

# PDRH RIO VERDE

Plano Diretor de Recursos  
Hídricos da Bacia do Rio Verde  
VOLUME 1B



INSTITUTO MINEIRO  
DE GESTÃO DAS ÁGUAS



Consórcio:





## MINAS GERAIS

### **Governo do Estado de Minas Gerais**

Aécio Neves (até abril de 2010)

Antônio Augusto Anastasia

*Governador*

### **Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos do Estado de Minas Gerais – Sisema**

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

José Carlos Carvalho

*Secretário*

#### **Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM**

Cleide Izabel Pedrosa de Melo - *Diretora Geral*

#### **Diretoria de Gestão de Recursos Hídricos**

Luiza de Marillac Moreira Camargos- *Diretora*

#### **Gerência de Planejamento de Recursos Hídricos**

Célia Maria Brandão Fróes - *Gerente*

### **EQUIPE TÉCNICA – IGAM**

#### **Coordenação e Acompanhamento**

Célia Maria Brandão Fróes

**Coordenação Geral – Gerente de Planejamento de Recursos Hídricos**

Rodrigo Antonio Di Lorenzo Mundim

**Coordenação Executiva - Analista Ambiental - Geógrafo**

#### **Colaboradores Técnicos**

Célia Maria Brandão Fróes – GPARH / IGAM

Lilian Márcia Domingues – GPARH/IGAM

Robson Rodrigues dos Santos – GPARH/IGAM

José Eduardo Nunes de Queiroz – GPARH/IGAM

Wanderlene Ferreira Nacif – GEMOG/IGAM

Thiago Augusto Borges Rodrigues – GEMOG/IGAM

Ludmila Vieira Lage – GEMOG/IGAM

Sérgio Gustavo Rezende Leal – GECOB/IGAM

Rodolfo Carvalho Salgado Penido – GESAN/FEAM

Jose Alberto de Oliveira Soares Teixeira – GEDIN/FEAM

#### **Gestão do Convênio SEMAD/IGAM N.º 1371010400809**

**Rodrigo Antônio Di Lorenzo Mundim**

Analista Ambiental – Geógrafo



## **GRUPO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO – GAT**

### **Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM**

Rodrigo Antonio Di Lorenzo Mundim – IGAM

### **Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Verde – CBH Verde**

Carlos Renato Viana – Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais - FIEMG  
Janimayre Forastieri de Almeida - PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO LOURENÇO  
Joana Beatriz Barros Pereira - Universidade Vale do Rio Verde - UNINCOR  
Luiz Antônio Tavares - ONG SOS RIO VERDE  
Maria Angélica Mello Andrade – Secretaria de Estado da Educação - SEE  
Maria Antônia Willians Muniz Barreto - Sociedade Amigos do Parque das Águas - AMPARA  
Maria Laura dos Reis - PREFEITURA MUNICIPAL DE JESUÂNIA  
Mário Dantas - Universidade Vale do Rio Verde - UNINCOR  
Pérsio Bustamante Monteiro - Instituto para Observação, Investigação e Ação Comunitária -  
INSTITUTO OIA  
Sidney Villamarim Cabizuca - ONG MOVIMENTO S/A  
Valentim Calenzani – Ordem dos Advogados de Minas Gerais – OAB/MG  
Valter Antônio de Jesus - Associação de Defesa e Preservação da Bacia Hidrográfica  
do Rio Verde - ADRIVERDE  
Mallius de Figueiredo - Convidado

### **Apoio Administrativo do CBH Verde ao GAT**

Elisa Fonseca da Silva Dias - Auxiliar Administrativo do CBH Verde



**Empresa Contratada: Consórcio ECOPLAN - LUME****Coordenação**

<b>Coordenadores</b>	<b>Área de atuação</b>	<b>Entidade de classe</b>
Engenheiro Civil Percival Ignácio de Souza	Diretor do contrato e responsável técnico	CREA RS: 2.225
Engenheiro Civil Henrique Bender Kotzian	Coordenador técnico	CREA RS: 59.609
Engenheiro Agrônomo Alexandre Ercolani de Carvalho	Gerente de projeto	CREA RS: 72.263
Engenheiro de Telecomunicação Paulo Maciel Júnior	Coordenador executivo	CREA RJ: 31.887

**Equipe Técnica**

<b>Profissional</b>	<b>Área de atuação</b>	<b>Entidade de classe</b>
Geólogo Allan Buchi	Hidrogeologia e águas minerais	CREA MG: 113.611/LP
Engenheira Ambiental Ana Luiza Cunha	Apoio à coordenação	CREA MG: 121.099/LP
Economista Anna Adélia Ayres Penna	Aspectos demográficos e socioeconomia	CORECON MG :2060
Geólogo Bernhard Pitschka	Programa de proteção e monitoramento das águas minerais	-
Engenheira Química Ciomara Rabelo de Carvalho	Qualidade da água/ Programa para efetivação do enquadramento/ Programa de poluição industrial mineraria e de serviços	CRQ 2ª Região: 02300337
Engenheiro Civil Clécio Eustáquio Gomides	Modelagem matemática da qualidade das águas	CREA MG: 79.277
Geógrafa Dalila de Souza Alves	Sistema de informações geográficas e apoio à coordenação	CREA MG: 103553
Geógrafo Daniel Duarte das Neves	Sistema de informações geográficas	CREA RS: 146.202
Geógrafo Diego Rodrigo Macedo	Unidades de conservação e uso do solo/Biomas e áreas prioritárias para a conservação	-
Sociólogo Eduardo Antonio Audibert	Prognóstico:cenário tendencial e alternativo	DRT/RS 709
Engenheiro Civil Eduardo de Oliveira Bueno	Estudos hidrológicos	CREA MG: 84.087
Engenheira Química Elisa Dias de Melo	Qualidade da água	CREA MG: 10.8107/LP
Engenheira Química Fabrícia Moreira Gonçalves	Qualidade da Água/ Programa para efetivação do Enquadramento	CREA MG: 114.150/LP
Eng. Agrônomo Fernando Setembrino Cruz Meirelles	Irrigação, erosão e sedimentação	CREA RS: 54.128
Geógrafo Frederico Barros Teixeira	Programa de combate de erosão em estradas vicinais	CREA MG: 93.367
Engenheiro Civil Francisco Ricardo Andrade Bidone	Dimensionamento e custos de sistemas de saneamento	CREA RS: 010.625
Administradora Janimayri Forastieri de Almeida	Programa de educação hidroambiental	CRA MG: 35.018
Geólogo João César Cardoso do Carmo	Hidrogeologia e águas minerais	CREA MG: 29.184
Engenheiro Geólogo João Jerônimo Monticeli	Arranjo institucional	CREA SP: 45.850
Geólogo João Vicente de F. Mariano	Geologia	CREA MG: 45.425
Engenheiro Civil José Nelson de Almeida Machado	Saneamento e saúde pública /Programa melhoria de serviços prestados e redução de perdas/Programa de tratamento de esgoto sanitário/Programa de tratamento de resíduos sólidos domésticos	CREA MG: 6.193
Arquiteto Jorge Guilherme de M. Francisconi	Políticas públicas e orçamento publico	CREA RS: 14.629



Geógrafa Letícia Oliveira Freitas	Apoio ao Geoprocessamento	CREA MG: 108.543
Eng. Química Márcia Cristina Marcelino Romanelli	Qualidade da Água/ Programa para efetivação do Enquadramento/ Programa de monitoramento da qualidade das águas	CRQ 2ª Região : 02300335
Jornalista Maria Aparecida Costa	Atores Sociais, educação/ Comunicação e Marketing	SJPMG : 03.944JP
Turismóloga Maria Carolina de Oliveira Mariano	Programa de apoio ao desenvolvimento sustentável do hidro-turismo	-
Bióloga Maria Christina Grimaldi da Fonseca	Ictiofauna/ Programa de proteção das comunidades aquáticas/ revisão geral	CRBIO 4ª Região: 04.843/D
Advogada Maria Thereza Camisão Mesquita Sampaio	Compensação a municípios	OAB MG: 74.789
Engenheiro Agrônomo Mauricio Roberto Fernandes	Aptidão agrícola	CREA MG : 8.205
Advogada Mariana Navarro Paolucci	Aspectos institucionais e política urbana	OAB MG: 102.160
Veterinária Mônica Lopes Buono	Programa de reflorestamento de matas ciliares e nascentes/ Programas de reflorestamento com espécies nativas e fins econômicos	CRMV MG: 1.748
Geólogo Osmar Gustavo Wohi Coelho	Hidrogeologia	CREA RS:030.673
Engenheiro Paulo Roberto Gomes	Planejamento estratégico e institucional	CREA RS: 057.178
Geólogo Pedro Carlos Garcia Costa	Aspectos institucionais e política urbana	CREA : 23.195
Engenheiro Hídrico Rafael Merlo Neves	Estudos de demandas e balanço hídrico	CREA MG: 92.264
Engenheira Agrônoma Renata del Giudece Rodriguez	Cálculos da cobrança pelo uso da água	CREA DF: 0706163737
Biólogo Reynaldo Guedes Neto	Programa de criação da APA Circuito das águas	CRBIO 4ª Região: 13.329-04
Biólogo Rodrigo Agra Balbuena	Análise de Sistemas de SIG e Modelagem de Banco de Dados Geográficos	CRBio: 08014 - 03
Engenheira Hídrica Sabrina Neves Merlo	Estudos de disponibilidade hídrica	CREA MG:116.766
Engenheira Civil Sandra Sonntag	SIG e Interpretação de Imagem Satélite	CREA RS: 69.715
Engenheiro Civil Sidney Gusmão Agra	Hidrologia, Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos	CREA RS: 103.149
Geógrafa Silvia R. de Almeida Magalhães	Unidades de conservação e uso do solo/Biomas e áreas prioritárias para a conservação	-
Eng. Agrônomo Tiago Maciel Peixoto de Oliveira	Análise de Agente Poluentes – agrotóxicos/Programa de poluição de origem agrícola/Programa de poluição orgânica de origem animal/Programa de combate à erosão em áreas antropizadas	CREA MG: 107.341
Publicitário Thiago Nogueira Penna	Aspectos demográficos e socioeconomia	-
Biólogo Willi Bruschi Júnior	Meio Ambiente	CRBIO RS: 08.459-03
Geógrafo Yash Rocha Maciel	Atualização dos usos das águas e poluição difusa / Indicação de revisão do enquadramento/Sistema de Informações Geográficas	CREA MG: 91.965

