualidade de arsênio total, bário total e chumbo total ficaram mais restritos. Assim, de forma a padronizar a metodologia, os cálculos de CT foram refeitos considerando-se os limites legais atuais, para todo o período avaliado, e incorporando o metal cromo na forma total, uma vez que os resultados desse parâmetro estavam disponíveis na base de dados. Deste modo, os valores de CT apresentados neste trabalho podem mostrar divergências com aqueles indicados nos relatórios publicados pelo IGAM.

Os resultados analíticos foram confrontados com os padrões de qualidade da classe de enquadramento, e para as variáveis com registros não conformes foram computados os percentuais de não atendimento relativos aos anos de 1997 a 2008 e preparados gráficos por ponto de amostragem.

Os principais indicadores da degradação dos recursos hídricos da bacia do rio Verde Grande, acrescidos do pH e da condutividade elétrica por serem variáveis básicas em estudos de qualidade de água, foram apreciados por meio dos registros médios dos períodos de chuva e estiagem para todas as estações e ilustrados graficamente. Enriquecendo a análise desses parâmetros, de modo a detalhar a variabilidade do conjunto de determinações, foram elaborados gráficos *Box Plot* incluindo, por ponto de coleta, a mediana, os valores máximo e mínimo e os quartis inferior (percentil 25%) e superior (percentil 75%).

A rede dirigida de águas superficiais implantada no âmbito do convênio CODEVASF/IGAM englobou 34 estações de monitoramento (Quadro 2.3), incluindo as 7 estações do projeto Águas de Minas além de 15 outras em cursos de água e 12 em ambientes represados (lênticos), perfazendo 7 barragens e 1 lagoa marginal. Nesses ambientes as coletas foram realizadas na metade da zona fótica e nas 5 estações localizadas na barragem Bico da Pedra foram também coletadas a 1,0 m do fundo. A frequência de operação foi trimestral, totalizando quatro campanhas, sendo que para algumas variáveis a determinação foi semestral.

Tendo em vista que o estabelecimento dessa rede objetivou aperfeiçoar a avaliação da qualidade ambiental na bacia, a densidade de pontos suplantou a meta da rede básica, igualando-se a 1,2 estações/1000 km² e a relação de

variáveis foi diversificada comparativamente ao projeto Águas de Minas. Foram avaliados os seguintes parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos: alcalinidade total, bário total, cálcio total, cádmio total, cloreto total, chumbo total, cobre total, condutividade elétrica, coliformes termotolerantes, DBO, DQO, dureza total, estreptococos fecais, ferro dissolvido, ferro total, fósforo total, fenóis totais, magnésio total, manganês total, mercúrio total, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, oxigênio dissolvido, pH, potássio total, sódio total, sólidos em suspensão totais, sólidos dissolvidos totais, sulfato total, temperatura da água e do ar e turbidez. Quanto aos parâmetros biológicos, além de clorofila *a* e toxicidade crônica, novos parâmetros foram incorporados incluindo feofitina *a*, fitoplâncton, zooplâncton e zoobênton. Também houve incremento dos seguintes agrotóxicos: Molinato, Trifluralina, Atrazina, Simazina, Hexaclorobenzeno, Lindano, Heptacloro epóxido + Heptacloro, Aldrin + Dieldrin, Clordano (cis + trans), Endossulfan (alfa + beta + sulfato), Endrin, DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD), Metoxicloro. Para os ensaios de agrotóxicos foi utilizado o método analítico cromatografia a gás, referência APHA 2320 B. Nos ambientes lênticos também foi determinado o perfil térmico e a transparência das águas.

Em dez estações (SFC055/VG003, SFC110/VG005, SFC115, SFC155, SFC165, SFC185, SFC190/VG009, SFC235/VG011, SFC240 e SFC245) foram caracterizados os sedimentos de fundo dos corpos de água, colhidos do substrato da calha fluvial por meio de uma concha com diâmetro de 145 mm, nas campanhas de junho e setembro de 2005, exceto as estações SFC185 e SFC190/VG009 amostradas somente em junho, uma vez que em setembro as coletas foram prejudicadas devido à presença de macrófitas e escassez de água, respectivamente. Foram quantificados os níveis dos metais alumínio, bário, cálcio, cromo, cobre, ferro, potássio, lítio, manganês, magnésio, sódio, estrôncio, níquel, chumbo, titânio, vanádio, tungstênio, zinco, zircônio e mercúrio, além de arsênio e boro.

Os resultados dos ensaios químicos dos sedimentos foram confrontados com os critérios definidos na Resolução CONAMA N° 344, de 25 de março de 2004, que estabelece as diretrizes e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras. Conforme artigo 3º dessa Resolução, na classificação do material a ser dragado são definidos critérios de qualidade, a partir de dois níveis: nível 1, que é o limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos à biota e nível 2, que é o limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso à biota. Complementarmente foram utilizados os padrões de qualidade estabelecidos pelo *Canadian Council of Ministers of the Environment* (2002) e pelo EPA - *United States Environmental Protection Agency*.

Os resultados obtidos com a operação desta rede subsidiaram o IGAM nos cálculos do IQA e da Contaminação por Tóxicos, que nesse caso englobou apenas dez variáveis prejudiciais, uma vez que não foram analisados nesse projeto cromo total, zinco total e cianeto livre.

No presente diagnóstico os valores de IQA e CT foram avaliados quanto à distribuição de valores por ponto de coleta, separadamente para ambientes lótico e lêntico, nesse caso considerando-se apenas as amostras de superfície. Adicionalmente, foram computados em cada estação de amostragem os percentuais de não atendimento aos padrões de qualidade para o conjunto de parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos analisados.

Com relação às análises hidrobiológicas, o plâncton, composto pelo fitoplâncton (flora) e zooplâncton (fauna), foi avaliado nos ambientes lênticos (barragens e lagoa) e em alguns trechos de rios que se encontravam numa condição semi-lótica, isto é, apresentando baixa vazão na maior parte do ano hidrológico. O zoobêntos, composto pelos macroinvertebrados aquáticos, foi amostrado nos ambientes lóticos.

As comunidades descritas foram submetidas ao cálculo de índices bióticos – Riqueza de Táxons, Índice de Diversidade de Shannon (H'), BMWP/ASPT, detalhado na seqüência, e Saprobiótico – que possibilitaram as comparações com os índices utilizados para as variáveis físicas, químicas e bacteriológicas – IQA e CT. E, ainda, as densidades planctônicas foram utilizadas para estimar a condição trófica das águas lênticas, em conjunto com os resultados apurados para a clorofila *a* e feofitina.

A rede dirigida das águas superficiais na área do projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros foi implementada visando conhecer a qualidade da água utilizada para abastecimento público e irrigação e seu grau de contaminação, sobretudo associado ao impacto das atividades agrícolas e urbanas na área de abrangência do citado projeto. Na bacia do rio Verde Grande localizam-se 9 estações de amostragem, 5 no próprio rio Verde Grande e 4 no exutório dos afluentes rios Caititu, Suçupara, Quem-Quem e Arapoim, operadas com freqüência trimestral. A série de dados avaliada totaliza 11 campanhas de amostragem realizadas entre junho de 2006 e dezembro de 2008.

Os parâmetros avaliados nessas estações incluem variáveis físicas, químicas, biológicas e ecotoxicológica, quais sejam: alcalinidade total, alcalinidade de bicarbonato, agrotóxicos, cádmio total, cálcio total, cloreto total, chumbo total, coliformes termotolerantes, cobre dissolvido, condutividade elétrica, cor verdadeira, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, densidade de cianobactérias, dureza total, dureza de cálcio, dureza de magnésio, fenóis totais, ferro dissolvido, fósforo total, manganês total, nitrogênio amoniacal total, nitrato, oxigênio dissolvido, pH, sólidos dissolvidos totais, sólidos em suspensão totais, sulfato total, temperatura do ar e da água, turbidez, toxicidade crônica, fitoplâncton, zooplâncton e zoobênton. Os agrotóxicos avaliados foram 2,4,6 Triclorofenol, Molinato, Trifluralina, Simazina, Atrazina, Pentaclorofenol, Hexaclorobenzeno, Lindano, Heptacloro epóxido + Heptacloro, Aldrin + Dieldrin, Clordano (cis+ trans), Endossulfan (alfa + beta + sulfato), Endrin, DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD), Metoxicloro, Permetrina (cis + trans).

Também para esses dados, na presente avaliação, foi considerada a distribuição dos valores de IQA e CT da série histórica por estação de

amostragem e separadamente para o período de chuva e de estiagem. Os resultados analíticos físicos, químicos e bacteriológicos foram confrontados com os padrões de qualidade da classe de enquadramento e computados os percentuais de não atendimento por variável e estação de amostragem.

Os principais parâmetros que ocasionaram a degradação da qualidade das águas da bacia, acrescidos do pH e da condutividade elétrica foram apreciados quanto à variabilidade do conjunto de determinações, por meio de gráficos *Box Plot* que incluíram a mediana, os valores máximo e mínimo e os quartis inferior (percentil 25%) e superior (percentil 75%).

As variáveis hidrobiológicas, fitoplâncton e zooplâncton, foram utilizadas na avaliação ecológica da qualidade das águas superficiais, com base na consideração que a presença de poluentes pode interferir na estrutura florística e faunística, especialmente na composição e estabilidade das populações da biota aquática.

A abordagem para comunidade zoobentônica contempla as amostragens realizadas em 3 campanhas realizadas em junho e setembro de 2006 e em setembro de 2008. As coletas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos foram realizadas ao longo das margens dos corpos de água e ou na calha central. Foram utilizados 4 metodologias de coleta distintas, a saber:

- Método de “kicking”, Macan (1958), com auxílio de uma rede (puçá) segundo a norma ISO 7828 (1985), com tela de 0,3mm de poro, durante um período de três minutos de coleta.
- “Corer” manual (área de 0,0044 m²) - nas estações cujo substrato natural do leito do curso de água era lamoso e ou arenoso e não apresentava grandes profundidades.
- “Concha” com área de 0,0559 m² e com abertura de poro 1,0 mm, segundo o método de Malek (1968).
- Substrato artificial / Tijolo com rede - adaptado a partir do proposto por Wantzen, (2006).

Todas as amostras coletadas da comunidade macrozoobentônica foram acondicionadas e fixadas com formol até atingir uma concentração de cerca de 10%. No laboratório procedeu-se a triagem do material através de tamisação com peneira de 0,3 mm de malha seguida da separação dos organismos por meio de estereomicroscopia. Estes foram acondicionados em frascos de 10 e 20 mL com álcool 70°, para posterior análise quali-quantitativa. Esta análise compreendeu a determinação taxonômica dos organismos com auxílio das descrições feitas por Edmondson 1959, Nieser 1975, Perez & Roldan 1988, Dominguez et al. 1992, Lopretto & Tell 1995, Merrit; Cummins 1996, Hozenthal 1998, Heckmam 2002a;

20002b, dentre outros. A determinação sistemática foi feita para a maioria dos indivíduos ao nível taxonômico de família e gênero.

As listagens obtidas para cada ponto de amostragem a cada coleta serviram de base para a avaliação da biodiversidade neste trecho da bacia, distinguindo-se o rio Verde Grande e os seus afluentes caracterizados. Quanto aos dados quantitativos foram utilizados os números gerados nas contagens para cada grupo taxonômico, devido aos diferentes métodos de amostragem, visando assim uma uniformidade comparativa.

Para a avaliação dos resultados qualitativos da comunidade zoobentônica utilizou-se, ainda, dois índices bióticos: BMWP (*Biological Monitoring Work Party Score System*) adaptado para as bacias mineiras por Junqueira & Campos, 1998 e ASPT (*Average Score Per Taxon*) proposto por (Armitage et al.1983).

O índice biótico BMWP é atualmente um dos mais populares. Este é um índice qualitativo, que considera apenas a presença/ausência de famílias de macroinvertebrados bentônicos. A cada uma das famílias discriminadas no índice é atribuído um valor de 1 a 10, de acordo com seu grau de tolerância ou sensibilidade a poluentes orgânicos (sendo 1 o valor atribuído para os organismos mais tolerantes e 10 o valor atribuído para os organismos mais sensíveis ao impacto). A somatória dos valores obtidos corresponde ao seu nível de integridade e qualidade ambiental de cada ponto e coleta avaliada. Desta forma, este valor final pode então ser comparado com os demais pontos de coleta e estabelecer os diferentes graus de integridade.

Após o estabelecimento do BMWP foi criado o BMWP-ASPT (*Average Score Per Taxon*), que nada mais é do que o valor final obtido no cálculo do BMWP dividido pelo número de famílias presentes na amostra que possuem valores no mesmo, ou seja, corresponde à média dos valores de cada família encontrada. O ASPT foi adicionado ao BMWP com o intuito de torná-lo mais eficiente e realista (Walley & Hawkes, 1997).

No Quadro 2.8 está apresentado o resultado das pesquisas realizadas pela Fundação CETEC, para o Estado de Minas Gerais de acordo com as adaptações realizadas pela pesquisadora Marília Vilela Junqueira. Desta forma, foram estabelecidos “scores” para as famílias de macroinvertebrados bentônicos segundo o método “BMWP”, os quais foram utilizados para esta avaliação.

Quadro 2.8 – “Scores” obtidos para as famílias de macroinvertebrados das bacias hidrográficas de Minas Gerais

Famílias	Score
Gripopterygidae	10
Odontoceridae, Calamoceratidae, Xiphocentronidae, Ecnomiidae	
Psephenidae	

Famílias	Score
Palaemonidae Hydridae, Spongillidae	
Perlidae Hydrobiosidae, Glossosomatidae, Helicopsychidae Euthyplociidae, Oligoneuriidae Aeshnidae, Lestidae Hebridae	8
Philopotamidae, Leptoceridae Leptophlebiidae, Ephemeridae Libellulidae, Coenagrionidae, Calopterygidae, Protoneuridae Aeglidae Pleidae	7
Hydroptilidae, Polycentropodidae Leptohiphidae, Caenidae Gyrinidae, Limnichidae, Hydrophilidae Pyralidae, Noctuidae Hyriidae	6
Hydropsychidae Polymitarcyidae Elmidae, Dryopidae, Dysticidae, Staphylinidae, Haliplidae Gomphidae Nepidae, Gerridae, Belostomatidae, Corixidae Dugesiidae, Planariidae Simuliidae, Dixidae	5
Baetidae Chrysomelidae, Curculionidae Naucoridae, Notonectidae, Veliidae, Mesoveliidae	4

Famílias	Score
Corydalidae Thiaridae, Curbiculidae, Ancyliidae Ceratopogonidae, Tipulidae, Athericidae, Empidoidea, Dolychopodidae Hidracarina	
Gelastocoridae Physidae, Sphaeridae, Planorbidae, Lymnaeidae, Ampullariidae, Hydrobiidae Glossiphonidae, Erpobdellidae Tabanidae, Stratiomyidae, Ephidridae	3
Chironomidae, Psychodidae, Syrphidae, Sciomyzidae, Culicidae, Entomobryidae, Mucidae	2
Oligochaeta (todos)	1

No Quadro 2.9 pode-se visualizar a aplicação dos resultados do índice “BMWP/ASPT às condições de carga orgânica indicativas pela comunidade zoobentônica, conforme Coring e Küchenhoff, 1995, e descrito no Relatório do IGAM/CETEC, 2005. Adicionalmente foi realizada análise comparativa com os resultados do Índice de Qualidade das Águas – IQA que também considera o teor de matéria orgânica no ambiente aquático.

Quadro 2.9 – Valores das faixas de acordo com a indicação da carga orgânica no ambiente aquático

Faixas “BMWP/ASPT”	Teor de carga orgânica
5,8	Ausente a muito escassa
4,90 – 5,70	Escassa
4,00 – 4,80	Moderada
3,20 – 3,90	Crítica
2,50 – 3,10	Forte poluição
1,60 – 2,49	Poluição muito forte
1,00 – 1,50	Poluição excessiva

Nas análises de sedimentos para os pontos de monitoramento do projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros foram caracterizados arsênio, alumínio, cádmio, chumbo, cromo, cobre, estrôncio, ferro, manganês, mercúrio, níquel, titânio, vanádio, zinco e zircônio, e os agrotóxicos 2,4,6 Triclorofenol, Molinato, Trifluralina, Atrazina, Simazina, Pentaclorofenol, Hexaclorobenzeno, Lindano, Heptacloro epóxido + Heptacloro, Aldrin + Dieldrin, Clordano (cis + trans), Endossulfan (alfa + beta + sulfato), Endrin, DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD), Metoxicloro e Permetrina (cis + trans). Os dados referem-se ao período de setembro de 2006 a dezembro de 2008, perfazendo 10 campanhas de amostragem, exceto na estação SFJ19 coletada apenas em 2006 e nas duas primeiras campanhas de 2007, nas estações SFJ21 e SFJ23 avaliadas a partir do quarto trimestre de 2007 e na estação SFJ20 com falha em junho de 2007.

Consolidando a avaliação, a visão regionalizada da qualidade das águas da bacia do rio Verde Grande é mostrada em mapas que permitem identificar, para cada uma das sete estações de amostragem da rede básica, os intervalos médios de concentrações de variáveis físicas e químicas representativas da degradação da qualidade das águas da bacia. Com base nos valores médios, esse conjunto de variáveis foi também espacializado para a condição atual da qualidade das águas.

Ademais, foram elaborados quadros síntese da avaliação da qualidade das águas do rio Verde Grande e dos afluentes caracterizados, onde são relacionadas as interferências ou características relevantes que possam estar influenciando as características das águas, evidenciadas por meio da identificação dos indicadores não conformes com os limites legais ou com resultados considerados relevantes. Foram também correlacionados, mesmo que de forma genérica, os efeitos dos múltiplos usos do solo e das águas na alteração da qualidade dos recursos hídricos.

2.2. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A caracterização das águas subterrâneas, como mencionado anteriormente, baseou-se nos dados do Projeto Monitoramento das Águas Superficiais e Subterrâneas das Sub-bacias dos Rios Verde Grande, Pacuí-Riachão e Jequitaí na Bacia do Rio São Francisco em Minas Gerais, executado por meio de convênio firmado entre a CODEVASF e o IGAM e do Projeto de Aperfeiçoamento do Estudo da Qualidade das Águas Subterrâneas nos Municípios de Jaíba, Varzelândia, e Verdelândia / Bacia do Rio São Francisco, realizado pelo IGAM.

Nos Quadros 2.10 e 2.11 estão apresentadas informações sobre as estações de amostragem das redes de monitoramento do convênio CODEVASF/IGAM, localizados na bacia do rio Verde Grande, e do Projeto de Aperfeiçoamento, respectivamente. A localização dessas estações é indicada na Figura 2.2.

Quadro 2.10 – Estações de amostragem da qualidade das águas subterrâneas Rede piloto – Convênio CODEVASF/IGAM

Código	Município	Latitude	Longitude	Usos
3	Capitão Enéas	8219830	651091	Abastecimento público
8	Espinosa	8363098	690555	Abastecimento público
14	Francisco Sá	8207295	692207	Abastecimento público
NR4-9	Francisco Sá	8195838	645368	Consumo Humano
15	Gameleiras	8335912	699225	Abastecimento público
NR4-3	Jaíba	8299554	634370	Irrigação de banana
NR4-4	Jaíba	8298272	637494	Irrigação de banana
NR4-5	Jaíba	8304138	638692	Irrigação de banana
18	Janaúba	8298345	678300	Abastecimento público
19	Janaúba	8249539	683096	Lavagem de veículos
20	Janaúba	8253743	654342	Irrigação de banana, consumo humano
25	Juramento	8149024	644243	Abastecimento público
27	Matias Cardoso	8352066	634481	Abastecimento público
NR4-2	Matias Cardoso	8349819	661150,	Abastecimento público
NR4-1	Monte Azul	8314282	703437	Abastecimento público
30	Montes Claros	8177519	632757	Irrigação 9,6 ha
NR4-8	Montes Claros	8153050	618604	Industrial
35	Pai Pedro	8275213	707795	Abastecimento público
NR4-10	Patis	8222399	598351	Abastecimento público
37	São João da Ponte	8246944	606345	Abastecimento público
NR4-7	Serranópolis de Minas	8240376	723188	Abastecimento público

Código	Município	Latitude	Longitude	Usos
NR4-11	Varzelândia	8258245	600107	Abastecimento público
NR4-6	Verdelândia	8287780	644725	Abastecimento público

Fonte: IGAM, 2008

Quadro 2.11 – Estações de amostragem da qualidade das águas subterrâneas: Projeto de Aperfeiçoamento – IGAM

Código	Município	Latitude	Longitude	Usos
IVD30	Verdelândia	8267147	636578	Uso doméstico/ Consumo Humano e Dessedentação de animais
IVD49	Verdelândia	8285614	647723	Dessedentação de animais e Irrigação
VD12	Verdelândia	8279870	635928	Abastecimento humano/ comunitário/ público
VD17	Verdelândia	8272938	647867	Dessedentação de animais
IVD14	Verdelândia	8294480	659135	Dessedentação de animais
IVZ16	Verdelândia	8287519	637633	Irrigação
IVD34	Verdelândia	8277111	630201	Uso doméstico/ Consumo Humano e Dessedentação de animais
IVZ20	Verdelândia	8279287	623846	Uso doméstico/ Consumo Humano e Dessedentação de animais
IJ24	Jaíba	8307932	639714	Irrigação
IJ140	Jaíba	8293741	631722	Abastecimento humano/ comunitário/ público
N13	Jaíba	8298201	633565	Sem Informação
IVZ5 e 6	Varzelândia	8294883	630310	Irrigação
IVZ4	Varzelândia	8262583	602354	Uso doméstico e dessedentação de animais e Irrigação
IVZ14	Varzelândia	8271093	605499	Abastecimento humano/ comunitário/ público
IVD44	Verdelândia	8274211	642789	Uso doméstico/ Consumo Humano e

Código	Município	Latitude	Longitude	Usos
				Dessedentação de animais
IVZ13	Varzelândia	8280673	607374	Abastecimento humano/ comunitário/ público
IJ19	Jaíba	8325905	642665	Irrigação
N2	Jaíba	8315187	641085	Abastecimento humano/ comunitário/ público
N11	Jaíba	8328198	628767	Sem Informação
IJ165	Jaíba	8328444	628679	Sem Informação
CIS-02	Verdelândia	8286988	647071	Uso doméstico
CIS-03	Verdelândia	8280213	645241	Uso doméstico/ Consumo Humano e Dessedentação de animais
CIS-01	Verdelândia	8287401	644371	Uso doméstico e dessedentação de animais e Irrigação
IJN5	Verdelândia	8264918	654892	Irrigação
CIS-04	Varzelândia	8269657	619882	Uso doméstico/ Consumo Humano e Dessedentação de animais
CIS-05	Varzelândia	8273986	611195	Uso doméstico/ Consumo Humano e Dessedentação de animais
CIS-06	Varzelândia	8256813	608085	Uso doméstico
CIS-07	Verdelândia	8266865	639408	Uso doméstico/ Consumo Humano e Dessedentação de animais
VAR-027	Varzelândia	8261518	618092	Abastecimento humano/ comunitário/ público
VER-148	Verdelândia	8261749	630018	Abastecimento humano/ comunitário/ público
PJ1	Jaíba	8331372	608725	Abastecimento humano/ comunitário/ público
PJ2	Jaíba	8328286	613129	Abastecimento humano/ comunitário/ público

Código	Município	Latitude	Longitude	Usos
PJ4	Jaíba	8324560	613177	Abastecimento humano/ comunitário/ público
CIS J-01	Jaíba	8327169	617755	Sem informação
CIS J-02	Jaíba	8328127	617445	Uso doméstico/ Consumo Humano e Dessedentação de animais
CIS J-03	Jaíba	8324185	617357	Sem informação
PJ-NH2	Jaíba	8324740	615504	Abastecimento humano/ comunitário/ público
CIS-08	Varzelândia	8276900	616953	Uso doméstico
VZB-01	Varzelândia	8264904	598396	Abastecimento humano/ comunitário/ público
JAA-01	Verdelândia	8313831	635231	Uso doméstico/ Consumo Humano e Dessedentação de animais
IJ60	Jaíba	8323859	633270	Uso domestico/ Consumo Humano e Dessedentação de animais
VDS-01	Verdelândia	8288761	653840	Abastecimento humano/ comunitário/ público
VDQ-02	Verdelândia	8271476	653665	Indústria, Dessedentação e Uso Humano
LEILA-01	-	-	-	-

Fonte: IGAM, 2008

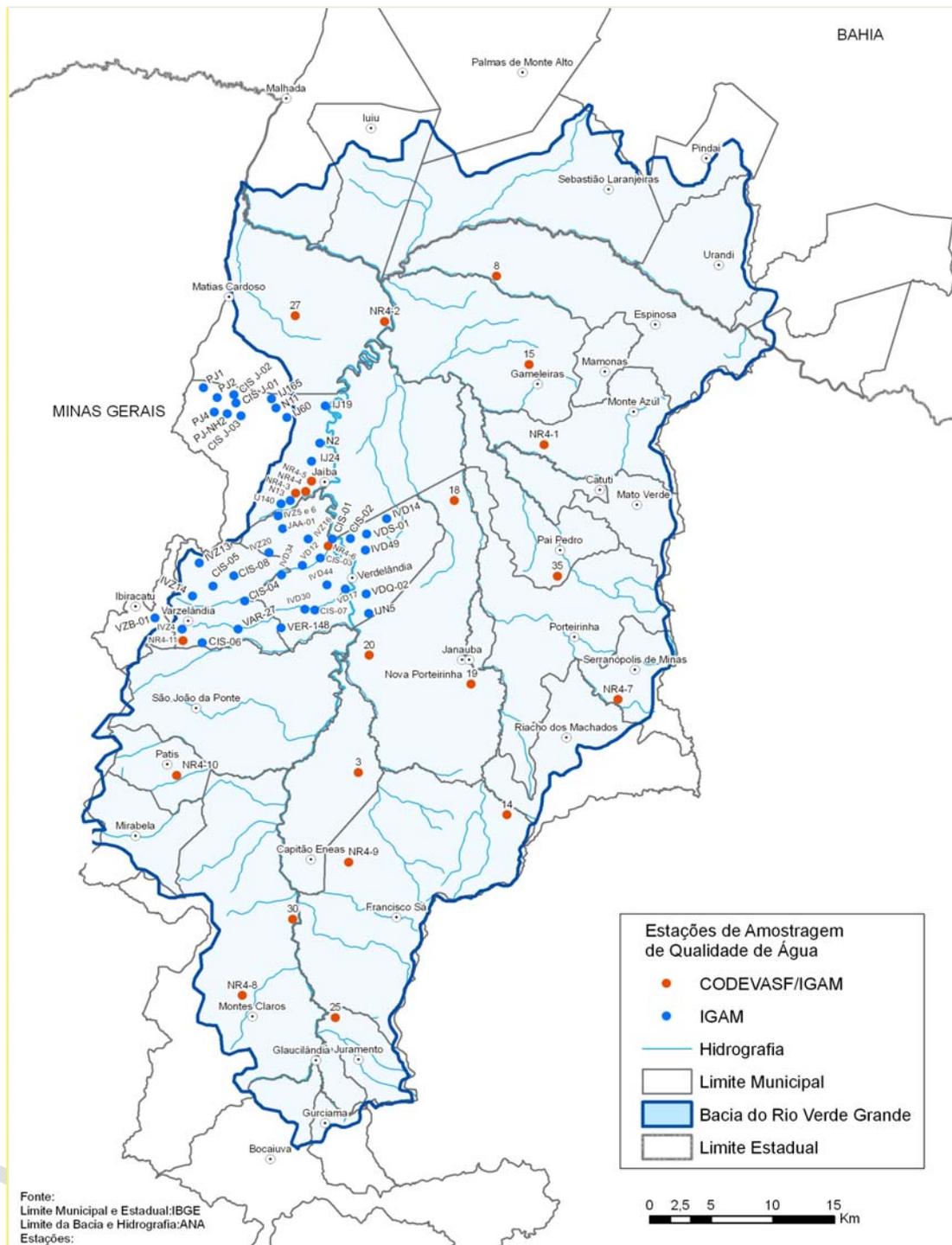


Figura 2.2 – Redes de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas avaliadas na parte mineira da bacia do rio Verde Grande

A partir de 2005 foi operada a primeira rede de monitoramento de qualidade das águas subterrâneas no Estado de Minas Gerais por meio de convênio firmado entre a CODEVASF e o IGAM, com o objetivo de conhecer a qualidade dos aquíferos na região do semi-árido mineiro e aperfeiçoar a gestão das águas ampliando os estudos para os corpos hídricos subterrâneos. A rede piloto foi estabelecida em área onde a reduzida disponibilidade hídrica superficial justifica a importância da exploração de águas subterrâneas para abastecimento humano, industrial e irrigação.

Na seleção das estações de coleta foram utilizados dados de poços tubulares outorgados pelo IGAM, além de informações da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA MG e CODEVASF, sendo observados critérios tais como a priorização de poços destinados ao abastecimento público, abrangência da área de estudo, condições de amostragem dos poços, vulnerabilidade em relação a possível contaminação do aquífero, geologia e disponibilidade de documentação.

A área do projeto correspondente à bacia do rio Verde Grande abrange 27.040 km², englobando os municípios de Capitão Enéas, Espinosa, Francisco Sá, Gameleiras, Jaíba, Janaúba, Juramento, Matias Cardoso, Monte Azul, Montes Claros, Pai Pedro, Patis, São João da Ponte, Serranópolis de Minas, Varzelândia e Verdelândia.

Dentre os 39 poços selecionados para compor a rede piloto, 23 localizam-se na bacia do rio Verde Grande. Nesses poços foram realizadas quatro campanhas de monitoramento, em abril, julho e dezembro de 2005 e março de 2006, com exceção dos poços 8, 14 e NR4-1, onde não foi realizada a campanha de março de 2006 e do poço NR4-6, amostrado apenas em março de 2005. Portanto, foram realizadas duas coletas em estações climáticas intermediárias, uma na estação chuvosa e outra na seca.

Os parâmetros analisados são apresentados no Quadro 2.12. As análises de metais na forma total foram realizadas apenas nos poços 3, 27, 37, NR4-1, NR4-11, NR4-5 e NR4-8. Os métodos analíticos são os mesmos adotados na avaliação das águas superficiais.

Quadro 2.12 – Parâmetros analisados nas águas subterrâneas: Rede piloto - Convênio CODEVASF/IGAM

Parâmetros analisados		
1. Temperatura do ar	25. Oxigênio dissolvido	53. Mercúrio dissolvido
2. Temperatura da água	26. DBO	54. Mercúrio total
3. pH <i>in loco</i>	27. DQO	55. Níquel dissolvido
4. pH Laboratório	28. Fenóis totais	56. Níquel total
5. Condutividade elétrica <i>in loco</i>	29. Coliformes termotolerantes	57. Silício dissolvido
6. Condutividade elétrica laboratório	30. Estreptococos totais	58. Vanádio dissolvido
7. Turbidez	31. Alumínio dissolvido	59. Vanádio total
8. Sólidos dissolvidos totais	32. Alumínio total	60. Zinco dissolvido
9. Alcalinidade de carbonato	33. Arsênio dissolvido	61. Zinco total
10. Alcalinidade de bicarbonato	34. Arsênio total	62. 2,4,6 Triclorofenol
11. Alcalinidade de hidróxido	35. Bário dissolvido	63. Molinato
12. Dureza total	36. Cádmio dissolvido	64. Trifluralina
13. Dureza de cálcio	37. Cádmio total	65. Atrazina
14. Dureza de magnésio	38. Cálcio dissolvido	66. Simazina
15. Cloreto	39. Chumbo dissolvido	67. Hexaclorobenzeno
16. Potássio	40. Chumbo total	68. Lindano
17. Sódio	41. Cobre dissolvido	69. Heptacloro epóxido + Heptacloro
18. Sulfato	42. Cobre total	70. Aldrin + Dieldrin
19. Fósforo total	43. Cor verdadeira	71. Clordano (cis + trans)
20. Nitrogênio orgânico	44. Cromo dissolvido	72. Endossulfan (I + II + sulfato)
21. Nitrogênio amoniacal total	45. Cromo total	73. Endrin
22. Nitrato	46. Ferro dissolvido	74. DDT (p,p'- DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)
23. Nitrito	47. Ferro total	75. Metoxicloro
24. Amônia não ionizável	48. Fluoreto	76. Permetrina
	49. H ₂ S não dissociado	
	50. Magnésio dissolvido	
	51. Manganês dissolvido	
	52. Manganês total	

Fonte: CODEVASF/IGAM, 2007

A rede de monitoramento do projeto de Aperfeiçoamento (Quadro 5.2.11) abrange 33 poços tubulares e 11 cisternas, para os quais foram disponibilizados resultados de monitoramento de 3 campanhas, setembro/outubro de 2007, abril e agosto/setembro de 2008. Cabe mencionar que o poço VER-148 e as cisternas CIS-J-01 e CIS-J-03 não foram amostrados em agosto/setembro de 2008. Já no poço VZB-01 foram realizadas duas campanhas de monitoramento em setembro de 2008 e no poço LEILA, inserido posteriormente no trabalho, foi realizada amostragem somente em setembro de 2008 e nessa campanha não foram realizados ensaios de agrotóxicos. Os parâmetros analisados estão indicados no Quadro 2.13.

Quadro 2.13 – Parâmetros analisados nas águas subterrâneas: Projeto de Aperfeiçoamento – IGAM

Parâmetros analisados		
1. Condutividade Elétrica <i>in loco</i>	21. Cromo total	44. Sulfato
2. EH	22. DBO	45. Sulfeto
3. pH <i>in loco</i>	23. DQO	46. Turbidez
4. pH laboratório	24. Fenóis	47. Zinco total
5. Sólidos dissolvidos totais	25. Ferro dissolvido	48. 2,4,6 Triclorofenol
6. Temperatura da água	26. Ferro total	49. Molinato
7. Alcalinidade de bicarbonato	27. Fluoreto	50. Trifluralina
8. Alumínio dissolvido	28. Fosfato total	51. Simazina
9. Alumínio total	29. Magnésio dissolvido	52. Atrazina
10. Arsênio total	30. Magnésio total	53. Pentaclorofenol
11. Bário total	31. Manganês dissolvido	54. Hexaclorobenzeno
12. Cádmio total	32. Manganês total	55. Lindano
13. Cálcio dissolvido	33. Mercúrio total	56. Heptacloro epóxido + Heptacloro
14. Cálcio total	34. Níquel total	57. Aldrin + Dieldrin
15. Chumbo total	35. Nitrato	58. Clordano (cis + trans)
16. Cloreto	36. Nitrito	59. Endossulfan (I + II + sulfato)
17. Cobre total	37. Nitrogênio amoniacal	60. Endrin
18. Coliformes termotolerantes	38. Nitrogênio orgânico	61. DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)
19. Coliformes totais	39. Potássio dissolvido	62. Metoxicloro
20. Cor verdadeira	40. Potássio total	63. Permetrina
	41. Silício dissolvido	
	42. Sódio dissolvido	
	43. Sódio total	

Ressalte-se que apesar de os poços PJ1, PJ2, PJ4, CIS J-01, CIS J-02, CIS J-03, PJ-NH2, IJ165, IJ60 e N11, localizados no município de Jaíba, não estarem inseridos na área de estudo, eles foram considerados neste diagnóstico devido ao fluxo das águas subterrâneas direcionar-se para a bacia hidrográfica do rio Verde Grande.

Os resultados analíticos obtidos foram comparados aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA N° 396/2008, de acordo com os usos das águas, e calculadas as percentagens de não atendimento. No caso de poços com múltiplos usos foi adotado o limite mais conservativo e, naqueles sem informação sobre seu emprego e de uso industrial, foi considerada a utilização para consumo humano, mais restritivo para a maioria dos parâmetros. Para as águas do poço 19, usadas para lavagem de veículos, foram assumidos os limites menos restritivos.

De forma a complementar o diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas, para os parâmetros pH, turbidez, amônia (como NH_3), dureza total e coliformes totais os resultados analíticos foram avaliados de acordo com os padrões de qualidade estabelecidos na Portaria N° 518/2004, do Ministério da Saúde. Porém, cabe mencionar que este diagnóstico não tem como objetivo caracterizar a qualidade das águas em relação aos padrões de potabilidade, e sim determinar a qualidade das águas subterrâneas.

Os resultados da avaliação qualitativa das águas subterrâneas na bacia do rio Verde Grande foram consolidados em mapas, um para cada rede de monitoramento, onde estão indicadas por ponto de coleta as variáveis com resultados não conformes em relação à Resolução CONAMA N° 396/2008.

Versão Preliminar

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E DOS SEDIMENTOS

➤ Projeto Águas de Minas

A distribuição percentual das faixas do IQA por estação de amostragem da rede básica operada pelo IGAM na bacia hidrográfica do rio Verde Grande de outubro de 1997 a dezembro de 2008 é apresentada na Figura 3.1.

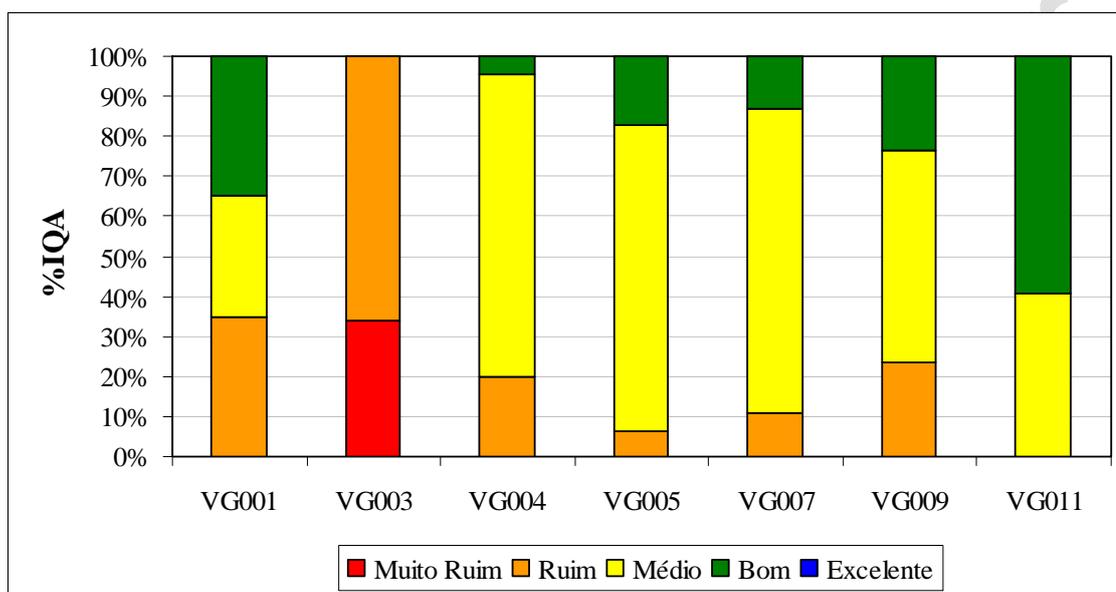


Figura 3.1 – Distribuição percentual das faixas do IQA por estação de amostragem no período de out/1997 a dez/2008 - Projeto Águas de Minas

Foi observado IQA Muito Ruim apenas no rio do Vieira (VG003), participando com 34% dos valores, e os restantes 66% na faixa Ruim, pior condição de qualidade de água dentre as estações monitoradas. No alto curso do rio Verde Grande (VG001) houve distribuição equitativa de IQA Ruim e Bom (35%) e em seu trecho final próximo ao deságüe no rio São Francisco (VG011), predominou IQA Bom (59%), sem ocorrência de IQA Ruim. Nos segmentos intermediários, VG004 e VG005, prevaleceu IQA Médio (76% para ambos os pontos), assim como nas duas estações localizados no rio Gorutuba, VG007 e VG009, representando 76% e 53%, respectivamente. Não ocorreu IQA na categoria Excelente.

A distribuição sazonal do IQA nessas estações é apresentada nas Figuras 3.2 e 3.3, integrando os dados dos períodos de chuva e estiagem, respectivamente. O quadro é predominantemente mais crítico nas chuvas na maioria das estações, notando-se expressivo aumento dos percentuais do IQA Ruim, sendo que no ponto VG011 houve acréscimo na faixa Média. Ao contrário, no rio do Vieira as chuvas promoveram a diluição das suas águas, de forma que a condição de qualidade foi mais favorável nesse período, mostrando 22% de IQA

Muito Ruim e 78% IQA Ruim, comparativamente à estiagem, com 43% de IQA Muito Ruim e 57% de IQA Ruim.

As variáveis que contribuíram para a redução do IQA na época chuvosa no rio Verde Grande foram principalmente a turbidez e coliformes termotolerantes, parâmetro que também provocou a degradação das águas do rio Gortuba, juntamente com o fósforo total na estação localizada no seu trecho inferior (VG009). No rio do Vieira, a manutenção de IQA nas faixas Muito Ruim e Ruim associou-se aos resultados de oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, DBO e fósforo total. De uma forma geral, essa situação é resultado da interferência das fontes difusas, urbanas e rurais, agravada pela deficiência de sistemas de saneamento básico, manejo inadequado do solo e degradação da vegetação natural.