<b>Estagiários</b>	<b>Área de atuação</b>
Graduanda de Eng. Ambiental Ana Paula Sinno Ribeiro	Programa para efetivação do enquadramento
Graduando de Geologia Hugo Monteiro da Cruz	Hidrogeologia
Graduanda de Eng. Química Renata Franco Lúcio	Qualidade das águas superficiais
Graduanda de Eng. Ambiental Thalles Amorim Delabrida Silva	Programa para efetivação do enquadramento
Graduando de Eng Cartográfica Vinicius Montenegro	Sistema de Informações Geográficas



## LISTA DE FIGURAS

### VOLUME I A

Figura 1 – Sub-bacias e municípios da bacia do rio Verde .....	25
Figura 2 – Manchas urbanas e rodovias de acesso à bacia do rio Verde.....	30
Figura 3 – Sistemas de circulação atmosférica perturbada do sudeste brasileiro.....	35
Figura 4 – Temperatura média normal em °C (1961 a 1990).....	36
Figura 5 – Temperatura média mínima em °C (1961 a 1990).....	37
Figura 6 – Temperatura média máxima em °C (1961 a 1990).....	37
Figura 7 – Precipitação média anual em mm (1961 a 1990).....	38
Figura 8 – Normais de temperatura na estação São Lourenço (1961 a 1990).....	39
Figura 9 – Normais de umidade relativa do ar na estação São Lourenço (1961 a 1990). .....	39
Figura 10 – Normais de evaporação total na estação São Lourenço (1961 a 1990).....	40
Figura 11 – Características pluviométricas médias mensais da bacia do rio Verde.....	44
Figura 12 – Características pluviométricas máximas mensais da bacia do rio Verde....	44
Figura 13 – Características pluviométricas mínimas mensais da bacia do rio Verde. ...	45
Figura 14 – Distribuição do número de dias chuvosos por mês do ano. ....	45
Figura 15 – Isoietas de precipitação totais na bacia do rio Verde .....	47
Figura 16 - Mapa tectônico simplificado da região do Sul de Minas. A área delimitada é correspondente à Folha Caxambu, do Projeto Sul de Minas.....	51
Figura 17 – Mapa Geológico da bacia do rio Verde.....	56
Figura 18 - Mapa Geológico da região do sul de Minas, conforme Projeto Sul de Minas .....	57
Figura 19 – Recursos minerais da bacia do rio Verde .....	65
Figura 20 – Mapa Hipsométrico da bacia do rio Verde .....	72
Figura 21 – Pontos de Captações de águas subterrâneas da bacia do rio Verde .....	77
Figura 22 – Mapa hidrogeológico da bacia do rio Verde .....	79
Figura 23 – Diagrama de Rosáceas de Lineamento estruturais.....	86
Figura 24 – Situação dos poços inventariados.....	88
Figura 25 - Distribuição das profundidades dos poços. ....	90
Figura 26 - Distribuição de freqüência dos níveis estáticos. ....	91
Figura 27 - Distribuição de freqüência da vazão específica.....	91
Figura 28 - Mapa Síntese das Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade. .....	94
Figura 29 - Valores absolutos das Áreas Prioritárias inseridas em Unidades de Conservação.....	96
Figura 30 - Valores relativos das Áreas Prioritárias inseridas em Unidades de Conservação.....	96

Figura 31 – Composição relativa das tipologias de cobertura do solo nas áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade.....	97
Figura 32 - Mapa ilustrativo das áreas prioritárias para conservação dos peixes do estado de Minas Gerais.....	99
Figura 33 - Diagrama unifilar da bacia do rio Verde.....	100
Figura 34 - Truta arco- íris .....	101
Figura 35 - Tilapia sp (tilápia).....	101
Figura 36 - Oreochromis sp - (tilápia).....	101
Figura 37 - Cyprinus sp (carpa comum).....	102
Figura 38 - Cichla spp (tucunaré).....	102
Figura 39 - Taxas de crescimento da população total .....	112
Figura 40 - Taxas de crescimento da população urbana.....	112
Figura 41 - Taxas de crescimento da população rural.....	112
Figura 42 - Distribuição dos municípios por tamanho da população em 1970 (a) e 2007 (b). .....	114
Figura 43 - Distribuição da população por inserção dos municípios na bacia - 1970 a 2007 .....	114
Figura 44 - Emigração (a) e imigração (b) interestadual 1986-1991 e 1995-2000 .....	136
Figura 45 – Distribuição da população total por sub-bacia 1980/2007.....	143
Figura 46 - Distribuição da população urbana por sub-bacia 1980/2007.....	143
Figura 47 - Distribuição da população rural por sub-bacia 1980/2007.....	144
Figura 48 - Taxas de crescimento do PIB - Minas Gerais e bacia do rio Verde. ....	164
Figura 49 - Índice de Crescimento do PIB Minas Gerais, Região Sul e Bacia do rio Verde 2002 a 2006.....	165
Figura 50 - Índices de crescimento do VA agropecuário - Minas Gerais, Sul de Minas e Bacia do Rio Verde - de 2002 a 2006.....	166
Figura 51 - Índices de crescimento do VA serviços - Minas Gerais, Sul de Minas e Bacia do Rio Verde - de 2002 a 2006.....	167
Figura 52 - Índices de crescimento do VA industrial - Minas Gerais, Sul de Minas e Bacia do Rio Verde - de 2002 a 2006.....	167
Figura 53 - Estrutura setorial do valor adicionado - Minas Gerais .....	168
Figura 54 - Estrutura setorial do valor adicionado - Sul de Minas.....	168
Figura 55 - Estrutura setorial do valor adicionado - Bacia do rio Verde.....	168
Figura 56 - Crescimento do PIB per capita - Minas Gerais, Sul de Minas e Bacia do rio Verde - de 2002 a 2006 .....	169
Figura 57- Estrutura setorial do PIB na bacia do rio Verde - 2002(a) e 2006(b) .....	174
Figura 58 – Participação % das sub-bacias no PIB total .....	175
Figura 59 - Participação % no valor adicionado nos serviços por sub-bacia .....	176
Figura 60 - Participação % do valor adicionada na indústria por sub-bacia .....	177

Figura 61 - Participação % do valor adicionada na agropecuária por sub-bacia.....	178
Figura 62 - Distribuição das empresas (a) e pessoal ocupado (b) por setor econômico na bacia do rio Verde. ....	180
Figura 63 - Distribuição da mão de obra pelas principais localizações.....	181
Figura 64 - Estabelecimentos X Áreas (ha) – 1995.....	189
Figura 65 – Área dos estabelecimentos Agrícolas por Classe de Atividade – 2006 ....	191
Figura 66 - Produção e área colhida de café na bacia do rio Verde – 1975 a 2007 ....	193
Figura 67- Produção de café por sub-bacia .....	194
Figura 68- Área colhida de café por sub-bacia.....	195
Figura 69 - Produção de leite: Minas Gerais, Sul de Minas e Bacia do rio Verde 2000 a 2007 .....	197
Figura 70 - Produtividade da pecuária leiteira: Brasil, Minas Gerais e bacia do rio Verde 2000 a 2007 .....	199
Figura 71 - Derivação da água para uso consuntivo, no mundo. ....	208
Figura 72 - Derivação da água para uso consuntivo setorial em Estados selecionados - Brasil.....	208
Figura 73 - Esquema da metodologia.....	222
Figura 74 - Planícies e Terraços Fluviais. ....	223
Figura 75 - Distribuição das classes sintetizadas para bacia do rio Verde.....	234
Figura 76 – Uso e cobertura do solo por tipologia na bacia do rio Verde.....	236
Figura 77 - Composição relativa das tipologias mapeadas nas sub-bacias do rio Verde. .....	237
Figura 78 – Sub-bacia Alto Rio Verde: uso e cobertura do solo por tipologia .....	239
Figura 79 – Sub-bacia do rio Passa Quatro: uso e cobertura do solo por tipologia ....	242
Figura 80 – Sub-bacia do rio Capivari: uso e cobertura do solo por tipologia.....	243
Figura 81 – Sub-bacia do rio Caeté: uso e cobertura do solo por tipologia .....	246
Figura 82 – Sub-bacia do ribeirão Pouso Alto: uso e cobertura do solo por tipologia. ....	247
Figura 83 – Sub-bacia do ribeirão do Aterrado: uso e cobertura do solo por tipologia .....	250
Figura 84 – Sub-bacia do rio Baependi: uso e cobertura do solo por tipologia .....	251
Figura 85 – Sub-bacia do rio Lambari: uso e cobertura do solo por tipologia .....	254
Figura 86 – Sub-bacia do ribeirão do Carmo: uso e cobertura do solo por tipologia... ..	255
Figura 87 – Médio Rio Verde: uso e cobertura do solo por tipologia.....	258
Figura 88 – Sub-bacia do rio Palmela: uso e cobertura do solo por tipologia.....	259
Figura 89 – Sub-bacia do rio São Bento: uso e cobertura do solo por tipologia.....	262
Figura 90 – Sub-bacia do rio do Peixe: uso e cobertura do solo por tipologia.....	263
Figura 91 – Baixo Rio Verde: uso e cobertura do solo por tipologia.....	266
Figura 92 – Sub-bacia do ribeirão da Espera: uso e cobertura do solo por tipologia... ..	267
Figura 93 – Unidades de Proteção Integral inseridas na bacia do rio Verde.....	276



Figura 94 – UC de proteção integral: área total protegida por tipologia.....	277
Figura 95 – UC de proteção integral: área relativa protegida por tipologia.....	279
Figura 96 – Taxas relativas de cobertura do solo e de proteção das tipologias na bacia do rio Verde.....	280
Figura 97 – UC’s de Uso Sustentável inseridas na bacia do rio Verde.....	281
Figura 98 – UCs de uso sustentável: área total protegida por tipologia.....	282
Figura 99 – UCs de uso sustentável: área relativa protegida por tipologia.....	283
Figura 100 – Taxas relativas de cobertura do solo e de proteção das tipologias na bacia do rio Verde.....	284
Figura 101 - Porcentagem de inserção das tipologias mapeadas nas UCs de Uso Sustentável e Proteção Integral.....	284
Figura 102 – Concentração dos atores sociais na bacia do rio Verde.....	308
Figura 103 – Número de usuários outorgados por órgão competente.....	309
Figura 104 - Veículos de comunicação com programação ambiental.....	314
Figura 105 - Taxa fecundidade 1980/2007.....	319
Figura 106 - Taxa bruta de natalidade 1980/2007.....	319
Figura 107 - Tempo médio de permanência na escola por nível de ensino.....	319
Figura 108 - Taxa de escolarização 1991-2000.....	320
Figura 109 - Taxa de atendimento 1991-2000.....	320
Figura 110 - Matrículas no EJA em 2000 e 2008.....	321
Figura 111 - Média de anos de estudo da população da bacia do rio Verde.....	326
Figura 112 – Instituições de Ensino Superior na bacia do rio Verde.....	328
Figura 113 – Instrumentos de política urbana nos municípios da bacia do rio Verde.....	330
Figura 114 - Estrutura administrativa (Secretarias) de meio ambiente.....	352
Figura 115 - Estrutura ambiental x população.....	353
Figura 116 – Mapa com a Estrutura Ambiental nos municípios da bacia do rio Verde.....	354
Figura 117 - Associações mais freqüentes entre municípios da bacia.....	355

## **VOLUME I B**

Figura 118 - Cobertura dos serviços de abastecimento de água por sub- bacia do rio Verde.....	379
Figura 119 - Percentual de perdas de faturamento e na rede de distribuição por sub-bacia do rio Verde.....	382
Figura 120 – Unidades de abastecimento e controle de qualidade na bacia.....	387
Figura 121 – Percentual de cobertura dos serviços de esgotamento sanitário na bacia do rio Verde.....	394
Figura 122 – Volumes de esgoto na bacia do rio Verde.....	394

Figura 123 - Carga remanescente de DBO por sub-bacia. ....	394
Figura 124 – Estação de tratamento de esgoto do distrito industrial de Varginha. ....	396
Figura 125 – Ranking de percepção dos serviços de primeira necessidade. ....	398
Figura 126 - Aterro sanitário .....	406
Figura 127 - Destinação final dos resíduos sólidos na bacia do rio Verde.....	407
Figura 128 - UTC – Unidade de triagem e compostagem – compostagem de orgânicos. .....	409
Figura 129 - UTC – Unidade de triagem e compostagem – processamento de recicláveis .....	409
Figura 130 – Manejo dos resíduos sólidos urbanos em São Thomé das Letras .....	409
Figura 131 - Alteração do hidrograma em função do aumento da área urbanizada.....	415
Figura 132 - Impacto da ocupação desordenada nas enchentes. ....	416
Figura 133 - Série de vazões médias diárias do rio Verde em Itanhandu (Estação Fluviométrica 61429000). ....	422
Figura 134 - Série de vazões médias diárias do rio Verde em Conceição do Rio Verde (Estação Fluviométrica 61460000).....	423
Figura 135 - Série de vazões médias diárias do rio Verde em Três Corações (Estação Fluviométrica 61510000). ....	424
Figura 136 - Série de vazões médias diárias do rio Verde em Varginha (Estação Fluviométrica 61537000). ....	425
Figura 137 - Amostra de vazões diárias máximas anuais do rio Verde em Itanhandu (Estação Fluviométrica 61429000).....	426
Figura 138 - Amostra de vazões diárias máximas anuais do rio Verde em Conceição do Rio Verde (Estação Fluviométrica 61460000). ....	426
Figura 139 - Amostra de vazões diárias máximas anuais do rio Verde em Três Corações (Estação Fluviométrica 61510000).....	427
Figura 140 - Amostra de vazões diárias máximas anuais do rio Verde em Varginha (Estação Fluviométrica 61537000).....	427
Figura 141 - Trecho do rio Verde no município de Itanhandu.....	430
Figura 142 - Trecho do rio Verde no município de São Sebastião do Rio Verde.....	430
Figura 143 - Trecho do rio Verde no município de São Lourenço.....	431
Figura 144 - Trecho do rio Verde no município de Conceição do Rio Verde. ....	431
Figura 145 - Trecho do rio Verde no município de Três Corações.....	432
Figura 146 - Trecho do rio Verde no município de Varginha.....	432
Figura 147 - Enchente de 1906 no município de Três Corações.....	434
Figura 148 - Enchente de 1946 no município de Três Corações.....	434
Figura 149 - Enchente de 1986 no município de Três Corações.....	435
Figura 150 - Exemplo de piso poroso para permitir a captura e infiltração de água de chuva.....	437
Figura 151 - Exemplo de cobertura verde em escola de Stuttgart – Alemanha. ....	437

Figura 152 - Desconexão do coletor de água pluvial de canaletas de escoamento rápido, e encaminhamento a área permeável.....	438
Figura 153 - Desenvolvimento das intervenções sobre o rio Isar na área urbana de Munich – Alemanha. ....	439
Figura 154 - Peixe retirado do rio Anacostia, em Washington DC, apresentando tumores devido ao contato com hidrocarbonetos poliaromáticos oriundos de descargas de veículos e geradores a carvão. 60% dos peixes desse rio apresentam esta alteração... ..	441
Figura 155 - Efeitos diretos do lixo sobre a saúde do homem. ....	442
Figura 156- Efeitos indiretos do lixo a saúde do homem. ....	442
Figura 157 - Represas Billings, Taquacetuba e Guarapiranga em São Paulo - Captação flutuante para reduzir o aporte de cianobactérias na água a ser tratada. ....	446
Figuras 158 – Localização das estações fluviométricas da bacia do rio Verde.....	456
Figura 159 – Curva regional “global” para $Q_{7,10}$ da bacia do rio Verde.....	458
Figura 160 – Curva regional “global” para $Q_{95}$ da bacia do rio Verde.....	459
Figura 161 – Curva regional “global” para $Q_{90}$ da bacia do rio Verde.....	459
Figura 162 - Curvas de permanência das vazões médias mensais das estações fluviométricas localizadas na bacia hidrográfica do rio Verde. ....	460
Figura 163 - Disponibilidade hídrica superficial por sub-bacia. ....	462
Figura 164 - Contribuição das vazões médias das sub-bacias (em porcentagem).....	463
Figura 165 – Vazão específica média - $q_{MLT}$ (l/s.km <sup>2</sup> ) nas sub-bacias do rio Verde ...	464
Figura 166 - Vazão específica referente a $q_{7,10}$ (l/s.km <sup>2</sup> ) nas sub-bacias do rio Verde. ....	465
Figura 167 - Vazão específica referente a $q_{90}$ (l/s.km <sup>2</sup> ) nas sub-bacias do rio Verde ..	466
Figura 168 - Vazão específica referente a $q_{95}$ (l/s.km <sup>2</sup> ) nas sub-bacias do rio Verde ..	467
Figura 169 – Distribuição da vazão específica dos poços inventariados. ....	469
Figura 170 – Distribuição da vazão estabilizada dos poços inventariados.....	470
Figura 171 – Distribuição da vazão específica dos poços inventariados. ....	471
Figura 172 – Estações Fluviométricas selecionadas para o estudo .....	474
Figura 173 – Perfil hidrogeológico.....	485
Figura 174 – Estações de qualidade das águas superficiais na bacia do rio Verde .....	488
Figura 175 - Etapas metodológicas da avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Verde. ....	492
Figura 176 - Distribuição percentual das faixas do IQA por estação de amostragem no período de outubro de 1997 a novembro de 2008. ....	495
Figura 177 - Distribuição percentual das faixas de CT por Estação de Amostragem no Período de Outubro de 1997 a novembro de 2008. ....	496
Figura 178 - Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a nov/2008 – rio Verde a montante da cidade de Itanhandu – BG025. ....	498