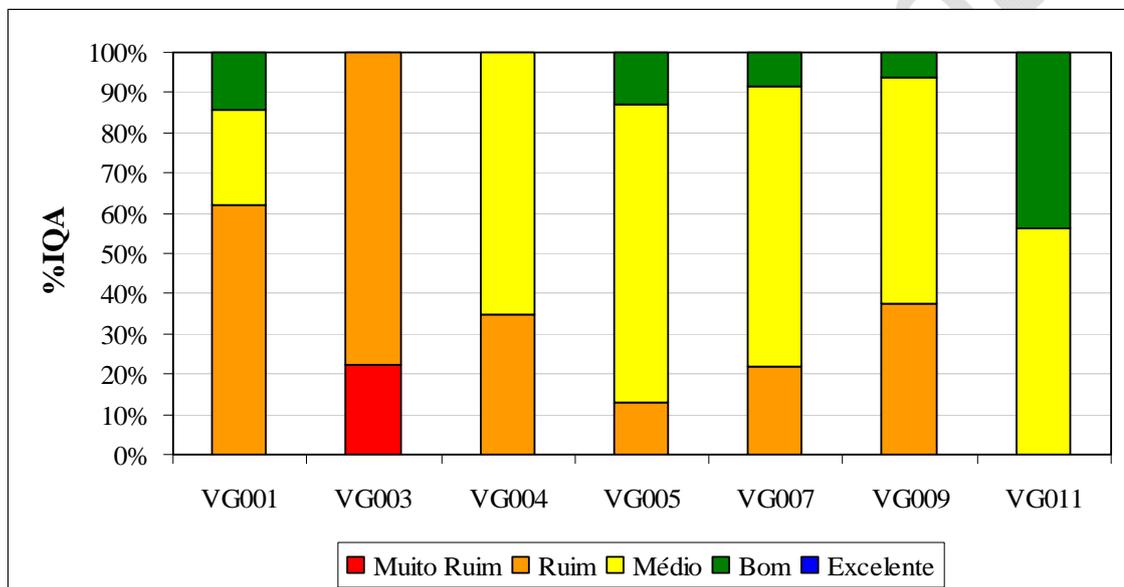


Figura 3.2 – Distribuição percentual das faixas do IQA por estação de amostragem no período de chuva de out/1997 a dez/2008 - Projeto Águas de Minas

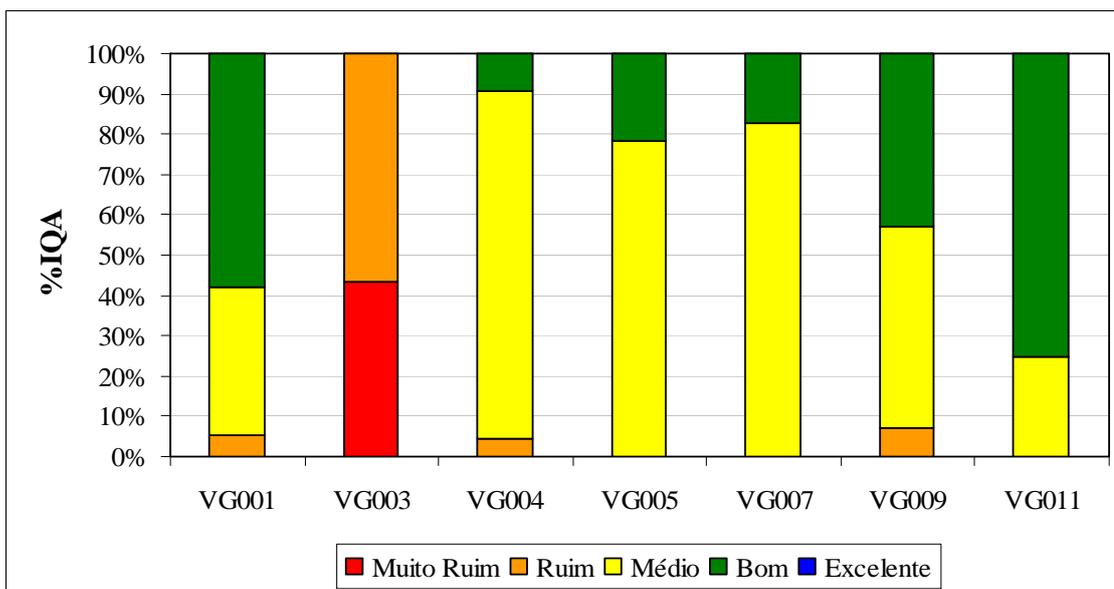


Figura 3.3 – Distribuição percentual das faixas do IQA por estação de amostragem no período de out/1997 a dez/2008 - Projeto Águas de Minas

Em relação à Contaminação por Tóxicos, a Figura 3.4 apresenta a distribuição percentual das faixas de CT por estação de amostragem entre outubro de 1997 a dezembro de 2008. Novamente, a pior condição foi registrada no rio do Vieira (VG003) com 68% de CT Alta. Nas demais estações predominou CT Baixa com percentuais superiores a 80%, embora tenham ocorrido as categorias Média e Alta.

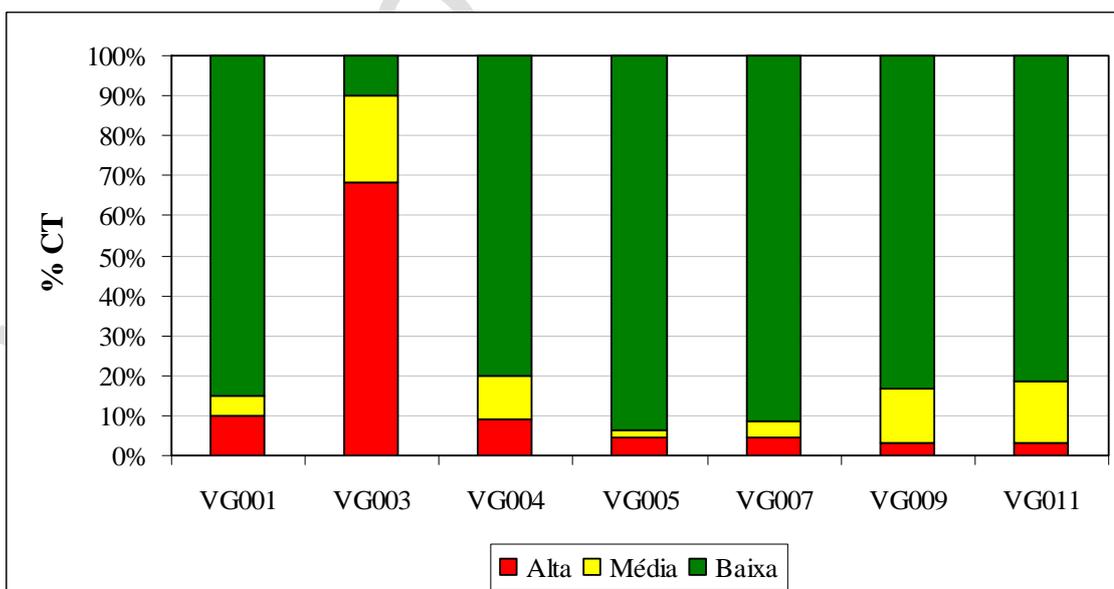


Figura 3.4 – Distribuição percentual das faixas de CT por estação de amostragem no período de out/1997 a dez/2008 - Projeto Águas de Minas

De uma maneira geral, os metais cádmio e chumbo na forma total e fenóis totais foram os principais responsáveis pela incidência de CT Alta, além de nitrogênio amoniacal total no rio do Vieira (VG003). A presença desses metais pode ser associada ao uso de agrotóxicos na agricultura e aos efluentes industriais, enquanto os fenóis e nitrogênio amoniacal total ao lançamento de esgotos sanitários sem tratamento. Além desses parâmetros, destacaram-se os teores de cianeto livre e zinco total no rio do Vieira (VG003) e de arsênio total no rio Verde Grande a jusante da cidade de Jaíba (VG005), também correlacionados às atividades industriais e agrícolas.

A agregação dos dados de CT associada à sazonalidade, por estação de amostragem, indica a predominância de pior condição no período de chuva (Figura 3.5), em comparação à época de estiagem (Figura 3.6). Excetuaram-se o rio do Vieira (VG003), cujo percentual da faixa Alta superou 80% na seca, devido ao acúmulo de esgotos sanitários lançados sem tratamento adequado na sua calha, potencializado pela escassez de água, e o rio Gorutuba (VG009) com uma ocorrência de CT Alta.

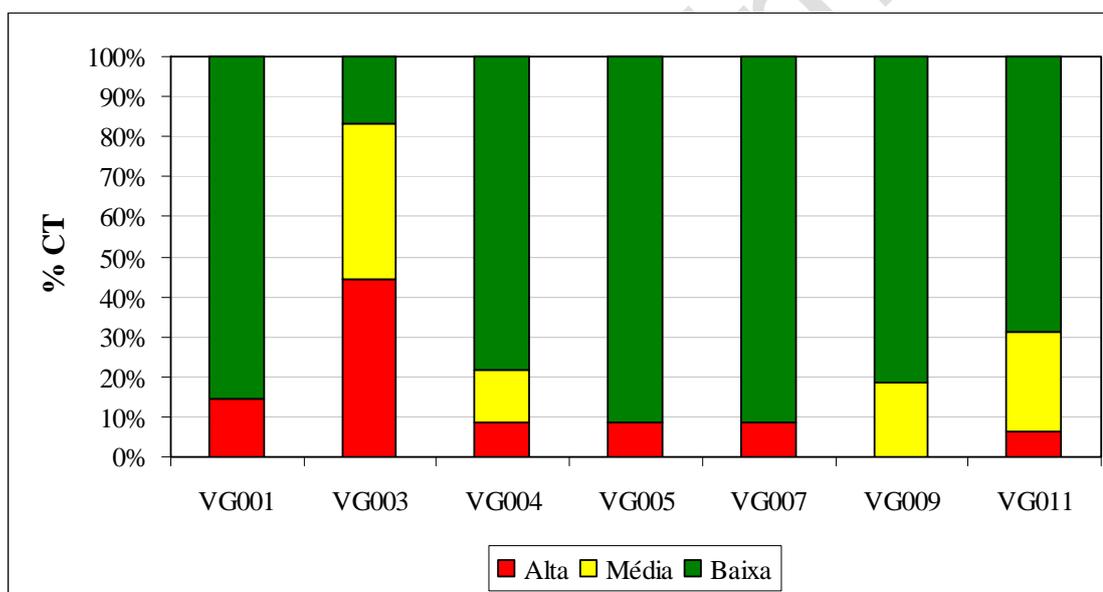


Figura 3.5 – Distribuição percentual das faixas de CT por estação de amostragem no período de chuva de out/1997 a dez/2008 - Projeto Águas de Minas

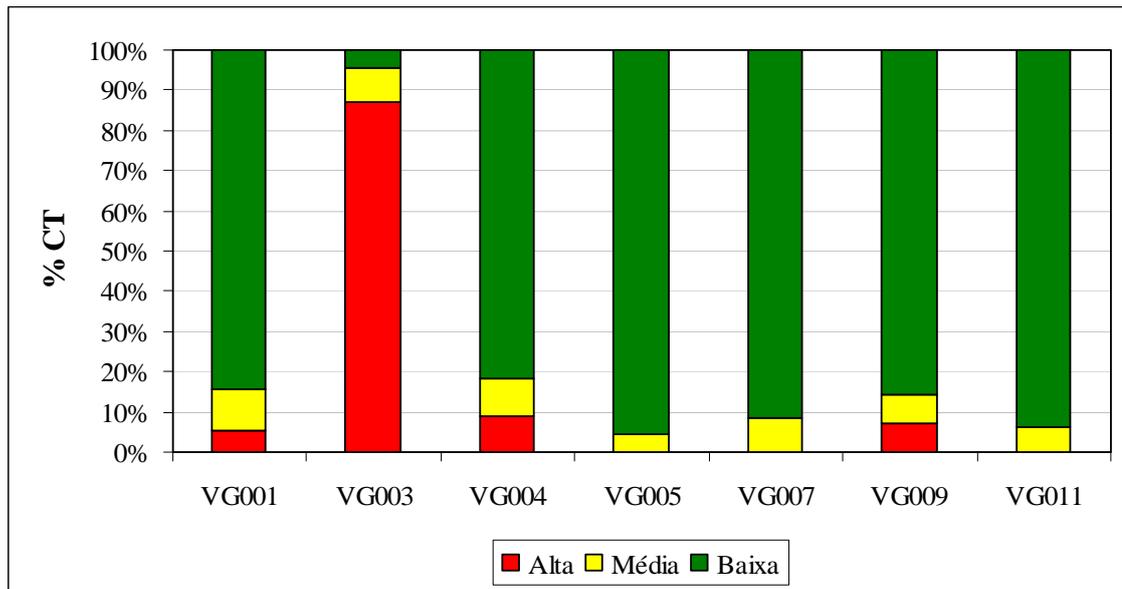


Figura 3.6 – Distribuição percentual das faixas de CT por estação de amostragem no período de estiagem de out/1997 a dez/2008 - Projeto Águas de Minas

Para avaliar as violações dos padrões de qualidade da classe de enquadramento foram preparadas figuras, por ponto de amostragem, especificando a percentagem de resultados que não atenderam à legislação para as variáveis físicas, químicas e biológicas caracterizadas, considerando a série total de informações, cobrindo o intervalo de outubro de 1997 a dezembro de 2008.

O panorama geral dessa avaliação indicou um conjunto de onze parâmetros com resultados não conformes em todas as estações de amostragem, quais sejam: coliformes termotolerantes, fósforo total, DBO, oxigênio dissolvido, turbidez, sólidos em suspensão totais, cor verdadeira, manganês total, cromo total, cádmio total e fenóis totais. Esses parâmetros, principalmente, além da detecção de teores isolados de outras variáveis tóxicas, como detalhado na seqüência, são capazes de causar efeitos deletérios aos múltiplos usos dos recursos hídricos na bacia do rio Verde Grande.

Os indicadores coliformes termotolerantes, fósforo total, DBO e oxigênio dissolvido mostraram-se superiores aos padrões de qualidade em percentuais bastante significativos, indicando que há carência de coleta e de tratamento de efluentes domésticos na bacia. As taxas elevadas constatadas para turbidez, sólidos em suspensão totais, cor verdadeira e manganês total estão inquestionavelmente relacionadas a fenômenos de carreamento do solo, quando da ocorrência de chuvas, uma vez que o citado metal é um de seus constituintes essenciais. A degradação pelas variáveis tóxicas cromo total, cádmio total e fenóis totais pode ser associada a lançamentos industriais, a despejos da atividade agropecuária, no caso de cádmio e fenóis, e ao lançamento de esgotos sanitários também no que se refere aos fenóis.

Como mostrado na Figura 3.7, o rio Verde Grande já em seu curso superior apresentou amplo leque de variáveis em desconformidade com os padrões da classe 1, indicando condições desfavoráveis do ponto de vista de qualidade. Destacaram-se, sobretudo, a interferência por lançamento de esgotos sanitários, refletida na ocorrência de coliformes termotolerantes, clorofila a, oxigênio dissolvido, fósforo total, DBO e nitrogênio amoniacal total. Foi observado, ainda, quadro adverso relacionado à sobrecarga de material sólido, reproduzido nos expressivos percentuais de violação de turbidez e sólidos em suspensão totais, assim como por teores expressivos dos metais, cromo total, chumbo total, ferro dissolvido, indicando impacto nas águas superficiais de fontes difusas, decorrente do uso e manejo inadequados do solo na agropecuária.

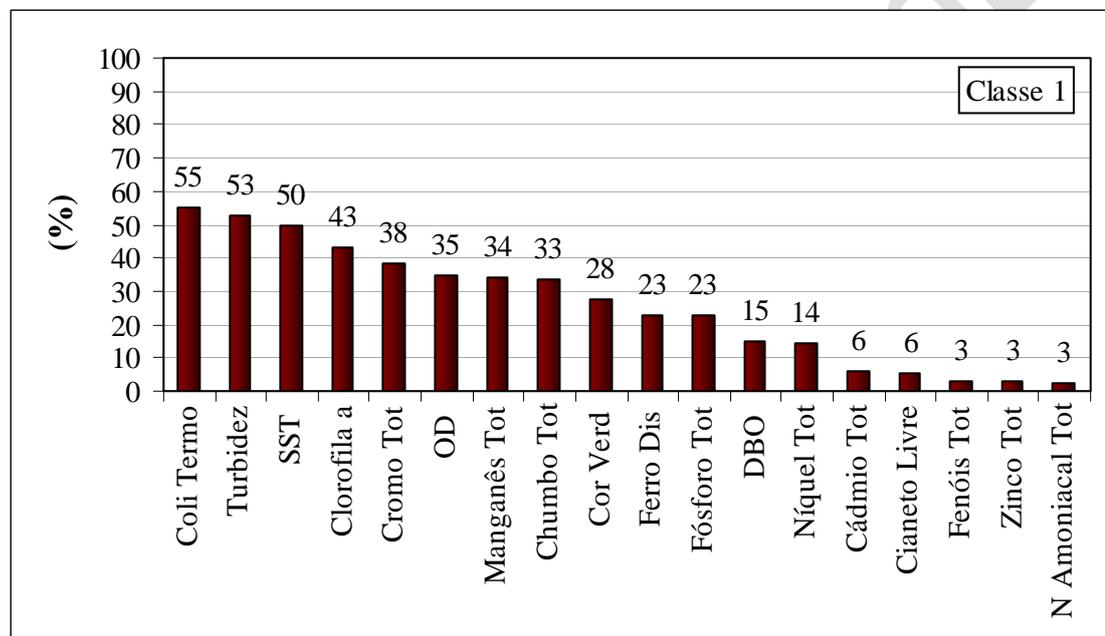


Figura 3.7 – Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a dez/2008 - Rio Verde Grande a jusante da cidade de Glaucilândia - VG001

Relativamente ao rio do Vieira (VG003), os níveis de qualidade das águas foram os mais desfavoráveis dentre as estações monitoradas, conforme apontado pelo extenso rol de parâmetros que não atenderam aos padrões legais (Figura 3.8). Devido ao aporte de esgotos sanitários brutos da cidade de Montes Claros, os principais indicadores de interferência por matéria orgânica, nutrientes e organismos patogênicos, quais sejam OD, fósforo total DBO, nitrogênio amoniacal total e coliformes termotolerantes, registraram percentuais de não conformidade superiores a 75%, ressaltando que todas as concentrações de oxigênio dissolvido estiveram abaixo do limite mínimo legal da classe 2.

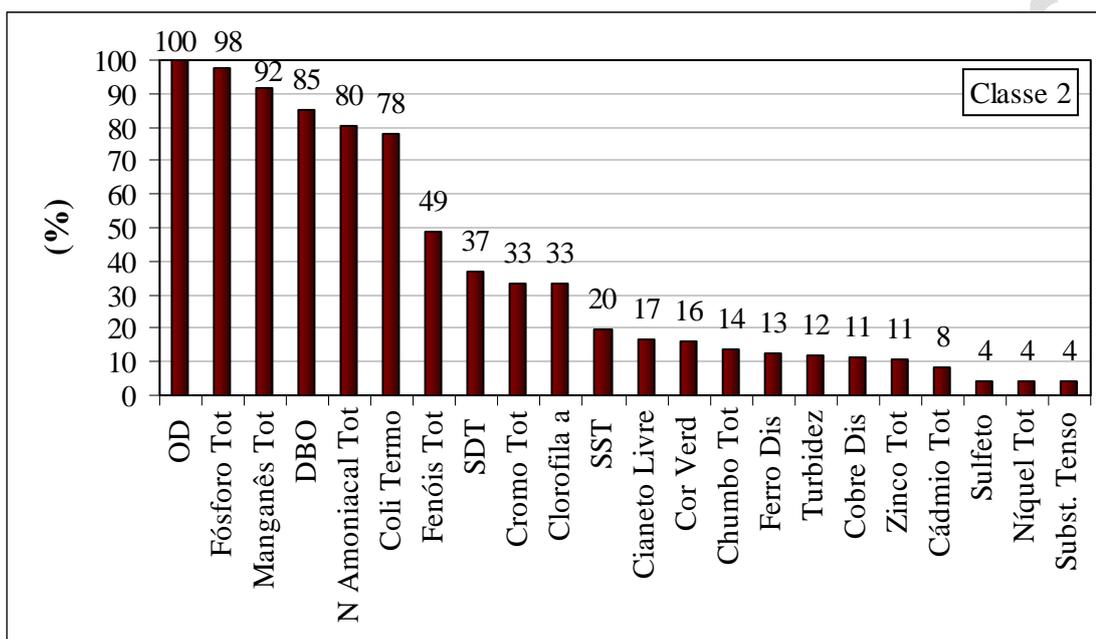


Figura 3.8 – Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a dez/2008 - Rio do Vieira a jusante da cidade de Montes Claros – VG003

Adicionalmente, refletindo o lançamento em cursos de água de efluentes do diversificado parque industrial de Montes Claros, foram detectados elevados teores de componentes prejudiciais nas águas do rio do Vieira, incluindo fenóis totais, cianeto livre e os metais cromo total, chumbo total, cobre dissolvido, zinco total e cádmio total. Esse quadro, aliado às substanciais concentrações de manganês total, implicaram num excesso de sólidos nessas águas, seja na forma dissolvida ou em suspensão, e em teores consideráveis de cor verdadeira.

Após receber a contribuição do rio do Vieira, as águas do rio Verde Grande a jusante de Capitão Enéas (VG004), como mostrado na Figura 3.9, apontou expressiva melhoria em relação ao segmento anterior (VG001) quanto à presença de sólidos e componentes prejudiciais, sobretudo metais, e leve decréscimo na qualidade em relação à presença de matéria orgânica e de nutrientes, refletido no aumento dos percentuais de violação de fósforo total, oxigênio dissolvido, DBO, clorofila *a* e nitrogênio amoniacal total. Contudo, as condições microbiológicas mostraram-se mais favoráveis, com redução de 55% para 18% de detecção de

contagens não conformes de coliformes termotolerantes. Nessa estação predominou o impacto negativo na qualidade das águas advindo do lançamento de esgotos sanitários.

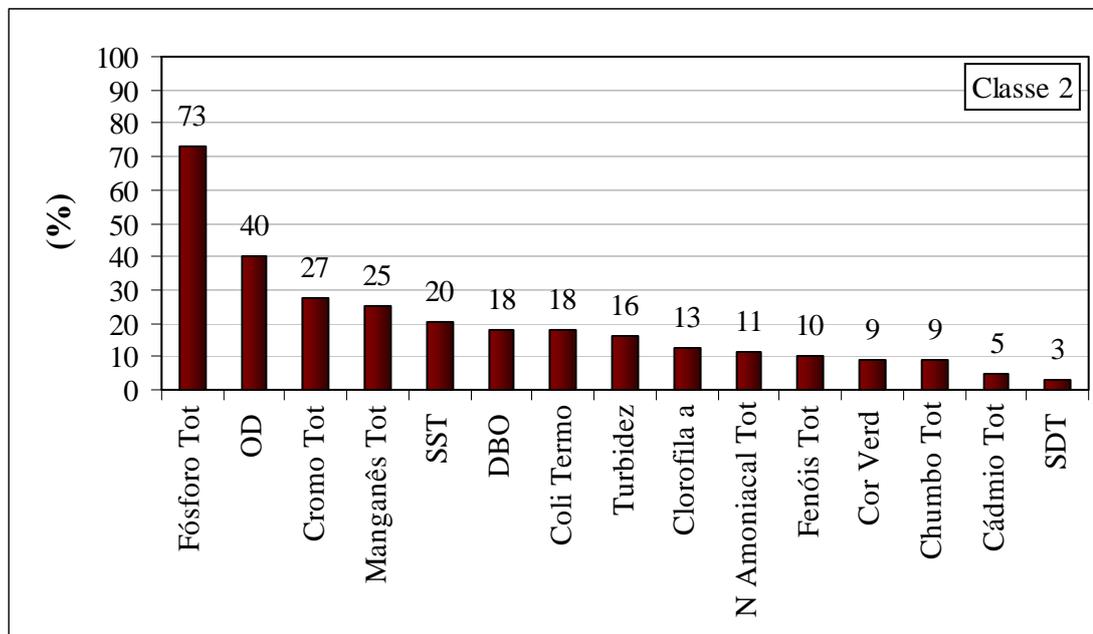


Figura 3.9 – Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a dez/2008 - Rio Verde Grande a jusante da cidade de Capitão Enéas – VG004

Ao longo do percurso do rio Verde Grande, na estação localizada a jusante da cidade de Jaíba (VG005) foi constatado decréscimo dos percentuais de violação de carga orgânica, metais e nutrientes (Figura 3.10). Por outro lado, as condições microbiológicas se agravaram, com 52% de ultrapassagens do padrão legal de coliformes termotolerantes, assim como houve aumento da produtividade planctônica, traduzida na ocorrência de 33% de resultados não conformes de clorofila *a* e, portanto, uma piora na qualidade do ambiente. Esta situação demonstra que a carga poluidora prevaiente continua a relacionar-se ao aporte de esgotos domésticos.

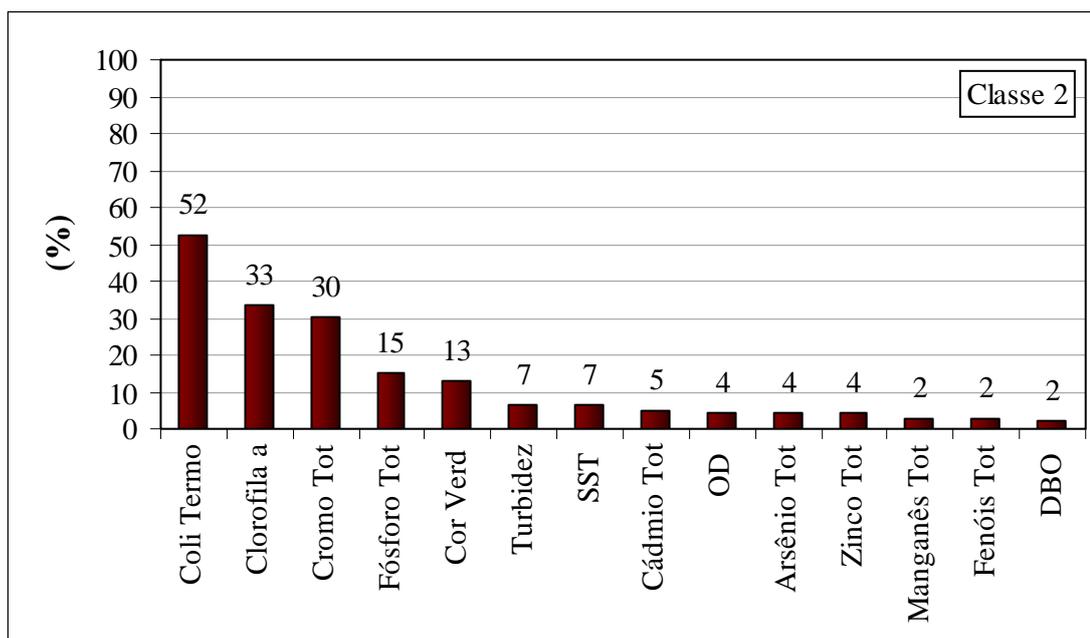


Figura 3.10 – Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a dez/2008 - Rio Verde Grande a jusante da cidade de Jaíba – VG005

Quanto ao rio Gorutuba, no trecho a jusante da cidade de Janaúba e da barragem da ASSIEG (VG0007), as condições de oxigenação das águas mostraram-se bastante críticas, refletidas em 87% de registros de oxigênio dissolvido inferior ao limite mínimo da legislação, provavelmente pela contribuição de águas pouco oxigenadas da citada barragem, reforçadas pelo lançamento de esgotos sanitários *in natura*, conforme percentual de ultrapassagem de coliformes termotolerantes e de fósforo total, respectivamente, 33% e 13% (Figura 3.11).

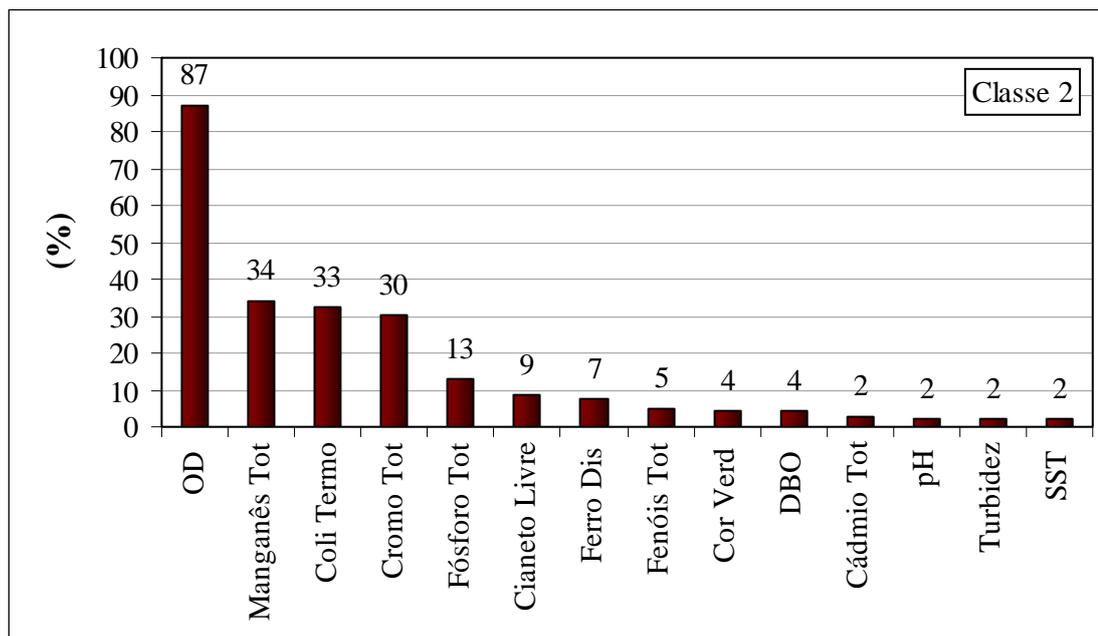


Figura 3.11 – Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a dez/2008 - Rio Gorutuba a jusante da cidade de Janaúba e da barragem da ASSIEG – VG007

Foram inexpressivos os conteúdos de sólidos nessas águas, condição possivelmente favorecida pela existência de barramento a montante que contribuiu para a sedimentação da parcela em suspensão. Por outro lado, foi significativo o percentual de não conformidade do metal pesado cromo total (30%) e de manganês total (34%), cabendo ainda ressaltar a detecção de resultados isolados desconformes de cianeto livre, fenóis totais e cádmio total. Essas ocorrências sugerem associação com as atividades agropecuárias e industriais desenvolvidas na região.

No segmento inferior, o rio Gorutuba a montante da confluência com o rio Pacuí (VG009), conforme indicado na Figura 3.12, apontou leve melhora dos níveis de oxigenação, embora com indícios da contribuição de esgotos sanitários brutos e da elevação da produtividade planctônica, em vista do aumento dos percentuais de violação de fósforo total, clorofila *a* e DBO, em relação à estação VG007. Foi mantida a significativa poluição decorrente da presença de cromo total e cianeto livre, constituintes prejudiciais, assim como de manganês total e detecções isoladas dos componentes tóxicos fenóis totais, cádmio total e zinco total.

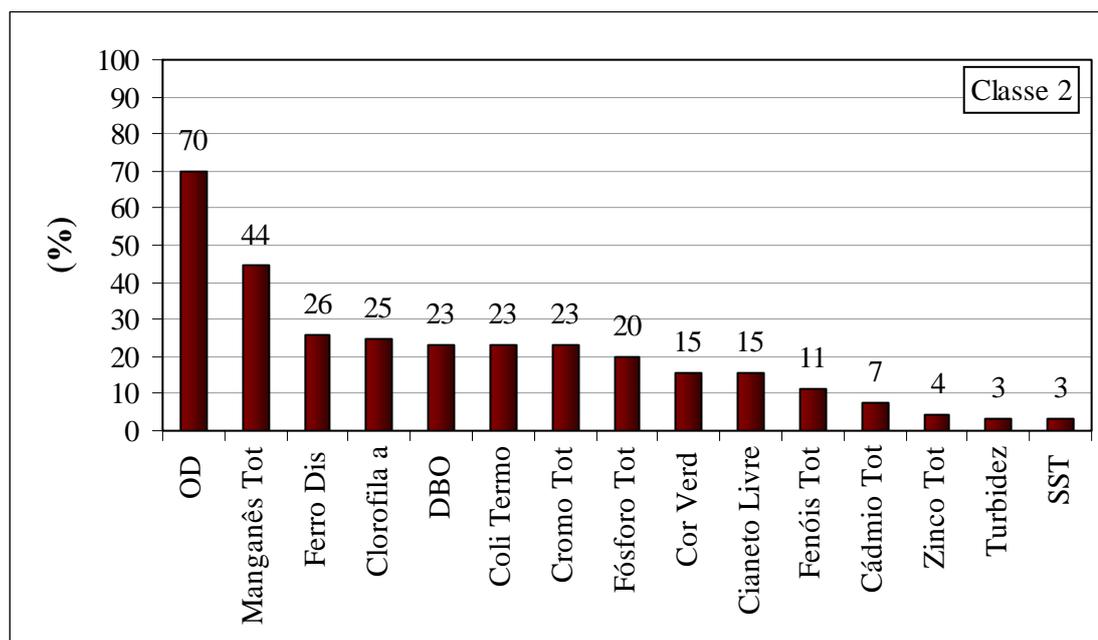


Figura 3.12 – Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a dez/2008 - Rio Gorutuba a montante da confluência com o rio Pacuí – VG009

A qualidade das águas no baixo curso do rio Verde Grande a jusante da confluência do rio Gorutuba (VG011), conforme ilustrado na Figura 3.13, refletiram a substancial carga de esgotos sanitários lançada nos recursos hídricos superficiais da bacia, pelo elevado percentual de não conformidade das concentrações de clorofila a (43%), indicativo de pressão por matéria orgânica e por nutrientes. Salienta-se, contudo, que comparativamente ao alto curso, estação VG001, houve redução das taxas de não atendimento de oxigênio dissolvido, fósforo total, coliformes termotolerantes e DBO, assim como dos metais totais, cromo, chumbo, manganês e níquel, e de ferro dissolvido.

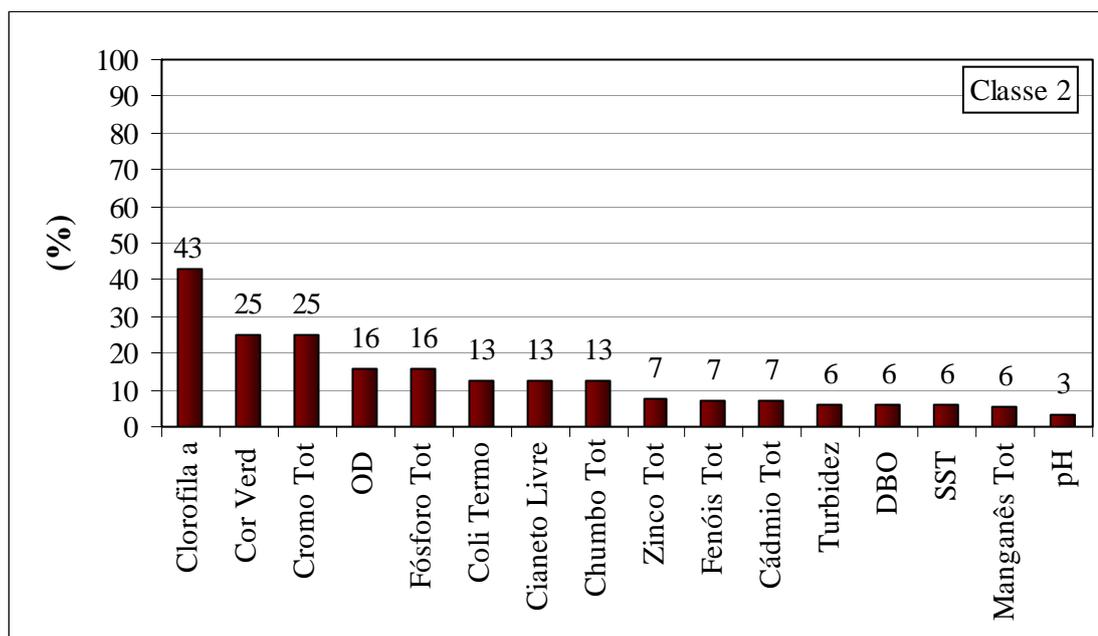


Figura 3.13 – Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a dez/2008 - Rio Verde Grande a jusante da confluência do rio Gortutuba – VG011

Já em relação à estação localizada a montante (VG005), as taxas de violação de oxigênio dissolvido, DBO e fósforo total sofreram acréscimo e a de coliformes termotolerantes decresceu, sugerindo impacto devido à introdução de carga orgânica e de nutrientes na qualidade das águas do rio Verde Grande pelo rio Gortutuba. Os pequenos aumentos nos percentuais dos metais chumbo, zinco e cádmio, na forma total, podem originar-se desse afluente ou da suspensão de sedimentos da calha fluvial de ambos os rios, onde esses metais possivelmente se depositam.

O comportamento sazonal e espacial é tratado na seqüência, com avaliação dos resultados dos períodos de chuva e seca por estação de amostragem. Foram considerados os valores médios de outubro de 1997 a dezembro de 2008 dos seguintes quinze parâmetros, selecionados por apresentarem violações em todas as estações e incrementados com variáveis básicas de caracterização da qualidade das águas: pH, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, sólidos em suspensão totais, turbidez, cor verdadeira, DBO, oxigênio dissolvido, fósforo total, nitrogênio amoniacal total, coliformes termotolerantes, ferro dissolvido, manganês total, cromo total e fenóis totais.

As medidas de pH (Figura 3.14) apontaram variações sazonais mínimas, sobressaindo-se a prevalência de médias menores no rio Gortutuba (VG007 e VG009) em relação ao rio Verde Grande, denotando interferência dos processos metabólicos das comunidades aquáticas que habitam os ambientes represados localizados nessa sub-bacia.

Com relação à condutividade elétrica (Figura 3.15) e aos sólidos dissolvidos totais (Figura 3.16) ocorreram médias significativamente maiores na estiagem, principalmente no rio do Vieira (VG003), onde há um número substancial de lançamentos de fontes pontuais. Esse afluente causou impacto no rio Verde Grande, conforme apontado pelas médias das estações VG004 e VG005. No rio Gorutuba prevaleceram médias superiores nas chuvas, indicando aporte de carga difusa, embora as diferenças tenham sido pequenas.

Quanto aos parâmetros sólidos em suspensão totais (Figura 3.17) e turbidez (Figura 3.18), as médias foram substancialmente maiores no período chuvoso, em especial no alto e médio curso do rio Verde Grande e no rio do Vieira, quadro indicativo do manejo inadequado do solo e degradação da vegetação natural. Os valores médios de cor verdadeira (Figura 3.19) também seguiram esse padrão, com exceção do rio do Vieira, onde ocorreu ligeiro acréscimo na seca.

As alterações sazonais das concentrações médias de demanda bioquímica de oxigênio (Figura 3.20) foram pouco expressivas, sobressaindo-se os resultados elevados nos dois períodos no rio do Vieira (VG003) que ultrapassaram em mais de três vezes o padrão legal da classe 2. Esse afluente, principalmente na época de chuva, provocou degradação nas águas do rio Verde Grande no trecho localizado a jusante da sua confluência (VG004), que apresentou média equivalente ao limite legal. Como mostrado na Figura 3.21, os níveis de oxigenação mostraram-se mais sensíveis nas chuvas, exceto no alto curso do rio Verde Grande (VG001) e no rio do Vieira (VG003), ressaltando-se a prevalência de condições restritas de oxigênio dissolvido nos afluentes rios do Vieira e Gorutuba, principalmente, e no rio Verde Grande na estação VG004.

Relativamente aos nutrientes, os teores médios de fósforo total (Figura 3.22) foram muito elevados no rio Verde Grande no alto curso (VG001) e a jusante da confluência do rio do Vieira (VG004), assim como nesse afluente (VG003), sendo que na estiagem as condições foram mais adversas, refletindo a dominância de cargas pontuais de origem doméstica. Nas demais estações os valores atenderam ao padrão de qualidade da classe 2, sendo maiores no período chuvoso, apontando contribuição de fontes de poluição difusas. Os resultados médios de nitrogênio amoniacal total (Figura 3.23) sobressaíram-se na seca nas estações VG001 e VG003, reforçando o aporte de esgotos sanitários. No rio do Vieira, o teor médio foi substancial também no período chuvoso, interferindo na qualidade das águas do rio Verde Grande na estação VG004.

A partir das contagens das médias geométricas de coliformes termotolerantes (Figura 3.24), destacou-se o comprometimento microbiológico das águas do rio do Vieira, especialmente nas chuvas, e em menor grau no alto curso do rio Verde Grande.

Houve predominância de teores médios mais expressivos na estação chuvosa para ferro dissolvido (Figura 3.25) e manganês total (Figura 3.26), que foi detectado sistematicamente acima do limite legal, sugerindo contribuição de origem difusa associada ao manejo inadequado do solo. Comportamento

semelhante foi observado para cromo total (Figura 3.27), embora com diferenças pouco representativas entre as médias dos dois períodos, exceto no alto curso do rio Verde Grande (VG001) e no rio Gortuba (VG009).

As maiores médias de fenóis totais (Figura 3.28) ocorreram na estação chuvosa, podendo ser decorrente, sobretudo, da degradação da matéria vegetal carreada pelas águas pluviais. Exceção foi verificada no rio do Vieira (VG003) com valor maior na seca, devido ao lançamento desse composto por fontes pontuais, sejam indústrias ou esgotos sanitários.

Versão Preliminar

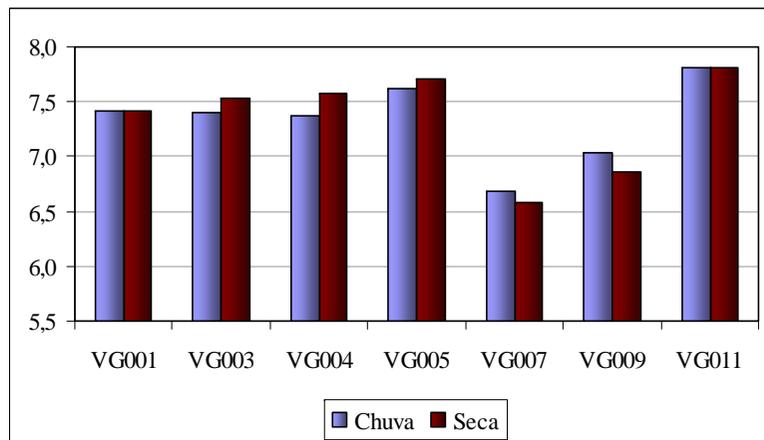


Figura 3.14– Valores médios de pH entre 1997 e 2008.

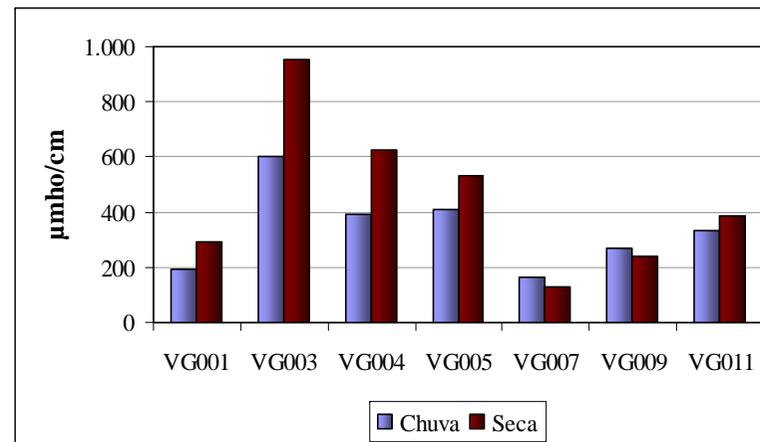


Figura 3.15– Valores médios de condutividade elétrica entre 1997 e 2008.