Figura 179 - Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a nov/2008 – rio Verde na jusante da confluência com o rio Capivari – BG027.....	499
Figura 180 - Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a nov/2008 – rio Verde na cidade de Soledade de Minas – BG028. ....	499
Figura 181 - Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a nov/2008 – rio Baependi a montante da confluência com o rio Verde – BG029. ....	500
Figura 182 - Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a nov/2008 – rio Lambari na cidade de Cristina – BG030.....	500
Figura 183 - percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a nov/2008 – rio Lambari a montante da confluência com o rio Verde – BG031. ....	501
Figura 184 - Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a nov/2008 – rio Verde na cidade de Três Corações – BG032.....	501
Figura 185 - Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de mar/2000 a nov/2008 – rio do Peixe a jusante da foz do ribeirão Vermelho – BG034. ....	502
Figura 186 - percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a nov/2008 – rio do Peixe a montante da confluência com o rio Verde – BG033. ....	502
Figura 187 - Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a nov/2008 – rio Verde na localidade de Flora – BG035. ....	503
Figura 188 - Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a nov/2008 – rio Palmela a montante da confluência com o rio Verde – BG036. ....	503
Figura 189 - Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a nov/2008 – rio Verde a jusante da cidade de Varginha – BG037.....	504
Figura 190 - Resultados de médias anuais para turbidez nos pontos do rio Verde e seus afluentes no período de 1998 a 2008.....	506
Figura 191 - Resultados de médias anuais para cor verdadeira nos pontos do rio Verde e seus afluentes no período de 1998 a 2008. ....	507
Figura 192 - Resultados de médias anuais para manganês total nos pontos do rio Verde e de seus afluentes no período de 1998 a 2008. ....	508
Figura 193 - Assoreamento da calha do ribeirão Passa Quatro por resíduos sólidos da extração de quartzito.....	536
Figura 194 - Deposição de material sólido fino na calha do ribeirão Passa Quatro proveniente da extração de quartzito.....	536
Figura 195 – Distribuição da vazão total retirada por sub-bacias .....	557
Figura 196 – Vazão total retirada em relação à $Q_{7,10}$ .....	558

Figura 197 – Estimativa de demanda para abastecimento público (sub-bacias) .....	559
Figura 198 – Estimativa de demanda para dessedentação animal (sub-bacias) .....	560
Figura 199 – Estimativa de demanda para a irrigação (sub-bacias) .....	560
Figura 200 – Estimativa de demanda para abastecimento industrial (sub-bacias).....	561
Figura 201 – Distribuição das vazões outorgadas por município da bacia do rio Verde. .....	566
Figura 202 – Distribuição das vazões outorgadas por sub-bacia do rio Verde. ....	568
Figura 203 – Outorgas superficiais por situação do processo na bacia do rio Verde...	569
Figura 204 - Outorgas superficiais por finalidades na bacia do rio Verde.....	570
Figura 205 – Outorgas por classes de usos na bacia do rio Verde .....	571
Figura 206 – Outorgas superficiais por intervalo de vazão na bacia do rio Verde.....	572
Figura 207 - Distribuição da vazão total outorgada por sub-bacias .....	573
Figura 208 – Vazão total outorgada em relação à % $Q_{7,10}$ por sub-bacias .....	574
Figura 209 – Distribuição percentual das captações por tipo de uso.....	576
Figura 210 - Uso das águas subterrâneas captadas por poços tubulares. ....	577
Figura 211 - Vista geral da cidade de Caxambu, a montante do Parque das Águas, tomada do alto do Morro de Caxambu, tendo no primeiro plano, a linha do teleférico e o lago do parque. ....	587
Figura 212 – Mapa hidrogeológico – Sub-bacia do ribeirão Bengo .....	589
Figura 213 –Perfil hidrogeológico do Parque das Águas de Caxambu.....	592
Figura 214 – Comparativo de vazões medidas ao longo do tempo.....	594
Figura 215 – Mapa hidrogeológico da bacia do ribeirão São Lourenço .....	599
Figura 216 – Mapa hidrogeológico do Parque das Águas de Cambuquira .....	604
Figura 217 – Vista do Parque das Águas de Cambuquira. ....	607
Figura 218 – Mapa hidrogeológico do Parque das Águas do Marimbeiro.....	611
Figura 219 – Vista da entrada do Parque das Águas do Marimbeiro.....	613
Figura 220 – Parque das Águas de Lambari.....	614
Figura 221 – Mapa hidrogeológico da bacia do ribeirão Contendas.....	622
Figura 222 – Alto do Rio Verde .....	627
Figura 223 – Sub-bacia do rio Passa Quatro .....	630
Figura 224 – Sub-bacia do rio Capivari .....	631
Figura 225 - Sub-bacia do ribeirão Pouso Alto .....	634
Figura 226 - Sub-bacia do ribeirão Caeté.....	635
Figura 227 - Sub-bacia do ribeirão do Aterrado.....	638
Figura 228 – Médio Rio Verde.....	639
Figura 229 - Sub-bacia do ribeirão do Carmo .....	642
Figura 230 - Sub-bacia do rio Baependi.....	643

Figura 231 – Baixo Rio Verde.....	646
Figura 232 - Sub-bacia do rio Lambari .....	647
Figura 233 - Sub-bacia do rio São Bento .....	650
Figura 234 - Sub-bacia do rio do Peixe .....	651
Figura 235 - Sub-bacia do rio Palmela .....	654
Figura 236 - Sub-bacia do ribeirão da Espera .....	655



## LISTA DE QUADROS

### VOLUME I A

Quadro 1 - Estratégias de Participação Pública no PDRH Verde .....	21
Quadro 2 - Estações pluviométricas utilizadas nos estudos da bacia do rio Verde.....	41
Quadro 3 – Precipitações médias anuais das estações pluviométricas selecionadas para o estudo da bacia do rio Verde .....	46
Quadro 4 - Caracterização da Deformação Principal (D1+D2) .....	53
Quadro 5 - Recursos minerais para os municípios da bacia do rio Verde.....	64
Quadro 6 - Sistemas aquíferos da bacia do rio Verde .....	78
Quadro 7 - Espécies indicadas para o trecho médio e baixo da bacia do rio Verde.....	103
Quadro 8 - Pauta de exportação da bacia do rio Verde .....	213
Quadro 9 - Unidades de conservação inseridas na bacia do rio Verde.....	274
Quadro 10 - Composição do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Verde.....	292

### VOLUME I B

Quadro 11 - Atendimento à portaria 518 do Ministério da Saúde em sistemas de abastecimento na bacia do rio Verde.....	384
Quadro 12 – Convocação dos municípios para licenciamento de sistemas de tratamento de esgotos .....	402
Quadro 13 – Ocorrências de enchentes nos municípios da bacia do rio Verde.....	417
Quadro 14 – Estações fluviométricas usadas no estudo de cheias do rio Verde.....	418
Quadro 15 - Estágios de desenvolvimento da drenagem urbana.....	440
Quadro 16 – Classificação ambiental das infecções relacionadas com a água. ....	443
Quadro 17 – Estações fluviométricas usadas para estimativa de disponibilidade hídrica superficial .....	454
Quadro 18 - Relação das estações fluviométricas .....	473
Quadro 19 – Principais fatores de pressão e os indicadores de degradação da qualidade das águas da bacia do rio Verde no período de outubro de 1997 a novembro de 2008	520
Quadro 20 - Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do alto rio Verde no período de outubro de 1997 a novembro de 2008 .....	524
Quadro 21 - Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do médio rio Verde no período de outubro de 1997 a novembro de 2008 .....	525
Quadro 22 - Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio Baependi no período de outubro de 1997 a novembro de 2008 .....	526
Quadro 23 - Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do baixo rio Verde no período de outubro de 1997 a novembro de 2008 .....	527
Quadro 24 - Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio Lambari no período de outubro de 1997 a novembro de 2008 .....	528

Quadro 25 - Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio do Peixe no período de outubro de 1997 a novembro de 2008 .....	529
Quadro 26 - Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio Palmela no período de outubro de 1997 a novembro de 2008 .....	530
Quadro 27 - Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do ribeirão da Espera no período de novembro de 2007 a novembro de 2008 .....	531
Quadro 28 – Atividades e sub-atividades minerárias e industriais identificadas na bacia do rio Verde .....	533
Quadro 29 - Processos de direitos minerários na bacia do rio Verde - água mineral... 586	
Quadro 30 – Caracterização química das fontes do Parque das Águas de Caxambu... 596	
Quadro 31– Caracterização química das fontes de São Lourenço .....	601
Quadro 32 – Classificação química das águas minerais de Cambuquira .....	608
Quadro 33 – Caracterização química das fontes de Marimbeiro.....	614
Quadro 34 – Classificação química das águas minerais de Lambari .....	619

## LISTA DE TABELAS

### VOLUME I A

Tabela 1 - Municípios pertencentes à bacia do rio Verde, com suas respectivas áreas, absolutas e relativas, e sedes localizadas na bacia.....	26
Tabela 2 - Municípios pertencentes às 12 sub-bacias do Rio Verde, com suas respectivas áreas, absolutas e relativas, e sedes localizadas por sub-bacia.....	27
Tabela 3 - Características mensais das estações pluviométricas selecionadas.....	43
Tabela 4 - Relação de processos na bacia do rio Verde .....	66
Tabela 5 - Licenciamentos existentes na bacia do rio Verde .....	66
Tabela 6 - Concessões de lavra fornecidas na bacia do rio Verde .....	66
Tabela 7 - Reserva lavrável .....	66
Tabela 8 – Características dos poços tubulares em Aquíferos Aluvionares.....	81
Tabela 9 – Vazões das fontes ao longo do tempo.....	82
Tabela 10 – Vazões das fontes ao longo do tempo.....	82
Tabela 11 – Vazões das fontes ao longo do tempo.....	82
Tabela 12 – Vazões das fontes ao longo do tempo.....	83
Tabela 13 – Características hidrodinâmicas das fontes de São Lourenço.....	83
Tabela 14 – Características dos poços tubulares .....	87
Tabela 15 – Características dos poços tubulares em rochas cristalinas.....	88
Tabela 16 - Áreas prioritárias protegidas por UCs proteção integral.....	95
Tabela 17 - Áreas prioritárias protegidas por UCs de uso sustentável.....	95
Tabela 18 - Valores absolutos das tipologias mapeadas .....	97
Tabela 19 - Evolução da população: Brasil; Minas Gerais, Sul de Minas e bacia do rio Verde .....	111
Tabela 20 - Área, densidade e grau de urbanização - Minas Gerais, Sul de Minas, Bacia do rio Verde (1970/1980/1991/2000/2007).....	111
Tabela 21 - Taxas anuais de crescimento - 1970/1980; 1980/1991; 1991/2000; 2000/2007.....	111
Tabela 22 - Distribuição dos municípios segundo o tamanho da população .....	113
Tabela 23 - Evolução da população por município 1970 a 2007 .....	115
Tabela 24 - Taxas de crescimento - 1970/1980; 1980/1991; 1991/2000; 2000/2007 ..	117
Tabela 25 - Densidade demográfica e grau de urbanização .....	119
Tabela 26 - Núcleos urbanos - distribuição da população (1970-2007).....	121
Tabela 27 - Taxas de crescimento da população das cidades e vilas .....	122
Tabela 28 - Distribuição dos domicílios por situação 2000-2007.....	124
Tabela 29 - Número médio de moradores por domicílio - 2000-2007.....	125
Tabela 30 - Condição de ocupação dos domicílios (2000).....	126

Tabela 31 - Condição de adequação dos domicílios - abastecimento de água .....	127
Tabela 32 - Condição de adequação dos domicílios - esgotamento sanitário .....	128
Tabela 33 - Migração por microrregião na bacia do rio Verde - 1985/1991; 1995/2000 .....	131
Tabela 34 - Migração interestadual por origem e destino 1986/1991;1995/2000.....	135
Tabela 35 - Mortalidade por grandes causas 2000-2006.....	137
Tabela 36 - Indicadores da dinâmica demográfica, esperança de vida e taxa de fecundidade.....	139
Tabela 37 - Indicadores da dinâmica demográfica taxas de mortalidade infantil 1991-2000 .....	140
Tabela 38 - Evolução da população das sub-bacias por situação .....	142
Tabela 39 - Densidade e grau de urbanização por sub-bacia .....	146
Tabela 40 - Taxas anuais de crescimento por sub-bacia 1980/2007 .....	147
Tabela 41 - Indicadores: esperança de vida e taxa de fecundidade.....	151
Tabela 42 - Taxas de mortalidade infantil por sub-bacia .....	152
Tabela 43 - Projeção da população por município 2009 a 2020 .....	156
Tabela 44 - Projeção da população por sub-bacia 2009 a 2020 .....	157
Tabela 45 – Estimativas da taxa de crescimento da população por sub-bacia 2009 a 2020 .....	158
Tabela 46 - PIB Total de Minas Gerais, do Sul de Minas e da Bacia do Rio Verde 2002 a 2006 .....	165
Tabela 47 - PIB Municipal, População e Número de Municípios, Segundo Faixas de Participação Decrescente no PIB Total da Bacia do Verde - 2002-2006.....	169
Tabela 48 - Valor adicionado no setor industrial e número de municípios, segundo faixas de participação no valor adicionado na indústria da bacia do rio Verde 2002-2006 .....	171
Tabela 49- Valor adicionado no setor serviços e número de municípios, segundo faixas de participação no valor adicionado nos serviços da bacia do rio Verde - 2002-2006	172
Tabela 50 - Valor adicionado no setor agropecuário e número de municípios, segundo faixas de participação no valor adicionado na agropecuária da bacia do rio Verde - 2002-2006.....	173
Tabela 51- Distribuição do PIB total (1) por sub-bacia – 2002 a 2006.....	175
Tabela 52 - Distribuição do valor adicionado (1) nos serviços por sub-bacia – 2002 a 2006 .....	176
Tabela 53 - Distribuição do valor adicionado (1) na indústria por sub-bacia – 2002 a 2006 .....	177
Tabela 54- Distribuição do valor adicionado (1) agropecuário por sub-bacia – 2002 a 2006 .....	178
Tabela 55 - Distribuição dos estabelecimentos e do pessoal ocupado .....	183
Tabela 56 - Distribuição dos empregos por atividade econômica e por município - 2006 .....	184

Tabela 57 - Pessoal ocupado na agropecuária - familiares e contratados e pessoal ocupado por estabelecimento - 2006 .....	186
Tabela 58 - Área utilizável, número de estabelecimentos e tamanho médio das propriedades – 1995 e 2006.....	188
Tabela 59 - Distribuição % dos estabelecimentos por tamanho de área -1995 .....	189
Tabela 60 - Estabelecimentos com área irrigada, por método utilizado, 2006.....	191
Tabela 61 - Produção e área colhida de café por município -2001 e 2006.....	193
Tabela 62- Produção e área colhida de café nas sub-bacias - 2001 e 2007.....	194
Tabela 63 - Rebanho de vacas ordenhadas – 2000 a 2007 .....	198
Tabela 64 - Produtividade da pecuária leiteira: Brasil, Minas Gerais, bacia e municípios componentes 2000 e 2007 .....	200
Tabela 65- Maiores produtores de ovos na bacia 1995, 2000, 2005 e 2007 .....	201
Tabela 66 - Área cultivada das principais culturas temporárias por município .....	204
Tabela 67 - Produção das principais culturas temporárias por município 2001-2007 .	205
Tabela 68 - Área cultivada com lavouras temporárias por sub-bacia.....	206
Tabela 69 - Produtos examinados na bacia .....	207
Tabela 70 - Arrecadação do ICMS – janeiro a maio 2008 e 2009 .....	221
Tabela 71 - Distribuição das classes vegetacionais na bacia do rio Verde.....	232
Tabela 72 – Sub-bacia do Alto Rio Verde: classes de cobertura do solo .....	238
Tabela 73 – Sub-bacia do Rio Passa Quatro: classes de uso e cobertura do solo .....	240
Tabela 74 – Sub-bacia do Rio Capivari: classes de uso e cobertura do solo.....	241
Tabela 75 - Sub-bacia do Ribeirão Caeté: classes de uso e cobertura do solo .....	244
Tabela 76 - Sub-bacia do Ribeirão Pouso Alto: classes de uso e cobertura do solo ....	245
Tabela 77 - Sub-bacia do Ribeirão Aterrado: classes de uso e cobertura do solo.....	248
Tabela 78 – Sub-bacia do Rio Baependi: classes de uso e cobertura do solo .....	249
Tabela 79 – Sub-bacia do Rio Lambari: classes de uso e cobertura do solo.....	252
Tabela 80 – Sub-bacia do Ribeirão do Carmo: classes de uso e cobertura do solo.....	253
Tabela 81 – Sub-bacia do Médio Rio Verde: classes de uso e cobertura do solo .....	256
Tabela 82 – Sub-bacia do Rio Palmela: classes de uso e cobertura do solo.....	257
Tabela 83 – Sub-bacia do Rio São Bento: classes de uso e cobertura do solo.....	260
Tabela 84 – Sub-bacia rio do Peixe: classes de uso e cobertura do solo.....	261
Tabela 85 – Sub-bacia do Baixo Rio Verde: classes de uso e cobertura do solo .....	264
Tabela 86 – Sub-bacia do Ribeirão da Espera: classes de uso e cobertura do solo.....	265
Tabela 87 – Área total protegida da UC de proteção integral, por tipologia.....	277
Tabela 88 – Área relativa protegida da UC de proteção integral, por tipologia.....	278
Tabela 89 – Área total protegida por UC de uso sustentável, por tipologia.....	282
Tabela 90 - Representatividade dos ambientes protegidos.....	283