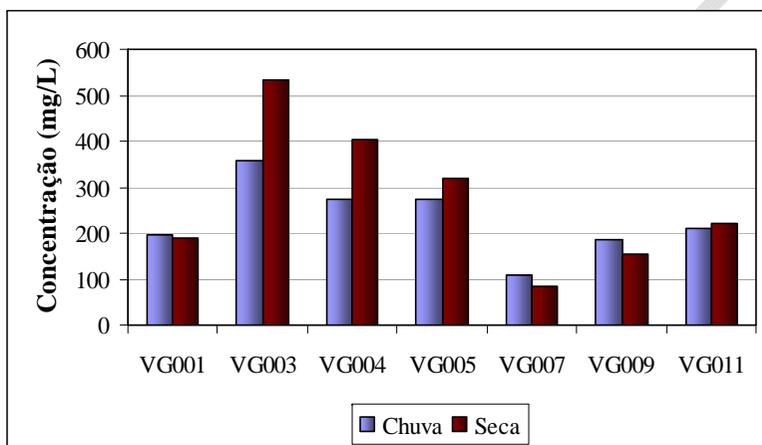


Figura 3.16– Valores médios de SDT entre 1997 e 2008

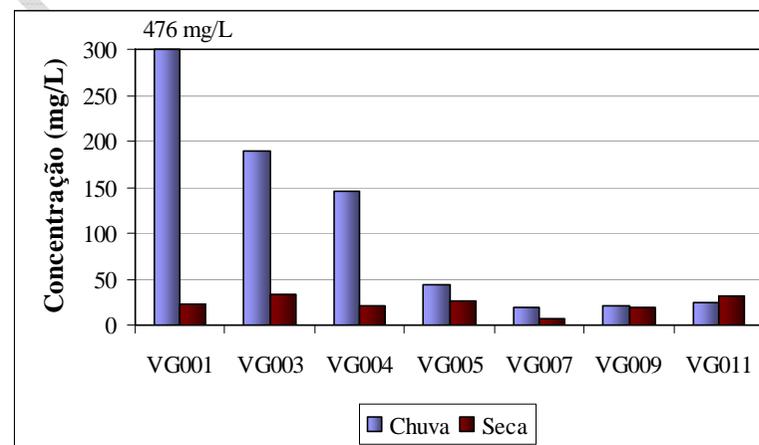


Figura 3.17– Valores médios de SST entre 1997 e 2008

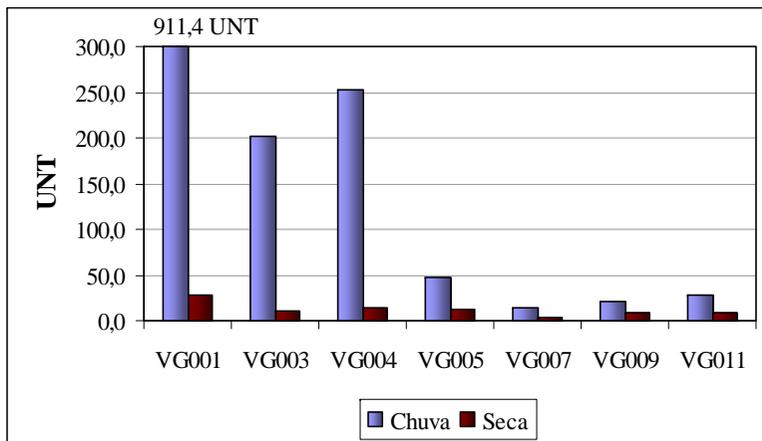


Figura 3.18 – Valores médios de turbidez entre 1997 e 2008

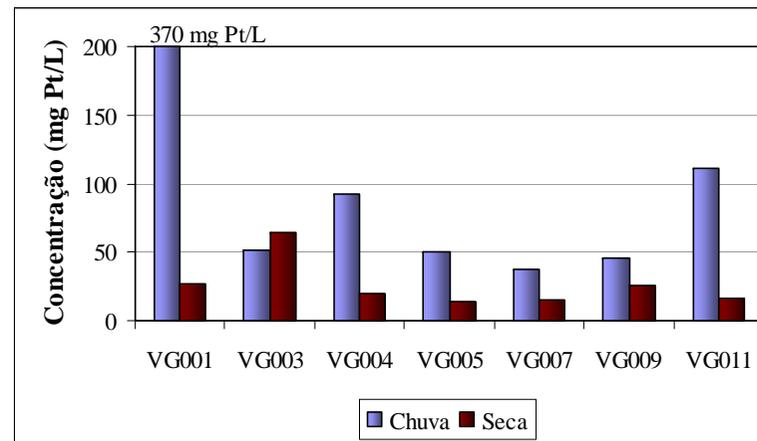


Figura 3.19 – Valores médios de cor verdadeira entre 1997 e 2008

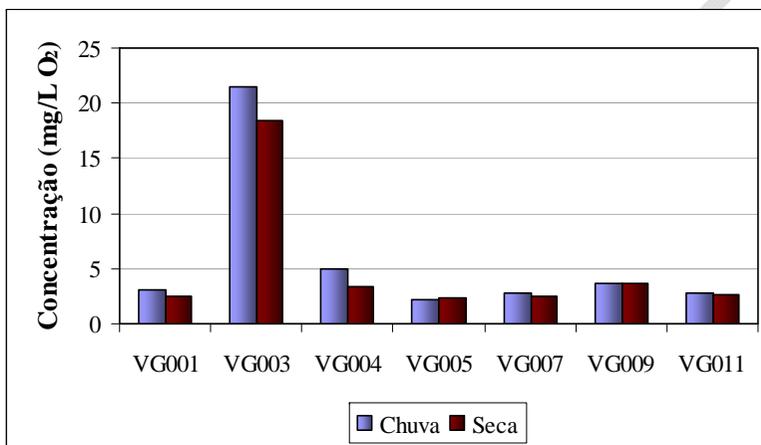


Figura 3.20 – Valores médios de DBO entre 1997 e 2008

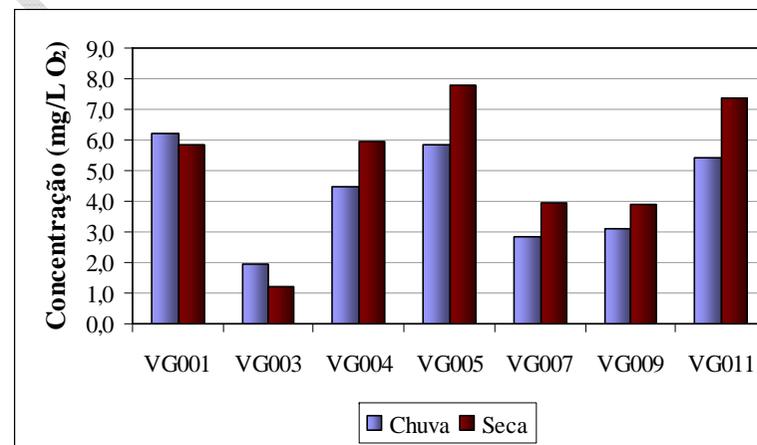


Figura 3.21 – Valores médios de oxigênio dissolvido entre 1997 e 2008

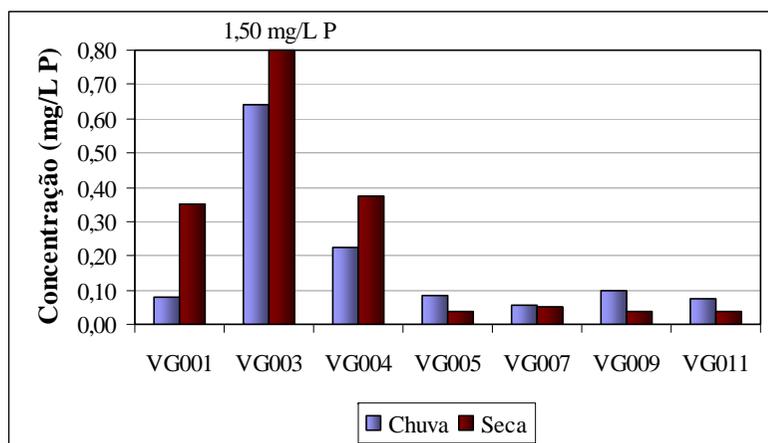


Figura 3.22 – Valores médios de fósforo total entre 1997 e 2008

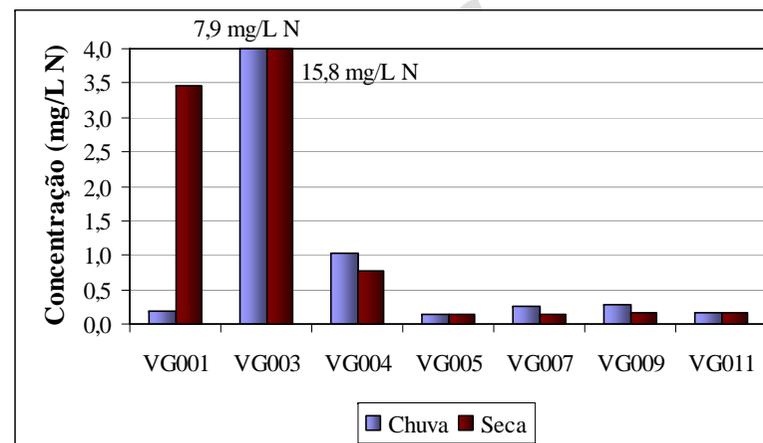


Figura 3.23 – Valores médios de N amoniacal total entre 1997 e 2008

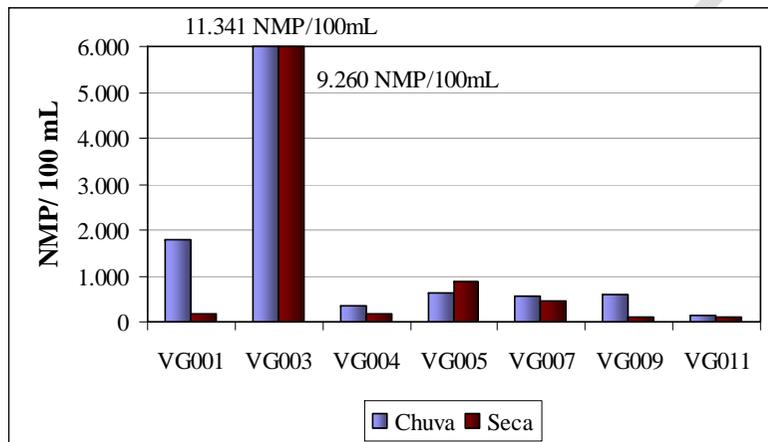


Figura 3.24 – Valores médios de coliformes termot.

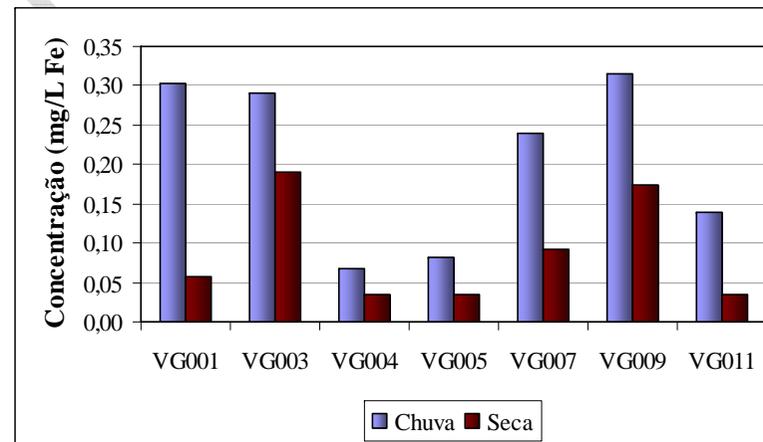


Figura 3.25 – Valores médios de ferro dissolvido entre 1997 e 2008

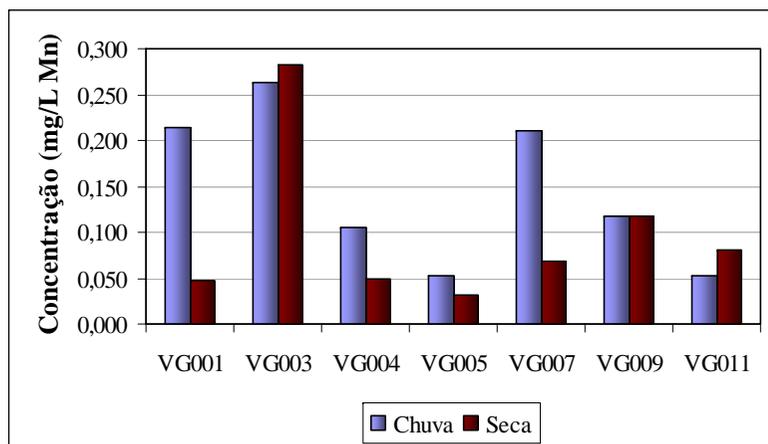


Figura 3.26 – Valores médios de manganês total entre 1997 e 2008

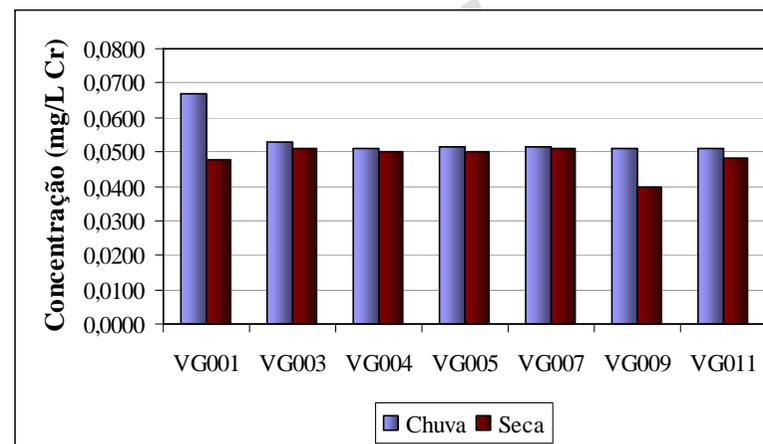


Figura 3.27 – Valores médios de cromo total entre 1997 e 2008

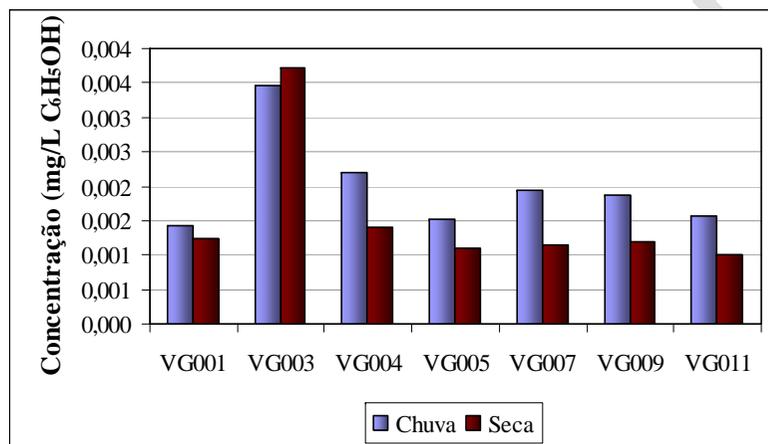


Figura 3.28 – Valores médios de fenóis totais entre 1997 e 2008

A variabilidade dos resultados da série histórica dos quinze parâmetros selecionados por estação de amostragem foi analisada por meio dos gráficos *Box Plot*, visualizados na seqüência. Ficou evidenciado que o segmento inicial do rio Verde Grande sofre grande impacto do uso inadequado do solo e do lançamento de esgotos sanitários, e que o rio do Vieira degradou sobremaneira as águas do rio Verde Grande, muito embora foi verificada gradativa recuperação ao longo de seu percurso. Salienta-se que a carga de poluição introduzida nas águas do rio Verde Grande pode estar sendo acumulada nos sedimentos da sua calha, principalmente considerando-se as condições de escassez de regime hídrico que desfavorecem o transporte fluvial e contribuem para deposição desse material.

As medianas dos registros de pH (Figura 3.29) variaram entre 7,0 e 8,0 nos rios Verde Grande e do Vieira, e entre 6,5 e 7,0 no rio Gorutuba. Os resultados de condutividade elétrica (Figura 3.30) e de sólidos dissolvidos totais (Figura 3.31) apontaram águas com teores significativos de íons dissolvidos, sendo um pouco menores no rio Gorutuba (VG007 e VG009). Quanto aos sólidos em suspensão totais (Figura 3.32) e turbidez (Figura 3.33) destacaram-se as concentrações máximas no alto e médio curso do rio Verde Grande (VG001 e VG004) e no rio do Vieira (VG003). As medidas de cor verdadeira (Figura 3.34) também foram relevantes nesses pontos e no trecho inferior do rio Verde Grande (VG011), nesse caso associando-se à elevada produtividade fitoplanctônica.

A exceção do rio do Vieira (VG003), predominaram concentrações de DBO (Figura 3.35) em conformidade legal, embora em todas as estações os máximos tenham superado o padrão de qualidade da classe de enquadramento, destacando-se o teor de 123 mg/L no citado rio. Similarmente, os teores de oxigênio dissolvido (Figura 3.36) apontaram desconformidade legal em todas as estações, com prelavência de restrição de oxigenação nos rios do Vieira (VG003) e Gorutuba (VG007 e VG009). Quanto ao fósforo total (Figura 3.37) e nitrogênio amoniacal total (Figura 3.38), foi verificada grande variabilidade de resultados no rio do Vieira e máximos elevadíssimos nesse rio e no alto e médio curso do rio Verde Grande (VG001 e VG004). As medianas das contagens de coliformes termotolerantes (Figura 3.39) atenderam ao padrão legal, exceto no rio do Vieira, reforçando as precárias condições sanitárias dessas águas.

Relativamente aos metais, as medianas dos teores de ferro dissolvido (Figura 3.40) atenderam ao padrão legal, ocorrendo máximos não conformes no alto curso do rio Verde Grande (VG001) e nos afluentes rios do Vieira (VG003) e Gorutuba (VG007 e VG009). Já as concentrações de manganês total (Figura 3.41) foram predominantemente superiores ao limite de qualidade, com realce para as estações VG001, VG003 e VG007. Os registros do metal tóxico cromo total (Figura 5.3.42) também se destacaram nessas estações e, além disso, apontaram não conformidades isoladas nas demais.

Relativamente aos teores do componente tóxico fenóis totais (Figura 3.43) predominaram medianas inferiores ao limite da legislação, exceto no rio do Vieira (VG003), ainda que tenham ocorrido teores máximos não conformes em todas as estações de amostragem.

Cabe salientar que as águas mostraram-se moderadamente duras a duras no rio Verde Grande, duras a muito duras no rio do Vieira, atingindo valores maiores do que 500 mg/L CaCO₃ de dureza total, e no rio Gortuba moles a moderadamente duras, predominando a dureza de cálcio. Os resultados de alcalinidade total foram sistematicamente superiores a 150 mg/L CaCO₃ nos rios Verde Grande e do Vieira enquanto no rio Gortuba variaram entorno de 50 mg/L CaCO₃. Dentre os cátions caracterizados, os teores mais representativos foram de cálcio e sódio, especialmente no rio do Vieira, oriundo dos despejos industriais e dos esgotos sanitários.

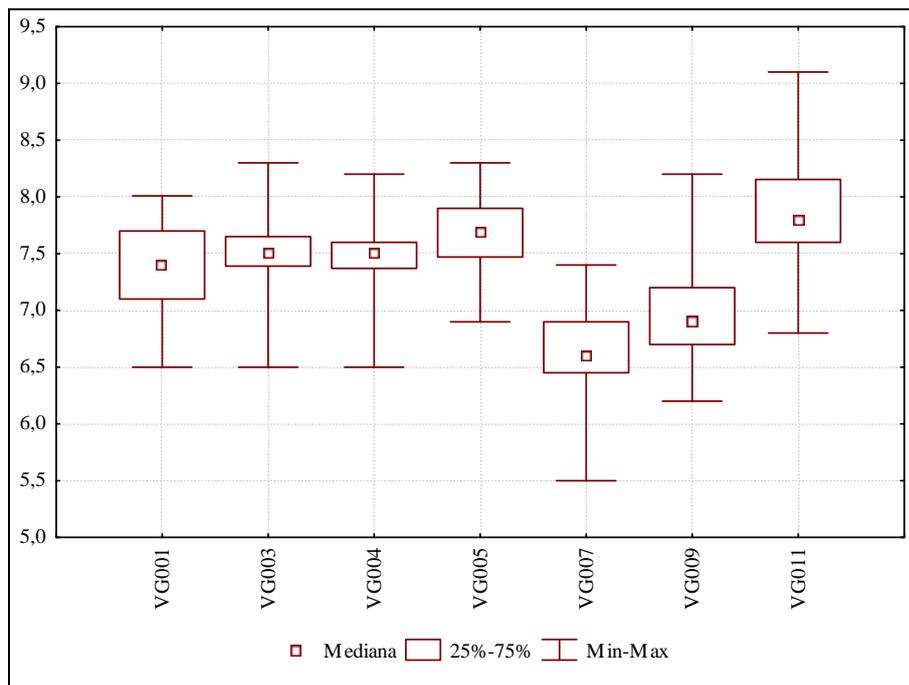


Figura 3.29 – Gráfico *Box Plot* dos dados de pH no período de out/1997 a dez/2008 - Projeto Águas de Minas

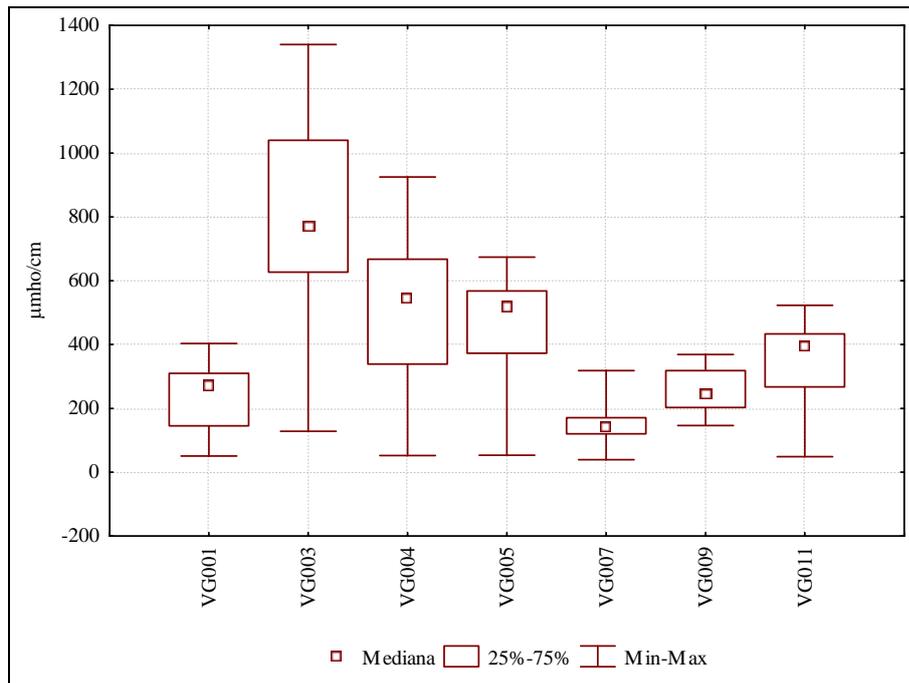


Figura 3.30 – Gráfico *Box Plot* dos dados de condutividade elétrica no período de out/1997 a dez/2008 – Projeto Águas de Minas

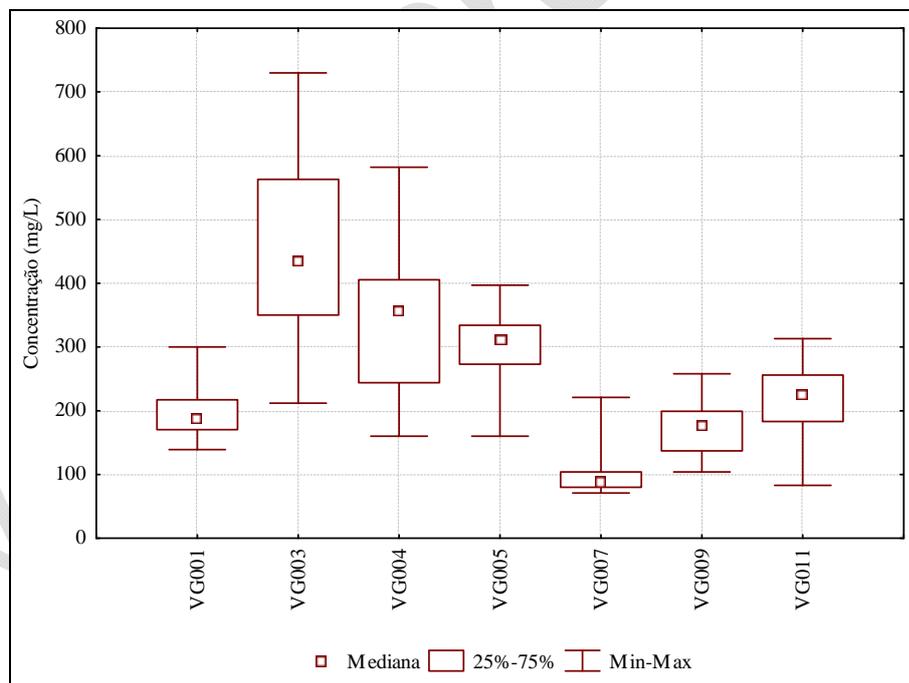


Figura 3.31 – Gráfico *Box Plot* dos dados de sólidos dissolvidos totais – SDT no período de out/1997 a dez/2008 – Projeto Águas de Minas

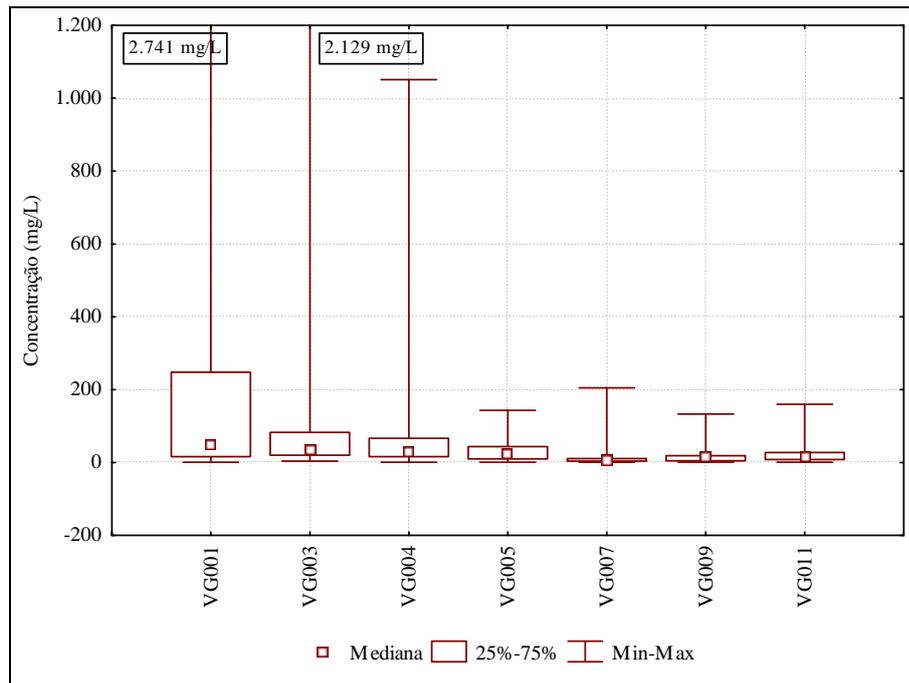


Figura 3.32 – Gráfico *Box Plot* dos dados de sólidos em suspensão totais – SST no período de out/1997 a dez/2008 – Projeto Águas de Minas

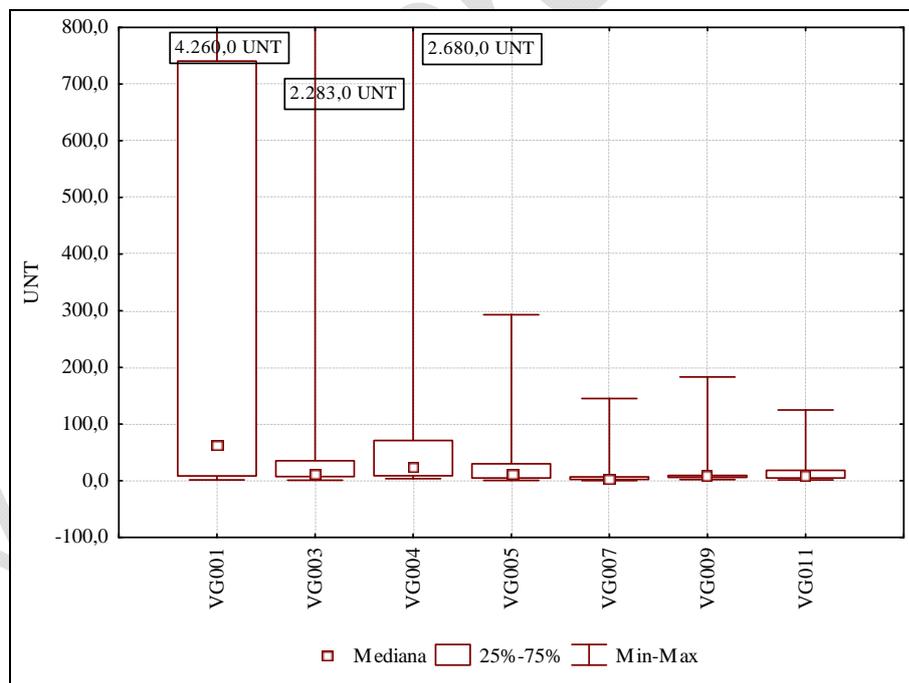


Figura 3.33 – Gráfico *Box Plot* dos dados de turbidez no período de out/1997 a dez/2008 – Projeto Águas de Minas

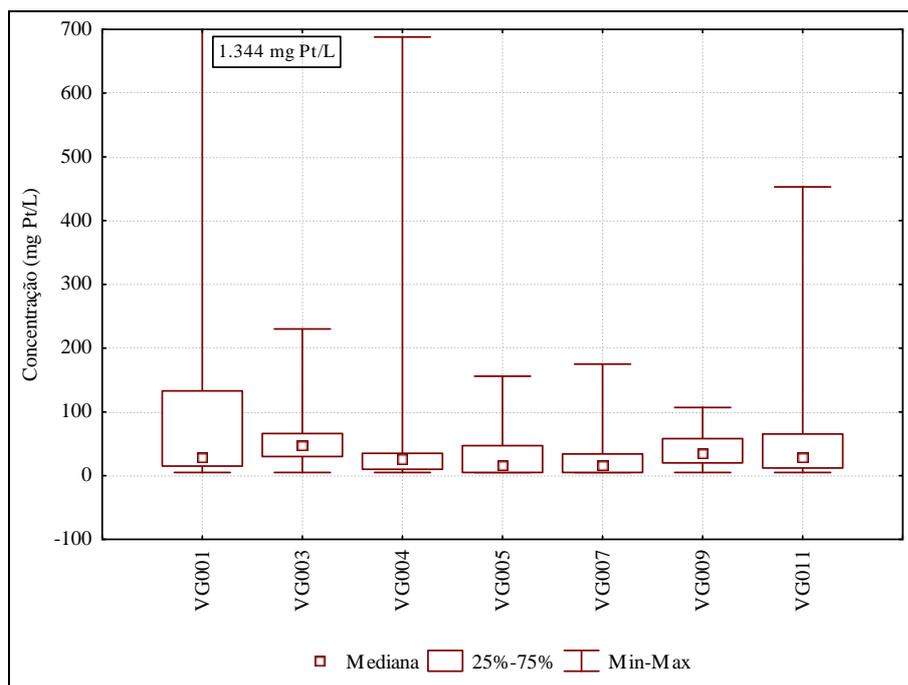


Figura 3.34 – Gráfico *Box Plot* dos dados de cor verdadeira no período de out/1997 a dez/2008 – Projeto Águas de Minas

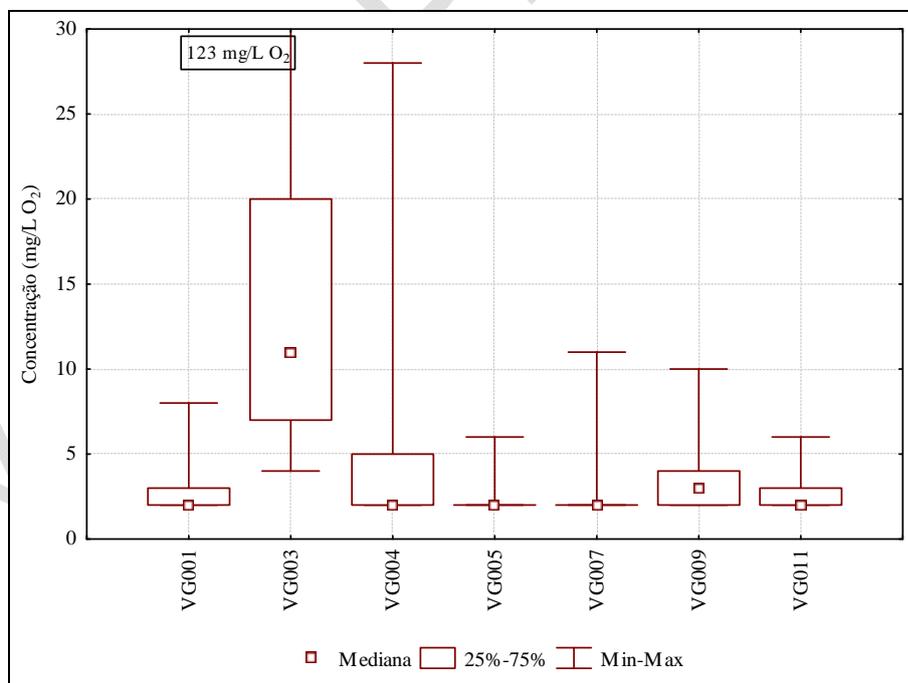


Figura 3.35 – Gráfico *Box Plot* dos dados de demanda bioquímica de oxigênio – DBO no período de out/1997 a dez/2008 – Projeto Águas de Minas

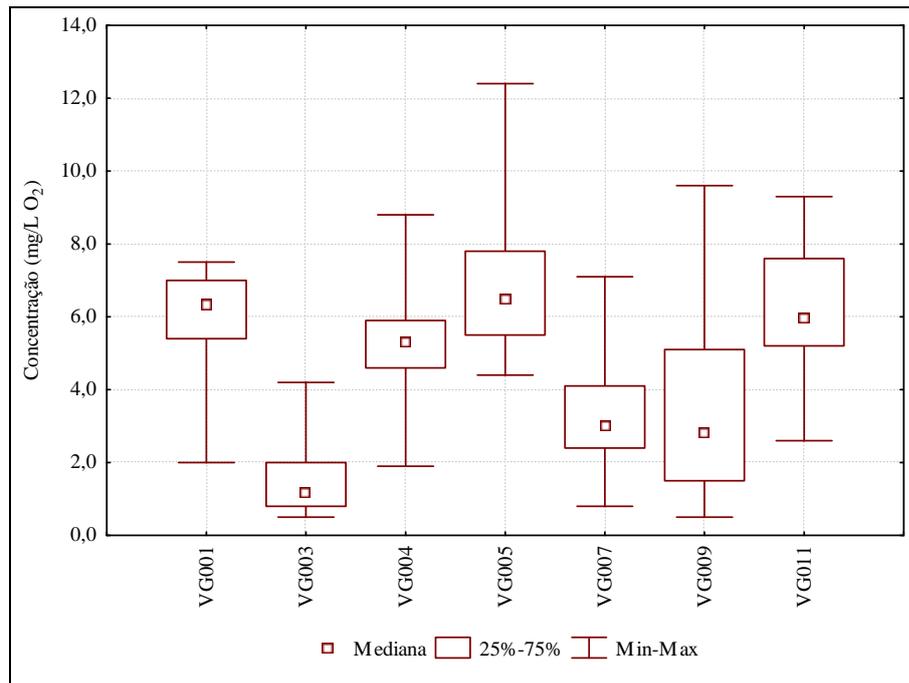


Figura 3.36 – Gráfico *Box Plot* dos dados de oxigênio dissolvido no período de out/1997 a dez/2008 – Projeto Águas de Minas

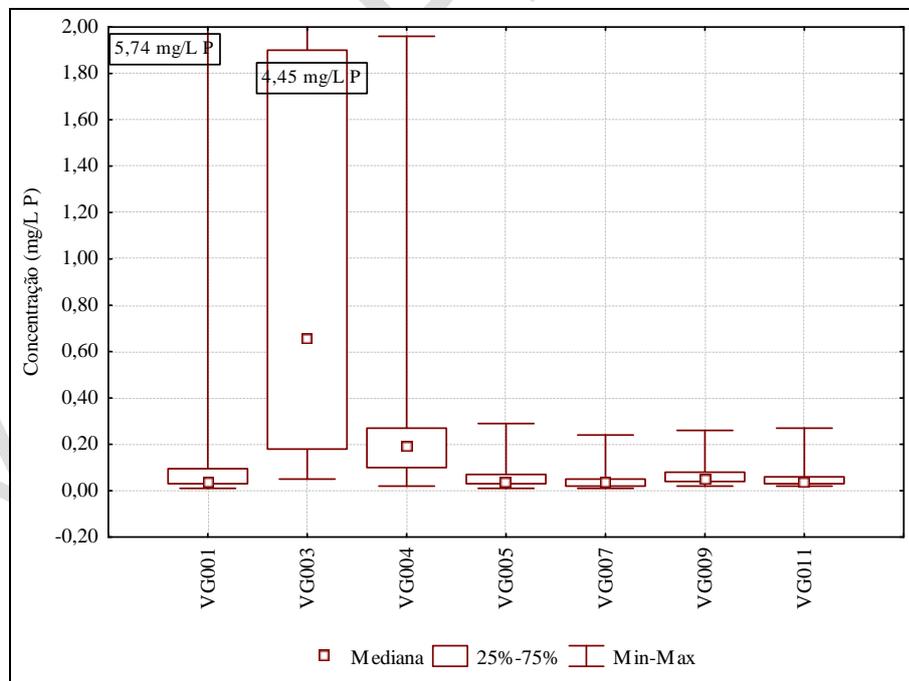


Figura 3.37 – Gráfico *Box Plot* dos dados de fósforo total no período de out/1997 a dez/2008 – Projeto Águas de Minas

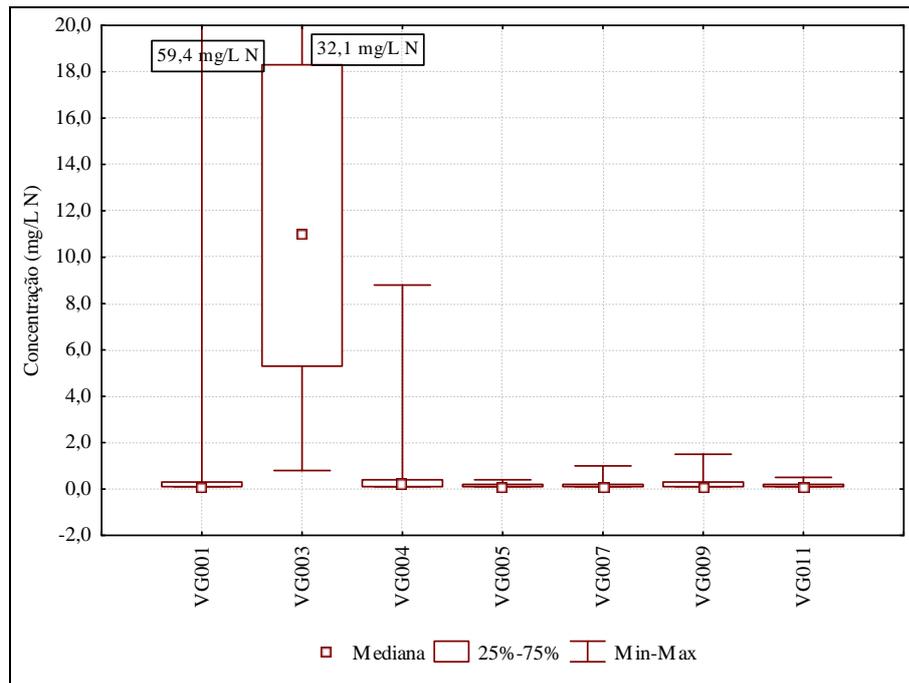


Figura 3.38 – Gráfico *Box Plot* dos dados de nitrogênio amoniacal total no período de out/1997 a dez/2008 – Projeto Águas de Minas

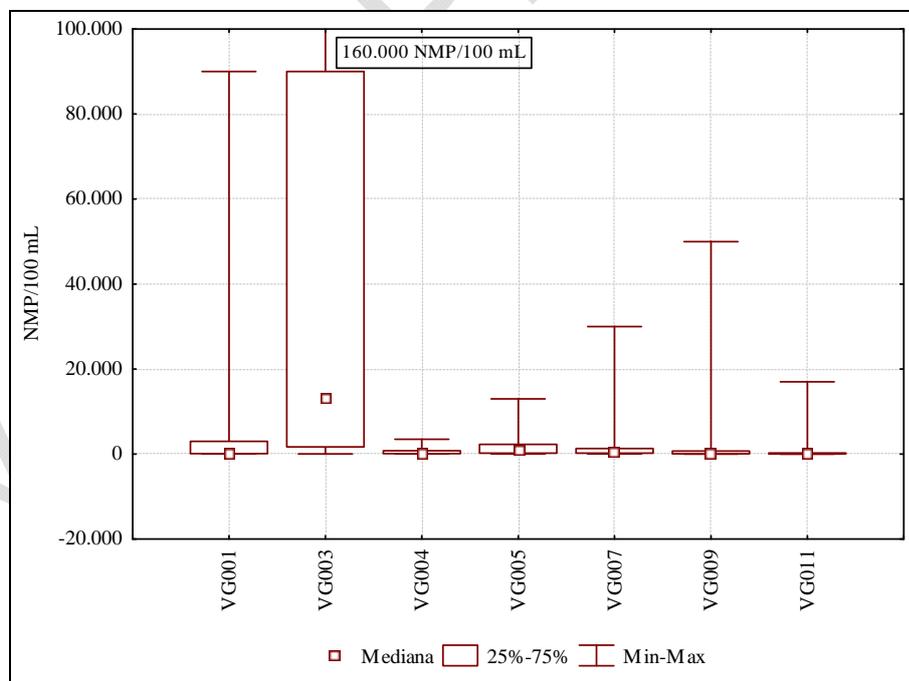


Figura 3.39 – Gráfico *Box Plot* dos dados de coliformes termotolerantes no período de out/1997 a dez/2008 – Projeto Águas de Minas

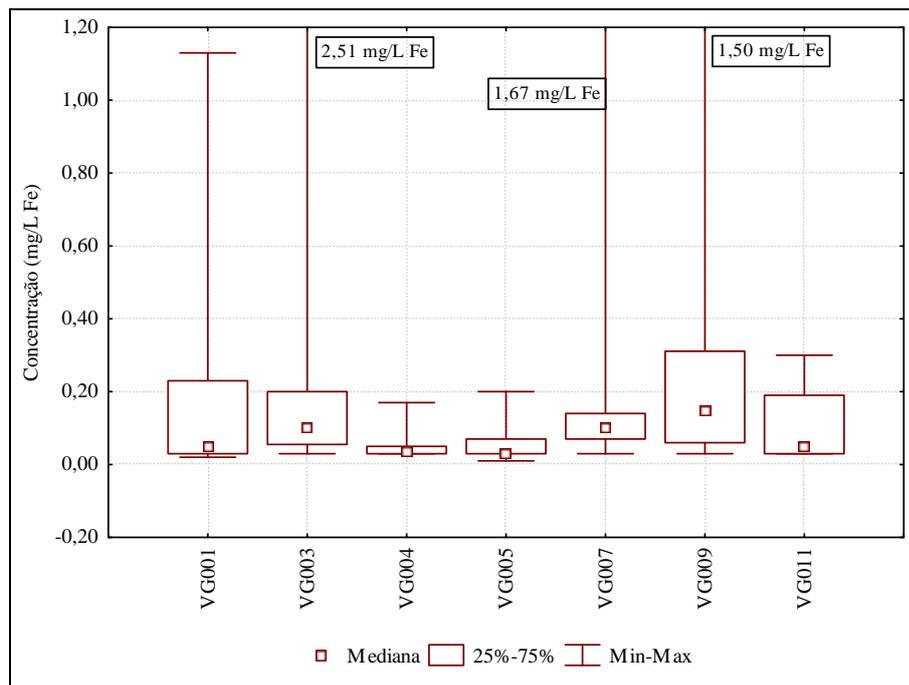


Figura 3.40 – Gráfico *Box Plot* dos dados de ferro dissolvido no período de out/1997 a dez/2008 – Projeto Águas de Minas