Tabela 91 - Número total de matrículas/todas as redes - 2000 e 2008.....	318
Tabela 92 - Taxa de analfabetismo/1970-2000 .....	322
Tabela 93 - Taxa de alfabetização da população residente na bacia do rio Verde (2000) .....	323
Tabela 94 - Anos de estudo da população da bacia do rio Verde.....	325
Tabela 95 - Dados ensino superior bacia do rio Verde.....	327
Tabela 96 - Instrumentos de Política Urbana nos municípios da bacia do rio Verde...	331

## **VOLUME I B**

Tabela 97 – Disponibilidade de dados no SNIS 2007 para a bacia do rio Verde – abastecimento de água .....	376
Tabela 98 - Índice médio de cobertura dos serviços de abastecimento de água nas sub- bacias do rio Verde.....	378
Tabela 99 - Indicadores médios de perdas de faturamento e na distribuição (micromedido) em sistemas de abastecimento na bacia do rio Verde.....	381
Tabela 100 - Volumes relativos a tarifas básicas praticadas pelos principais operadores de sistemas de água e esgoto na bacia do rio Verde.....	390
Tabela 101 – Disponibilidade de dados no SNIS 2007 para a bacia do rio Verde – esgotamento sanitário .....	391
Tabela 102 - Eficiência de sistemas de tratamento de esgotos.....	393
Tabela 103 - Serviços de esgotamento sanitário nas sub-bacias do rio Verde.....	395
Tabela 104 – Resultados de pesquisa de percepção - Qual o serviço público mais importante? .....	398
Tabela 105 - Estimativa de cobrança para os serviços de saneamento na bacia do rio Verde com base nos valores do CBH São Francisco. ....	403
Tabela 106 - Massa coletada de resíduos sólidos no Brasil .....	405
Tabela 107 - Relação da destinação dos resíduos sólidos urbanos na bacia do rio Verde .....	408
Tabela 108 – Vazões diárias máximas anuais das estações fluviométricas adotadas nos estudos hidrológicos do rio Verde .....	419
Tabela 109 – Cheias de projeto do rio Verde nas estações fluviométricas adotadas nos estudos hidrológicos .....	428
Tabela 110 - Medidas de abastecimento de água e esgotamento sanitário como redutoras de doenças .....	443
Tabela 111 – Municípios na bacia do rio Verde com incidência de hepatite.....	445
Tabela 112 - Esperança de vida ao nascer no Estado de Minas Gerais.....	448
Tabela 113 – Evolução dos indicadores de esperança de vida ao nascer e mortalidade infantil na bacia do rio Verde .....	449
Tabela 114 - Esperança de vida ao nascer e mortalidade infantil na bacia do rio Verde – Ano de 2000 .....	450

Tabela 115 - Esperança de vida ao nascer e mortalidade infantil na bacia do rio Verde – ano 2000 – comparativo .....	451
Tabela 116 – Sub-bacias adotadas no Plano Diretor do rio Verde.....	454
Tabela 117 – Coeficientes de determinação das curvas regionais de variáveis hidrológicas definidas para bacia do rio Verde .....	458
Tabela 118- Disponibilidade hídrica superficial das sub-bacias do rio Verde .....	461
Tabela 119 – Dados de captações com outorga de direito de uso .....	472
Tabela 120 – Características hidrogeológicas da bacia do rio Verde.....	477
Tabela 121 – Deflúvios, coeficiente de esgotamento e capacidade de armazenamento .....	479
Tabela 122 - Reservas exploráveis na unidade de planejamento.....	482
Tabela 123 - Estações de amostragem de qualidade das águas superficiais operadas pelo igam na bacia do rio Verde.....	487
Tabela 124 – Classificação do estado trófico .....	491
Tabela 125 - Média anual do índice do estado trófico por estação de amostragem .....	497
Tabela 126 – Distribuição qualitativa da ocorrência de tipologias minerárias e industriais por município na bacia do rio Verde .....	534
Tabela 127 – Distribuição qualitativa da ocorrência de tipologias minerárias e industriais por sub-bacia do rio Verde.....	535
Tabela 128 - Coeficientes de retirada urbana per capita .....	544
Tabela 129 - Coeficientes de retirada urbana per capita para abastecimento da população urbana não atendida pela rede geral .....	545
Tabela 130 - Coeficientes per capita, para espécies animais.....	548
Tabela 131 - Parâmetros utilizados na estimativa das vazões de retirada e retorno da indústria .....	551
Tabela 132 – Vazão total retirada por sub-bacias em relação a $Q_{7,10}$ .....	553
Tabela 133 – Síntese das estimativas de demanda de uso da água nas sub-bacias hidrográfica do rio Verde .....	554
Tabela 134 – Vazão retirada por sub-bacias.....	562
Tabela 135 – Vazão retirada por classes de uso .....	562
Tabela 136 – Classificação das outorgas superficiais conforme finalidades de uso .....	563
Tabela 137 – Situação das outorgas superficiais na bacia do rio Verde.....	564
Tabela 138 – Vazões outorgadas por classe de uso.....	564
Tabela 139 – Distribuição por usos, das vazões outorgadas nos municípios da bacia do rio Verde.....	565
Tabela 140– Distribuição por sub-bacias da vazão total outorgada .....	567
Tabela 141 – Dados sobre uso de água subterrânea na bacia do rio Verde.....	577
Tabela 142– Volumes de águas subterrâneas outorgados .....	578
Tabela 143 – Balanço hídrico na bacia do rio Verde .....	582



Tabela 144 – Balanço quantitativo para o cenário hipotético I .....	583
Tabela 145 – Balanço quantitativo para o cenário hipotético II.....	584
Tabela 146 – Balanço quantitativo para o cenário hipotético III .....	584
Tabela 147 – Vazões das fontes ao longo do tempo.....	593
Tabela 148 – Dados de vazão de físico – químico das fontes de São Lourenço .....	601
Tabela 149– Vazões das fontes ao longo do tempo.....	607
Tabela 150– Vazões das fontes ao longo do tempo.....	613
Tabela 151 – Vazões das fontes ao longo do tempo (FG, 2001).....	618
Tabela 152 – Características hidrodinâmicas das fontes de Águas de Contendas .....	623
Tabela 153 – Dados de envase – Água Mineral Pouso Alto .....	624

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A – Captações de águas subterrâneas

Anexo B – Estrutura e composição da ictiofauna de riachos da bacia do rio Grande no Estado de São Paulo, sudeste do Brasil

Anexo C – Estudo técnico-científico visando a delimitação de parques aquícolas nos lagos das usinas hidroelétricas de Furnas e Três marias - MG

Anexo D – PIB Municipal a Preços Constantes

Anexo E – Informações Municipais

Anexo F – Quadro industrial da bacia do rio Verde

Anexo G – Veículos de comunicação

Anexo H – Indicadores operacionais de água e esgoto - Sedes na bacia do rio Verde

Anexo I – Investimentos em abastecimento de água e esgotamento sanitário - Bacia do rio Verde

Anexo J – Esperança de vida e mortalidade infantil - Bacia do rio Verde

Anexo K – Histograma de dados das estações fluviométricas utilizadas nos estudos de disponibilidade hídrica da bacia do rio Verde

Anexo L – Comportamento hidrológico das estações fluviométricas utilizadas nos estudos de disponibilidade hídrica da bacia do rio Verde

Anexo M – Hidrogramas Bacia do rio Verde

Anexo N – Quadros e Figuras Complementares ao Diagnóstico da Qualidade das Águas Superficiais

## LISTA DE SIGLAS

AAF - Autorização Ambiental de Funcionamento

ABAS - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas

ABCON - Associação Brasileira das Concessionárias Privadas dos Serviços Públicos de Água e Esgoto

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

ABIC – Associação Brasileira da Indústria de Café

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABPF – Associação Brasileira de Preservação Ferroviária

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ACAPA Pouso Alto - Associação dos Condutores Ambientais de Pouso Alto

ACAR - Associação de Crédito e Assistência Rural

ACISL – Associação Comercial e Industrial de São Lourenço

ACIV - Associação Comercial, Industrial, Agropecuária e Serviços de Varginha

ACRI – Associação dos Catadores de Recicláveis

ADRIVERDE - Associação de Defesa e Preservação da Bacia Hidrográfica do Rio Verde

AESBE - Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais

AGEVAP - Associação Pró Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

ÁGUIA - Associação de Guias de Turismo de Aiuruoca

ALAGO - Associação dos Municípios do Lago de Furnas

AMAGAMA - Associação de Moradores do Alto Gamarra

AMAR - Associação Marechal Rondon

AMIRT - Associação Mineira de Rádio e Televisão

AMIST - Associação das Empresas Mineradoras, Beneficiadoras e do Comércio de Quartzito da Região de São Thomé das Letras