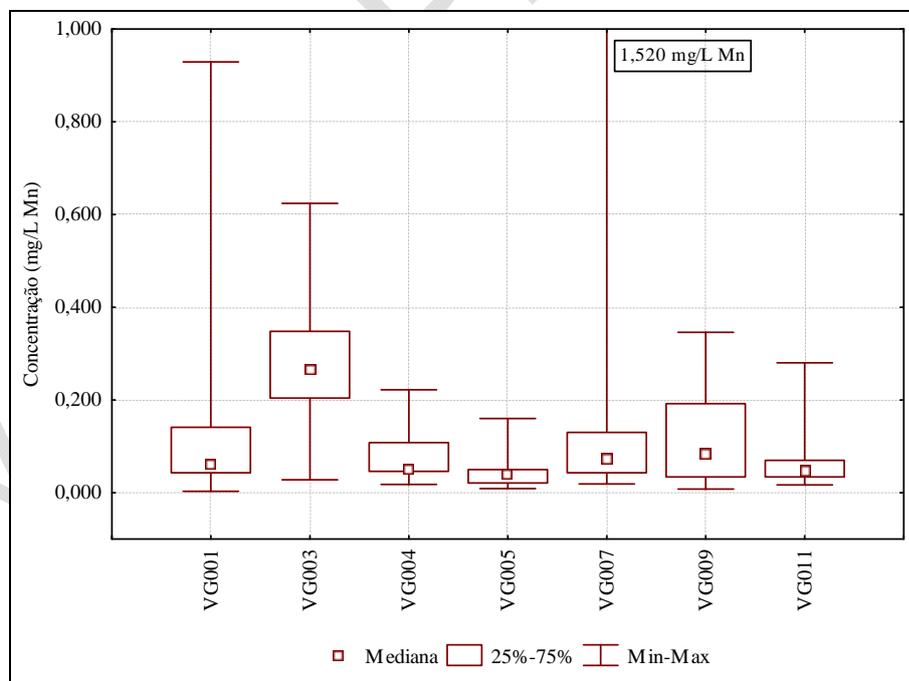


Figura 3.41 – Gráfico *Box Plot* dos dados de manganês total no período de out/1997 a dez/2008 – Projeto Águas de Minas

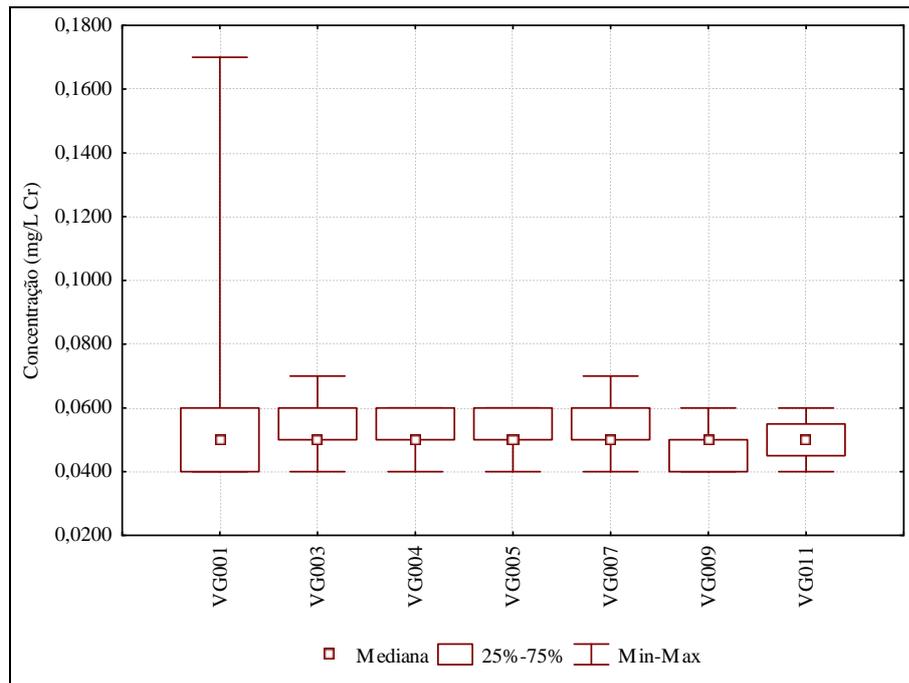


Figura 3.42 – Gráfico *Box Plot* dos dados de cromo total no período de out/1997 a dez/2008 – Projeto Águas de Minas

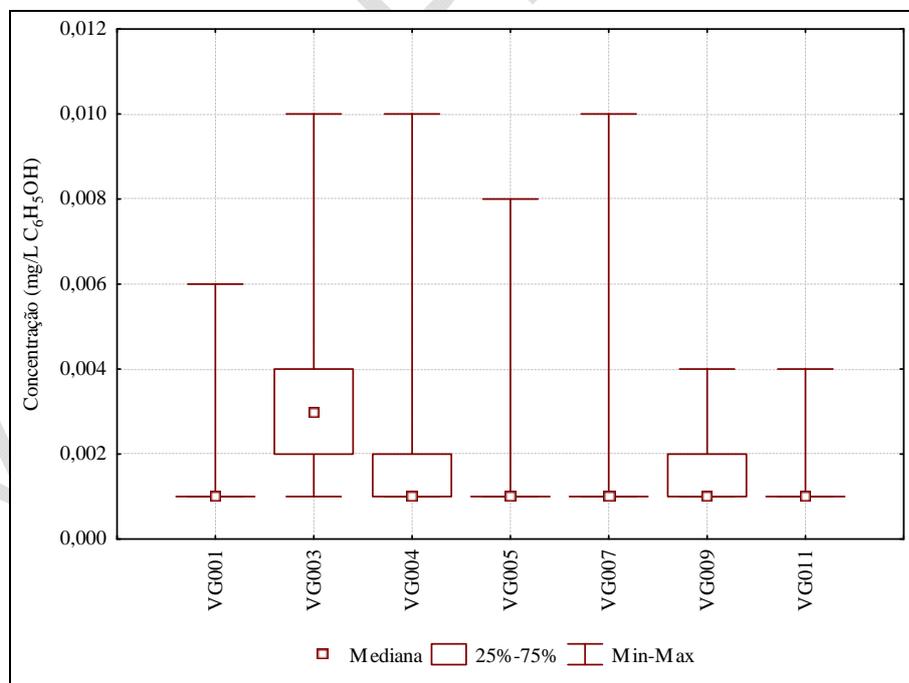


Figura 3.43 – Gráfico *Box Plot* dos dados de fenóis totais no período de out/1997 a dez/2008 – Projeto Águas de Minas

A densidade de cianobactérias, indicador biológico da presença de compostos tóxicos na água, foi avaliada nas estações VG007, VG009 e VG011 a partir de 2007 e nas estações VG003 e VG005 a partir de 2008. Todos os registros foram inferiores ao padrão da legislação, predominando resultados menores do que 200 cél/mL, sendo os mais expressivos observados nas estações VG003 (3.200 cél/mL) e VG007 (1.001 cél/mL).

A avaliação da condição ecotoxicológica das águas consolida a interpretação dos dados da rede básica operada pelo IGAM. Essa abordagem é utilizada para verificação da qualidade das águas quanto à proteção das comunidades aquáticas. O efeito tóxico agudo decorre da ação deletéria de agentes tóxicos a organismos vivos em curto período de exposição, enquanto o efeito tóxico crônico relaciona-se à exposição que pode abranger parte ou totalidade do ciclo de vida do organismo. Os resultados dos ensaios realizados com o organismo *Ceriodaphnia dubia* em quatro estações de amostragem da rede básica do projeto Águas de Minas estão relacionados no Quadro 3.1.

Nas estações localizadas no rio Gortuba (VG007 e VG009) não foi constatado registro positivo, o que indica a adequação das águas em termos ecotoxicológicos. No rio do Vieira (VG003) 50% dos resultados evidenciaram efeito tóxico agudo e no baixo curso do rio Verde Grande (VG011) 22% das amostras analisadas apresentaram efeito tóxico crônico. Esses dados reforçam as condições impróprias dessas águas à vida aquática em decorrência do lançamento de agentes contaminantes físicos e químicos, principalmente na calha do rio do Vieira, com reflexo nas águas do rio Verde Grande

Quadro 3.1 – Efeito tóxico observado no período de dez/2003 a dez/2008: Projeto Águas de Minas

Mês e ano da amostragem	Estações de amostragem de águas superficiais			
	VG003	VG007	VG009	VG011
Dez/2003	-	-	-	Ausente
Mar/2004	-	-	-	Ausente
Jun/2004	-	-	-	Ausente
Set/2004	-	-	-	Ausente
Dez/2004	-	-	-	Ausente
Mar/2005	-	-	-	Ausente
Jun/2005	-	-	-	Ausente
Set/2005	-	-	-	Ausente
Mar/2006	-	-	-	Ausente
Jun/2006	-	-	-	Crônico
Set/2006	-	-	-	Ausente
Nov/2006	-	-	-	Ausente
Mar/2007	-	-	-	Crônico
Jun/2007	-	-	-	Ausente
Set/2007	Agudo	-	-	Ausente
Dez/2007	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Mar/2008	Ausente	Ausente	Ausente	Crônico
Jun/2008	Agudo	Ausente	Ausente	Crônico
Set/2008	Agudo	Ausente	Ausente	-
Dez/2008	Ausente	Ausente	Ausente	-

Fonte: IGAM, 2008

➤ **Projeto Monitoramento das Águas Superficiais e Subterrâneas das Sub-bacias dos Rios Verde Grande, Pacuí-Riachão e Jequitáí na Bacia do Rio São Francisco em Minas Gerais - Convênio CODEVASF/IGAM**

Com relação aos resultados da rede dirigida operada em 2005 por meio de convênio firmado entre a CODEVASF e o IGAM, apresenta-se na seqüência uma análise consistida das informações relativas às quatro campanhas de amostragem. Destaca-se a peculiaridade dessa rede, com pontos em ambientes lênticos e lóticos, que serão tratados separadamente em vista da dinâmica diferenciada das transformações físicas, químicas e biológicas que ocorrem nesses ambientes. Ademais, os ensaios hidrobiológicos e de agrotóxicos incluídos nesse monitoramento possibilitaram o aperfeiçoamento da avaliação do impacto nas águas decorrente das atividades agrícolas.

Cabe destacar que, conforme metodologia utilizada pelo IGAM, o desenho da rede procurou selecionar pontos de coleta para caracterização das condições naturais das águas e das principais interferências devido às atividades agropecuárias, minerárias e de urbanização, incluindo as indústrias de pequeno porte.

Na bacia do rio Verde Grande foram instaladas 34 estações de amostragem, sendo 12 em barragens e lagoa, ambientes lênticos, e 22 em cursos de água, ambiente lótico, localizadas no rio Verde Grande e nos contribuintes rios do Vieira, São Domingos e Gorutuba e afluentes, rios Mosquito, Serra Branca, Lajes e Gameleira, e no rio Poções e córrego Canabrava, tributários do rio Quem Quem. Adicionalmente, de forma a verificar se está ocorrendo exportação de contaminantes do rio Verde Grande para o rio São Francisco foram incluídos os resultados das estações localizadas no rio São Francisco a montante e a jusante da foz do rio Verde Grande.

A distribuição percentual das faixas do IQA por estação de amostragem localizada em ambiente lótico referente às quatro campanhas realizadas em 2005 está ilustrada na Figura 3.44. Foi registrado IQA Excelente no rio Gorutuba a jusante da barragem Bico da Pedra (SFC145) e no seu afluente rio Serra Branca a jusante da barragem Serra Branca (SFC200), com percentuais de 25% e 33%, respectivamente. Nesses pontos predominou IQA Bom, assim como no rio São Domingos a montante da barragem São Domingos (SFC060), rio Gorutuba a montante da barragem Bico da Pedra (SFC115), rio das Lajes a montante (SFC205) e a jusante (SFC215) da barragem das Lajes, rio Gameleira a jusante da barragem Gameleira (SFC230) e rio Verde Grande a jusante da confluência do rio Gorutuba (SFC235/VG011).

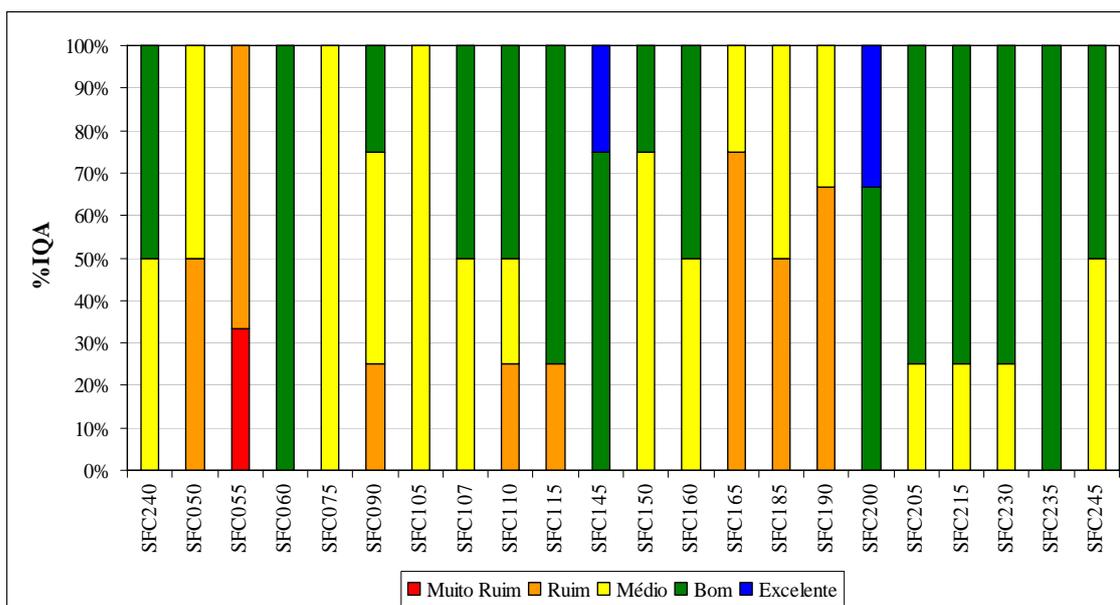


Figura 3.44 – Distribuição percentual das faixas do IQA por estação de amostragem em ambiente lótico no ano de 2005 - Convênio CODEVASF/IGAM

A faixa Muito Ruim ocorreu apenas no rio do Vieira (SCF055/VG003) representando 33% dos valores, enquanto o IQA Ruim predominou nessa estação e no rio Gorutuba em dois locais, a jusante da confluência com o rio Mosquito (SFC165) e a montante da confluência com o rio Pacuí (SFC190). No rio Verde Grande a jusante da cidade de Glaucilândia (SFC050/VG001) e no rio Mosquito próximo a sua foz no rio Gorutuba (SFC185) houve distribuição equitativa entre as faixas do IQA Ruim e Médio. As variáveis que mais interferiram negativamente no IQA foram fósforo total, coliformes termotolerantes, oxigênio dissolvido e turbidez, além da demanda bioquímica de oxigênio no alto curso do rio Verde Grande e no rio do Vieira.

Salienta-se que no rio São Francisco tanto a montante (SFC240) quanto a jusante (SFC245) da confluência do rio Verde Grande, houve equivalência das categorias Boa e Média, sem indicação de interferência do afluente no curso principal em relação a sólidos, nutrientes, matéria orgânica e organismos patogênicos.

Nas amostras coletadas na zona fótica de ambiente lêntico (Figura 3.45) as águas apresentaram-se predominante com IQA Excelente e Bom, exceto no corpo da barragem da ASSIEG no município de Janaúba (SFC155), onde ocorreu IQA Ruim devido aos baixos teores de oxigênio dissolvido, mas com prevalência da faixa Média.

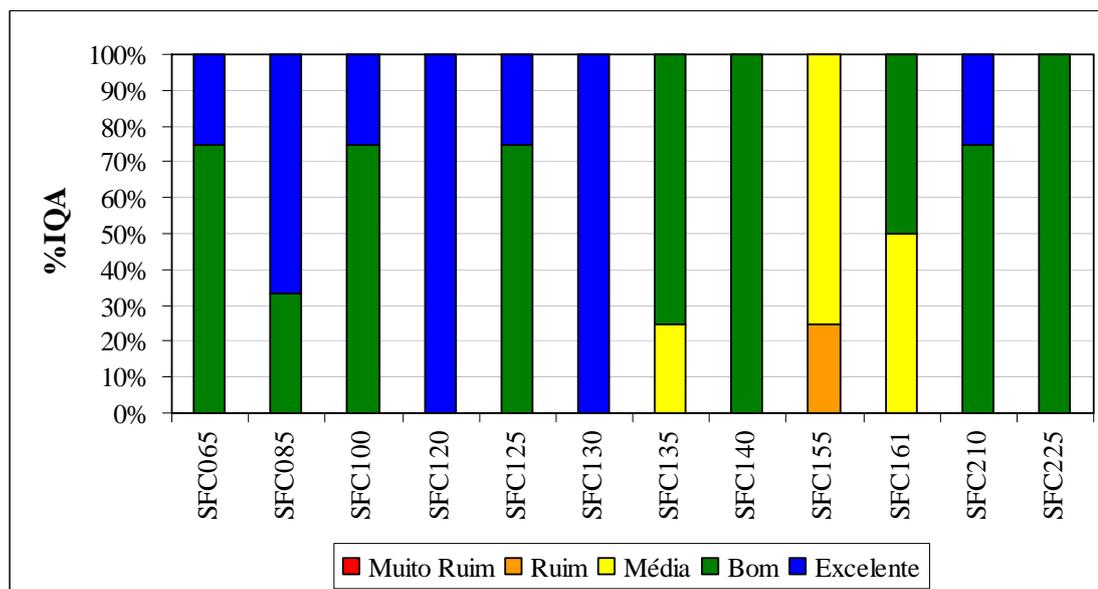


Figura 3.45 – Distribuição percentual das faixas do IQA por estação de amostragem em ambiente lêntico (zona fótica) no ano de 2005 - Convênio CODEVASF/IGAM

Relativamente à presença de componentes tóxicos em ambiente lótico (Figura 3.46), predominou CT Baixa, exceto nas estações localizadas no alto curso do rio Verde Grande (SFC050/VG001) e no rio do Vieira (SFC055/VG003), que apresentaram maior percentual de CT Alta, reforçando o quadro crítico de qualidade registrado por meio da operação da rede básica do Projeto Águas de Minas. As concentrações de nitrogênio amoniacal total foram responsáveis pela presença de contaminação em ambas as estações, além de chumbo total no rio Verde Grande. Esse metal foi também responsável pela CT Alta na campanha de dezembro no rio Gorutuba a montante da barragem Bico da Pedra (SFC115).

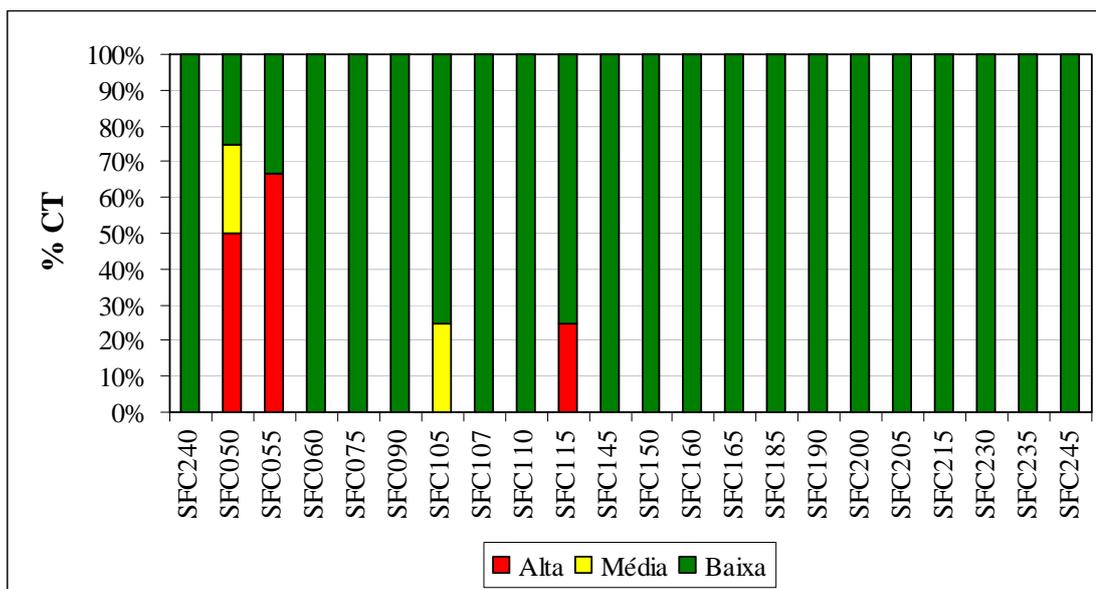


Figura 3.46 – Distribuição percentual das faixas de CT por estação de amostragem em ambiente lótico no ano de 2005 - Convênio CODEVASF/IGAM

Na zona fótica de ambientes lênticos a CT apontou nível Baixo em todas as estações de amostragem, conforme mostrado na Figura 3.47.

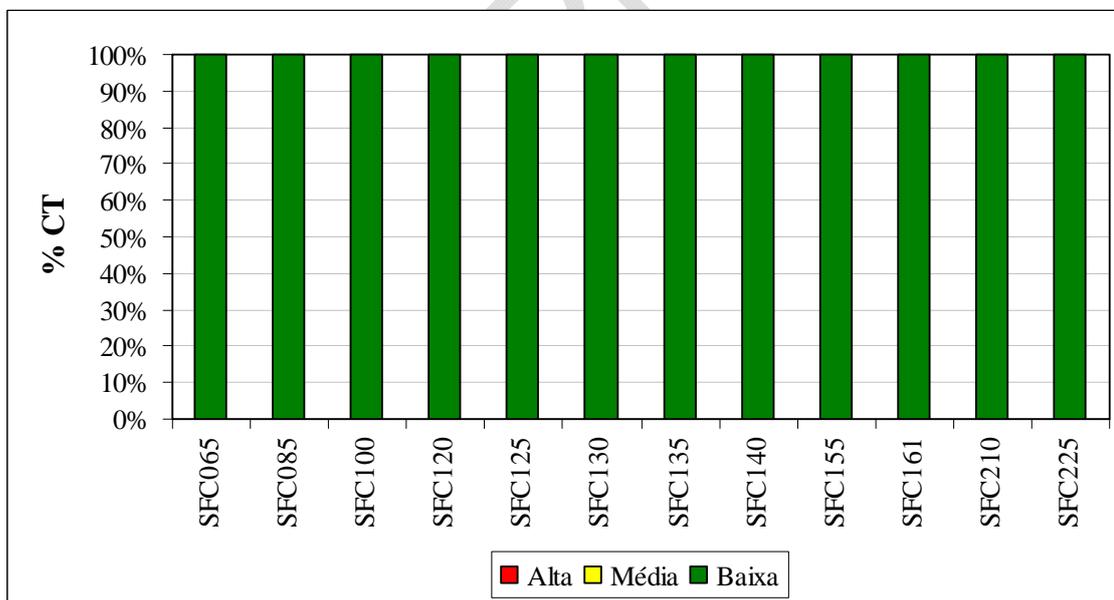


Figura 3.47 – Distribuição percentual das faixas de CT por estação de amostragem em ambiente lêntico (zona fótica) no ano de 2005 - Convênio CODEVASF/IGAM

O percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento, por variável e estação de amostragem estão apresentados no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 – Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no ano de 2005 Convênio CODEVASF/IGAM

Parâmetros	Estações de amostragem de águas superficiais																			
	SFC 240	SFC 050	SFC 055	SFC 060	SFC 065	SFC 075	SFC 085	SFC 090	SFC 100	SFC 105	SFC 107	SFC 110	SFC 115	SFC 120E	SFC 120F	SFC 125E	SFC 125F	SFC 130E	SFC 130F	
pH	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sólidos dissolvidos totais	0%	0%	33%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sólidos em suspensão totais	50%	50%	33%	0%	0%	0%	0%	25%	0%	25%	0%	25%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Turbidez	50%	50%	33%	0%	0%	0%	0%	25%	0%	50%	0%	25%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
OD	0%	25%	100%	0%	25%	50%	0%	25%	0%	0%	50%	25%	0%	0%	50%	0%	50%	0%	25%	25%
DBO	0%	75%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Fósforo total	50%	50%	100%	0%	75%	75%	67%	25%	50%	50%	100%	25%	25%	50%	50%	50%	75%	50%	50%	50%
Nitrogênio amoniacal total	0%	25%	100%	0%	0%	0%	33%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	0%	0%	0%
Nitrato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrito	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Coliformes termotolerantes	0%	75%	33%	0%	0%	25%	0%	25%	0%	50%	0%	50%	25%	0%	-	0%	-	0%	-	-
Cloreto total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sulfato total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Bário total	0%	0%	0%	0%	-	0%	-	0%	-	0%	0%	0%	0%	-	-	-	-	-	-	-
Cádmio total	0%	0%	0%	0%	-	0%	-	0%	-	0%	0%	0%	0%	-	-	-	-	-	-	-
Chumbo total	0%	50%	0%	0%	-	0%	-	0%	-	25%	0%	0%	25%	-	-	-	-	-	-	-
Ferro dissolvido	25%	50%	0%	0%	0%	25%	0%	0%	0%	33%	0%	25%	0%	0%	25%	0%	0%	0%	0%	25%
Manganês total	50%	50%	100%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	75%	0%	0%	0%	0%	25%	0%	25%	0%	0%	25%
Mercúrio total	0%	0%	0%	0%	-	0%	-	0%	-	0%	0%	0%	0%	-	-	-	-	-	-	-
Fenóis totais	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Quadro 3.2 – Continuação

Parâmetros	Estações de amostragem de águas superficiais																		
	SFC 135E	SFC 140E	SFC 140F	SFC 145	SFC 150	SFC 155	SFC 160	SFC 161	SFC 165	SFC 185	SFC 190	SFC 200	SFC 205	SFC 210	SFC 215	SFC 225	SFC 230	SFC 235	SFC 245
pH	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	33%	0%	25%	0%	25%	50%	0%	0%
Sólidos dissolvidos totais	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sólidos em suspensão totais	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%
Turbidez	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%
OD	0%	0%	25%	0%	100%	100%	75%	50%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	33%	25%
DBO	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Fósforo total	50%	50%	50%	0%	0%	75%	0%	75%	25%	25%	33%	0%	0%	75%	25%	50%	0%	0%	25%
Nitrogênio amoniacal total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	0%	0%	0%	0%
Nitrato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrito	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Coliformes termotolerantes	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	0%	33%	0%	25%	0%	25%	0%	25%	0%	0%
Cloreto total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sulfato total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Bário total	-	-	-	0%	0%	-	0%	-	0%	0%	0%	0%	0%	-	0%	-	0%	0%	0%
Cádmio total	-	-	-	0%	0%	-	0%	-	0%	0%	0%	0%	0%	-	0%	-	0%	0%	0%
Chumbo total	-	-	-	0%	0%	-	0%	-	0%	0%	0%	0%	0%	-	0%	-	0%	0%	0%
Ferro dissolvido	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	50%	33%	0%	75%	50%	75%	0%	25%	0%	25%
Manganês total	0%	0%	25%	0%	0%	25%	25%	100%	25%	100%	67%	0%	0%	0%	50%	25%	100%	0%	25%
Mercurio total	-	-	-	0%	0%	-	0%	-	0%	0%	0%	0%	0%	-	0%	-	0%	0%	0%
Fenóis totais	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: IGAM, 2008

Predominou comprometimento por lançamentos domésticos, retratado principalmente pela maior frequência de registros não conformes das variáveis sanitárias, fósforo total, oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes. Foi detectada presença do componente tóxico nitrogênio amoniacal total no alto curso do rio Verde Grande (SFC050/VG001), rio do Vieira (SCF055/VG003), barragem Canabrava (SFC085), córrego Canabrava (SFC090), barragem Bico da Pedra (SFC125F) e rio das Lajes (SFC215), e de chumbo total também na estação SFC050/VG001, rio Poções (SFC105) e rio Gortuba a montante da barragem Bico da Pedra (SFC115).

Merece destacar as ocorrências de ferro dissolvido e manganês total em teores superiores aos respectivos padrões de qualidade nas águas correntes, advindas de carga difusa, sobretudo relacionada à atividade agropecuária desenvolvida na região visto que esses metais são constituintes naturais do solo. Os parâmetros nitrato, nitrito, cloreto total, sulfato total, bário total, cádmio total, mercúrio total e fenóis totais não foram detectados em teores acima dos padrões de qualidade.

O quadro mais favorável foi identificado nas estações SFC060 e SFC145 localizadas nos rios São Domingos a montante da barragem São Domingos e Gortuba a jusante da barragem Bico da Pedra, respectivamente, visto que todos os resultados mostraram-se em conformidade com a legislação.

Ao contrário, as águas do rio do Vieira (SFC055/VG003) apontaram a pior condição de qualidade com todos os registros não conformes em relação a oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrogênio amoniacal total e manganês total, evidenciando sobrecarga de matéria orgânica e de nutrientes. Ademais, cabe salientar o percentual de 100% de ocorrências de concentrações de oxigênio dissolvido abaixo do limite inferior da legislação em várias estações localizadas no rio Gortuba (SFC150, SFC155, SFC165 e SFC190/VG009) e em seu afluente rio Mosquito (SFC185).

Quanto à verificação do impacto nas águas do rio São Francisco advindo do rio Verde Grande, a confrontação dos resultados das estações localizadas a montante e a jusante da confluência desse afluente, SFC240 e SFC245, respectivamente, revelou uma redução nos percentuais de resultados não conformes de montante para jusante para os parâmetros turbidez, sólidos em suspensão totais, manganês total e fósforo total. Para o ferro dissolvido não foram observadas variações. Porém, houve aumento nos percentuais de violação para oxigênio dissolvido, retratando piores condições de oxigenação das águas do rio São Francisco após receber o rio Verde Grande.

Nos ambientes represados predominaram águas com baixa dureza e nos trechos fluentes dos tributários predominou dureza moderada, exceto no rio do Vieira. Nesse afluente, no rio Verde Grande e na Lagoa Grande foram detectadas águas duras. Os resultados de alcalinidade total estiveram sistematicamente acima de 100 mg/L CaCO₃ no rio Verde Grande e no rio do Vieira superaram 300

mg/L CaCO₃, enquanto nos demais afluentes predominaram registros inferiores a 50 mg/L CaCO₃.

Quanto aos agrotóxicos, a avaliação ficou prejudicada para os parâmetros hexaclorobenzeno, lindano, heptacloro epóxido + heptacloro, aldrin + dieldrin, clordano (cis + trans), endossulfan (alfa + beta + sulfato), endrin, DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD) e metoxicloro, uma vez que o limite de quantificação analítico, igual a 0,1 µg/L, é superior ao limite da legislação, de forma que um conjunto expressivo de resultados teve que ser descartado.

Dentre os registros que puderam ser considerados, nas campanhas de abril e junho os teores dos parâmetros DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD) e Metoxicloro superaram os padrões de qualidade no rio Verde Grande a jusante da cidade de Jaíba (SFC110/VG005) e a jusante da confluência do rio Gorutuba (SFC235/VG011) e na sub-bacia do rio Gorutuba, no curso principal a montante da barragem Bico da Pedra (SFC115), na barragem da ASSIEG (SFC155) e a montante da confluência do rio Pacuí (SFC190/VG009), assim como na Lagoa Grande (SFC161), no rio Mosquito (SFC185) e a jusante da confluência com o rio Mosquito (SFC165). No rio São Francisco a jusante da foz do rio Verde Grande (SFC245) também foram detectados resultados não conformes para as citadas variáveis.

Cabe enfatizar que na sub-bacia do rio Gorutuba localiza-se o Perímetro Irrigado do Gorutuba, apoiado pela CODEVASF, com empreendimentos agrícolas e agroindustriais, de forma que a detecção de agrotóxicos nessas águas reflete o impacto advindo das atividades econômicas desenvolvidas na região, com repercussão no rio Verde Grande e até mesmo no rio São Francisco. Fator de preocupação associa-se ao fato do rio Gorutuba, no trecho localizado a jusante da Barragem Bico da Pedra e a montante da cidade de Janaúba, ser utilizado como área de lazer e recreação de contato primário.

Complementarmente, os ensaios de toxicidade realizados em setembro de 2005 com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*, apontaram efeito tóxico crônico no rio Gorutuba a montante da barragem Bico da Pedra (SFC115) e rio São Francisco a jusante da foz do rio Verde Grande (SFC245). Não foi observado efeito tóxico nas estações localizadas no rio Gorutuba a jusante da barragem Bico da Pedra (SFC145), a montante da barragem da ASSIEG (SFC150) e a jusante da confluência com o rio Mosquito (SFC165).

Quanto à avaliação hidrobiológica, no rio Verde Grande a jusante da cidade de Glaucilândia (SFC050/VG001), onde predominaram faixas de IQA Médio e Ruim, os macroinvertebrados também apontaram para condições de Poluição Moderada em junho de 2005 passando a Excessiva em setembro de 2005, quando só foram encontrados os moluscos *Melanoides tuberculatus* (espécie exótica).

No seu afluente rio do Vieira (SFC055/VG003) a situação retratada foi mais crítica, pois em ambas as campanhas os bioindicadores de baixa qualidade das

águas, quironomídeos e oligoquetas, classificaram as águas com Poluição Excessiva. Da mesma forma, o IQA mostrou nível de qualidade Muito Ruim e a CT apontou para águas com Alta contaminação tóxica.

Em relação às barragens São Domingos (SFC065), Canabrava (SFC085) e Pedro Jú (SFC100) e respectivos córregos a montante (SFC060) e a jusante (SFC090 e SFC105), as avaliações bióticas indicaram condições ambientais que variaram entre Boas e Médias. Os macroinvertebrados bentônicos classificaram o rio São Domingos com a melhor qualidade, indicando Escasso teor de matéria orgânica e o IQA esteve Bom em todas as coletas. Enquanto os pontos SFC090 e SFC105 se enquadraram com qualidade Média para o IQA na maioria das campanhas, os organismos zoobentônicos apontaram para ambientes impactados com predominância de oligoquetas no córrego Canabrava e de insetos quironomídeos e moluscos exóticos (*Corbicula fluminea*) e vetores da esquistosomose - *Biomphalaria sp* - no rio Poções.

No que se refere às águas lânticas das barragens, foi observado alta produtividade planctônica, de acordo com os resultados das densidades fito e zooplantônicas e também da clorofila *a*. Estes dados apontaram para o processo de eutrofização em que estes ambientes se encontram. Os valores do índice de Diversidade (*H'*) oscilaram muito ao longo do ano, acompanhando as ocorrências de altas abundâncias de apenas uma espécie. Este é o reflexo das condições de imaturidade das comunidades que ainda não alcançaram o equilíbrio nestes ambientes formados artificialmente.

Nos pontos do rio Verde Grande SFC075/VG004, SFC107/SFJ22, SFC110/VG005 e SFC235/VG011 deve-se ressaltar a presença e abundância dos moluscos invasores que possuem potencial de infestação no ambiente. Esta é uma condição de degradação ambiental, que após a instalação dos citados invasores, pode ocorrer um desequilíbrio entre as populações indígenas, culminando, às vezes, com a eliminação de espécies.

Quanto à qualificação pelos índices bióticos (BMWP/ASPT e Saprobiótico), o trecho compreendido entre as cidades de Capitão Enéas e Jaíba apontaram para Moderada quantidade de matéria orgânica, onde o IQA variou entre Médio a Bom. No entanto, segundo os resultados para o zoobentos no ponto SFC235/VG011, localizado após a confluência com o rio Gorutuba, as condições não se correlacionaram com o IQA Bom. Neste trecho, o rio Verde Grande mostrou uma macrofauna muito pobre, composta apenas por moluscos invasores em junho de 2005 e por larvas de quironomídeos e duas famílias de efemerópteros, em setembro de 2005. Como não foi detectada CT Alta em nenhum desses pontos, pode-se associar as condições de degradação das águas com a presença de esgotos domésticos ou mesmo com efeitos advindos da contaminação por agrotóxicos, uma vez que foi detectado DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD) e Metoxicloro em teores não conformes nas estações SFC110/VG005 e SFC235/VG011.

Relativamente à sub-bacia do rio Gorutuba, com o IQA predominantemente Bom no ponto SFC115, os macroinvertebrados bentônicos avaliaram o rio Gorutuba a montante da barragem Bico da Pedra com a melhor qualidade dentre os trechos monitorados, assim como seu afluente o rio Serra Branca (SFC200). Em ambos os pontos a caracterização para o teor de matéria orgânica foi Escassa e o IQA alcançou a nota Excelente em uma campanha no ponto SFC200.

Nas demais estações de amostragem, por apresentarem condições semi-lóticas, as avaliações foram realizadas por meio dos organismos planctônicos. Os melhores resultados foram encontrados no rio Gorutuba a jusante da barragem Bico da Pedra (SFC145). Neste ponto as comunidades fito e zooplanctônicas estiveram com densidades mais baixas e riquezas de espécies mais altas que refletiram no resultado do índice de Diversidade que caracteriza águas mais limpas. A faixa do IQA encontrada neste ponto também refletiu esta melhor condição, já que variou entre o nível Bom e Excelente.

Nos pontos localizados a jusante do ponto SFC145, quais sejam SFC150, SFC160/VG007 e SFC165, pode-se observar a evolução da degradação do ambiente aquático, com a invasão de plantas aquáticas em seu leito e despejos domésticos de forma disseminada. As condições mais impactantes para o meio aquático se relacionaram à baixa oxigenação e interferências físicas em seu leito. As populações planctônicas mostraram o reflexo destas alterações e o fitoplâncton apresentou restrições ao seu desenvolvimento e baixos resultados do índice de diversidade, enquanto o zooplâncton mostrou aumento do grupo dos protozoários que possuem alimentação saprofágica e suportam baixos teores de oxigênio dissolvido. O IQA neste trecho variou entre Ruim e Bom e os valores médios do índice biótico foi de Poluição Moderada

Na barragem da ASSIEG (SFC155) as contaminações por agrotóxicos e arsênio nos sedimentos denunciaram a deposição de carga de poluentes advinda da agricultura desenvolvida região. O IQA esteve entre Ruim e Médio e as populações planctônicas mantiveram baixas densidades e com os valores do índice de diversidade que classificaram o corpo de água com Poluição entre Fraca a Moderada.

Na barragem Bico da Pedra (SCF120, SFC130, SFC135 e SFC140) foi constatada a estratificação térmica e transparência mais alta apenas na área pelágica da barragem. A produtividade primária medida pela clorofila *a* esteve alta, assim como a riqueza e abundância das algas, indicando a evolução da eutrofização das águas. As clorófitas foram as mais abundantes seguidas das cianobactérias que mostraram valor máximo em março de 2005 de uma espécie não identificada, fator de preocupação uma vez que esse grupo possui espécies potencialmente produtoras de toxinas. No ponto SFC135, estação na “entrada” do braço do córrego Confisco houve indicação de aporte de matéria orgânica devido a proliferação de fitoflagelados, detectados ainda pelo IQA Médio, nota mais baixa dentre as estações de coleta desta represa. Os valores mais altos calculados para o índice biótico foram obtidos nos pontos SFC125 e SFC130 coincidindo com as notas mais altas apuradas para o IQA.

Na lagoa Grande (SFC161), marginal ao rio Gorutuba, as algas também estiveram com restrições ao seu desenvolvimento provocado principalmente pela pequena oferta de oxigênio dissolvido e proliferação de macrófitas. Os protozoários decompositores, como identificado no leito do rio Gorutuba coberto por plantas aquáticas, proliferaram e foram beneficiados pela oferta de matéria em decomposição. Desta forma, as algas indicaram Poluição Moderada e o zooplâncton Poluição Fraca, assim como o IQA, que se distribuiu entre Bom (50%) e Médio (50%).

O rio Mosquito (SFC185) apontou para o enriquecimento orgânico com densidades altas, tanto para o fito quanto para o zooplâncton em dezembro de 2005. Entretanto, as riquezas estiveram baixas nas primeiras campanhas e retrataram as condições observadas para a sub-bacia do rio Gorutuba com baixas concentrações de oxigênio dissolvido, águas paradas e material em decomposição. O zooplâncton, composto por organismos decompositores, indicou resultados mais altos do índice biótico, mas as algas mantiveram a classificação entre Poluição Forte a Moderada, como o IQA, que se distribuiu entre Ruim e Médio.

Na barragem das Lajes (SFC210) e na barragem da Gameleira (SFC225) as comunidades do plâncton avaliadas apontaram para alta produtividade, mas baixa riqueza de espécies e do índice de diversidade. Os respectivos pontos localizados a montante (SFC205) e a jusante (SFC215 e SFC230) destes barramentos indicaram, pela avaliação das comunidades da macrofauna, baixo teor de matéria orgânica e, portanto, boas condições dos biótopos. Os resultados para o IQA e a CT caracterizaram águas de boa qualidade e isentas de contaminações nas citadas estações de amostragem.

O rio Serra Branca (SFC200) a jusante da barragem Serra Branca apresentou a lista mais completa dentre os bioindicadores de boa qualidade das águas, em relação aos pontos avaliados, recebendo a maior nota do BMWP/ASPT. O índice saprobiótico também atribuiu a condição de águas de qualidade Excelente, assim como o IQA, que oscilou entre o nível Bom e Excelente.

A avaliação química dos sedimentos em 10 estações de amostragem (SFC055/VG003, SFC110/VG005, SFC115, SFC155, SFC165, SFC185, SFC190/VG009, SFC235/VG011, SFC240 e SFC245), mostrou na maioria das amostras a presença de arsênio, de natureza bioacumulativa, em concentrações acima do nível 2 (limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso à biota) estabelecido na Resolução CONAMA N° 344/2004. O maior registro foi detectado no rio do Vieira a jusante da cidade de Montes Claros (SFC055/VG003) em setembro de 2005, 122,6µg/g, mais de 7 vezes superior ao nível 2, sendo destacável também a concentração observada no corpo da barragem da ASSIEG (SCF155) no rio Gorutuba.

Quanto ao cromo, os registros foram inferiores ao nível 1, indicando baixa probabilidade de efeitos adversos à vida aquática nos rios Verde Grande a jusante

da cidade de Jaíba (SFC110/VG005), Gorutuba a jusante da confluência com o rio Mosquito (SFC165) e São Francisco a montante da foz do rio Verde Grande (SFC240). Nos demais pontos predominaram concentrações entre o nível 1 e 2, situação que ocasionalmente podem causar efeito tóxico desfavorável, exceto no rio do Vieira a jusante da cidade de Montes Claros (SFC055/VG003) que superaram o nível 2. Embora o ensaio de cromo total na água não conste da rede dirigida, os resultados do projeto Águas de Minas indicaram a presença desse metal em teores não conformes tanto no rio Verde Grande quanto nos afluentes rios do Vieira e Gorutuba, vinculando-se à presença desse metal nos sedimentos.

Também no rio do Vieira, foi detectada concentração de mercúrio pouco acima do nível 1, enquanto nas demais estações esse metal apontou baixos registros.