ANA - Agência Nacional de Águas

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

APA - Área de Proteção Ambiental

APAVAR - Associação de Proteção Ambiental de Varginha e Região

APOMM - Associação de Produtores Orgânicos Montanhas da Mantiqueira

APP - Áreas de Preservação Permanente

APROCAM – Associação dos Produtores de Café da Mantiqueira

ASPAG – Associação de Proteção e Educação Ambiental do Vale da Serra dos Garcias

BNH - Banco Nacional de Habitação

CACCER – Conselho das Associações de Cafeicultores do Cerrado de Minas Gerais

CAP – Circunferência à Altura do Peito

CBH - Comitê de Bacia Hidrográfica

CBH VERDE - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Verde

CDL – Câmara de Dirigentes Lojistas

CEDEPLAR - Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional de Minas Gerais

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais

CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais

CF – Constituição Federal

CFQ – Conselho Federal de Química

CI - Conservação Internacional

CIEIA – Conselho Interinstitucional de Ensino Ambiental da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

CGH – Pequena Central de Geração Hidrelétrica

CMDCA – Conselho Municipal dos Direitos da Criança e do Adolescente

CMRR - Centro Mineiro de Referência em Resíduos

CNM – Confederação Nacional de Municípios

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

COCATREL – Cooperativa dos Cafeicultores da Zona de Três Pontas

COCCAMIG – Cooperativa Central de Cafeicultores e Agropecuaristas de Minas Gerais

CODEMIG - Companhia de Desenvolvimento Econômico do Estado de Minas Gerais

COHAB - Companhia de Habitação do Estado de Minas Gerais

COMAG - Companhia Mineira de Água e Esgotos

COMAPA - Conselho Municipal de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

COMIG - Companhia Mineradora De Minas Gerais

COMPAHC – Conselho Municipal do Patrimônio Histórico Cultural

COOPERET – Cooperativa Incubada de Produção, Coleta Seletiva de Lixo, Reciclagem de Artefatos Plásticos e de Madeira de Varginha

COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental

COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

CRQ - Conselho Regional de Química

DATASUS - Banco de dados do Sistema Único de Saúde

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DGI - Divisão de Gestão da Informação

DINF – Divisão de Infra-estrutura

DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

DRENURBS - Programa de Recuperação Ambiental de Belo Horizonte

DVRC - Divisão de Relacionamento com o Cliente

EDUCARTE - Fundação de Educação Cultural e Artística de São Lourenço

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMBRATUR - Instituto Brasileiro de Turismo

EPAMIG – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETE - Estação de Tratamento de Esgotos

ETM - *Enhanced Thematic Mapper*

FACECA – Faculdade Cenecista de Varginha

FADIVA – Faculdade de Direito de Varginha

FADMINAS - Faculdade Adventista de Minas Gerais

FAFI/SION - Faculdade de Filosofia Ciências e Letras Nossa Senhora de Sion

FAGAM - Faculdade Presbiteriana Gammon

FAPEMIG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais

FASAMA - Faculdade de São Lourenço

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente

FEM – Fundação Educacional de Machado

FG - Fundação Gorceix

FHIDRO – Fundo de Recuperação, Proteção e Desenvolvimento Sustentável das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais

FIEMG - Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais

FJP - Fundação João Pinheiro

FLONA - Floresta Nacional

FOCAS – Fórum de ONGs do Circuito das Águas

FVH - Faculdade Victor Hugo

GATE – Grupo de Apoio Técnico

GEE – Gases do Efeito Estufa

GISD – *The Global Invasive Species Database*

GTZ - *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit*

HIDROWEB - Sistema de Informações Hidrológicas

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBDF – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

IEF – Instituto Estadual de Florestas

IEPHA – Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais

IGA – Instituto de Geociências Aplicadas

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas

IMA - Instituto Mineiro de Agropecuária

INCOR – Instituto Superior de Ciências, Letras e Artes de Três Corações

INDI - Instituto de Desenvolvimento Integrado de Minas Gerais

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

Instituto OIA - Observação, Investigação e Ação Comunitária

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

IPE - Instituto de Pesquisas Ecológicas

IPEMA - Instituto de Permacultura e Ecovilas da Mata Atlântica

IQA – Índice de Qualidade de Água

ITA - Índice de Tonixidade de Água

LI – Licença de Instalação

LO – Licença de Operação

LP – Licença Prévia

MMA - Ministério do Meio Ambiente

MME - Mapas Municipais Estatísticos

MPE - Ministério Público Estadual

MUNIC – Pesquisa de Informações Básicas Municipais



NATAM – Núcleo de Avicultura das Terras Altas da Mantiqueira

NDVI –Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

OAB - Ordem dos Advogados do Brasil

ONG – Organização Não Governamental

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico

OSCIP - Organização da Sociedade Civil de Interesse Público

PBH – Prefeitura de Belo Horizonte

PCA - Plano de Controle Ambiental

PCH - Pequena Central Hidrelétrica

PDRH – Plano Diretor de Recursos Hídricos

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PET - Politereftalato de etileno

PIPE – Projeto Integração Parque Escola

PL – Projeto de Lei

PMMA – Polícia Militar de Meio Ambiente

PMMG - Polícia Militar de Minas Gerais

PMSS – Programa de Modernização do Setor de Saneamento

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

PNCDA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água

PNE - Plano Nacional de Educação

PNI - Parque Nacional do Itatiaia

PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PRECEND – Programa de Recebimento e Controle de Efluentes Não Domésticos

PROMATA - Projeto de Proteção da Mata Atlântica

PSC – Programa Cafés Sustentáveis

RAFA - Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente

RAIS – Relação Anual de Informações Sociais

RCA – Relatório de Controle Ambiental

RES – Sistema de Redes de Esgotos Sanitários

RSS – Resíduos de Serviços de Saúde

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

RT – Relatório Técnico

RURALMINAS – Fundação Rural Mineira

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SAA - Serviços Autônomos de Água

SAAE - Serviços Autônomos de Água e Esgoto

SAIF - Superintendência de Arrecadação e Informações Fiscais

SEAF – Sistema Especialista em Análise de Frequência de Eventos Hidrológicos Máximos Anuais

SEAPA – Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

SEBRAE – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresa

SEGRH - Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural

SEE - Secretaria Estadual de Educação

SEF - Secretaria de Estado da Fazenda

SEMA-SP - Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo

SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

SES – Sistema de Esgotamento Sanitário

SES – Secretaria de Estado da Saúde

SETUR – Secretaria de Estado do Turismo de Minas Gerais

SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas

SIAM - Sistema Integrado de Informação Ambiental

SIGMINE – Informações Geográficas da Mineração

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

SISEMA - Sistema Estadual do Meio Ambiente

SIP - Sistema de Instalações Prediais

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento

SNGRH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SNSA – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza

Sociedade AMPARA - Amigos do Parque das Águas

SRE - Secretaria Regional de Educação

SUDEPE – Superintendência do Desenvolvimento da Pesca

SUDHEVEA – Superintendência da Borracha

SUPRAM – Superintendência Regional do Meio Ambiente

SUS – Sistema Único de Saúde

SWITCH - *Sustainable Water Management. Improves Tomorrow's Cities Health*

TAC – Termo de Ajustamento de Conduta

TM - *Thematic Mapper*

UC - Unidades de Conservação

UFLA - Universidade Federal de Lavras

UNIFAL - Universidade Federal de Alfenas

UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá

UNIFENAS - Universidade José do Rosário Vellano

UNIFOR – Centro Universitário de Formiga

UNINCOR – Universidade Vale do Rio Verde

UNIPAC – Fundação Universitária Presidente Antônio Carlos

UNIS – Centro Universitário do Sul de Minas

UPGRH – GD4 - Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos – Bacia do rio Verde

URC - Unidades Regionais Colegiadas

VIGIAGRO - Sistema de Vigilância Agropecuária Internacional

## SUMÁRIO

### VOLUME I A

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>I</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>XII</b>
<b>LISTA DE ANEXOS.....</b>	<b>XVIII</b>
<b>LISTA DE SIGLAS.....</b>	<b>XIX</b>
<b>SUMÁRIO.....</b>	<b>XXVIII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. SUMÁRIO EXECUTIVO.....</b>	<b>2</b>
<b>3. DOCUMENTAÇÃO CONSULTADA E METODOLOGIA.....</b>	<b>4</b>
3.1. DIRETRIZES PARA A ELABORAÇÃO DO PDRH VERDE.....	4
3.2. ETAPA I: DIAGNÓSTICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE.....	5
3.2.1. Atividades Preliminares: Mobilização, Coleta, Análise e Sistematização de dados.....	5
3.2.2. Mobilização.....	5
3.2.3. Atividade A.2 - Reunião de Partida.....	6
3.2.4. Coleta, Análise e Sistematização de Dados.....	6
3.2.5. Revisão do enquadramento e coleta de dados para o plano de efetivação ...	8
3.2.6. Diagnóstico.....	9
3.2.7. Caracterização Físico-Biótica da Bacia.....	10
3.2.8. Caracterização do Quadro Socioeconômico-Cultural.....	10
3.2.9. Atividades econômicas, a polarização regional e estudos sobre a evolução das atividades produtivas na bacia.....	11
3.2.10. Os Aspectos demográficos, incluindo análise das opções de crescimento.....	12
3.2.11. Os Aspectos Socioculturais - Montagem do quadro sócio-cultural.....	12
3.2.12. Os Atores Sociais estratégicos e relações existentes entre eles.....	14
3.2.13. Os Aspectos Institucionais e Legais.....	14
3.2.14. O Uso e Ocupação do Solo e as Unidades de Conservação.....	15
3.2.15. Os Grandes Projetos em Implantação.....	16
3.2.16. As Políticas Urbanas.....	16
3.3. ETAPA II – PROGNÓSTICOS, COMPATIBILIZAÇÃO E ARTICULAÇÃO.....	16
3.4. ETAPA III: PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO VERDE.....	17
3.5. MECANISMOS DE PARTICIPAÇÃO: CONSULTAS PÚBLICAS E REUNIÕES.....	17
3.5.1. Consultas públicas.....	17
3.5.2. Formulação de Mecanismos de Envolvimento Social.....	19
3.5.3. Descrição Metodológica da Participação Pública.....	20
3.5.4. Outras reuniões de trabalho.....	21