Em relação ao níquel, pelo menos um resultado em cada estação indicou probabilidade de efeitos adversos à biota, mostrando-se superior ao nível 1, exceto nos rios Verde Grande a jusante da cidade de Jaíba (SFC110/VG005), Gorutuba a jusante da confluência com o rio Mosquito (SFC165) e São Francisco a montante (SFC240) e a jusante (SFC240) da foz do rio Verde Grande com ambos os registros abaixo do nível 1. Salienta-se que no rio do Vieira (SFC055/VG003) houve superação do nível 2 e no rio Verde Grande a jusante da confluência com o rio Gorutuba (SCF235/VG011) a concentração mostrou-se próxima desse nível.

Os resultados de chumbo, cobre e zinco apresentaram-se abaixo do nível 1, indicando baixa probabilidade de efeitos prejudiciais à biota por meio desses metais.

Os outros componentes investigados (alumínio, bário, cálcio, estrôncio, ferro, lítio, magnésio, manganês, potássio, sódio, titânio, tungstênio, vanádio e zircônio) embora detectados nas amostras de sedimentos, não estão relacionados na Resolução CONAMA Nº 344/05. Relativamente ao manganês, os resultados obtidos foram comparados aos critérios adotados pela EPA - *United States Environmental Protection Agency*, que considera não poluído o sedimento com concentração desse metal inferior a 300 mg/kg, moderadamente poluído entre 300 mg/kg e 500 mg/kg e altamente poluído acima de 500 mg/kg. Na maioria das estações as concentrações de manganês estiveram abaixo de 300 mg/kg, indicando baixo potencial para acúmulo desse metal. Apenas no rio Verde Grande a jusante da confluência do rio Gorutuba (SFC235/VG011) foi detectado um resultado acima desse valor.

A partir do exposto, infere-se que os sedimentos do rio do Vieira possuem elevada capacidade de acúmulo de contaminantes.

➤ **Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros**

Os resultados da rede dirigida do projeto Estruturador da bacia do rio São Francisco, desenvolvido pelo IGAM na área do projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros, englobam 9 estações de amostragem na bacia do rio Verde Grande, implantadas com o objetivo de fornecer subsídios para avaliar a pertinência do estabelecimento de pontos adicionais na rede básica para aperfeiçoar o conhecimento da qualidade da água e dos efeitos das fontes de poluição difusa, em especial o impacto decorrente do uso de fertilizantes e agrotóxicos na agricultura, atividade relevante na economia regional.

A distribuição percentual das faixas do IQA por estação de amostragem, relativa ao intervalo de junho de 2006 a dezembro de 2008, está ilustrada na Figura 3.48. Apenas no rio Caititu (SF15) não foi detectado IQA Ruim, mas apenas as faixas de IQA Médio e Bom, com prevalência da última, representando o melhor quadro dentre as estações monitoradas. Também no rio Arapaim (SFJ21) prevaleceu IQA Bom.

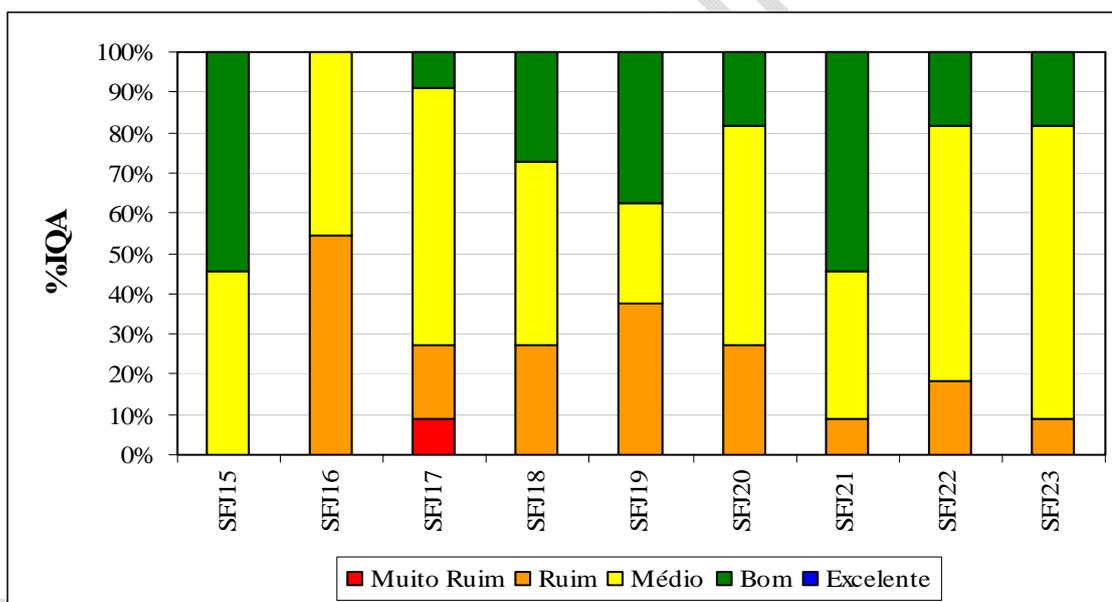


Figura 3.48 – Distribuição percentual das faixas do IQA por estação de amostragem no período de jun/2006 a dez/2008 - Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros

As condições mais críticas em termos de IQA, por influência dos parâmetros fósforo total, turbidez, coliformes termotolerantes e oxigênio dissolvido, foram observadas no rio Suçupara (SFJ17) com 9% e 18% dos valores nas faixas Muito Ruim e Ruim, respectivamente, no rio Verde Grande a jusante do rio Caititu (SFJ16) com predominância do IQA Ruim (55%) e no rio Quem Quem (SFJ19) com equivalência entre os níveis Ruim (38%) e Bom (38%).

A interferência sazonal na distribuição dos valores do IQA pode ser avaliada pelas Figuras 3.49 e 3.50, que apresentam a integração dos dados no período de chuva e na estiagem, respectivamente. Foi nítida a piora na estação chuvosa em todas as estações, com substancial aumento nos percentuais da faixa Ruim e redução do IQA Bom, devido especialmente aos resultados de turbidez e coliformes termotolerantes.

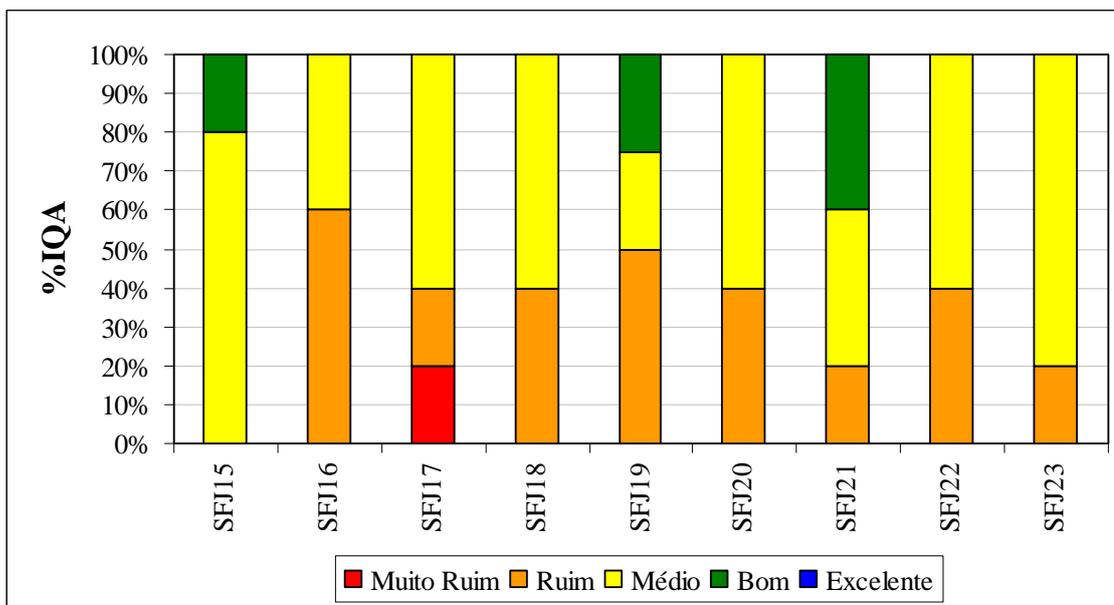


Figura 3.49 – Distribuição percentual das faixas do IQA por estação de amostragem no período de chuva de jun/2006 a dez/2008 - Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros

De forma inversa, na estiagem a faixa de IQA Bom ocorreu em oito estações, exceto no rio Verde Grande a jusante do rio Caititu (SFJ016) e houve generalizado decréscimo nos percentuais de IQA Ruim.

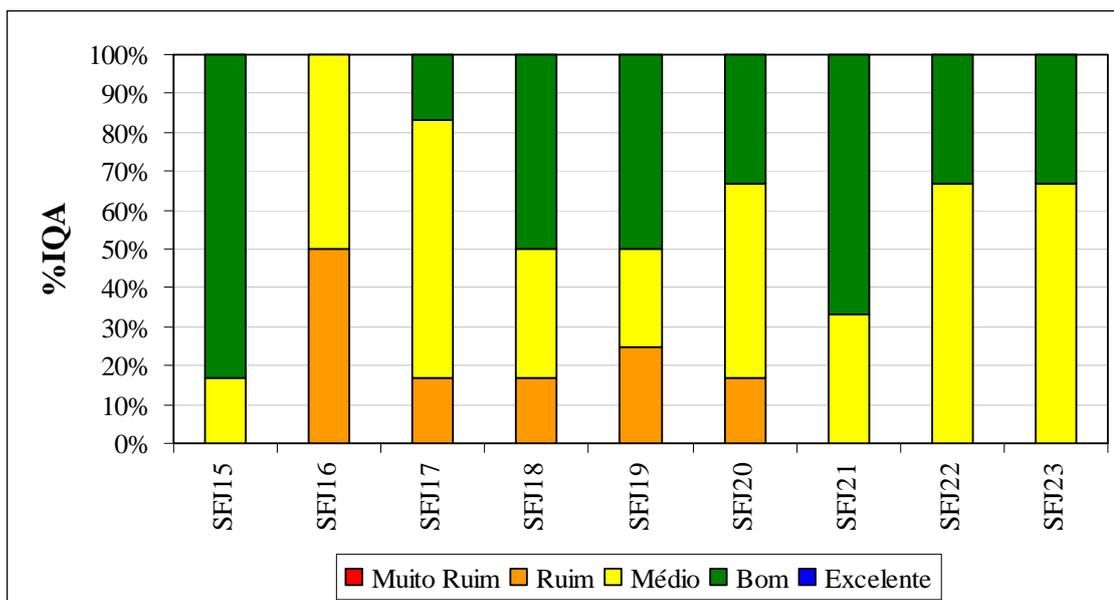


Figura 3.50 – Distribuição percentual das faixas do IQA por estação de amostragem no período de estiação de jun/2006 a dez/2008 - Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Vargem Alegre e Montes Claros

Quanto à Contaminação por Tóxicos, como mostrado na Figura 3.51, predominou a categoria Baixa em todas as estações. No entanto, ocorreu CT Alta no rio Verde Grande nas estações SFJ16, SFJ18 e SFJ20 e no seu afluente rio Saçuapara (SFJ17), por influência dos metais cobre dissolvido e chumbo total e do nitrogênio amoniacal total.

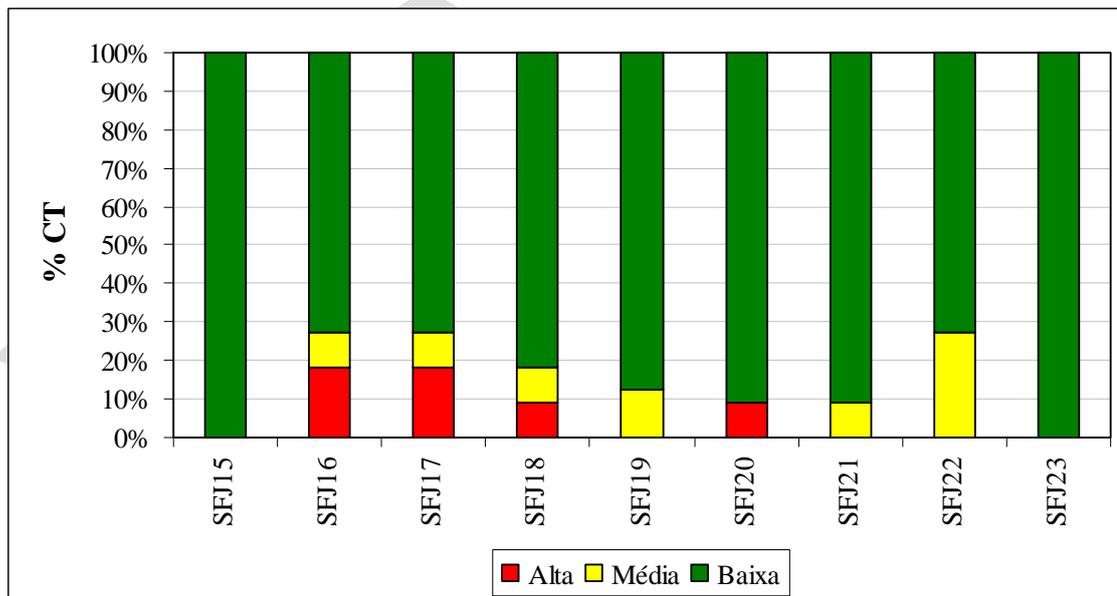


Figura 3.51 – Distribuição percentual das faixas de CT por estação de amostragem no período de jun/2006 a dez/2008 - Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Vargem Alegre e Montes Claros

A agregação dos dados de CT associada à sazonalidade, por estação de amostragem, indicou a predominância de pior condição no período de chuva (Figura 3.52), em comparação à época de estiagem (Figura 3.53). Apenas nas estações SFJ16 e SFJ18 localizadas no rio Verde Grande a jusante das confluências dos rios Caititu e Suçuapara, respectivamente, o quadro de qualidade foi mais favorável nas chuvas. No rio Caititu (SFJ15) e no rio Verde Grande a montante de Jaíba (SFJ23) nos dois períodos foi verificada 100% de CT Baixa.

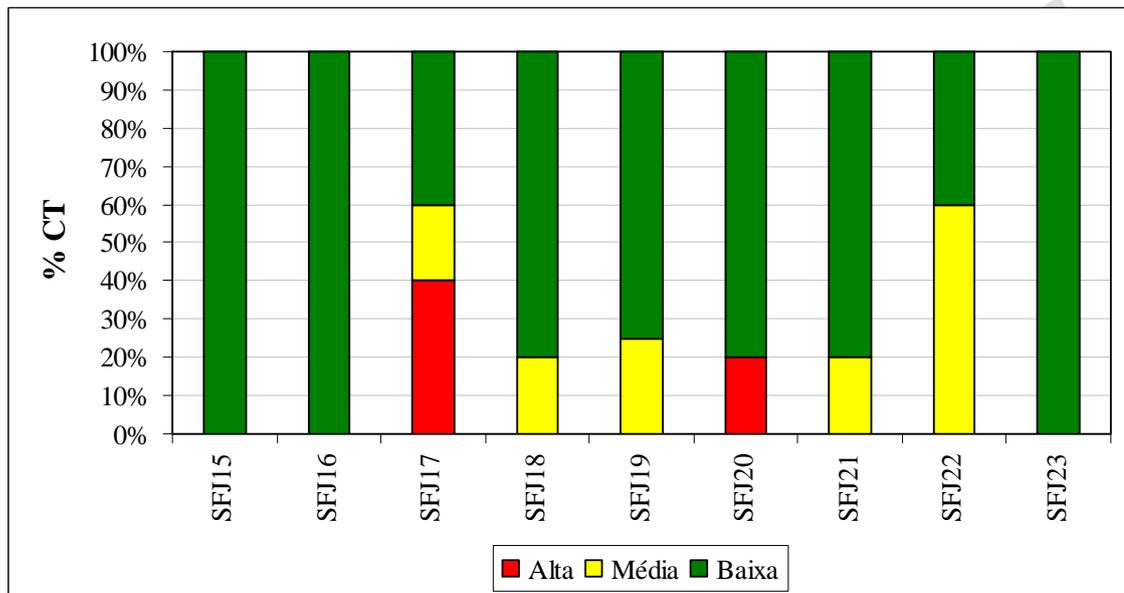


Figura 3.52 – Distribuição percentual das faixas de CT por estação de amostragem no período de chuva de jun/2006 a dez/2008 - Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Vargelândia e Montes Claros

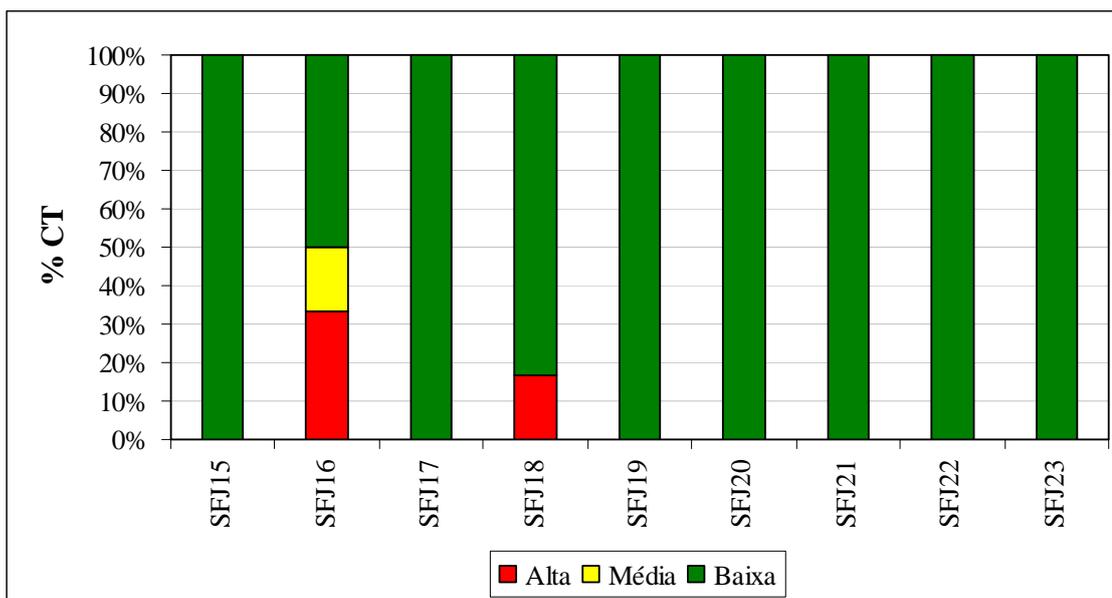


Figura 3.53 – Distribuição percentual das faixas de CT por estação de amostragem no período de estiagem de jun/2006 a dez/2008 - Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros

Vale salientar que os trechos do rio Verde Grande nas estações SFJ16 e SFJ18 sofrem impacto negativo das águas do rio do Vieira, que deságua no curso principal a montante do rio Caititu. Conforme dados do projeto Águas de Minas apresentados anteriormente, no período chuvoso mais de 80% dos valores de CT no rio do Vieira enquadraram-se na faixa Alta. Ao longo de seu percurso, o rio Verde Grande mostrou expressiva recuperação, seja pela autodepuração de poluentes ou aporte de afluentes de qualidade satisfatória, de forma que a jusante da confluência do rio Quem Quem, estação SFJ20, a CT Alta não foi mais observada. Ressalte-se, contudo a possibilidade dos componentes tóxicos transportados estarem se depositando na calha do rio Verde Grande.

Os percentuais de não atendimento aos padrões de qualidade da classe de enquadramento, por variável e estação de amostragem estão apresentados no Quadro 3.3.

Quadro 3.3 – Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de jun/2006 a dez/2008 - Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros

Parâmetros	Estações de amostragem de águas superficiais								
	SFJ15	SFJ16	SFJ17	SFJ18	SFJ19	SFJ20	SFJ21	SFJ22	SFJ23
pH	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sólidos dissolvidos totais	18%	9%	9%	0%	25%	0%	0%	0%	0%

Parâmetros	Estações de amostragem de águas superficiais								
	SFJ15	SFJ16	SFJ17	SFJ18	SFJ19	SFJ20	SFJ21	SFJ22	SFJ23
Sólidos em suspensão totais	0%	18%	36%	0%	0%	27%	9%	9%	18%
Turbidez	9%	27%	55%	18%	25%	36%	9%	36%	18%
Cor verdadeira	27%	36%	45%	36%	38%	36%	18%	36%	27%
OD	0%	100%	9%	36%	38%	18%	0%	18%	36%
DBO	0%	36%	0%	9%	0%	9%	0%	0%	0%
Fósforo total	0%	73%	9%	64%	25%	55%	0%	45%	9%
Nitrogênio amoniacal total	0%	18%	0%	9%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Coliformes termotolerantes	27%	27%	45%	18%	0%	27%	27%	9%	27%
Cloreto total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sulfato total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cádmio total	0%	0%	9%	0%	0%	0%	0%	9%	0%
Chumbo total	0%	0%	18%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cobre dissolvido	9%	9%	9%	9%	13%	9%	9%	27%	9%
Ferro dissolvido	9%	9%	18%	9%	13%	18%	0%	18%	0%
Manganês total	18%	55%	55%	9%	13%	27%	18%	18%	9%
Fenóis totais	0%	9%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte; IGAM, 2008

Foi significativo o comprometimento por despejos de esgotos domésticos, retratado principalmente pela maior frequência de registros não conformes das variáveis sanitárias, sólidos em suspensão totais, turbidez, fósforo total, oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes.

Relativamente aos componentes tóxicos, em todas as estações foram registradas concentrações de cobre dissolvido superiores ao padrão de qualidade, provavelmente em decorrência do uso de agrotóxicos contendo esse metal, denotando nítida interferência das atividades agrícolas na degradação das águas dessa bacia.

No rio Verde Grande foram detectados teores não conformes de nitrogênio amoniacal total (SFJ16 e SF18) e fenóis totais (SFJ16), que devem ser provenientes das águas do rio Vieira. Já no rio Suçupara (SF17) ocorreram teores não conformes de chumbo total e cádmio total, também encontrado no rio Verde Grande (SFJ22).

Relativamente aos agrotóxicos, não obstante todos os resultados tenham sido inferiores ao limite de quantificação do método de análise utilizado, a maior parte das variáveis apresenta padrão legal inferior a esse limite, de forma que a avaliação da presença de agrotóxicos em teores prejudiciais ficou comprometida por falta de sensibilidade analítica.

A variabilidade dos resultados de quatorze parâmetros relevantes selecionados, por estação de amostragem, foi analisada por meio dos gráficos *Box Plot*, visualizados nas Figuras 3.54 a 3.67. De maneira geral ocorreram maiores dispersões de valores nas águas dos afluentes rios Suçuapara (SFJ17) e Quem Quem (SFJ19) e no rio Verde Grande a jusante do rio Caititu (SFJ16), trecho onde ficou ratificado o substancial impacto negativo advindo das águas do rio do Vieira. Salienta-se, entretanto, que houve gradativa recuperação da qualidade das águas do rio Verde Grande ao longo de seu percurso, quadro que aponta para a possível ocorrência de deposição de componentes tóxicos nos sedimentos fluviais.

As medidas de pH (Figura 3.54) variaram em faixa levemente básica. Os resultados de condutividade elétrica (Figura 3.55) mostraram medianas elevadas, entre 300 $\mu\text{mho/cm}$ e 600 $\mu\text{mho/cm}$ e as concentrações de sólidos dissolvidos totais (Figura 3.56) confirmaram a expressiva presença de íons dissolvidos. Quanto aos sólidos em suspensão totais (Figura 3.57) e turbidez (Figura 3.58) realçaram-se os registros máximos no rio Suçuapara (SFJ17), respectivamente, 7.516 mg/L e 15.450,0 UNT, e a grande dispersão dos valores, indicando contribuição de carga difusa nesta sub-bacia. As medidas de cor verdadeira (Figura 3.59) apresentaram maior dispersão no rio Verde Grande nas estações SFJ20 e SFJ22, a partir da confluência com o rio Quem Quem, assim como nesse tributário (SFJ19).

Predominaram medianas de concentrações de DBO (Figura 3.60) em conformidade legal, destacando-se a variabilidade dos dados do rio Verde Grande na estação SFJ16, sob influência do rio do Vieira. Os teores de oxigênio dissolvido (Figura 3.61) apontaram desconformidade legal em todas as estações, cabendo salientar a prevalência de restrição de oxigenação no citado trecho do rio Verde Grande. Também prevaleceram baixos níveis de oxigenação nas estações SFJ18 e SFJ23, situadas no rio Verde Grande, e no rio Quem Quem (SFJ19).

Os resultados de fósforo total (Figura 3.62) e nitrogênio amoniacal total (Figura 3.63) indicaram grande variabilidade de teores no curso principal na estação SFJ16, a jusante do rio Caititu e sob influência do rio do Vieira. Merece destaque os máximos diferenciados tanto nesse segmento do rio Verde Grande quanto na estação SFJ18, a jusante do rio Suçuapara, onde foi detectado 7,4 mg/L de nitrogênio amoniacal total. As medianas das contagens de coliformes termotolerantes (Figura 3.64) atenderam ao padrão legal, ocorrendo contagens máximas substanciais nos rios Suçuapara (SFJ17) e Verde Grande (SFJ20), respectivamente, de 160.0000 NMP/100mL e 50.000 NMP/100mL, refletindo o grande aporte de carga difusa.

Relativamente aos metais, as medianas dos teores de ferro dissolvido (Figura 3.65) mostraram-se em conformidade com o padrão de qualidade, ocorrendo máximos não conformes na maioria das estações. Quanto ao manganês total (Figura 3.66) predominaram medianas inferiores ao limite da legislação. Cabe evidenciar os registros máximos desses metais no rio Suçuapara (SFJ17), juntamente com o resultado de demanda química de oxigênio de 204 mg/L, novamente sugerindo poluição de origem difusa.

Os resultados do componente tóxico fenóis totais (Figura 3.67) na grande maioria atenderam a legislação. Apenas no rio Verde Grande a jusante do rio Caititu (SFJ16) ocorreu teor máximo não conforme, provavelmente originado do rio do Vieira.

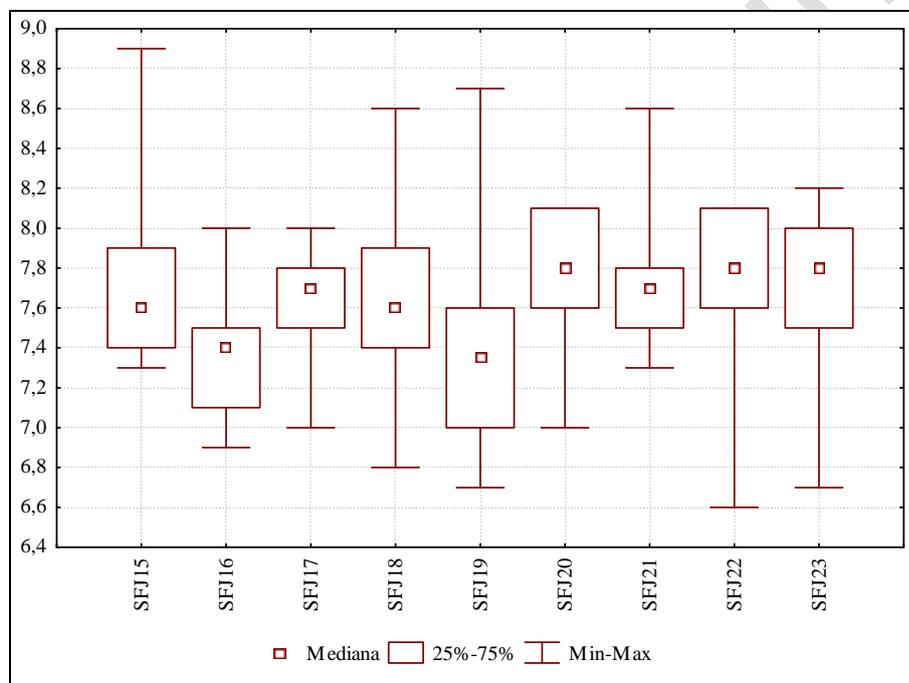


Figura 3.54 – Gráfico *Box Plot* dos dados de pH no período de jun/2006 a dez/2008 - Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros

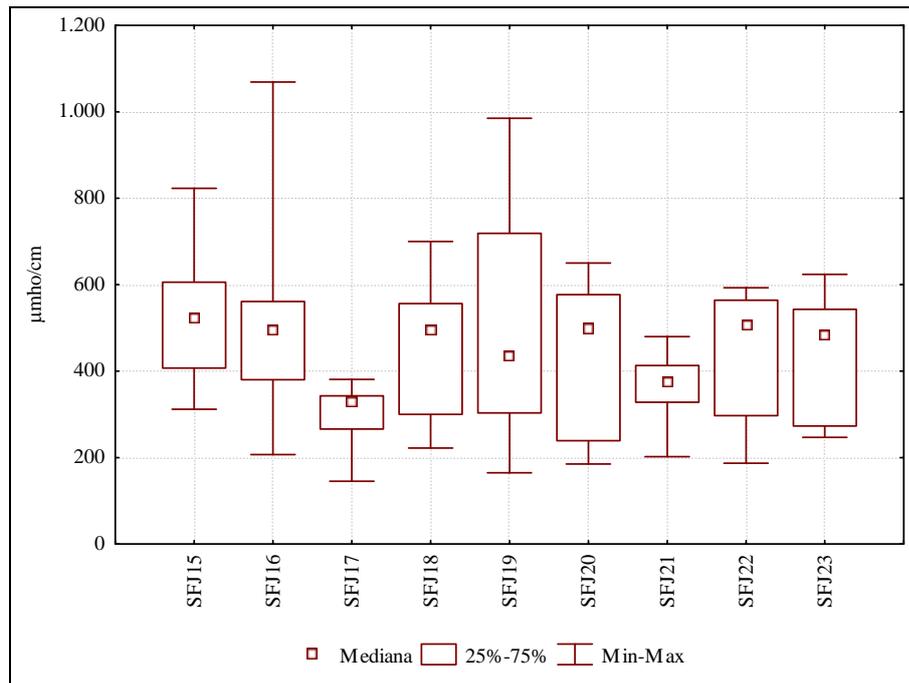


Figura 3.55 – Gráfico *Box Plot* dos dados de condutividade elétrica no período de jun/2006 a dez/2008 - Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros

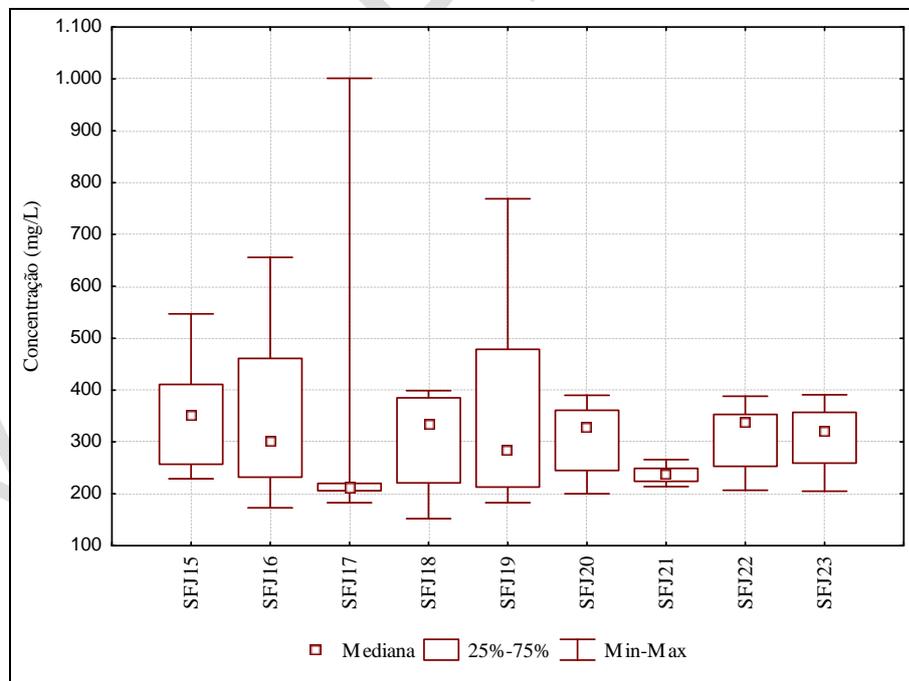


Figura 3.56 – Gráfico *Box Plot* dos dados de sólidos dissolvidos totais no período de jun/2006 a dez/2008 - Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros

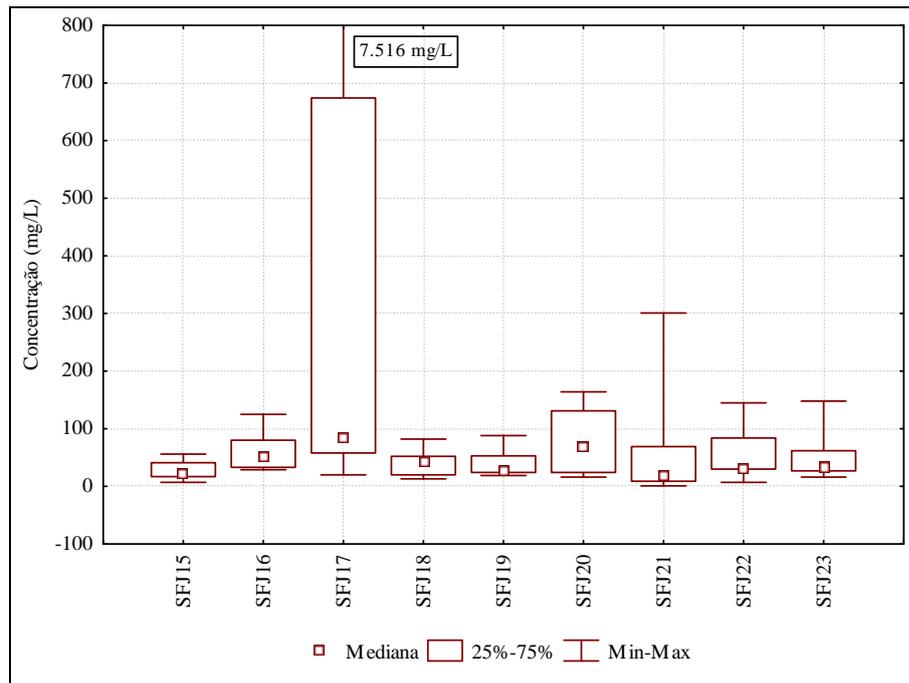


Figura 3.57 – Gráfico *Box Plot* dos dados de sólidos em suspensão totais no período de jun/2006 a dez/2008- Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros

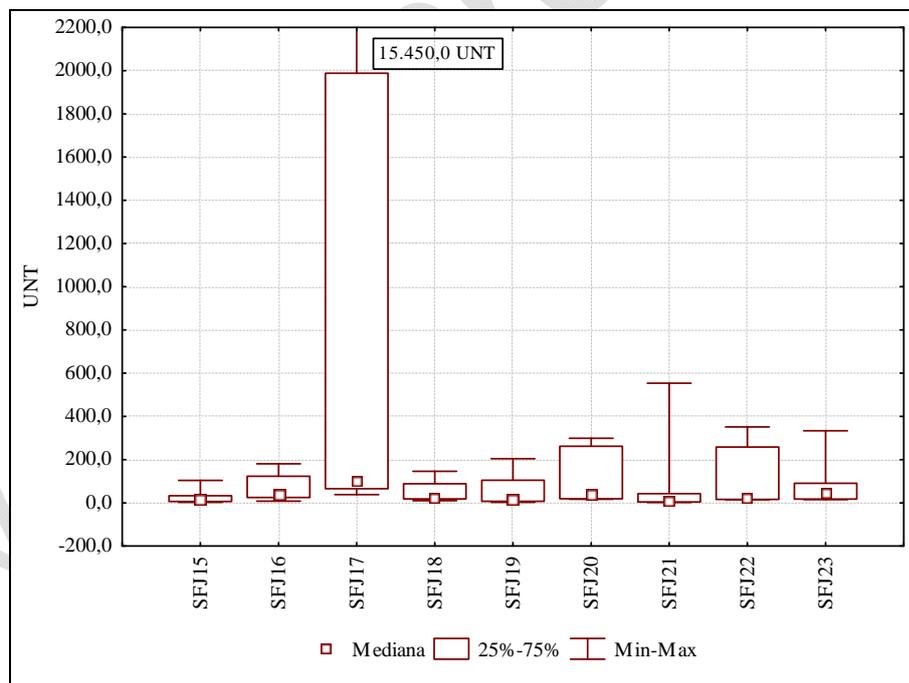


Figura 3.58 – Gráfico *Box Plot* dos dados de turbidez no período de jun/2006 a dez/2008 - Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros

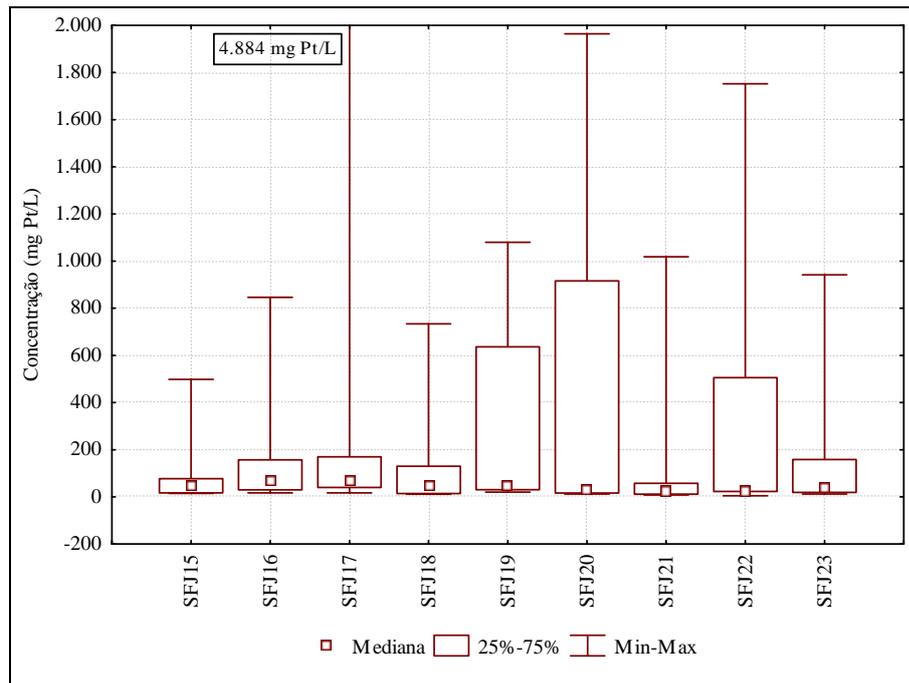


Figura 3.59 – Gráfico *Box Plot* dos dados de cor verdadeira no período de jun/2006 a dez/2008 - Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Vazzelândia e Montes Claros

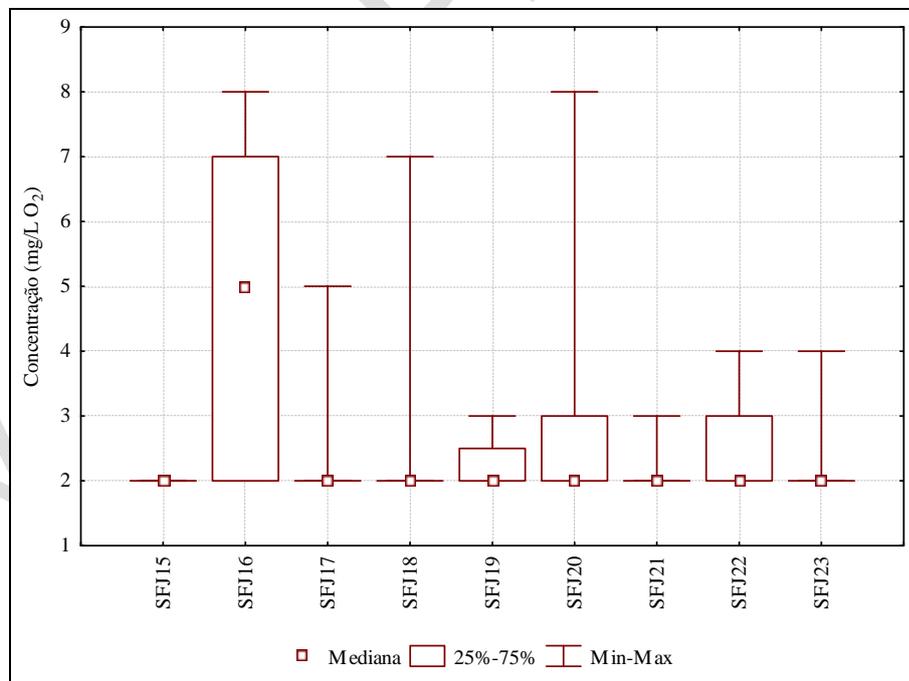


Figura 3.60 – Gráfico *Box Plot* dos dados de demanda bioquímica de oxigênio no período de jun/2006 a dez/2008 - Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Vazzelândia e Montes Claros

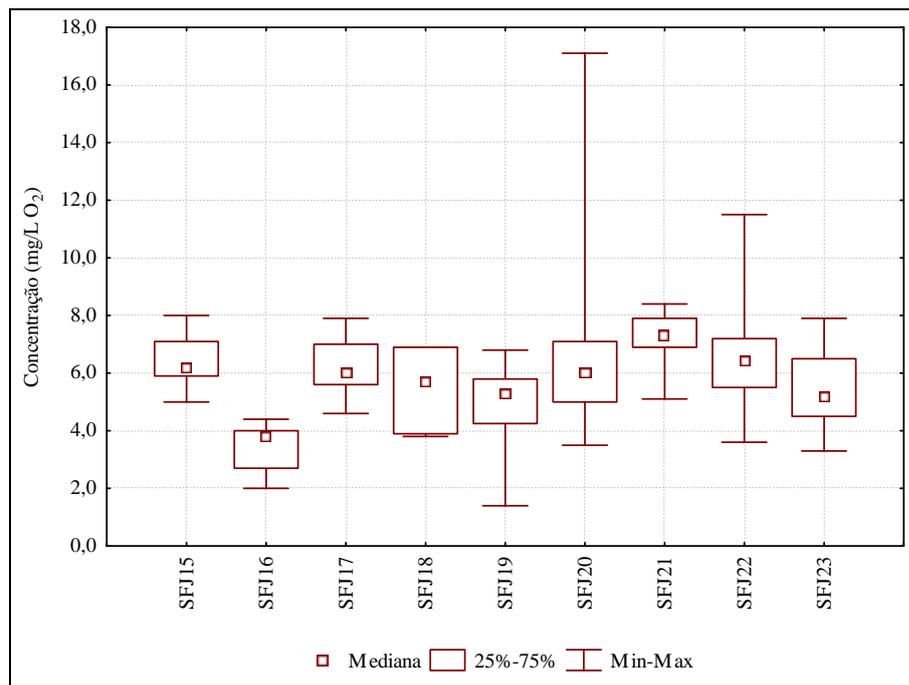


Figura 3.61 – Gráfico *Box Plot* dos dados de oxigênio dissolvido no período de jun/2006 a dez/2008 - Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros

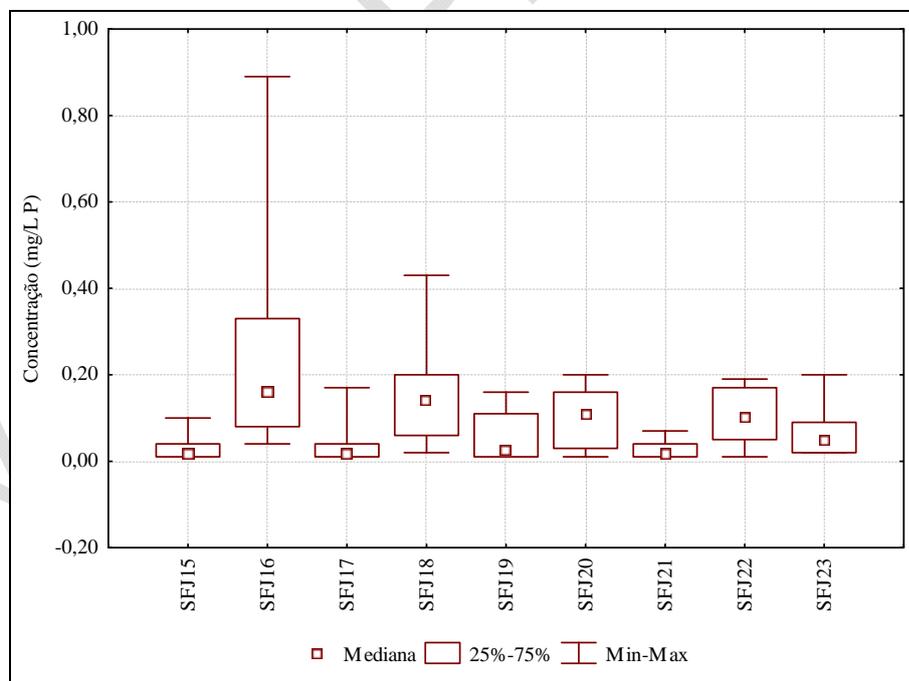


Figura 3.62 – Gráfico *Box Plot* dos dados de fósforo total no período de jun/2006 a dez/2008 - Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros

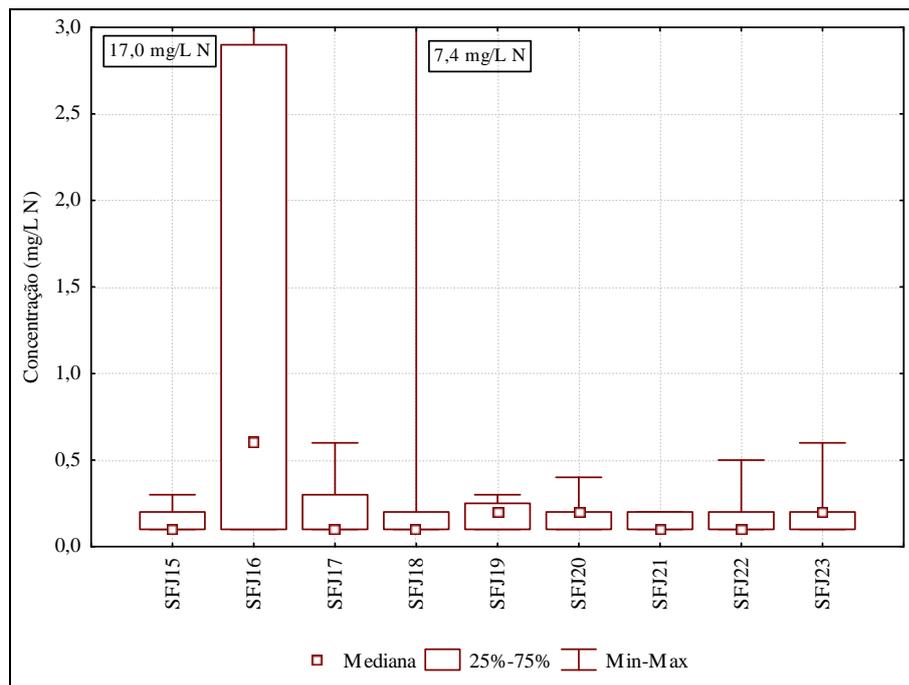


Figura 3.63 – Gráfico *Box Plot* dos dados de nitrogênio amoniacal total no período de jun/2006 a dez/2008 - Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros

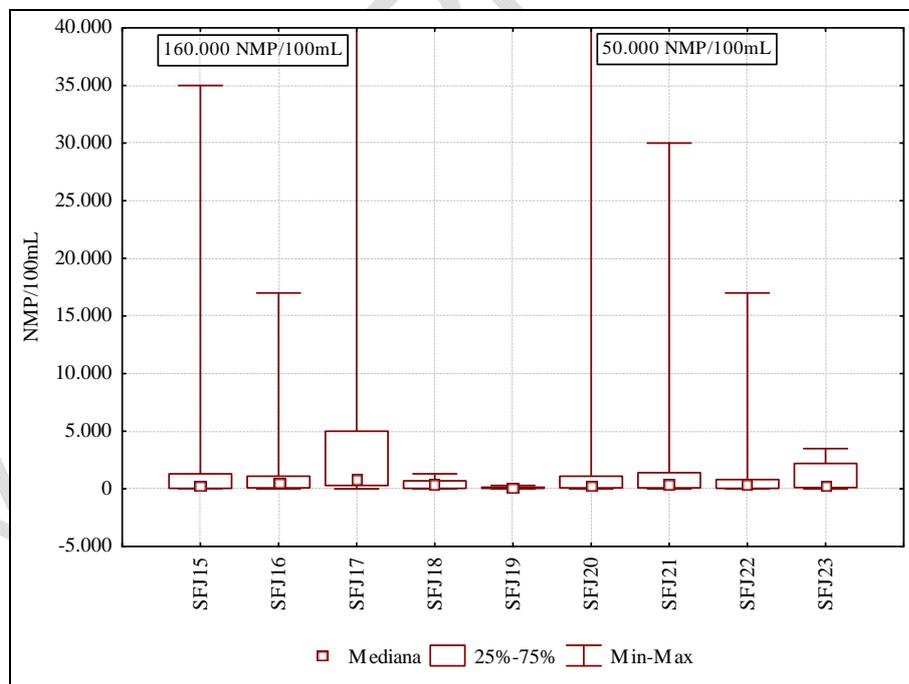


Figura 3.64 – Gráfico *Box Plot* dos dados de coliformes termotolerantes no período de jun/2006 a dez/2008 - Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros

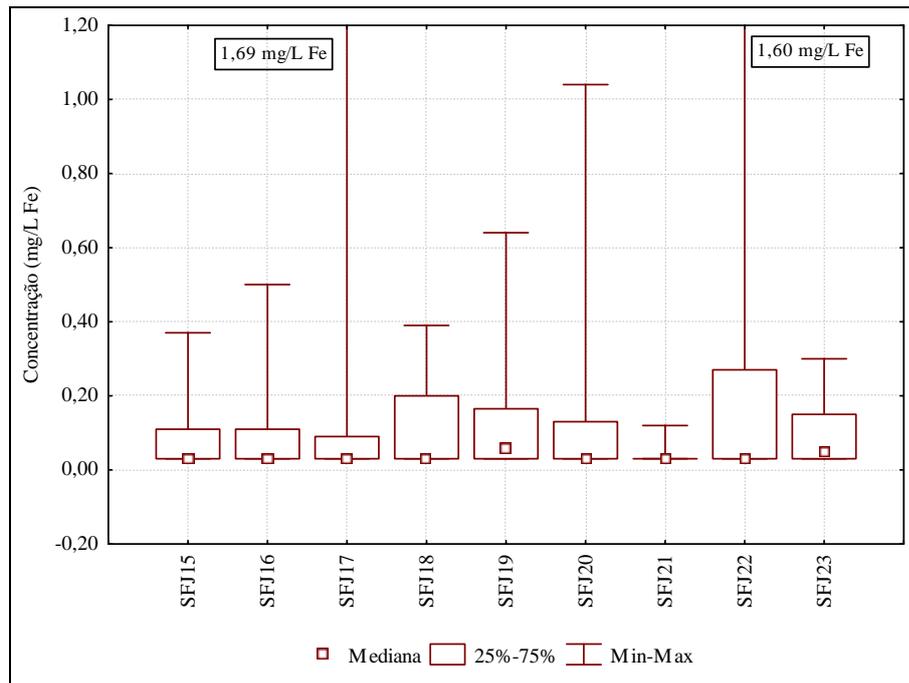


Figura 3.65 – Gráfico *Box Plot* dos dados de ferro dissolvido no período de jun/2006 a dez/2008 - Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros

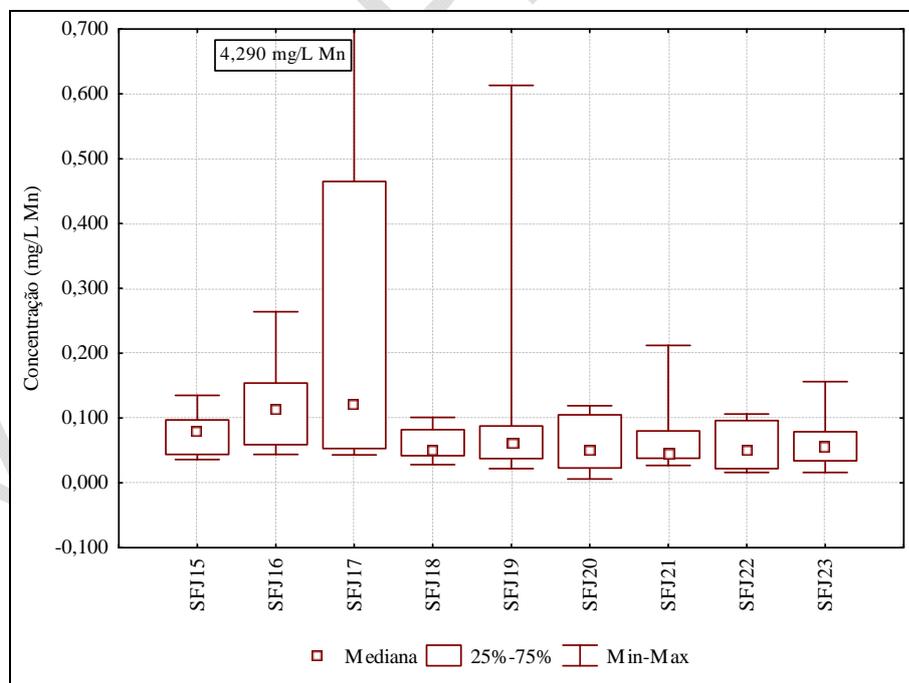


Figura 3.66 – Gráfico *Box Plot* dos dados de manganês total no período de jun/2006 a dez/2008 - Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros

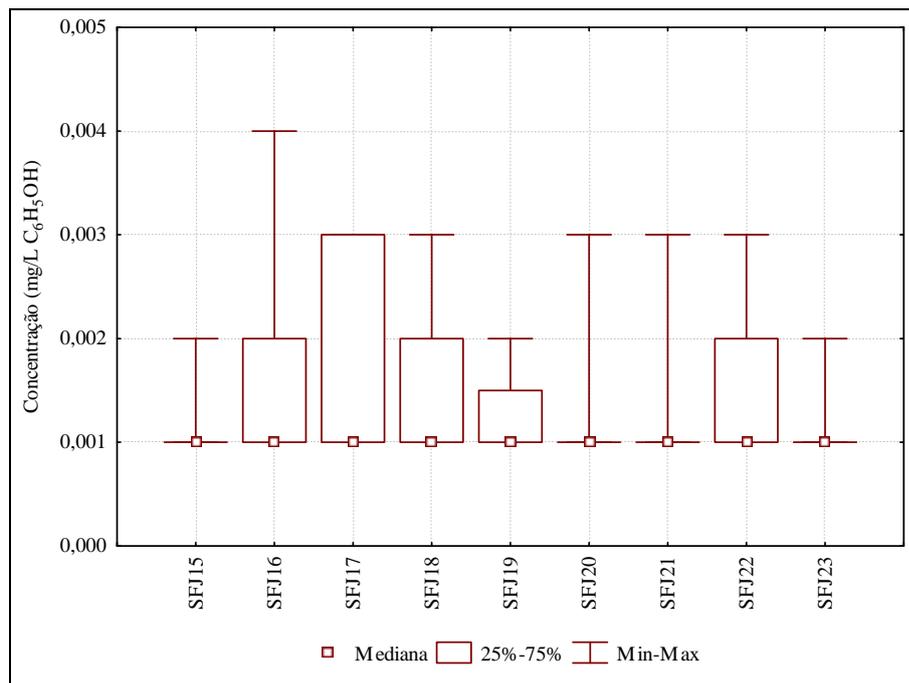


Figura 3.67 – Gráfico *Box Plot* dos dados de fenóis totais no período de jun/2006 a dez/2008 - Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros

Com relação aos ensaios ecotoxicológicos utilizando o organismo *Ceriodaphnia dubia*, como ilustrado no Quadro 3.4 em todas as estações foi observado pelo menos um resultado positivo para toxicidade crônica, apontando para fragilidade das águas quanto à proteção das comunidades aquáticas.

Os quadros mais críticos nos afluentes foram identificados nos rios Suçupara (SFJ17) e Arapoim (SFJ21), que atingiram efeito tóxico crônico em 55% e 44% das amostras testadas, respectivamente. Também no rio Verde Grande em seu curso inferior antes do aporte das águas do rio Gortuba, estações SFJ20 e SFJ23, foram verificados em ambos os trechos 44% de registros com toxicidade crônica. A correlação do efeito tóxico com os resultados das análises químicas efetuadas apontou, principalmente, a vinculação com os metais pesados cobre dissolvido, chumbo total e cádmio total, além de nitrogênio amoniacal total no rio Verde Grande.

Quadro 3.4 – Efeito tóxico observado no período de jun/2006 a jun/2008 - Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros

Mês e ano da campanha	Estações de amostragem de águas superficiais								
	SFJ15	SFJ16	SFJ17	SFJ18	SFJ19	SFJ20	SFJ21	SFJ22	SFJ23
Jun/2006	Crônico	Ausente	Ausente	Crônico	Ausente	Crônico	Ausente	Crônico	Crônico
Set/2006	Ausente	Ausente	Crônico	Ausente	Ausente	Crônico	Crônico	Ausente	Crônico
Nov/2006	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Crônico	Ausente	Crônico	Crônico
Abr/2007	Ausente	Crônico	Crônico	Ausente	Crônico	Crônico	Crônico	Crônico	Ausente
Jun/2007	Ausente	Ausente	Crônico	Crônico	Crônico	Ausente	Crônico	Ausente	Ausente
Set/2007	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-	Ausente	Ausente	-	Ausente
Dez/2007	Ausente	Ausente	Crônico	Ausente	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Mar/2008	Ausente	Ausente	Crônico	Ausente	Ausente	Ausente	Crônico	Ausente	Ausente
Jun/2008	Ausente	Crônico	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Crônico

Fonte: IGAM, 2008

No que se refere à avaliação da biodiversidade, no trecho da bacia do rio Verde Grande a jusante da confluência com o rio Caititu e a montante de Jaíba, foram identificados 3 Filos para os macroinvertebrados aquáticos: Arthropoda, Annelida e Mollusca. Dentre estes, foram listadas 20 Famílias de larvas de insetos (Artrópodes), os vermes anelídeos das classes oligoquetas e hirudíneos e moluscos bivalves corbiculídeos e de gastrópodes de 5 Famílias. A relação com os táxons identificados e o número de organismos contados nas amostras encontram-se nos Quadros I a IX anexos.

Com relação à diversidade de táxons da comunidade zoobentônica relacionados nestas 3 campanhas de coleta, pode-se perceber que as larvas de insetos perfizeram o maior número de táxons identificados. Em seguida vieram os moluscos, que apresentaram representantes de 5 gêneros: *Biomphalaria*, *Corbicula*, *Neocorbicula*, *Physa* e *Melanoides*.

Os moluscos são organismos muito comuns e abundantes em águas alcalinas das regiões do Norte de Minas Gerais. Mas a relevância das ocorrências dos gêneros e espécies identificadas se deve aos vetores de doenças (*Biomphalaria*) e aos moluscos invasores (*Corbicula fluminea* e *Melanoides tuberculata*). No rio Verde Grande, com exceção da estação SFJ23, e no rio Caititu (SFJ15) o gastrópode vetor da esquistossomose mansônica esteve presente. Esta é uma doença de veiculação hídrica e o norte e nordeste de Minas Gerais, bacias do rio São Francisco e Jequitinhonha, são consideradas endêmicas para a "xistose".

Ressalte-se que as espécies invasoras, que são organismos exóticos que apresentam grande capacidade reprodutora e considerável poder adaptativo ao ambiente que colonizam, constituem ameaça à biota local. Estas duas espécies são originárias da Ásia e ocorrem no continente Africano e tem distribuição em vários países devido ao seu potencial de invasão. No Brasil estes moluscos foram reportados nas bacias hidrográficas a partir da década de 60 e a disseminação vem aumentando em área e em abundância em todos os estados. Como proliferam com rapidez e em grandes densidades, provocam um desequilíbrio no ecossistema natural podendo eliminar espécies indígenas e produzindo poluição.

Com relação à ocorrência percentual dos grupos taxonômicos dos macroinvertebrados aquáticos (Figura 3.68) ficou perceptível que neste trecho da bacia do rio Verde Grande os moluscos apresentaram o maior número de indivíduos nas amostras. No entanto, quando se considera apenas as análises dos afluentes, o percentual dos moluscos decai e os insetos tricópteros, dípteros e efemerópteros perfazem a maior parte dos organismos contados. A maior abundância absoluta das famílias de Trichoptera e Ephemeroptera é indicativa de uma melhor condição dos afluentes, em relação ao rio Verde Grande, na medida em que estes organismos possuem maior exigência de qualidade ambiental. Os pontos do rio Verde Grande, por sua vez, mostraram abundância superior para os moluscos seguidos das larvas de quironomídeos (Diptera) que são indicadores de ambientes mais impactados.

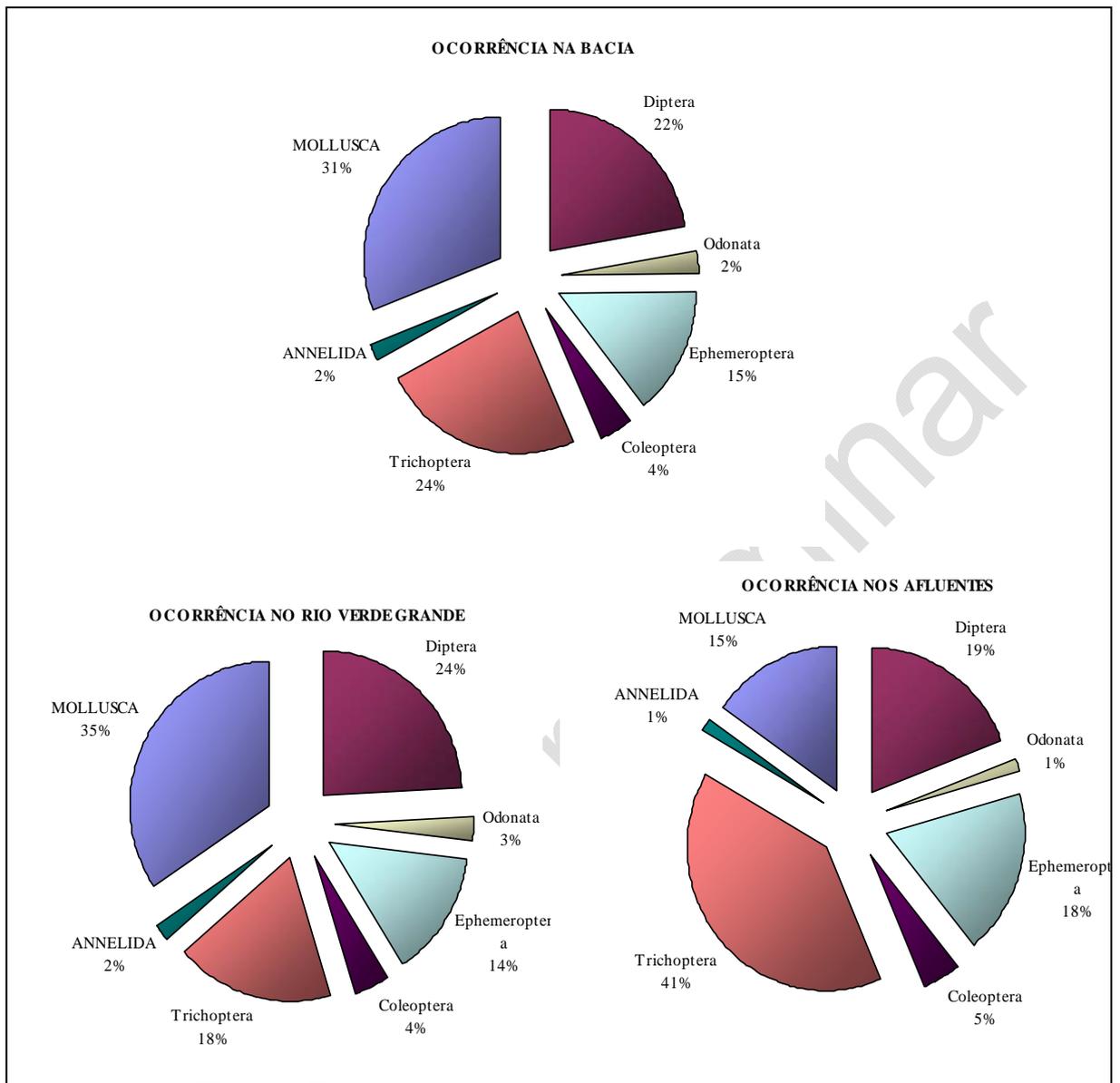


Figura 3.68 – Ocorrência percentual dos grupos taxonômicos nas campanhas de jun e set/2006 e set/2008 nos pontos do rio Verde Grande e afluentes/MG

A sistematização dos resultados obtidos, conforme descrito na metodologia, será apresentada a seguir discriminando-se as avaliações espaciais e temporais do rio Verde Grande e dos quatro afluentes, distintamente.

Quanto à avaliação espacial no rio Verde Grande, os valores calculados para o índice BMWP em cada ponto e campanha amostral estão representados na Figura 3.69 enquanto as médias obtidas para os cálculos do ASPT e do IQA por ponto estão mostradas na Figura 3.70.

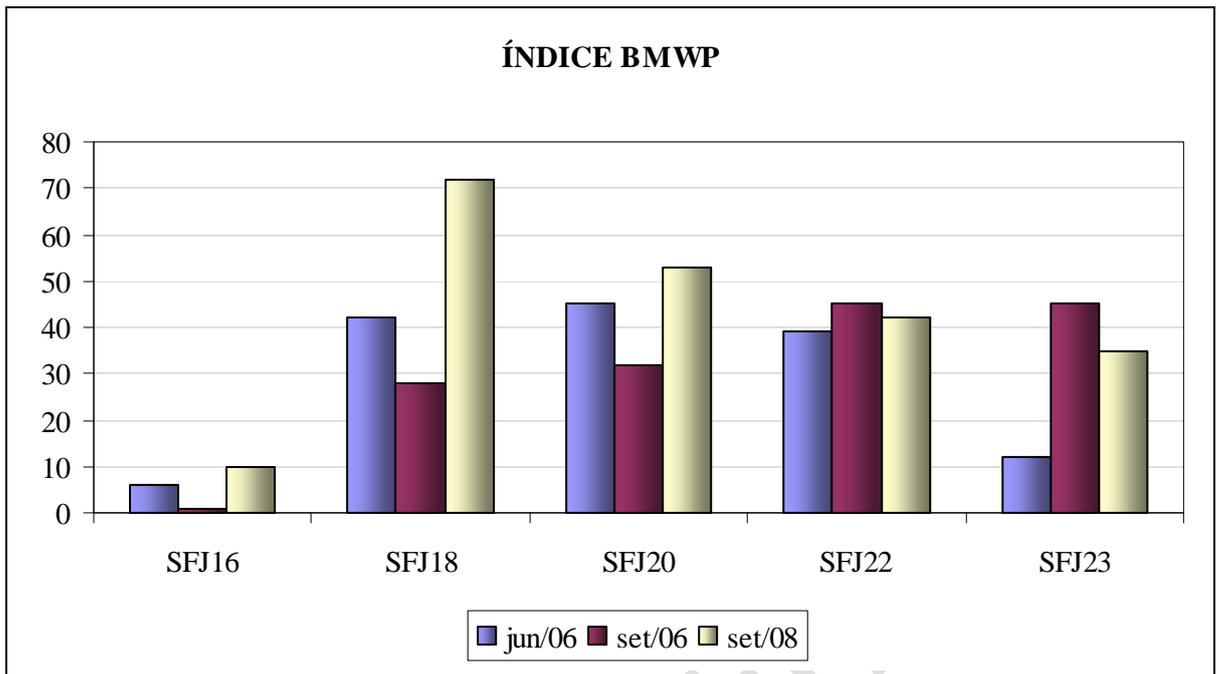


Figura 3.69 – Resultados do Índice BMWP nos pontos do rio Verde Grande nas campanhas de jun e set/2006 e set/2008

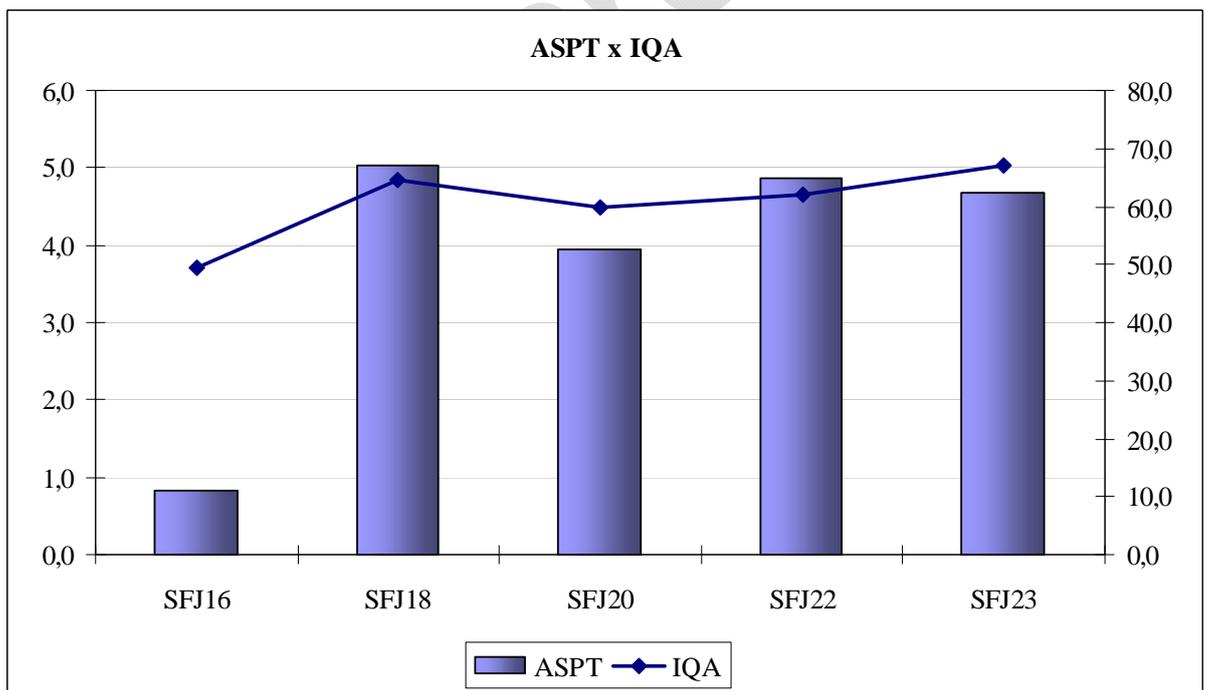


Figura 3.70 – Resultados dos Índices ASPT e IQA nos pontos do rio Verde Grande nas campanhas de jun e set/2006 e set/2008

Para o BMWP os melhores resultados foram observados nos pontos SFJ18 e SFJ20, respectivamente a jusante dos rios Suçupara e Quem Quem, e o pior no SFJ16, jusante do rio Caititu. Quanto à classificação média do ASPT, as estações SFJ18 e SFJ22 (jusante do rio Arapoim) receberam as maiores notas e ficaram na faixa de “escassa” quantidade de matéria orgânica. Já o ponto SFJ23, situado a montante de Jaíba, foi determinado com “Moderada” e no ponto SFJ20 a quantidade de matéria orgânica esteve “crítica”. Dentre os 5 pontos avaliados no rio Verde Grande, a estação localizada no trecho situado a jusante do rio Caititu (SFJ16) apresentou as piores notas para o BMWP e de acordo com o ASPT foi caracterizado como “excessivamente poluído” em relação ao teor de carga orgânica.

Percebe-se pela análise comparativa com o IQA que os resultados médios corroboraram as avaliações dos índices bióticos, na medida em que as “notas” mais baixas coincidiram com as estações SFJ16 e SFJ20. Como o ponto SFJ16 localiza-se a jusante do rio do Vieira, que recebe despejos da cidade de Montes Claros, os resultados refletiram a influência negativa deste afluente neste trecho do rio Verde Grande. Ao longo do percurso do rio pode-se notar a depuração biológica da carga orgânica, que muitas vezes é atenuada com a contribuição de afluentes, como visto no caso da melhor qualidade observada no ponto SFJ18.

Quanto à avaliação temporal, a análise comparativa da evolução sazonal dos resultados do BMWP nos pontos do rio Verde Grande (Figura 3.71) apontou para a melhoria das condições no trecho localizado a montante (SFJ16) ao longo do período de amostragem. Constatou-se que na última campanha efetuada, em setembro de 2008, os valores calculados foram maiores que nas demais campanhas, notadamente para os pontos SFJ16, SFJ18 e SFJ20. Ao contrário, nos trechos localizados mais a jusante (SFJ22 e SFJ23) ficou evidenciada a queda do índice biótico ao longo do tempo.

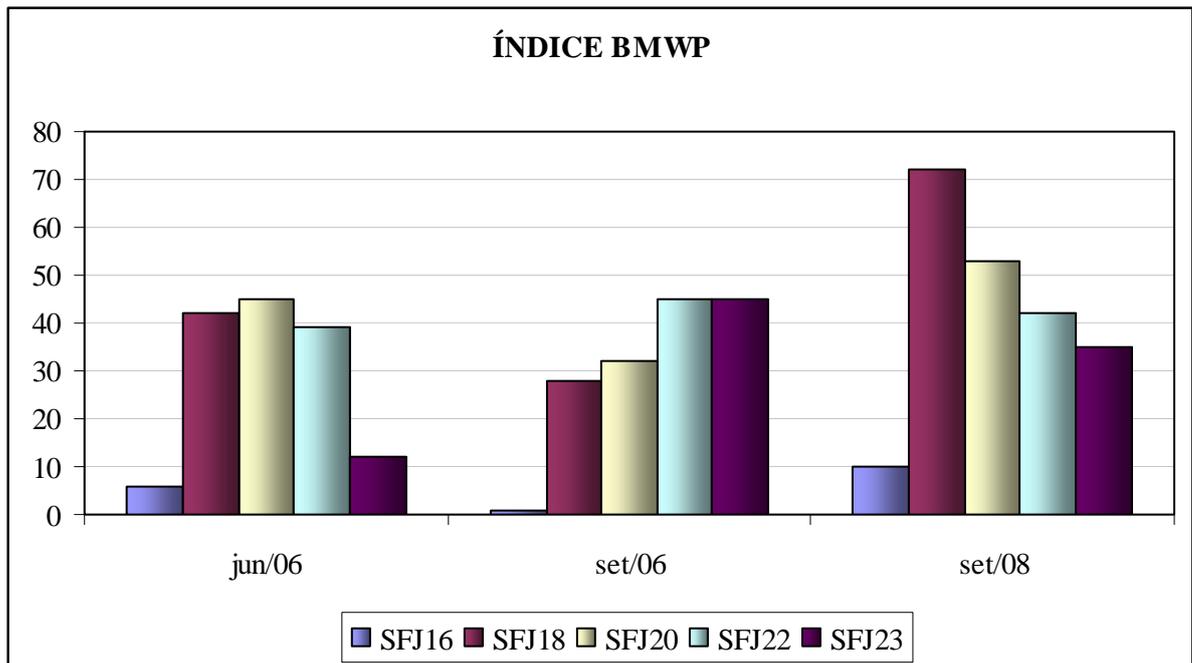


Figura 3.71 – Resultados do Índice BMWP nos pontos do rio Verde Grande nas campanhas de jun e set/2006 e set/2008

A avaliação dos afluentes considerou apenas as campanhas realizadas em junho e setembro de 2006, uma vez que os dados da campanha de 2008 não estavam disponíveis. Nos pontos SFJ15, SFJ19 e SFJ21, respectivamente, rios Caitiu, Quem Quem e Arapoim,, não foram encontrados organismos nas amostras analisadas e no ponto SFJ17 (rio Suçupara) apenas 3 táxons foram identificados. Esses resultados podem ter sido influenciados pela mudança de aparato coletor, uma vez que na campanha de 2008 foi utilizado o método das “conchadas” não coincidindo com a metodologia adotada nas duas primeiras campanhas.

Quanto à abordagem espacial, a composição qualitativa dos afluentes mostrou que apenas no rio Caititu (SFJ125) ocorreu o molusco vetor da esquistossomose e no rio Arapoim (SFJ21) não foram coletados moluscos. Esta última estação apresentou as melhores condições de biodiversidade da fauna bêntica, onde foi identificado o maior número de táxons dentre as estações de coleta, 20 no total, com a presença de espécimes indicadores de águas limpas, com o *Anacroneria* sp (Família Perlidade-Plecoptera) e *Phylloicus* sp (Trichoptera-Calamoceratidae). Como a localização do ponto de coleta deste afluente está mais próxima à nascente, diferentemente aos demais pontos, esta condição pode explicar as melhores condições de conservação observadas.

Como pode ser visto na Figura 3.72, os resultados do índice do BMWP estiveram baixos nos pontos dos afluentes do rio Verde Grande. No rio Quem-Quem (SFJ19) na primeira campanha nenhum organismo foi amostrado e em setembro de 2006, com exceção das larvas de odonatas, os demais organismos são indicadores de ambiente sob impacto. O rio Caititu (SFJ15) mostrou melhores

condições que o rio Suçuapara (SFJ17) onde esteve presente um maior número de famílias da ordem Trichoptera consideradas indicadoras de boa qualidade.

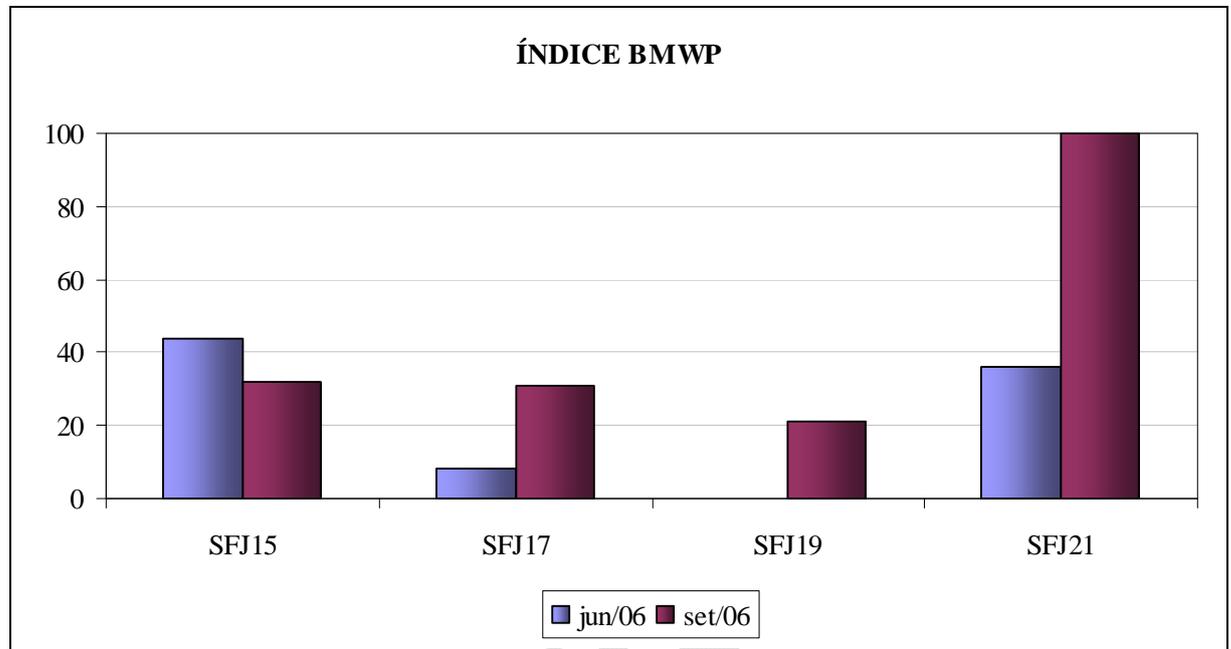


Figura 3.72 – Resultados do Índice BMWP nos afluentes do rio Verde Grande/MG nos meses de jun/2006 e set/2006

Com relação à classificação dada pelo ASPT, pode-se observar na Figura 3.73 que os pontos SFJ17 e SFJ19 localizados, respectivamente, nos rios Suçuapara e Quem-Quem, obtiveram as menores “notas” e ficaram na faixa de “Moderada” quantidade de matéria orgânica. Os pontos SFJ15 (rio Caititu) e SFJ21 (rio Arapoim) mostraram “notas” que indicaram baixo teor de carga orgânica, classificado como “Escassa”. O IQA Médio, que pode ser visualizado na mesma figura, também apontou as mesmas condições e, portanto, corroborou os resultados dos índices bióticos.

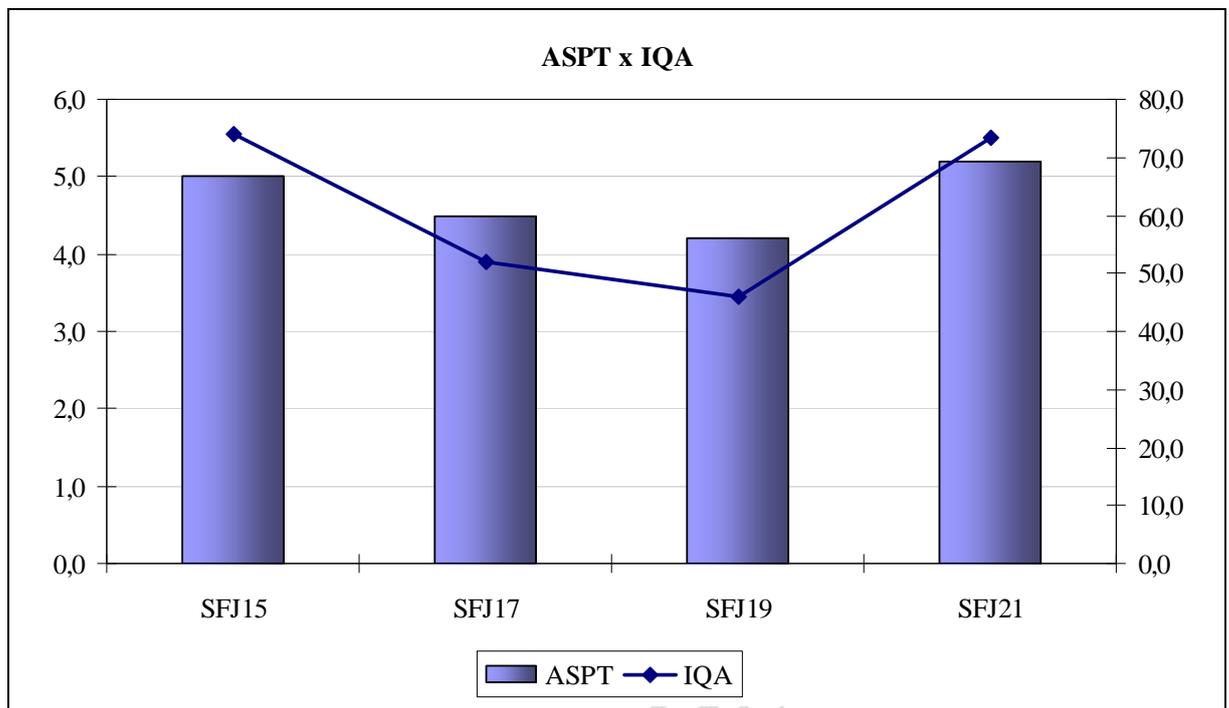


Figura 3.73 – Resultados médios dos Índices ASPT e IQA nos afluentes do rio Verde Grande nos meses de jun/2006 e set/2006

Na avaliação temporal dos índices bióticos para a comunidade zoobentônica dos afluentes do rio Verde Grande ficou evidente uma melhoria da qualidade ambiental na segunda campanha, sendo que no ponto SFJ21 (rio Arapoim) a melhor condição foi significativa, alcançando a nota 100 para o BMWP (Figura 3.74) e nos demais pontos o BMWP apontou ligeiro aumento.

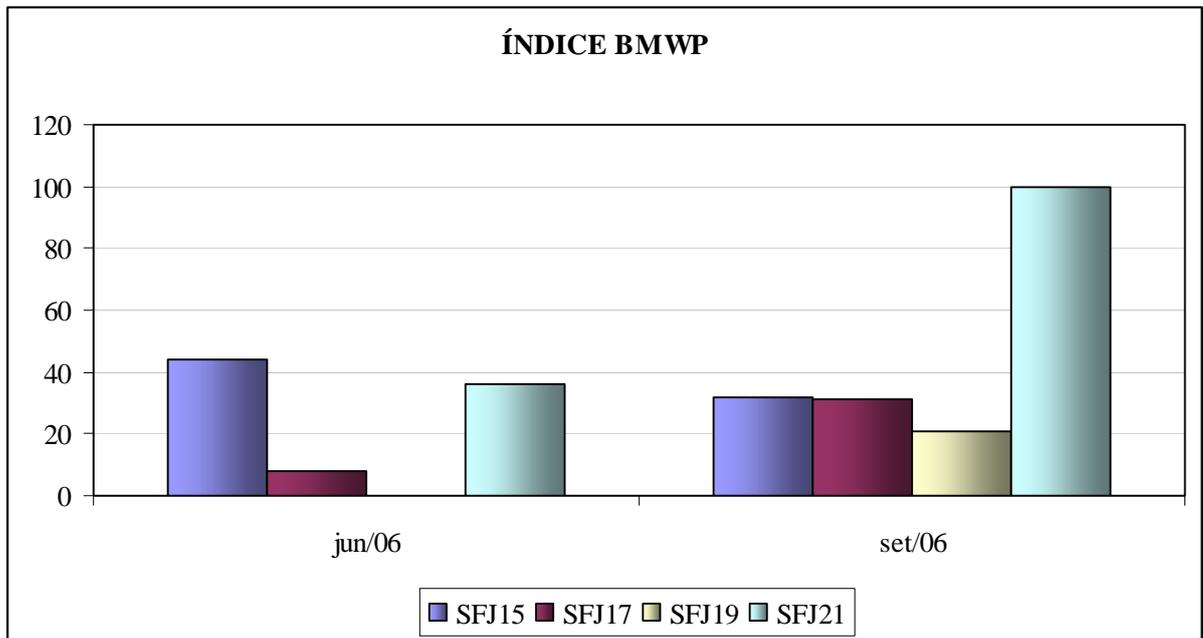


Figura 3.74 – Resultados do Índice BMWP nos afluentes do rio Verde Grande nos meses de jun/2006 e set/2006

Com relação à avaliação química dos sedimentos, no Quadro 3.5 é apresentado o percentual de resultados não conformes com o padrão legal por estação de amostragem. Salienta-se que foi adotado como referência o nível 1 de classificação definido na Resolução CONAMA N° 344/2004, que é o limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos à biota.

Quadro 3.5 – Percentual de resultados não conformes com aos padrões legais* de metais em sedimentos de cursos de água no período de set/06 a dez/08 - Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros

Estações de amostragem	Parâmetros					
	Chumbo	Cobre	Cromo	Mercúrio	Níquel	Zinco
SFJ15	0%	0%	100%	0%	100%	0%
SFJ16	0%	0%	100%	0%	100%	0%
SFJ17	11%	0%	100%	0%	100%	0%
SFJ18	0%	0%	100%	0%	100%	0%
SFJ19	0%	0%	-	0%	100%	-
SFJ20	0%	0%	100%	0%	67%	0%
SFJ21	20%	0%	100%	0%	60%	0%

SFJ22	0%	0%	33%	0%	44%	0%
SFJ23	0%	0%	60%	0%	60%	0%

Fonte: IGAM, 2008

(*): Foi considerado o nível 1 (limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos à biota) estabelecido na Resolução CONAMA N° 344/2004

Os resultados de níquel ultrapassaram o limite do nível 1 em todas as estações, assim como de cromo, exceto no rio Quem Quem (SFJ19), indicando de uma forma geral condições inadequadas à vida aquática.

Além desses metais, houve superação do padrão legal em relação a chumbo nos rios Suçupara (SFJ17) e Arapoim (SFJ21), indicando que nesses afluentes há maior acumulação de metais e, por conseguinte, quadro de degradação ainda mais críticos que nos demais trechos monitorados. Salienta-se que tal nível de degradação correlacionou-se com os resultados dos ensaios ecotoxicológicos e aos de teores não conformes de metais nas águas desses afluentes.

Cabe salientar com relação às determinações de arsênio (bioacumulável) que embora para alguns resultados não tenha sido possível avaliar o atendimento à legislação em vista da falta de sensibilidade do limite de quantificação do método analítico utilizado, esse componente tóxico foi detectado pelo menos uma vez em níveis que caracterizaram condições adversas à vida aquática, exceto nos sedimentos do rio Quem Quem (SFJ19), sendo que no rio Verde Grande nas estações SFJ20 e SFJ22, foram detectados três valores não conformes.

A presença de manganês, com base nos critérios adotados pela *EPA - United States Environmental Protection Agency*, indicaram baixos níveis desse metal nos sedimentos amostrados.

Quanto aos ensaios de agrotóxicos, devido à falta de sensibilidade do limite de quantificação analítico, não foi possível avaliar a presença desses compostos frente à legislação.

3.2. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Conforme relatório do Programa de Monitoramento de Águas Subterrâneas do convênio CODEVASF/IGAM, publicado em maio de 2007, a rede piloto de monitoramento das águas subterrâneas inserida nas bacias dos rios Verde Grande, Jequitai e Riachão abrange, sobretudo, os sistemas aquíferos cárstico e fissurado-cárstico, que ocupam a sua parte central. Ademais, recoberto parcialmente esses domínios inserem-se os aquíferos granular, especialmente presentes na porção oeste e, com ocorrência restrita, o sistema aquífero fissurado limitando-se às porções leste e sul. Cabe salientar que para a maioria dos poços selecionados não se dispõe de informações geológicas e/ou construtivas ou quando essas existem são incompletas.

Os pontos de monitoramento da Rede Piloto distribuem-se na área de abrangência da bacia do rio Verde Grande, incluindo 23 poços de monitoramento inseridos nos quatro sistemas aquíferos citados e distribuídos de forma relativamente homogênea na sua área de drenagem. A base de dados perfaz 4 campanhas de amostragem realizadas com frequência trimestral entre abril de 2005 a março de 2006.

Quanto à rede do Projeto de Aperfeiçoamento, esta compreende a porção noroeste da bacia do rio Verde Grande, totalizando 44 estações de monitoramento, que também se distribuem nos quatro sistemas aquíferos citados. Sua operação iniciou-se setembro de 2007, com frequência semestral, sendo que os resultados avaliados referem-se a 3 campanhas.

➤ Rede Piloto – CODEVAFS/IGAM

Os percentuais de não atendimento aos valores máximos estabelecidos na Resolução CONAMA N° 396/2008 relativos aos pontos de coleta da rede piloto do convênio CODEVASF/IGAM estão apresentados no Quadro 3.6.

Quadro 3.6 – Percentual de resultados não conformes com os padrões legais* de qualidade de águas subterrâneas no período de abr/05 a mar/06 Convênio CODEVASF/IGAM

Parâmetro	Estações de monitoramento de águas subterrâneas										
	3	8	14	NR4-9	15	NR4-3	NR4-4	NR4-5	18	19	20
Alumínio Total	0%	-	-	-	-	-	-	0%	-	-	-
Arsênio Total	0%	-	-	-	-	-	-	0%	-	-	-
Cádmio Total	0%	-	-	-	-	-	-	0%	-	-	-
Chumbo Total	0%	-	-	-	-	-	-	0%	-	-	-
Cobre Total	0%	-	-	-	-	-	-	0%	-	-	-
Cromo Total	0%	-	-	-	-	-	-	0%	-	-	-
Ferro Total	0%	-	-	-	-	-	-	0%	-	-	-
Manganês Total	0%	-	-	-	-	-	-	0%	-	-	-

Parâmetro	Estações de monitoramento de águas subterrâneas										
	3	8	14	NR4-9	15	NR4-3	NR4-4	NR4-5	18	19	20
Mercúrio Total	0%	-	-	-	-	-	-	0%	-	-	-
Níquel Total	0%	-	-	-	-	-	-	0%	-	-	-
Vanádio Total	0%	-	-	-	-	-	-	0%	-	-	-
Zinco Total	0%	-	-	-	-	-	-	0%	-	-	-
Sódio Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrito	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sulfato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cloreto	0%	67%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%
Fluoreto	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Fenóis	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sólidos Dissolvidos Totais	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Coliformes Termotolerantes	50%	33%	0%	50%	75%	0%	0%	25%	25%	0%	25%
2,4,6 Triclorofenol	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Molinato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Trifluralina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Simazina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Atrazina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Pentaclorofenol	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Hexaclorobenzeno	**	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Lindano	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Heptacloro epóxido +Heptacloro	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Aldrin + Dieldrin	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Clordano (cis + trans)	**	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Endossulfan (I + II + sulfato)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Endrin	**	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Metoxicloro	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Permetrina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

continua....

Quadro 3.6 – Cont.

Parâmetro	Estações de monitoramento de águas subterrâneas											
	25	27	NR4-2	NR4-1	30	NR4-8	35	NR4-10	37	NR4-7	NR4-11	NR4-6
Alumínio Total	-	0%	-	0%	-	0%	-	-	33%	-	33%	-
Arsênio Total	-	0%	-	0%	-	0%	-	-	0%	-	0%	-
Cádmio Total	-	0%	-	0%	-	0%	-	-	0%	-	0%	-
Chumbo Total	-	0%	-	0%	-	0%	-	-	0%	-	0%	-
Cobre Total	-	0%	-	0%	-	0%	-	-	0%	-	0%	-
Cromo Total	-	0%	-	0%	-	0%	-	-	0%	-	0%	-
Ferro Total	-	0%	-	0%	-	100%	-	-	33%	-	33%	-
Manganês Total	-	0%	-	100%	-	100%	-	-	0%	-	0%	-
Mercúrio Total	-	0%	-	0%	-	0%	-	-	0%	-	0%	-
Níquel Total	-	0%	-	0%	-	0%	-	-	0%	-	0%	-
Vanádio Total	-	0%	-	0%	-	0%	-	-	0%	-	0%	-
Zinco Total	-	0%	-	0%	-	0%	-	-	0%	-	0%	0%
Sódio Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	0%	0%	0%	0%
Nitrito	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sulfato	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cloreto	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	0%	0%	0%	0%	0%
Fluoreto	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Fenóis	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sólidos Dissolvidos Totais	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	0%	0%	0%	0%	0%
Coliformes Termotolerantes	25%	0%	0%	67%	0%	0%	0%	50%	50%	0%	50%	100%
2,4,6 Triclorofenol	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Molinato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Trifluralina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Simazina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Atrazina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Pentaclorofenol	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Hexaclorobenzeno	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Parâmetro	Estações de monitoramento de águas subterrâneas											
	25	27	NR4-2	NR4-1	30	NR4-8	35	NR4-10	37	NR4-7	NR4-11	NR4-6
Lindano	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Heptacloro epóxido +Heptacloro	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Aldrin + Dieldrin	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Clordano (cis + trans)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Endossulfan (I +II + sulfato)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Endrin	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Metoxicloro	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Permetrina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: IGAM, 2008 (*)Resolução CONAMA Nº 396/2008

(**) Limite de quantificação do método superior ao limite legal

Observou-se que os padrões legais foram superados para os resultados dos seguintes parâmetros: alumínio total, ferro total, manganês total, nitrato, sulfato, cloreto, sólidos dissolvidos totais e coliformes termotolerantes. Apenas em 5 dos 23 poços monitorados não foram detectadas violações à legislação, indicando qualidade satisfatória das águas subterrâneas, quais sejam: poços 14 (município de Francisco Sá) e 19 (Janaúba) ao sul da bacia, poço NR4-7 (Serranópolis de Minas), na porção central e poços NR4-2 e 27 na parte norte da bacia, ambos localizados no município de Matias Cardoso.

Análises de metais em suas formas totais foram realizadas nos poços 3, 27, NR4-1, NR4-5 e NR4-8 para a campanha de julho de 2005, e nos poços 37 e NR4-11 nas campanhas de abril e novembro de 2005 e março de 2006. As formas dissolvidas dos metais foram analisadas nas quatro campanhas.

Os metais alumínio total e ferro total foram detectados em teores acima dos respectivos valores máximos nos poços 37 (São José da Ponte) e NR4-11 (Varzelândia), em abril de 2005. No poço NR4-8, localizado no município de Montes Claros, 100% dos resultados de ferro total e manganês total superaram os limites legais. Também no poço NR4-1, instalado no município de Monte Azul, o teor de manganês total ultrapassou o limite máximo permitido para abastecimento público na única amostra analisada.

Porém, as concentrações máximas de alumínio e ferro em suas formas dissolvidas, registradas ao longo das quatro campanhas, de 0,19 mg/L no poço 37 e 0,14 mg/L no poço NR4-8 foram significativamente menores que a fração total

indicando que há pouca disponibilização desses metais para a fase aquosa. A forma dissolvida do manganês no poço NR4-1 atingiu a concentração máxima de 0,016 mg/L, enquanto no poço NR4-8 os teores alcançaram 0,396 mg/L e 0,263 mg/L, respectivamente, em abril de 2005 e março de 2006, superando nesse último poço o limite legal, de 0,1 mg/L.

Cabe salientar que a presença de alumínio, ferro e manganês nos níveis detectados vincula-se principalmente a efeitos organolépticos, ou seja, relacionados à alteração de cor, sabor e odor nas águas. A presença desses metais pode estar associada à sua ocorrência natural nos solos ou a problemas construtivos dos poços de monitoramento.

As concentrações de bário dissolvido no poço 35 (Pai Pedro), destinado ao abastecimento público, superaram o limite estabelecido para a forma total, apontando não atendimento à legislação para bário total. Para os demais metais analisados não foram observados teores em desconformidade com os padrões legais.

As concentrações de sólidos dissolvidos totais e cloreto estiveram acima do valor máximo legal nos poços 8 (Espinosa), 20 (Janaúba) e 35 (Pai Pedro), instalados na porção leste da bacia. Para a variável sulfato, apenas no poço 25 (Juramento) foi registrada ocorrência de 275,8 mg/L em março de 2006, acima do limite permitido (250 mg/L). Não foram detectados teores não conformes de sódio e fenóis.

A presença de coliformes termotolerantes foi verificada em 57% dos poços monitorados, apontando condições microbiológicas inadequadas nas águas subterrâneas. As contagens máximas atingiram 500 NMP/100 mL no poço 15, localizado no município de Gameleiras, e 170 NMP/100 mL no poço NR4-1, localizado no município de Monte Azul, ambos destinados ao abastecimento público. Embora as demais violações desse parâmetro não tenham ultrapassado 36 NMP/100 mL, o quadro delineado é preocupante, uma vez que a água da maioria dos poços caracterizados é utilizada para abastecimento público e os coliformes termotolerantes devem estar ausentes dessas águas, de acordo com a Resolução CONAMA Nº 396/2008 e também de acordo com o padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano da Portaria Nº 518/2004 do Ministério da Saúde, após tratamento, de forma a proteger a saúde humana.

Outro ponto que merece atenção especial refere-se ao resultado de 11,88 mg/L N de nitrato no poço NR4-10 (Patis), acima do limite máximo permitido (10 mg/L N), caracterizando alteração da qualidade da água subterrânea por atividades antrópicas. Ademais, foram observadas concentrações acima de 5,0 mg/L N de nitrato, considerada como indicio de alteração da qualidade, no citado poço, além dos pontos 27 (Matias Cardoso), 35 (Pai Pedro), NR4-9 (Francisco Sá) e no município de Jaíba (NR4-3, NR4-4 e NR4-5).

Em relação aos agrotóxicos, todos os resultados estiveram abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado. Cabe mencionar, contudo, que para os parâmetros Aldrin+Dieldrin e Heptacloro epóxido+Heptacloro o limite de quantificação (0,1 µg/L) foi superior ao padrão legal (0,03 µg/L), prejudicando a verificação do atendimento à legislação. Similarmente, na campanha de março de 2006 no poço 3 (Capitão Enéas), os limites de quantificação dos compostos clordano e endrin foram iguais a 1,1 µg/L, portanto, superiores aos limites legais, de 0,2 µg/L e 0,6 µg/L, respectivamente.

Com relação aos teores de fluoreto nas águas subterrâneas, não ocorreu desconformidade em relação à Resolução CONAMA N° 396/2008. Registra-se, contudo, que os resultados do poço 35 (Pai Pedro) variaram na faixa de 0,99 mg/L a 1,43 mg/L, com todos os resultados superando o valor máximo recomendado de 0,8 mg/L F para a fluoretação no Brasil, conforme Portaria 635/BSB de 26/12/1975. No município de Matias Cardoso (poço 27) foi detectado um resultado de fluoreto igual a 0,94 mg/L. De acordo com UFMG/CNEN/CDTN/IGAM (2009) a ocorrência natural de elevadas concentrações de fluoreto nas águas subterrâneas na região do semi-árido do norte as tornam impróprias ao consumo humano em alguns locais, condição típica dos poços avaliados nos municípios de Pai Pedro (35) e Matias Cardoso (27).

Complementando a avaliação da qualidade das águas subterrâneas da rede piloto os resultados dos parâmetros pH, turbidez, dureza total e amônia (como NH₃) foram confrontados com os padrões estabelecidos na Portaria N° 518/2004.

Em relação ao pH, as medidas variaram no intervalo de 6,1 a 8,6, atendendo a legislação, com exceção de uma amostra analisada em julho de 2005 no poço 8 (Espinosa) com valor de 5,4. Os resultados de turbidez ultrapassaram o padrão de aceitação para consumo humano, de 5 UNT, em 16,5% das amostras, com valor máximo de 15,1 UNT no poço NR4-8 (Montes Claros) e ultrapassagens em todas as medidas do poço 14 (Francisco Sá). Esses registros podem estar associados a problemas construtivos dos poços.

A dureza total mostrou-se superior ao padrão de aceitação para consumo humano, de 500mg/L, em 18,6% das amostras. Conforme IGAM (2007), em 67 do total de 86 amostras analisadas as águas subterrâneas mostraram-se muito duras, com base na classificação proposta por Custodio & Lhamas em 1983. Não foram detectadas violações para os parâmetros amônia (como NH₃).

Quanto ao potencial para irrigação das águas subterrâneas dos cinco poços tubulares destinados a este fim na bacia do rio Verde Grande, instalados nos municípios de Janaúba (poço 20), Montes Claros (poço 30) e Jaíba (poços NR4-3, NR4-4 e NR4-5), de acordo com IGAM (2007) essas foram classificadas como C3-S1 (salinidade alta e baixo risco de sódio), a partir da razão de adsorção de sódio (RAS) e da condutividade elétrica. As águas dessa categoria podem ser usadas apenas em solos bem drenados e em vegetais com alta tolerância salina.

➤ **Rede de Aperfeiçoamento - IGAM**

Os percentuais de não atendimento aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA N° 396/2008 relativos aos pontos de coleta da rede do projeto de Aperfeiçoamento está apresentado no Quadro 3.7.

Quadro 3.7 – Percentual de resultados não conformes com os padrões legais* de qualidade de águas subterrâneas no período de set/07 a set/08 – Projeto de Aperfeiçoamento

Parâmetro	Estações de monitoramento de águas subterrâneas										
	IVD30	IVD49	VD12	VD17	IVD14	IVZ16	IVD34	IVZ20	IJ24	IJ140	N13
Alumínio Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	33%	0%
Arsênio Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Bário Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cádmio Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cromo Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Chumbo Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cobre Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Ferro Total	0%	0%	67%	0%	0%	0%	0%	33%	0%	33%	0%
Manganês Total	0%	100%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Mercurio Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Níquel Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Zinco Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sódio Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrito	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sulfato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cloreto	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Fluoreto	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Fenóis	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sólidos Dissolvidos Totais	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Coliformes Termotolerantes	0%	0%	0%	0%	0%	0%	33%	0%	0%	67%	0%

Parâmetro	Estações de monitoramento de águas subterrâneas										
	IVD30	IVD49	VD12	VD17	IVD14	IVZ16	IVD34	IVZ20	IJ24	IJ140	N13
2,4,6 Triclorofenol	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Molinato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Trifluralina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Simazina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Atrazina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Pentaclorofenol	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Hexaclorobenzeno	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Lindano	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Heptacloro epóxido + heptacloro	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾
Aldrin + Dieldrin	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾
Clordano (cis + trans)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Endossulfan (I + II + sulfato)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Endrin	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Metoxicloro	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Permetrina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

continua....

Quadro 3.7 – Cont.

Parâmetro	Estações de monitoramento de águas subterrâneas										
	IVZ5 e 6	IVZ4	IVZ14	IVD44	IVZ13	IJ19	N2	N11	IJ165	CIS-02	CIS-03
Alumínio Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	100%	0%
Arsênio Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Bário Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cádmio Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Chumbo Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	33%	33%	33%	0%	33%
Cromo Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cobre Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Ferro Total	0%	0%	33%	0%	67%	0%	33%	100%	0%	33%	0%
Manganês Total	100%	0%	0%	0%	33%	33%	0%	100%	0%	0%	0%
Mercurio Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Níquel Total	0%	0%	0%	33%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Zinco Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sódio Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrato	0%	0%	0%	33%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrito	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sulfato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cloreto	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Fluoreto	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%	0%
Fenóis	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	0%
Sólidos Dissolvidos Totais	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Coliformes Termotolerantes	0%	33%	0%	0%	0%	0%	33%	0%	0%	100%	100%
2,4,6 Triclorofenol	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Molinato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Trifluralina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Simazina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Atrazina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Parâmetro	Estações de monitoramento de águas subterrâneas										
	IVZ5 e 6	IVZ4	IVZ14	IVD44	IVZ13	IJ19	N2	N11	IJ165	CIS-02	CIS-03
Pentaclorofenol	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Hexaclorobenzeno	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Lindano	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Heptacloro epóxido + heptacloro	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾
Aldrin + Dieldrin	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾
Clordano (cis + trans)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Endossulfan (I + II + sulfato)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Endrin	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Metoxicloro	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Permetrina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

continua....

Quadro 3.7 – Cont.

Parâmetro	Estações de monitoramento de águas subterrâneas										
	CIS-01	IJN5	CIS-04	CIS-05	CIS-06	CIS-07	VAR-027	VER-148	PJ1	PJ2	PJ4
Alumínio Total	67%	0%	0%	33%	0%	0%	33%	0%	0%	0%	0%
Arsênio Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Bário Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cádmio Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Chumbo Total	33%	0%	0%	33%	33%	33%	0%	50%	33%	33%	33%
Cromo Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cobre Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Ferro Total	33%	0%	0%	33%	0%	33%	33%	0%	0%	0%	0%
Manganês Total	33%	0%	0%	0%	0%	33%	0%	0%	0%	0%	0%
Mercurio Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Níquel Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Zinco Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sódio Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrito	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sulfato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cloreto	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Fluoreto	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%
Fenóis	0%	0%	0%	0%	0%	50%	0%	0%	0%	0%	0%
Sólidos Dissolvidos Totais	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Coliformes Termotolerantes	100%	0%	0%	0%	67%	67%	0%	0%	67%	0%	0%
2,4,6 Triclorofenol	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Molinato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Trifluralina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Simazina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Atrazina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Parâmetro	Estações de monitoramento de águas subterrâneas										
	CIS-01	IJN5	CIS-04	CIS-05	CIS-06	CIS-07	VAR-027	VER-148	PJ1	PJ2	PJ4
Pentaclorofenol	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Hexaclorobenzeno	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Lindano	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Heptacloro epóxido + heptacloro	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾
Aldrin + Dieldrin	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾
Clordano (cis + trans)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Endossulfan (I + II + sulfato)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Endrin	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Metoxicloro	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Permetrina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

continua....

Quadro 3.7 – Cont.

Parâmetro	Estações de monitoramento de águas subterrâneas										
	CIS J-01	CIS J-02	CIS J-03	PJ-NH2	CIS-08	VZB-01	JAA-01	IJ60	VDS-01	VDQ-02	LEILA-01 (novo)
Alumínio Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	33%	0%	0%
Arsênio Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Bário Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cádmio Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cromo Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Chumbo Total	50%	33%	50%	0%	33%	25%	33%	33%	33%	0%	0%
Cobre Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Ferro Total	50%	67%	50%	67%	0%	25%	100%	67%	0%	33%	100%
Manganês Total	50%	67%	0%	0%	0%	25%	0%	0%	0%	33%	100%
Mercúrio Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Níquel Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Zinco Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sódio Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrato	50%	0%	0%	0%	33%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrito	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sulfato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	67%	0%
Cloreto	0%	67%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	0%
Fluoreto	0%	0%	0%	100%	0%	0%	33%	0%	0%	0%	0%
Fenóis	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	0%	0%	0%
Sólidos Dissolvidos Totais	0%	33%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
Coliformes Termotolerantes	100%	67%	50%	67%	100%	0%	0%	50%	50%	50%	0%
2,4,6 Triclorofenol	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-
Molinato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-
Trifluralina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-
Simazina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-

Parâmetro	Estações de monitoramento de águas subterrâneas										
	CIS J-01	CIS J-02	CIS J-03	PJ-NH2	CIS-08	VZB-01	JAA-01	IJ60	VDS-01	VDQ-02	LEILA-01 (novo)
Atrazina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-
Pentaclorofenol	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-
Hexaclorobenzeno	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-
Lindano	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-
Heptacloro epóxido + heptacloro	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	-
Aldrin + Dieldrin	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	0% ⁽¹⁾	-
Clordano (cis + trans)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-
Endossulfan (I + II + sulfato)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-
Endrin	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-
Metoxicloro	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-
Permetrina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-

Fonte: IGAM, 2008

(*)Resolução CONAMA N° 396/2008

(1) Para campanhas de abril e agosto de 2008

Os resultados analíticos dos poços IVD30, IVD14, IVZ16 e IJN5, localizados no município de Verdelândia, IJ24 e N13, no município de Jaíba, e da cisterna CIS-04 em Varzelândia, não apresentaram quaisquer não conformidades em relação aos limites estabelecidos Resolução CONAMA N° 396/2008, indicando boa qualidade das águas subterrâneas exploradas nesses locais.

Os metais ferro total e chumbo total mostraram valores mais frequentemente não conformes em relação aos padrões legais comparativamente às demais variáveis, com violações em pelo menos 20 estações dentre as 44 amostradas. Também foram detectadas violações para, manganês total, alumínio total, níquel total, fluoreto, fenóis, nitrato, cloreto, sólidos dissolvidos totais, sulfato e coliformes termotolerantes.

As ocorrências de ferro total e chumbo total acima dos respectivos padrões legais ocorreram de forma distribuída em pontos localizados nos três municípios avaliados, com teores máximos de 38,2 mg/L Fe (LEILA-01) e 0,034 mg/L Pb

(VER-148), respectivamente. Similarmente, as alterações de qualidade de água subterrânea por manganês total e alumínio total mostraram-se difusas na região, sendo os valores mais expressivos iguais a 4,94 mg/L Mn (CIS J-01) e de 9,3 mg/L Al (N11), relativos a estações de monitoramento instaladas no município de Jaíba. Acrescenta-se que no poço IVD44 (Verdelândia) houve um resultado de níquel total ligeiramente acima do limite legal.

Quanto à presença de íons, no poço VDQ-02 (Verdelândia) duas das três amostras analisadas apresentaram teores de sulfato superiores a 250 mg/L, limite legal estabelecido para o consumo humano, e em todas as três amostras foram detectados teores de sólidos dissolvidos totais em desconformidade com o padrão legal, sendo o valor máximo igual a 2.080 mg/L. Também na cisterna CIS J-02 (Jaíba) foi registrada violação de sólidos dissolvidos totais em setembro de 2008, e nesse mesmo ponto em maio e setembro de 2008 as concentrações de cloreto mostraram-se superiores a 250 mg/L, limite legal estabelecido na Resolução CONAMA N° 396/2008 para consumo humano. Salienta-se que de uma forma geral essas águas possuem elevada quantidade de íons dissolvidos, retratada pela faixa de valores de condutividade elétrica, entre 219,8 µS/cm (CIS J-03) e 2782,0 µS/cm (VDQ-02).

Concentrações de nitrato superiores a 10 mg/L, valor máximo permitido para consumo humano e recreação, foram detectadas na campanha de abril de 2008 no poço IVD44 (Verdelândia) e nas cisternas CIS-J-01 (Jaíba) e CIS-08 (Varzelândia), denotando alteração da qualidade da água nesses pontos. Além disso, houve indícios de alteração nos poços IVZ16 e IJ19, localizados nos municípios de Varzelândia e Jaíba, respectivamente, uma vez que foram detectados teores de nitrato superiores a 5,0 mg/L N. Esses poços merecem atenção especial ao longo do monitoramento. Resultados de fenóis acima do limite legal foram observados nas cisternas CIS-02 e CIS-07, em Verdelândia e nos pontos localizados em Jaíba (CIS-J-01 e IJ60).

Do ponto de vista sanitário, a presença de coliformes termotolerantes foi detectada em nove das onze cisternas amostradas, sendo os registros mais expressivos de 22.000 NMP/100mL na cisterna CIS-08 (Varzelândia) e 13.000 NMP/100mL nas cisternas CIS-02 (Verdelândia) e CIS-J-01 (Jaíba). Dentre os poços monitorados, nove apresentaram contagens de coliformes termotolerantes acima do limite legal, destacando-se o valor de 700 NMP/100mL no município de Varzelândia (IVZ4). Esse quadro aponta para existência de contaminação microbiológica das águas subterrâneas nos citados pontos além das estações IVD34, VDS-01, VDQ-02, CIS-01, CIS-03 e CIS-07, localizadas no município de Verdelândia, IJ140, N2, PJ1, CIS-J-02, CIS-J-03, PJ-NH2 e IJ60, localizadas no município de Jaíba e da cisterna CIS-06 no município de Varzelândia, ressaltando-se a gravidade da situação por serem essas águas majoritariamente destinadas ao consumo humano.

Em relação aos agrotóxicos, todos os resultados estiveram conformes em relação à legislação. No entanto, cabe mencionar que até a última campanha de 2007 o limite de quantificação do método analítico utilizado para os parâmetros

Aldrin+Dieldrin e Heptacloro epóxido+Heptacloro era de 0,1 µg/L, superior ao padrão de qualidade de 0,03 µg/L, prejudicando a verificação de conformidade legal. A partir de 2008 o limite de quantificação passou para 0,01 µg/L.

O parâmetro fluoreto foi detectado em concentrações superiores às estabelecidas na Resolução CONAMA N° 396/2008 nos poços N11, PJ1, PJ2, PJ4, PJ-NH2 e JAA-01 localizados no município de Jaíba. Adicionalmente, cabe salientar que no poço JAA-01 e na cisterna CISJ-03, também instalados no município de Jaíba, além dos poços IVZ20 e VZB-01, localizados no município de Verdelândia, ocorreram teores acima de 0,8 mg/L, valor máximo recomendado para a fluoretação no Brasil, conforme Portaria 635/BSB de 26/12/1975. A alteração da qualidade da água subterrânea por fluoreto justifica a ocorrência de endemias de fluorose dentária na região, conforme mencionado no estudo "Processos geradores de concentração anômala de fluoreto na água subterrânea em região semi-árida: estudo de caso em aquífero cárstico-fissural do Grupo Bambuí nos municípios de Verdelândia, Varzelândia e Jaíba, em Minas Gerais" (UFMG/CNEN/CDTN/IGAM, 2008).

Nesse trabalho, com o objetivo de determinar fatores ambientais que contribuem para a ocorrência de elevadas concentrações de fluoreto nas águas subterrâneas no semi-árido do norte de Minas Gerais, foi realizado mapeamento geológico, estudo petrográfico das rochas e caracterização química do solo, água atmosférica, rochas e água subterrânea de aquíferos profundos e freáticos. Incluiu ainda a caracterização isotópica das águas subterrânea e superficial visando à elucidação das formas de recarga, dos fluxos subterrâneos e da influência do tempo de contato água-rocha sobre a química da água.

Em relação à caracterização hidroquímica das águas subterrâneas, foram avaliados os resultados laboratoriais da campanha de abril/maio de 2008 da rede de monitoramento do Projeto de Aperfeiçoamento do Estudo da Qualidade das Águas Subterrâneas nos Municípios de Jaíba, Varzelândia, e Verdelândia / Bacia do Rio São Francisco, complementados com dados de monitoramento de 25 poços adicionais.

Concluiu-se que uma origem importante do flúor na água subterrânea dos aquíferos cársticos-fissurais da Formação Lagoa do Jacaré é através da dissolução de fluorita encontrada nesta formação. Ademais, o longo tempo de contato entre a água e a rocha, em parte resultado da fraca precipitação local, seria responsável pela elevação das concentrações observadas em diversos pontos da área, sobretudo nas porções próximas às descargas aquíferas. Observou-se também que nos aquíferos granulares os estudos geoquímicos dos solos e sedimentos recentes mostraram uma concentração de flúor um pouco acima do background normal em dois tipos de solo (cambissolos e latossolos vermelho-amarelos) oriundos de calcários sob condições naturais.

Complementando a avaliação, os resultados analíticos dos parâmetros pH, turbidez, amônia (como NH₃) e coliformes totais foram comparados com os limites

legais estabelecidos na Portaria Nº 518/2004. Os valores de pH variaram de 6,3 a 9,3, não ultrapassando o intervalo estabelecido na legislação (6,0 a 9,5). Em relação à turbidez, 10 % das amostras analisadas violaram o limite legal, com destaque para as medidas registradas no município de Jaíba, no poço N11 em todas as campanhas e no poço N2 em outubro de 2007, alcançando valores máximos de 477,0 UNT e 73,6 UNT, respectivamente.

Não foram registradas violações para amônia (como NH_3). A presença de coliformes totais foi registrada em 58,8% das amostras, ocorrendo em nove das onze cisternas da rede de monitoramento, correlacionando-se com as contagens de coliformes termotolerantes. Destacou-se o valor de 90.000NMP/100mL registrado na CIS-03 (Verdelândia).

Versão Preliminar

Versão Preliminar

4. SÍNTESE DAS INFORMAÇÕES DE QUALIDADE DE ÁGUAS E SEDIMENTOS

4. SÍNTESE DAS INFORMAÇÕES DE QUALIDADE DE ÁGUAS E SEDIMENTOS

Nesse item estão sintetizados os aspectos relevantes, interferências e efeitos na qualidade das águas da bacia do rio Verde Grande. De forma a se obter uma visão regional foi utilizada a representação espacial das faixas dos valores médios de um conjunto de constituintes mais representativos da qualidade das águas superficiais da bacia. Os dados tratados referem-se aos sete pontos de monitoramento da rede básica do Projeto Águas de Minas, uma vez que contempla período significativo de observações, entre 1997 a 2008, compondo série histórica representativa da evolução média dos constituintes selecionados.

Na Figura 4.1 (em elaboração) estão incluídos os parâmetros demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, fósforo total, cor verdadeira e turbidez, associados às interferências por matéria orgânica, nutrientes e sólidos. Os metais chumbo, cromo e manganês, na forma total, e a parcela dissolvida do ferro estão indicados na Figura 4.2. Os resultados foram distribuídos em quatro faixas de valores, representadas por cores distintas e associadas aos padrões de qualidade da classe de enquadramento das águas das estações de amostragem, de forma que no alto curso do rio Verde Grande (VG001) foi considerada a classe 1 e para as demais estações a classe 2. A 1ª faixa (azul) inclui as médias menores ou iguais ao padrão, a 2ª faixa (verde) as médias até 20% acima do padrão, a 3ª faixa (laranja) as médias entre 20% até 100% acima do padrão e a 4ª faixa (vermelha) as médias maiores do que o dobro do padrão.

Os teores de matéria orgânica, retratadas pelo parâmetro DBO, registraram valores médios predominantemente em conformidade com o padrão legal, exceto no rio do Vieira (VG003), denotando elevado aporte de esgotos sanitários sem tratamento. Os níveis de oxigenação mostraram-se adequados no rio Verde Grande, embora na estação VG004 a jusante da cidade de Capitão Enéas, segmento adjacente ao deságüe do rio do Vieira, a média de concentração de oxigênio dissolvido ficou próxima do limite mínimo aceitável para proteção das comunidades aquáticas. No rio do Gorutuba e, principalmente, no rio do Vieira foi registrado déficit de oxigenação das águas, quadro que traduz excesso de matéria orgânica.

A expressiva contribuição doméstica no rio do Vieira foi reproduzida no teor médio substancial de fósforo total alcançado na estação VG003, onze vezes acima do padrão de qualidade da classe 2. No curso inicial do rio Verde Grande (VG001) e principalmente a jusante do aporte das águas do rio do Vieira (VG004), os resultados médios de fósforo total também foram elevados, apontando interferência de origem doméstica. Nos demais trechos do curso principal (VG005 e VG011) e no rio Gorutuba (VG007 e VG009) as médias atenderam à legislação.

Quanto às medidas de cor verdadeira, as médias mantiveram-se inferiores ao limite legal, exceto nos segmentos do alto e baixo curso do rio Verde Grande, respectivamente VG001 e VG011. Também no trecho superior do rio Verde

Grande o registro médio da turbidez foi muito elevado, apontando para influência de fontes difusas.

Quanto aos metais, conforme indicado na Figura 4.2 (em elaboração), destacaram-se os teores médios de cromo total no curso principal e nos dois tributários monitorados, com máximo no alto curso do rio Verde Grande (VG001). Também nesse trecho do rio Verde Grande, a concentração média de chumbo total mostrou a única violação à legislação, situação que pode indicar ocorrência de deposição de componentes tóxicos ao longo do percurso do rio Verde Grande. Salienta-se que os resultados dos ensaios químicos de sedimentos detectaram cromo, níquel e arsênio na calha do rio Verde Grande em níveis que caracterizaram condições adversas à vida aquática. Também nas amostras de sedimentos de afluentes foram quantificados níveis de cromo, níquel, chumbo, mercúrio e arsênio com potencial de restrição à biota.

As médias das concentrações de ferro dissolvido atenderam na totalidade ao padrão de qualidade da classe 2. Já com relação ao manganês total predominaram médias superiores ao padrão, com destaque para o rio do Vieira (VG003), fato que reforça a degradação das águas por cargas difusas nesse afluente e no rio Gortuba, assim como no alto curso do rio do Verde Grande.

Figura 4.1 – Faixas dos valores médios para os parâmetros demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, fósforo total, cor verdadeira e turbidez no período de 1997 a 2008 – Projeto Águas de Minas

(em elaboração)

Figura 4.2 – Faixas dos valores médios para os parâmetros chumbo total, cromo total, manganês total e ferro dissolvido no período de 1997 a 2008 – Projeto Águas de Minas

(em elaboração)

Consolidando a avaliação regionalizada, é apresentada na sequência a condição atual da qualidade das águas superficiais para as variáveis físicas e químicas selecionadas. Quanto à DBO (Figura 4.3 – em elaboração), prevalecem teores médios conformes com as classes 1 e 2, exceto no rio do Vieira que enquadra-se na classe 4. As concentrações médias de oxigênio dissolvido (Figura 4.4 – em elaboração) no rio Verde Grande atenderam às classes 1 e 2, enquanto no rio Gortuba enquadram-se na classe 4 e no rio do Vieira encontra-se fora de classe. Os resultados de fósforo total (Figura 4.5 – em elaboração) atenderam à classe 1 no rio Gortuba e no rio Verde Grande nos trechos a jusante de Jaíba e da confluência com o rio Gortuba, e a classe 4 nos rios do Vieira e Verde Grande no alto curso e a jusante da cidade de Capitão Enéas.

Em relação à cor verdadeira (Figura 4.6 – em elaboração) os registros médios enquadraram-se na classe 1, exceto no alto curso do rio Verde Grande, que mostrou-se na classe 4. Essa mesma condição foi observada em relação aos resultados médios de turbidez (Figura 4.7 – em elaboração) no alto curso do rio Verde Grande e no segmento sob influência do rio do Vieira, sendo que esse afluente enquadrou-se na classe 2, enquanto nas demais estações foi detectada classe 1.

As ocorrências médias de ferro dissolvido (Figura 4.8 – em elaboração) mostraram-se em conformidade com a classe 1 em todas as estações, enquanto o manganês total (Figura 4.9 – em elaboração) apresentou concentrações de acordo com o estabelecido para classe 3 nos afluentes, rios do Vieira e Gorutuba, e alto curso do rio Verde Grande, e nos demais segmentos do curso principal na classe 1.

Dentre os metais tóxicos, prevaleceu a classe 1 para chumbo total (Figura 4.10 – em elaboração), exceto no alto curso do rio Verde Grande que enquadrou-se na classe 3. A situação apresentou-se mais crítica no que se refere às concentrações médias de cromo total (Figura 4.11 – em elaboração), sendo classe 4 no rio Verde Grande, no alto curso e a jusante da cidade de Jaíba, no rio do Vieira e no segmento superior do rio Gorutuba. Nas demais estações, enquadraram-se na classe 1.

Figura 4.3 – Condição atual da qualidade das águas superficiais em relação ao parâmetro demanda bioquímica de oxigênio no período de 1997 a 2008 – Projeto Águas de Minas

(em elaboração)

Figura 4.4 – Condição atual da qualidade das águas superficiais em relação ao parâmetro oxigênio dissolvido no período de 1997 a 2008 – Projeto Águas de Minas

(em elaboração)

Figura 4.5 – Condição atual da qualidade das águas superficiais em relação ao parâmetro fósforo total no período de 1997 a 2008 - Projeto Águas de Minas

(em elaboração)

Figura 4.6 – Condição atual da qualidade das águas superficiais em relação ao parâmetro cor verdadeira no período de 1997 a 2008 – Projeto Águas de Minas

(em elaboração)

Figura 4.7 – Condição atual da qualidade das águas superficiais em relação ao parâmetro turbidez no período de 1997 a 2008 - Projeto Águas de Minas

(em elaboração)

Figura 4.8 – Condição atual da qualidade das águas superficiais em relação ao parâmetro ferro dissolvido no período de 1997 a 2008 – Projeto Águas de Minas

(em elaboração)

Figura 4.9 – Condição atual da qualidade das águas superficiais em relação ao parâmetro manganês total no período de 1997 a 2008 – Projeto Águas de Minas

(em elaboração)

Figura 4.10 – Condição atual da qualidade das águas superficiais em relação ao parâmetro chumbo total no período de 1997 a 2008 – Projeto Águas de Minas

(em elaboração)

Figura 4.11 – Condição atual da qualidade das águas superficiais em relação ao parâmetro cromo total no período de 1997 a 2008 – Projeto Águas de Minas

(em elaboração)

Quanto às variáveis hidrobiológicas, as avaliações realizadas para a comunidade zoobentônica caracterizaram a bacia do rio Verde Grande no trecho compreendido entre a confluência do rio Caititu e a montante da cidade de Jaíba, com abundância de moluscos, relevância para a ocorrência de vetor de esquistossomose mansônica e duas espécies invasoras que provocam a degradação ambiental.

Foi registrada baixa qualidade ambiental no trecho de montante, próximo ao aporte do afluente rio do Vieira, que recebe despejos domésticos da cidade de Montes Claros. Melhores condições ambientais do meio aquático foram detectadas ao longo do percurso do rio Verde Grande, no segmento compreendido entre a confluência do rio Suçupara e a montante de Jaíba.

Adicionalmente, foram identificados grupos indicadores de boa qualidade das águas nos afluentes, embora a integridade da comunidade avaliada pelos índices bióticos tenha apontado baixa qualidade do ecossistema. Dentre os afluentes, o rio Arapoim obteve a melhor “nota” de qualidade, atribuído à localização do ponto mais próximo à nascente.

Cabe ressaltar, ainda, a boa correlação entre os resultados dos índices IQA e ASPT, qualificando os ambientes da bacia do rio Verde Grande, desde “Escassa” quantidade de carga orgânica, detectada no rio Arapoim, até “Poluição Excessiva” no trecho do rio Verde Grande sob influência das águas do rio do Vieira.

Adicionalmente, os resultados da avaliação qualitativa das águas subterrâneas foram consolidados em mapas, um para cada rede de monitoramento, onde estão indicadas por ponto de coleta as variáveis com resultados não conformes em relação à Resolução CONAMA N° 396/2008.

Em relação à rede piloto (Figura 4.12 – em elaboração) foi observada não conformidade na maioria das estações de amostragem, sendo que o parâmetro coliformes termotolerantes apresentou a maior frequência de ocorrência, indicando quadro insatisfatório de contaminação patogênica por esgotos sanitários, uma vez que predomina o uso das águas nos pontos de amostragem para consumo humano. Também foram detectadas não conformidades em relação a cloreto, sulfato e sólidos dissolvidos totais indicando potencial de salinização. As ocorrências de alumínio total, ferro total e manganês total podem ser atribuídas a aspectos construtivos e de manutenção dos poços e cisternas amostrados. A presença de nitrato no poço NR4-8, município de Montes Claros, refletiu a infiltração de esgotos sanitários e a disposição de efluentes de diversas origens no solo.

Quanto à rede do projeto de aperfeiçoamento (Figura 4.13 - em elaboração), persistiram nas águas subterrâneas amostradas os parâmetros detectados na rede piloto em valores acima do padrão da legislação, reforçando a presença generalizada de coliformes termotolerantes e de teores não conformes de nitrato nos pontos IVD44 (Verdelândia), CIS-J-01 (Jaíba) e CIS-08

(Varzelândia), associando-se à infiltração de esgotos sanitários no solo e a interferências de fontes difusas relacionadas à agricultura. A detecção de resultados não conformes do metal tóxico chumbo total em um número expressivo de estações de amostragem também deve estar relacionada ao uso e manejo inadequado do solo agrícola. Adicionalmente, as ocorrências naturais de fluoreto em diversos poços localizados no município de Jaíba devem ser consideradas como um fator limitante do uso das águas subterrâneas, de forma a proteger a saúde humana.

Com o objetivo de sintetizar os efeitos e interferências na qualidade das águas superficiais são apresentados a seguir os Quadros 4.1 a 4.8, para o rio Verde Grande e os afluentes monitorados no estado de Minas Gerais.

Figura 4.12 – Parâmetros não conformes com os padrões legais de qualidade de águas subterrâneas no período de abr/05 a mar/06 – Convênio CODEVASF/IGAM

(em elaboração)

Figura 4.13 – Parâmetros não conformes com os padrões legais de qualidade de águas subterrâneas no período de set/07 a set/08 – Projeto de Aperfeiçoamento

(em elaboração)

Quadro 4.1 – Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio Verde Grande no período de 1997 a 2008

Efeitos na Qualidade da Água
<ul style="list-style-type: none"> ➤ No alto curso do rio Verde Grande houve distribuição equitativa de IQA Ruim e Bom (35%) e em seu trecho final próximo ao deságüe no rio São Francisco predominou IQA Bom (59%), sem ocorrência de IQA Ruim. ➤ Nos segmentos intermediários, logo a jusante do rio do Vieira predominou IQA Ruim (55%), com ocorrência de 45% de IQA Médio. Nos demais pontos monitorados (VG004, SFJ18, SFJ20, SFJ22, SFJ23 e VG005) predominou IQA Médio. ➤ Pior condição nas chuvas, com prevalência de aumento dos percentuais do IQA Ruim, devido principalmente aos resultados de turbidez e coliformes termotolerantes. ➤ Predominou CT Baixa, com ocorrência de CT Média e Alta nos trechos monitorados. Pior condição no trecho a jusante da confluência do rio do Vieira, com 18% de CT Alta. Em geral, melhora no percurso do rio Verde Grande com aumento do percentual de CT Baixa ➤ Pior condição nas chuvas, com aumento da CT Alta, embora tenha predominado CT Baixa em todos os trechos monitorados. ➤ No curso superior do rio Verde Grande destacaram-se as seguintes variáveis com desconformidade em relação ao padrão da classe 1: coliformes termotolerantes, clorofila <i>a</i>, oxigênio dissolvido, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio amoniacal total, turbidez, sólidos em suspensão totais, cromo total, chumbo total, manganês total e ferro dissolvido. ➤ Após receber a contribuição do rio do Vieira, as águas do rio Verde Grande mostraram aumento nos percentuais de violação de fósforo total, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, fenóis totais, e nitrogênio amoniacal total e decréscimo em relação aos coliformes termotolerantes, sólidos em suspensão totais, turbidez, ferro dissolvido e componentes prejudiciais, embora mantendo presença de cromo total, chumbo total e cádmio total. ➤ Ao longo do percurso do rio Verde Grande ocorreu decréscimo dos percentuais de violação de carga orgânica, metais e nutrientes e aumento em relação aos coliformes termotolerantes e clorofila <i>a</i>. ➤ No baixo curso do rio Verde Grande a jusante da confluência do rio Gorutuba ocorreu aumento dos percentuais de violação de clorofila <i>a</i>, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e fósforo total, assim como de chumbo total, zinco total e cádmio total, e decréscimo em relação aos coliformes termotolerantes. ➤ Comparativamente ao alto curso, no segmento inferior do rio Verde Grande houve redução dos percentuais de desconformidade de oxigênio dissolvido, fósforo total, coliformes termotolerantes e demanda bioquímica de oxigênio, assim como dos metais totais, cromo, chumbo, manganês e níquel, e de ferro dissolvido. ➤ Ensaio ecotoxicológico com o organismo <i>Ceriodaphnia dubia</i> indicaram efeito tóxico crônico em 44% e 22% das amostras coletadas no rio Verde Grande no segmento localizado a montante e a jusante da confluência do rio Gorutuba, respectivamente. ➤ Presença e abundância dos moluscos invasores que possuem potencial de infestação no ambiente nos trechos do rio Verde Grande amostrados a partir da cidade de Capitão Enéas (SFC075/VG004, SFC107/SFJ22, SFC110/VG005 e SFC235/VG011). ➤ Os índices bióticos no trecho compreendido entre as cidades de Capitão Enéas e Jaíba apontaram para Moderada quantidade de matéria orgânica. ➤ O trecho localizado após a confluência com o rio Gorutuba mostrou uma macrofauna muito pobre, caracterizando condições de degradação das águas.

- Presença do vetor da esquistossomose mansônica nos trechos situados entre os rios Caititu e Arapoim.
- O trecho situado a jusante do rio Caititu, de acordo com o índice biológico ASPT, foi caracterizado como “excessivamente poluído” em relação ao teor de carga orgânica.
- Ocorrência de níquel nos sedimentos do baixo curso do rio Verde Grande em níveis tais que podem ocasionar efeito tóxico adverso à biota.

Interferências / Características Relevantes

- Interferência de fontes difusas na degradação da qualidade das águas no curso superior, repercutindo em sobrecarga de material sólido reproduzida nos expressivos percentuais de violação de turbidez e sólidos em suspensão totais, assim como por teores expressivos dos metais cromo total, chumbo total, manganês total, ferro dissolvido, decorrente do uso e manejo inadequado do solo na agropecuária.
- Interferência de lançamento de esgotos sanitários no curso superior, refletida na ocorrência de resultados não conformes de coliformes termotolerantes, clorofila *a*, oxigênio dissolvido, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio e nitrogênio amoniacal total.
- Predomínio do impacto negativo na qualidade das águas do rio Verde Grande advindo do lançamento de esgotos sanitários no trecho jusante ao aporte do rio do Vieira, refletido no aumento nos conteúdos de matéria orgânica e de nutrientes e prevalência de restrição de oxigenação.
- Insuficiência de saneamento básico repercutindo em condições sanitárias críticas no baixo curso do rio Verde Grande relacionada principalmente aos resultados não conformes de clorofila *a*, indicativos de pressão por matéria orgânica e por nutrientes.
- Aporte de componentes tóxicos transportados por afluentes, refletido na presença dos metais chumbo, zinco, cromo e cádmio, na forma total, e de cobre dissolvido, principalmente pelos afluentes rios do Vieira, Saçuapara e Gortuba e pela suspensão de sedimentos da calha fluvial contendo esses metais.
- Contribuição positiva de afluentes que possuem boa qualidade de água, em especial rios Caititu, São Domingos e Quem Quem, para assimilação da carga de poluentes lançada no rio Verde Grande.
- Contribuição de carga difusa introduzida pelos afluentes do médio curso do rio Verde Grande, associada aos resultados não conformes de cor verdadeira e ferro dissolvido.

Quadro 4.2 – Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio do Vieira no período de 1997 a 2008

Efeitos na Qualidade da Água
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Predominou IQA Ruim (66%), com ocorrência de IQA Muito Ruim (34%). ➤ Pior condição na estiagem com 57% de IQA Ruim e 43% de IQA Muito Ruim. ➤ Predominou CT Alta (68%). ➤ Pior condição na estiagem com 87% CT Alta. ➤ Resultados não conformes mais representativos: oxigênio dissolvido (100%), fósforo total (98%), manganês total (92%), DBO (85%), nitrogênio amoniacal total (80%), coliformes termotolerantes (78%); fenóis totais (49%), sólidos dissolvidos totais (37%), cromo total (33%), clorofila a (33%), sólidos em suspensão totais (20%), cianeto livre (17%), cor verdadeira (16%), chumbo total (14%), ferro dissolvido (13%), turbidez (12%); cobre dissolvido (11%) e zinco total (11%). ➤ Níveis de qualidade das águas mais desfavoráveis dentre as estações monitoradas. ➤ Águas duras a muito duras, atingindo valores próximos de 500 mg/L CaCO₃ de dureza total e resultados de alcalinidade total sistematicamente superiores a 150 mg/L CaCO₃. ➤ Resultado expressivo de densidade de cianobactérias (3.200 cél/mL), indicador biológico da presença de compostos tóxicos na água, embora em conformidade legal. ➤ Ensaio ecotoxicológico com o organismo <i>Ceriodaphnia dubia</i> indicaram efeito tóxico agudo em 50% das amostras de águas superficiais. ➤ Águas em condições impróprias à vida aquática em decorrência do lançamento de agentes contaminantes físicos e químicos, refletida nos ensaios ecotoxicológicos realizados com o organismo <i>Ceriodaphnia dubia</i>, com 50% dos resultados evidenciando efeito tóxico agudo. ➤ Quanto à avaliação hidrobiológica foram detectados bioindicadores de baixa qualidade das águas, quironomídeos e oligoquetas, que classificaram as águas com Poluição Excessiva. ➤ Presença de arsênio, cromo, mercúrio e níquel nos sedimentos em níveis que podem causar efeitos adversos à biota.
Interferências / Características Relevantes
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Insuficiência de saneamento básico do município de Montes Claros refletida em condições sanitárias críticas: <ul style="list-style-type: none"> • Os principais indicadores de interferência por matérias orgânica e fecal e por nutrientes registraram percentuais de não conformidade superiores a 75%, quais sejam: oxigênio dissolvido, fósforo total demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio amoniacal total e coliformes termotolerantes. • Todas as concentrações de oxigênio dissolvido estiveram abaixo do limite mínimo legal da classe 2, mostrando-se mais sensíveis nas chuvas. Comprometimento microbiológico das águas do rio do Vieira, especialmente nas chuvas, com base nas contagens das médias geométricas de coliformes termotolerantes. • Concentrações médias de demanda bioquímica de oxigênio elevadas na chuva e na seca, ultrapassando em mais de três vezes o padrão legal da classe 2. • Sobrecarga de matéria orgânica e de nutrientes e baixa oxigenação provoca degradação nas águas do rio Verde Grande, principalmente nas chuvas, no trecho a jusante de seu aporte. • Teores médios de fósforo total muito elevados, sendo que na estiagem as

condições foram mais adversas, refletindo a dominância de cargas pontuais de origem doméstica.

- Teores médios de nitrogênio amoniacal total elevados na chuva e na seca.
- Degradação da qualidade das águas devido ao lançamento de efluentes do diversificado parque industrial de Montes Claros refletida na presença de componentes prejudiciais, incluindo fenóis totais, cianeto livre e os metais cromo total, chumbo total, cobre dissolvido, zinco total e cádmio total.
- Número substancial de lançamentos de fontes pontuais, implicando em médias significativamente elevadas na estiagem em relação à condutividade elétrica e aos sólidos dissolvidos totais.
- Elevadas concentrações de manganês total implicaram num excesso de sólidos nessas águas, seja na forma dissolvida ou em suspensão, e em medidas consideráveis de cor verdadeira.
- Manejo inadequado do solo e degradação da vegetação natural refletidos em médias substancialmente maiores no período chuvoso para os parâmetros sólidos em suspensão totais e turbidez.
- Maior média de fenóis totais na seca, devido ao lançamento por fontes pontuais, sejam indústrias ou esgotos sanitários.
- Interferência de despejos de indústrias e lançamento de esgotos sanitários contribuindo para teores representativos de cálcio e sódio.

Versão Preliminar

Quadro 4.3 – Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio Caititu no período de junho de 2006 a dezembro de 2008

Efeitos na Qualidade da Água
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Predominou IQA Bom (55%), com ocorrência de IQA Médio (45%). ➤ Pior condição no período de chuva com 20% de IQA Bom e 80% de IQA Médio. ➤ Ocorrência de 100% de CT Baixa tanto no período de chuva quanto na estiagem. ➤ Resultados não conformes mais representativos: coliformes termotolerantes (27%); cor verdadeira (27%), sólidos dissolvidos totais (18%), manganês total (18%), turbidez (9%); ferro dissolvido (9%) e cobre dissolvido (9%). ➤ Pouca variabilidade dos resultados dos parâmetros: sólidos em suspensão total, turbidez, cor verdadeira, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrogênio amoniacal total, ferro dissolvido, manganês total e fenóis totais. ➤ Águas levemente básicas com predomínio de pH na faixa de 7,4 a 7,9. ➤ Medidas elevadas de condutividade elétrica com predomínio da faixa de 500 µS/cm a 600 µS/cm. ➤ Níveis de oxigenação satisfatórios com predomínio da faixa de 6,0 mg/L a 7,0 mg/L de oxigênio dissolvido. ➤ Ensaio ecotoxicológico com o organismo <i>Ceriodaphnia dubia</i> indicaram ausência de efeito tóxico em 89% das amostras de águas superficiais e efeito tóxico crônico nas 11% restantes. ➤ Ocorrência de cromo e níquel nos sedimentos em níveis tais que podem ocasionar efeito tóxico adverso à biota.
Interferências / Características Relevantes
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Interferência mediana de fontes difusas na degradação da qualidade das águas, refletida na pouca variabilidade dos resultados de sólidos em suspensão total, turbidez, cor verdadeira, ferro dissolvido e manganês total. ➤ Interferência de atividades agrícolas na degradação da qualidade das águas, associada aos resultados não conformes de cobre dissolvido nas águas superficiais, assim como à presença de cromo e níquel nos sedimentos, provavelmente em decorrência do uso de agrotóxicos e afins contendo esses metais. ➤ Níveis de qualidade das águas mais favoráveis comparativamente aos afluentes, rios Suçupara, Quem Quem e Arapoim. ➤ Condições sanitárias satisfatórias, retratadas na predominância de baixos conteúdos de matéria orgânica, nutrientes e organismos patogênicos e ocorrência natural de teores expressivos de sólidos dissolvidos.

Quadro 4.4 – Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio São Domingos em 2005

Efeitos na Qualidade da Água
Rio São Domingos
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Predominou IQA Bom (100%). ➤ Predominou CT Baixa (100%). ➤ Sem ocorrência de resultados não conformes. ➤ Condutividade elétrica natural, com medidas variando entre 95 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 280 $\mu\text{S}/\text{cm}$. ➤ Os macroinvertebrados bentônicos classificaram o rio São Domingos com Escasso teor de matéria orgânica.
Barragem São Domingos
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Predominou IQA Bom (75%), com ocorrência de IQA Excelente (25%). ➤ Predominou CT Baixa (100%). ➤ Resultados não conformes: oxigênio dissolvido (25%). ➤ Condutividade elétrica natural, com medidas variando entre 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 155 $\mu\text{S}/\text{cm}$. ➤ As avaliações bióticas indicaram condições ambientais variando entre Boas e Médias.
Interferências / Características Relevantes
<ul style="list-style-type: none"> ➤ A qualidade das águas do rio São Domingos mostrou-se em boas condições. ➤ A qualidade das águas da barragem São Domingos mostrou-se em boas condições, embora tenha ocorrido isoladamente nível de oxigenação inadequado, provavelmente em decorrência da dinâmica natural do oxigênio dissolvido no ambiente represado.

Quadro 4.5 – Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio Suçupara no período de junho de 2006 a dezembro de 2008

Efeitos na Qualidade da Água
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Predominou IQA Médio (64%), com ocorrência de IQA Muito Ruim (9%), IQA Ruim (18%) e IQA Bom (9%). ➤ Pior condição no período de chuva com 60% de IQA Médio, 20% de IQA Ruim e 20% de IQA Muito Ruim. ➤ Predominou CT Baixa (73%), com ocorrência de CT Média (9%) e CT Alta (18%). ➤ Pior condição no período de chuva com 40% de CT Baixa, 20% de CT Média e 40% de CT Alta. ➤ Resultados não conformes mais representativos: manganês total (55%), turbidez (55%); coliformes termotolerantes (45%); cor verdadeira (45%), sólidos em suspensão totais (36%), chumbo total (18%), ferro dissolvido (18%), cádmio total (9%), cobre dissolvido (9%), fósforo total (9%), oxigênio dissolvido (9%) e sólidos dissolvidos totais (9%). ➤ Grande variabilidade dos resultados dos parâmetros: sólidos dissolvidos totais, sólidos em suspensão total, turbidez, cor verdadeira, coliformes termotolerantes, ferro dissolvido e manganês total. ➤ Medidas mais baixas de condutividade elétrica em comparação aos afluentes, rios Caititu, Quem Quem e Arapoim, com predomínio da faixa de 280 µS/cm a 330 µS/cm. ➤ Ensaio ecotoxicológico com o organismo <i>Ceriodaphnia dubia</i> indicaram efeito tóxico crônico em 55% das amostras de águas superficiais e ausência de efeito tóxico nas 45% restantes. ➤ Presença do vetor da esquistossomose mansônica. ➤ Ocorrência de cromo, níquel e chumbo nos sedimentos em níveis tais que podem ocasionar efeito tóxico adverso à biota.
Interferências / Características Relevantes
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Interferência expressiva de carga difusa na degradação da qualidade das águas, refletida nos registros máximos de sólidos em suspensão totais (7.516 mg/L), turbidez (15.450,0 UNT), cor verdadeira (4.884 mg Pt/L), ferro dissolvido (1,69 mg/L), manganês total (4,290 mg/L) e demanda química de oxigênio (204 mg/L), todos com ocorrência em períodos chuvosos. ➤ Condições microbiológicas inadequadas com ocorrência de contagem máxima de coliformes termotolerantes de 160.000 NMP/100mL associadas ao aporte expressivo carga difusa de origem urbana e pecuária. ➤ Interferência de atividades agrícolas na degradação da qualidade das águas, correlacionada aos resultados não conformes de cobre dissolvido, chumbo total e cádmio total e ao efeito tóxico crônico, detectados nas águas superficiais, assim como da presença de cromo, níquel e chumbo nos sedimentos, provavelmente em decorrência do uso de agrotóxicos e afins contendo esses metais.

Quadro 4.6 – Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio Quem Quem no período de junho de 2006 a dezembro de 2008 e afluentes em 2005.

Efeitos na Qualidade da Água
Rio Quem Quem
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Equivalência entre os níveis de IQA Ruim (38%) e Bom (38%) e ocorrência de IQA Médio (24%). ➤ Pior condição no período de chuva com 50% de IQA Ruim, 25% de IQA Médio e 25% de IQA Bom. ➤ Predominou CT Baixa (88%), com ocorrência de CT Média (12%). ➤ Pior condição no período de chuva com 75% de CT Baixa e 25% de CT Média. ➤ Resultados não conformes mais representativos: cor verdadeira (38%), oxigênio dissolvido (38%), fósforo total (25%), sólidos dissolvidos totais (25%), turbidez (25%), cobre dissolvido (13%), ferro dissolvido (13%) e manganês total (13%). ➤ Grande variabilidade dos resultados dos parâmetros: pH, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, cor verdadeira, oxigênio dissolvido, ferro dissolvido e manganês total. ➤ Medidas elevadas de condutividade elétrica com predomínio da faixa de 350 µS/cm a 950 µS/cm. ➤ Níveis de oxigenação inadequados com predomínio da faixa de 4,0 mg/L a 5,8 mg/L de oxigênio dissolvido. ➤ Ensaio ecotoxicológico com o organismo <i>Ceriodaphnia dubia</i> indicaram ausência de efeito tóxico em 71% das amostras e efeito tóxico crônico nas 29% restantes. ➤ Presença do vetor da esquistossomose mansônica. ➤ Ocorrência de níquel nos sedimentos em níveis tais que podem ocasionar efeito tóxico adverso à biota.
Afluentes
Barragem Canabrava
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Predominou IQA Excelente (67%), com ocorrência de 33% de IQA Bom. ➤ Predominou CT Baixa (100%). ➤ Resultados não conformes: fósforo total (67%) e nitrogênio amoniacal total (33%). ➤ As avaliações bióticas indicaram condições ambientais entre Boas e Médias.
Córrego Canabrava
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Predominou IQA Médio (50%), com ocorrência de 25% de IQA Ruim e 25% de IQA Bom. ➤ Predominou CT Baixa (100%). ➤ Resultados não conformes: manganês total (100%), coliformes termotolerantes (25%), fósforo total (25%), nitrogênio amoniacal total (25%), oxigênio dissolvido (25%), sólidos em suspensão totais (25%) e turbidez (25%). ➤ Os organismos zoobentônicos caracterizaram ambiente impactado.

Barragem Pedro Jú

- Predominou IQA Bom (75%), com ocorrência de 25% de IQA Excelente.
- Predominou CT Baixa (100%).
- Resultados não conformes: fósforo total (50%).
- As avaliações bióticas indicaram condições ambientais entre Boas e Médias.

Rio Poções

- Predominou IQA Médio (100%),.
- Predominou CT Baixa (75%), com ocorrência de 25% de CT Média.
- Resultados não conformes: manganês total (75%), coliformes termotolerantes (50%), fósforo total (50%), turbidez (50%), ferro dissolvido (33%), DBO (25%), chumbo total (25%) e sólidos em suspensão totais (25%).
- Os organismos zoobentônicos caracterizaram ambiente impactado com predominância de insetos quironomídeos e moluscos exóticos (*Corbicula fluminea*) e vetores da esquistosomose - *Biomphalaria sp.*

Interferências / Características Relevantes

Rio Quem Quem

- Contribuição de carga difusa associada a condições sanitárias inadequadas, refletidas em baixos níveis de oxigenação das águas e medidas elevadas de condutividade elétrica e associada a teores expressivos de demanda química de oxigênio.
- Interferência de atividades agrícolas na degradação da qualidade das águas, correlacionada aos resultados não conformes de cobre dissolvido e ao efeito tóxico crônico, detectados nas águas superficiais, assim como da presença de níquel nos sedimentos, provavelmente em decorrência do uso de agrotóxicos e afins contendo esse metal.

Afluentes

- Condições ambientais inadequadas na barragem Canabrava associadas a elevadas cargas de nutrientes, retratadas nos teores não conformes de fósforo total e nitrogênio amoniacal total.
- Insuficiência de saneamento básico refletida em condições sanitárias inadequadas no córrego Canabrava devido aos resultados não conformes de coliformes termotolerantes, fósforo total, nitrogênio amoniacal total e oxigênio dissolvido.
- Contribuição de carga difusa no córrego Canabrava associada a resultados não conformes de manganês total, sólidos em suspensão total e turbidez.
- Condições ambientais inadequadas na barragem Pedro Jú associadas a elevadas cargas de nutrientes, retratadas nos teores não conformes de fósforo total.
- Insuficiência de saneamento básico refletida em condições sanitárias inadequadas no rio Poções devido aos resultados não conformes de coliformes termotolerantes, fósforo total e demanda bioquímica de oxigênio.
- Contribuição de carga difusa no rio Poções associada a resultados não conformes de manganês total, ferro dissolvido, sólidos em suspensão total e turbidez.
- Interferência de atividades agrícolas na degradação da qualidade das águas do rio Poções, correlacionada aos resultados não conformes de chumbo total, provavelmente em decorrência do uso de agrotóxicos e afins contendo esses metais.

Quadro 4.7 – Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio Arapoim no período de junho de 2006 a dezembro de 2008

Efeitos na Qualidade da Água
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Predominou IQA Bom (55%), com ocorrência de IQA Ruim (9%) e IQA Médio (36%). ➤ Pior condição no período de chuva com 20% de IQA Ruim, 40% de IQA Médio e 40% de IQA Bom. ➤ Predominou CT Baixa (91%), com ocorrência de CT Média (9%). ➤ Pior condição no período de chuva com 80% de CT Baixa e 20% de CT Média. ➤ Resultados não conformes mais representativos: coliformes termotolerantes (27%), cor verdadeira (18%), manganês total (18%), cobre dissolvido (9%), sólidos em suspensão totais (9%), turbidez (9%). ➤ Grande variabilidade dos resultados dos parâmetros: sólidos em suspensão totais, turbidez, cor verdadeira e coliformes termotolerantes. ➤ Medidas de condutividade elétrica mais baixas em comparação aos afluentes, rios Caititu e Quem Quem, com predomínio da faixa de 340 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 410 $\mu\text{S}/\text{cm}$. ➤ Níveis de oxigenação adequados com predomínio da faixa de 7,0 mg/L a 8,0 mg/L de oxigênio dissolvido. ➤ Ensaio ecotoxicológico com o organismo <i>Ceriodaphnia dubia</i> indicaram ausência de efeito tóxico em 56% das amostras e efeito tóxico crônico nas 44% restantes. ➤ Presença do vetor da esquistossomose mansônica. ➤ Ocorrência de chumbo, cromo e níquel nos sedimentos em níveis tais que podem ocasionar efeito tóxico adverso à biota.
Interferências / Características Relevantes
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Condições microbiológicas inadequadas associadas ao aporte expressivo carga difusa e ocorrência de contagem máxima de coliformes termotolerantes de 13.000 NMP/100mL. ➤ Interferência de atividades agrícolas na degradação da qualidade das águas, correlacionada aos resultados não conformes de cobre dissolvido e ao efeito tóxico crônico, detectados nas águas superficiais, assim como da presença de cromo, níquel e chumbo nos sedimentos, provavelmente em decorrência do uso de agrotóxicos e afins contendo esses metais.

Quadro 4.8 – Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio Gorutuba no período de 1997 a 2008

Efeitos na Qualidade da Água
<ul style="list-style-type: none"> ➤ No rio Gorutuba a jusante da cidade de Janaúba predominou IQA Médio (76%) com ocorrência de IQA Ruim (11%) e Bom (13%), assim como a montante da confluência com o rio Pacuí, com IQA Médio (53%), IQA Ruim (23%) e IQA Bom (23%). ➤ Pior condição nas chuvas, com aumento dos percentuais do IQA Ruim, devido principalmente aos resultados de turbidez e coliformes termotolerantes, além de fósforo total no trecho inferior. ➤ Foi registrado IQA Excelente no rio Gorutuba a jusante da barragem Bico da Pedra (25%) e no seu afluente rio Serra Branca a jusante da barragem Serra Branca (35%), com predominância de IQA Bom. ➤ Predominou IQA Bom no rio São Domingos a montante da barragem São Domingos, rio Gorutuba a montante da barragem Bico da Pedra, rio das Lajes a montante e a jusante da barragem das Lajes e rio Gameleira a jusante da barragem Gameleira. ➤ Predominou IQA Ruim no rio Gorutuba a jusante da confluência com o rio Mosquito e no rio Mosquito próximo a sua foz no rio Gorutuba houve distribuição equitativa entre as faixas do IQA Ruim e Médio. ➤ Predominou IQA Excelente e Bom na zona fótica de ambientes lênticos amostrados na sub-bacia do rio Gorutuba, exceto no corpo da barragem da ASSIEG no município de Janaúba, onde ocorreu IQA Ruim devido aos baixos teores de oxigênio dissolvido, mas com prevalência da faixa Média. ➤ Predominou CT Baixa, com ocorrência de CT Média e Alta no rio Gorutuba a jusante da cidade de Janaúba assim como no trecho a montante da confluência com o rio Pacuí. ➤ Pior condição na chuva, no rio Gorutuba a jusante da cidade de Janaúba, e na estiagem, no rio Gorutuba a montante da confluência com o rio Pacuí, com aumento no percentual de ocorrência da CT Alta. ➤ Ocorrência de CT Alta no rio Gorutuba a montante da barragem Bico da Pedra devido a teor isolado de chumbo total. ➤ Predominou CT Baixa na zona fótica de ambientes lênticos amostrados na sub-bacia do rio Gorutuba. ➤ Na estação localizada a jusante da cidade de Janaúba os resultados não conformes mais representativos foram: oxigênio dissolvido (87%), manganês total (34%), coliformes termotolerantes (33%), cromo total (30%), fósforo total (13%). ➤ Na estação localizada a montante da confluência com o rio Pacuí os resultados não conformes mais representativos foram: oxigênio dissolvido (70%), manganês total (44%), ferro dissolvido (26%), clorofila a (25%), demanda bioquímica de oxigênio (23%), coliformes termotolerantes (23%), cromo total (23%), fósforo total (20%). ➤ Prevaleceram valores médios de pH entre 6,5 e 7,0, mais baixos no rio Gorutuba a jusante da cidade de Janaúba e a montante da confluência com o rio Pacuí, comparativamente aos rios Verde Grande e do Vieira. ➤ Medidas de condutividade elétrica mais baixas no rio Gorutuba a jusante da cidade de Janaúba e a montante da confluência com o rio Pacuí em comparação com o rio Verde Grande, com medianas inferiores a 300 µS/cm. ➤ Percentual de 100% de ocorrências de concentrações de oxigênio dissolvido abaixo do limite inferior da legislação no rio Gorutuba a montante da barragem da ASSIEG e no corpo da barragem e a jusante da confluência com o rio Mosquito e no próprio rio Mosquito. ➤ Presença do componente tóxico nitrogênio amoniacal total na barragem Bico da Pedra

<p>e no rio das Lajes e de chumbo total nos rios Poções e Gorutuba a montante da barragem Bico da Pedra.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Condição favorável de qualidade de água nos rios São Domingos a montante da barragem São Domingos e Gorutuba a jusante da barragem Bico da Pedra, visto que todos os resultados analítico mostraram-se em conformidade com a legislação. ➤ Teores não conformes dos agrotóxicos DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD) e Metoxicloro no rio Gorutuba a montante da barragem Bico da Pedra (SFC115), na barragem da ASSIEG, a jusante da confluência com o rio Mosquito e a montante da confluência do rio Pacuí, assim como na Lagoa Grande e no rio Mosquito. ➤ Ensaio ecotoxicológico com o organismo <i>Ceriodaphnia dubia</i> indicaram ausência de efeito tóxico no rio Gorutuba a jusante da barragem Bico da Pedra, a montante da barragem da ASSIEG, a jusante da cidade de Janaúba, a jusante da confluência com o rio Mosquito e a montante da confluência com o rio Pacuí. ➤ Ensaio ecotoxicológico com o organismo <i>Ceriodaphnia dubia</i> indicaram efeito tóxico crônico no rio Gorutuba a montante da barragem Bico da Pedra. ➤ Os macroinvertebrados bentônicos mostraram a melhor qualidade no rio Gorutuba a montante da barragem Bico da Pedra e no seu afluente o rio Serra Branca, caracterizando ambiente com teor Escasso de matéria orgânica. ➤ As comunidades fito e zooplânctônicas apontaram densidades mais baixas e riquezas de espécies mais altas no rio Gorutuba a jusante da barragem Bico da Pedra, refletindo o resultado do índice de diversidade, que caracteriza ambiente com águas mais limpas. ➤ As populações planctônicas refletiram condições mais impactantes para o meio aquático no rio Gorutuba a montante da barragem da ASSIEG, a jusante da cidade de Janaúba e a jusante da confluência com o rio Mosquito. ➤ Populações planctônicas com baixas densidades e o índice de diversidade classificaram o rio Gorutuba no corpo da barragem da ASSIEG com Poluição entre Fraca a Moderada. ➤ O rio Mosquito mostrou enriquecimento orgânico com densidades altas, tanto para o fito quanto para o zooplâncton e resultados mais altos do índice biótico, sendo classificado entre Poluição Forte a Moderada. ➤ Nas barragens das Lajes e da Gameleira as comunidades do plâncton mostraram alta produtividade mas baixa riqueza de espécies. Os pontos localizados a montante e a jusante destes barramentos indicaram, pela avaliação das comunidades da macrofauna, baixo teor de matéria orgânica e, portanto, boas condições dos biótopos. ➤ O rio Serra Branca a jusante da barragem Serra Branca apresentou a lista mais completa dentre os bioindicadores de boa qualidade das águas, recebendo a maior nota do BMWP/ASPT e quanto ao índice saprobiótico foi atribuída condição de águas de qualidade Excelente. ➤ Ocorrência de arsênio, cromo e níquel nos sedimentos do rio Gorutuba em níveis tais que podem ocasionar efeito tóxico adverso à biota.
<p>Interferências / Características Relevantes</p>
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Interferência de lançamento de esgotos sanitários na estação localizada a jusante da cidade de Janaúba, refletida na ocorrência de resultados não conformes de oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes e fósforo total. ➤ Manutenção da interferência de lançamento de esgotos sanitários na estação localizada a montante da confluência com o rio Pacuí, refletida na ocorrência de resultados não conformes de oxigênio dissolvido, clorofila a, DBO, coliformes termotolerantes e fósforo total.

- Interferência de fontes difusas na degradação da qualidade das águas no rio Gorutuba decorrente do uso e manejo inadequado do solo na agricultura, reproduzida nos expressivos percentuais de violação dos metais, manganês total e cromo total, assim como de ocorrências isoladas de cádmio total e zinco total.
- Evolução da degradação do ambiente aquático ao longo do percurso do rio Gorutuba, com a invasão de plantas aquáticas em seu leito em decorrência do aporte de despejos domésticos.
- Contaminações por agrotóxicos na água e arsênio nos sedimentos do rio Gorutuba no corpo da barragem da ASSIEG indicaram deposição de carga de poluentes advinda da agricultura desenvolvida região.
- Detecção de agrotóxicos nas águas do rio Gorutuba e afluentes reflete o impacto advindo das atividades agrícolas, com repercussão no rio Verde Grande e até mesmo no rio São Francisco.

Versão Preliminar

Versão Preliminar

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco -PBHSF (2004-2013) - Módulo 3 - Alocação de Água, Enquadramento dos Corpos de Água, Fiscalização e Cobrança pelo Uso. Brasília, 2004.

ARAÚJO, P. R.; FRIEDRICH, G.; CORING, E. Use of artificial substrates for biological monitoring in the Guandu and Paraiba do Sul rivers, Rio de Janeiro State, Brazil. Verh.Internat. verein. Limnol, Stuttgart, n.26,p. 1257-1259, 1998.

ARMITAGE, P. D. MOSS, D.; WRIGHT, J. F.; FURSE, M. T. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. Water Res, n. 17, p. 333-347, 1983.

CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT. 2002. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Summary tables. Updated. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. Resolução CONAMA N° 344, de 25 de março de 2004.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Resolução CONAMA N° 396, de 03 de abril de 2008.

CORING,E.; KÜCHENHOFF,B. Vergleich verschiedener europäischer Untersuchungs und Bewertungsmethoden für fliessgewässer. Essen Landesemweltamt Nordrhein-Westfalen n. 18, p.1-137, 1995.

DOMINGUEZ, E.; HUBBARD, M. D.; PETERS, W. L. Clave para las ninfas y adultos de las familias y gêneros de Ephemeroptera (insecta) sudamericanos. Biol. Acuatica,La Plata, n.16, p. 1-39, 1992.

EDMONDSON, W.T. Fresh-water Biology. 2ed. New York:: J. Wiley, 1959. 1248 p.

ESTEVEES, Francisco de Assis, Fundamentos de Limnologia. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC. Padronização e Consolidação Metodológica de um Índice Biótico de Qualidade de

Água para Ambientes Lóticos: bacia do rio Paraíba do Sul; FAPEMIG, Belo Horizonte, 2007. 106.p. Anexos. Relatório técnico final.

HECKMAN, C. W. Encyclopedia of South American Aquatic Insects: Ephemeroptera –Illustrated keys to known families, genera, and species in South America. London .Kluwer Academic Publishers. 2002a. 419p.

HECKMAN, C. W. Encyclopedia of South American Aquatic Insects: Plecoptera – illustrated keys to known families, genera, and species in South America. London. Kluwer Academic Publishers. 2002b. 329p.

HOLZENTHAL, R. W. Neotropical Trichoptera: taxonomy and biology of adults and larvae. Curitiba, Belo Horizonte: Universidade Federal do Paraná; Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1998. 1v.

IBAMA. Portaria Nº 715, de 20 de setembro de 1989.

IGAM. Programa de Monitoramento de águas superficiais: Relatório de Implantação da Rede de Monitoramento das Águas Superficiais das Sub-bacias dos Rios Verde Grande, Riachão e Jequitáí na Bacia do Rio São Francisco, em Minas Gerais. Belo Horizonte. Janeiro de 2005

IGAM. Implantação das Redes de Monitoramento das Águas Superficiais e Subterrâneas da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco e Sub-bacia do rio Verde Grande. Implantação da rede preliminar de amostragem. Projeto Estruturador do Rio São Francisco – São Francisco Norte – UPGHR SF10 e SF06. Janeiro 2006

IGAM. Relatório de Implantação da rede dirigida de Monitoramento das Águas Superficiais na Região do Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros. Projeto Estruturador da Bacia do Rio São Francisco. Belo Horizonte, Março de 2006

IGAM. Monitoramento das Águas Superficiais e Subterrâneas das Sub-bacias do Rios Verde Grande, Riachão e Jequitáí na Bacia do Rio São Francisco, em Minas Gerais. Maio de 2007.

IGAM. Monitoramento da qualidade das águas superficiais na Bacia do Rio São Francisco Norte em 2006. Belo Horizonte, 2007.

IGAM. Monitoramento da qualidade das águas superficiais do rio São Francisco e Afluentes em 2007. Belo Horizonte, 2008.

IGAM/CETEC . Relatório de Avaliação dos resultados do ano de 2005. Monitoramento das Águas Superficiais e Subterrâneas das Sub-bacias dos rios Verde Grande, Riachão e Jequitáí na bacia do rio São Francisco, em Minas Gerais. CODEVASF, Belo Horizonte, Março de 2007.

JUNQUEIRA, M. V. ; CAMPOS, M. C. S. Adaptation of the "BMWP" method for water quality evaluation to rio das Velhas watershed (Minas Gerais, Brazil). Acta Limnológica Brasiliensia. V. 10 n.2 p. 125-135, 1998.

JUNQUEIRA, M. V.; CAMPOS, M. C. S. Notas preliminares sobre o desenvolvimento de métodos de bioindicadores de qualidade de água em ambientes lóticos tropicais. Arq. Biol. Tecnol., v.34, n.1, p.109-124, 1991.

JUNQUEIRA, M.V.; AMARANTE, M.C.; DIAS, C.S.; FRANÇA, E.S. Biomonitoramento da qualidade das águas da bacia do Alto rio das Velhas (MG/Brasil) através de macroinvertebrados bentônicos. Acta Limnológica Brasiliensia; v. 12, p.73-87, 2000.

LOPRETTO, E.C. ; TELL, G. Ecosistemas de águas continentales: metodologias para su estudio. La Plata: Ediciones Sur, 1995. 1401 p.T. 3.

MACAN, T.T. Methods for sampling of botton fauna of story streams. Mitt. Intern. Ver.Limnol., v.8, 1958.

MALEK, E. A. A guide for the identification of the snail intermediate host of schistosomiasis in the Americ. Washington: Pan American Health Organization, 1968.

MERRIT R.W. ; CUMMINS, K.W. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall/Hunt Publ .Co., Dubuque, 1996. 706 p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004.

NIESER, N. The water bugs (Heteroptera; nepomorpha) of the Guyana Region. Utrecht; D.C.Geijskes, P.Wagenaar Hummelinck, 1975. 310 p. (Studies on the Fauna of Suriname and other Guyanas, 59). v.16.

PÉRES, G. R. ; ROLDAN, G. Guia para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Bogotá: Universidade de Antioquia, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 1988. 217 p.

SCHÄFFER, A. Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais. Porto Alegre : UFRGS, 1984. p.532.

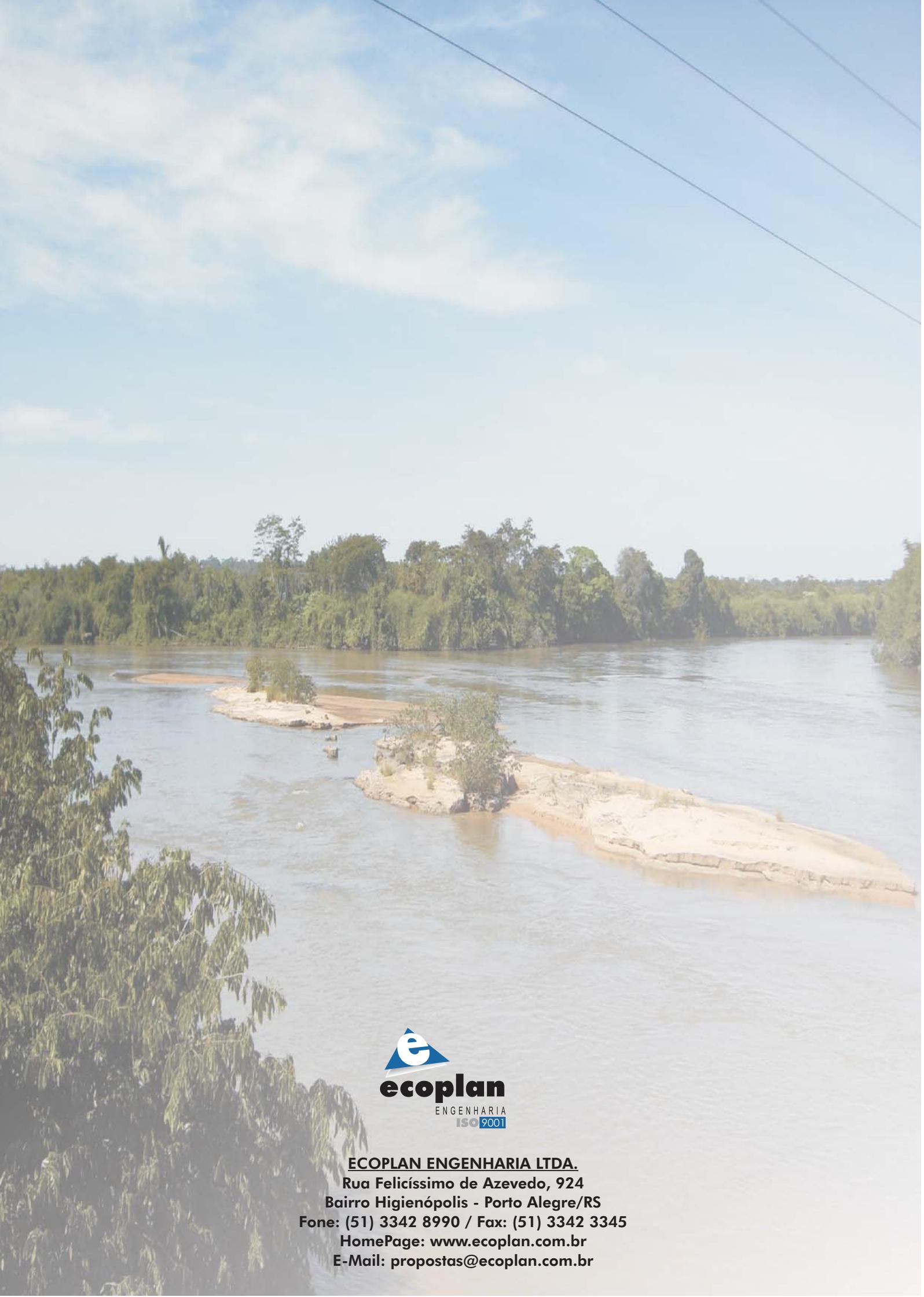
SPERLING, Marcos Von. Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p. v.1.

TRAIN, RUSSELL ERROL. Quality Criteria for Water. United States Environmental Protection Agency. Washington, 1979.

UFMG/CNEN/CDTN/IGAM. Processos geradores de concentração anômala de fluoreto na água subterrânea em região semi-árida: estudo de caso em aquífero cárstico-fissural do Grupo Bambuí nos municípios de Verdelândia, Varzelândia e Jaíba, Minas Gerais. Fevereiro de 2009.

WANTZEN,K.M.; PINTO-SILVA,V. Uso de substrato artificial para avaliação de impactos do assoreamento sobre macroinvertebrados bentônicos em um Córrego de Cabeceiras no Pantanal do Mato Grosso, Brasil. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH. v.11 n. 1, p 9-107, 2006.

Versão Preliminar



ECOPLAN ENGENHARIA LTDA.
Rua Felicíssimo de Azevedo, 924
Bairro Higienópolis - Porto Alegre/RS
Fone: (51) 3342 8990 / Fax: (51) 3342 3345
HomePage: www.ecoplan.com.br
E-Mail: propostas@ecoplan.com.br