<b>4. DIAGNÓSTICO DA BACIA.....</b>	<b>24</b>
4.1. Caracterização Geral da Bacia.....	24
4.2. MEIO FÍSICO .....	31
4.2.1. Aspectos Climáticos .....	31
4.2.2. Geologia .....	48
4.2.3. Geomorfologia.....	70
4.2.4. Aquíferos .....	74
4.3. MEIO BIÓTICO.....	92
4.3.1. Biomas e Áreas Prioritárias para Conservação.....	92
4.3.2. Ictiofauna .....	98
4.4. MEIO SOCIOECONÔMICO-CULTURAL .....	106
4.4.1. Aspectos Demográficos .....	106
4.4.2. Economia Regional .....	162
4.4.3. Aptidão Agrícola do solo.....	221
4.4.4. Uso e Ocupação do Solo e Áreas Sujeitas à Restrição de Uso.....	227
4.4.5. atores da Bacia.....	285
4.4.6. Educação.....	316
4.4.7. Políticas Urbanas .....	329
<b>VOLUME I B</b>	
4.4.8. Políticas de Recursos Hídricos .....	356
4.4.9. Saneamento e Saúde Pública .....	374
4.4.10. Abastecimento de Água.....	375
4.4.11. Esgotamento Sanitário.....	391
4.4.12. Resíduos Sólidos .....	404
4.4.13. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes.....	414
4.4.14. Saúde Pública .....	440
<b>5. RECURSOS HÍDRICOS .....</b>	<b>452</b>
5.1. DISPONIBILIDADES ATUAIS.....	452
5.1.1. Disponibilidade Hídrica.....	452
5.2. QUALIDADE DA ÁGUA E ENQUADRAMENTO .....	486
5.2.1. Qualidade das Águas Superficiais .....	486
5.2.2. Fontes de Poluição Minerária e Industrial.....	532
5.3. DEMANDAS ATUAIS.....	542
5.3.1. Uso dos Recursos Hídricos e Demanda de Água .....	542
5.4. BALANÇO HÍDRICO .....	580
5.5. ÁGUAS MINERAIS .....	585
5.5.1. Águas Minerais de Caxambu.....	585
5.5.2. Águas Minerais de São Lourenço.....	596
5.5.3. Águas Minerais de Cambuquira .....	602
5.5.4. Águas Minerais do Marimbeiro.....	608
5.5.5. Águas Minerais de Lambari .....	614
5.5.6. Águas Minerais de Águas de Contendas .....	619
5.5.7. Outras Águas Minerais encontradas na bacia do rio Verde.....	623
<b>6. ABORDAGEM INTERTEMÁTICA DAS SUB-BACIAS .....</b>	<b>625</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>656</b>

#### 4.4.8. POLÍTICAS DE RECURSOS HÍDRICOS

##### 4.4.8.1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Verde se projeta sobre territórios, total ou parcialmente, de trinta e um Municípios da região Sul de Minas. Nela, estão algumas das principais estâncias de águas minerais do Estado, a saber: Águas de Contendas, em Conceição do Rio Verde, Cambuquira e Marimbeiro, em Cambuquira, Caxambu, Lambari e São Lourenço. Além dessas estâncias hidrominerais, que se constituem em uma província de águas de qualidade excepcional, mundialmente reconhecidas, há produção isolada, fora das estâncias, de águas minerais e potáveis de mesa, também autorizados a envasar e comercializar seus produtos.

Minas Gerais é um estado rico em águas minerais, um recurso natural com vigoroso crescimento da demanda pelo mercado atual e que se prevê ainda mais acelerado no futuro. Nesse contexto, uma questão se coloca aos gestores governamentais, técnicos e à sociedade civil organizada: tratar as águas minerais como um bem mineral submetido às leis do campo legislativo privativo da União ou dar-lhes um tratamento de recurso natural ambiental, sob as leis do campo da legislação concorrente, elaboradas pelos entes federados em conformidade com suas competências legislativas?

O histórico do tratamento dado as águas minerais no Brasil demonstra que a resposta a essa questão é complexa. A legislação federal sobre o tema foi elaborada sob o autoritarismo de regimes fortes, o que a confronta com as demandas da sociedade, que o ambiente de revitalização democrática vivido hoje pelo País propicia.

A busca de um novo modelo de gestão para as águas minerais é o melhor caminho para responder à questão. Para tanto, é fundamental entender o posicionamento das águas minerais no ciclo hidrológico, especialmente, aquelas que dizem respeito a sua gênese, ligadas com a tipologia e estrutura do substrato rochoso da bacia hidrográfica. As águas minerais são legalmente definidas como águas subterrâneas, as quais são realimentadas pelas precipitações pluviais na bacia. Por isso, em muitos casos, suas jazidas são renováveis.

As legislações minerária e ambiental dissociadas não permitem a elaboração de um novo paradigma de gerenciamento para as águas minerais. Mas, a demanda pela participação da sociedade nesse novo modelo, com o conseqüente aumento do controle social sobre a gestão desse recurso natural, não requer mudanças profundas na legislação vigente. Há pontos de convergência que permitem a integração de ações das diferentes esferas de governo e a proteção e sustentabilidade das águas minerais.

##### 4.4.8.2. BREVE HISTÓRICO SOBRE O TRATAMENTO DESTINADO ÀS ÁGUAS COMUNS E ÀS ÁGUAS MINERAIS NAS CONSTITUIÇÕES BRASILEIRAS

A Constituição do Império (1824) não tratou especificamente das águas ou da exploração das águas minerais. À época, todos os rios pertenciam à Coroa, em obediência às Ordenações do Reino. Todavia, o item 22 do Art. 179 garantia “*o direito de propriedade em toda sua plenitude*” e estatuiu que o patrimônio privado poderia ser previamente indenizado se o bem público, legalmente verificado, exigisse seu uso e emprego. A propriedade do solo transmitia-se às riquezas do subsolo, inclusive às águas, segundo a regra do direito comum, de posse e propriedade.



A Constituição republicana de 1891 reservou à União, através do Congresso Nacional, a competência para legislar sobre terra e minas de propriedade da União (item 29, art. 34). Entretanto, definiu as minas como de propriedade dos Estados (art. 64), cabendo a estes conceder a autorização para exploração das jazidas e minas.

A concessão para exploração das águas minerais de Lambari e Cambuquira foram dadas pelo Governo de Minas Gerais sob a égide dessa Constituição, em 1895.

A Constituição de 1934 foi promulgada em 16 de julho daquele ano, apenas seis dias após o Código de Águas. Em relação aos recursos hídricos, tal qual ocorre atualmente, essa Constituição reservava à União o direito de legislar sobre águas (art. 5º, XIX, “j”), mas resguardava aos Estados membros a possibilidade de exercer uma competência legislativa suplementar ou complementar. Inicia-se aqui o atual entendimento constitucional do domínio sobre as águas: pertenceriam à União aquelas que banhassem mais de um Estado ou que se encontrassem em zonas fronteiriças, e aos Estados as demais.

No que se refere aos recursos minerais, em inovação ao texto de 1891, a Constituição de 1934 estabelecia que o aproveitamento industrial das minas e das jazidas, bem como das águas e da energia hidráulica, ainda que fossem de propriedade privada, dependiam de autorização ou concessão federal. O proprietário detinha a preferência na exploração ou co-participação nos lucros.

Ficou estabelecido também que a lei regularia a nacionalização progressiva das minas, jazidas minerais e quedas d'água, ou outras fontes de energia hidráulica julgadas essenciais à defesa econômica ou militar do País (art.119).

Cabia à União auxiliar os Estados nos estudos e aparelhamento das estâncias mineromedicinais ou termomedicinais (art. 119, § 5º). Curiosamente, essa Constituição resguardava a eletividade dos prefeitos municipais, mas por outro lado, previa que o prefeito poderia ser nomeado pelo Governo do Estado na Capital e nos Municípios sedes de estâncias hidrominerais (art. 13, § 1º).

Nesse período, entra em vigor o Código de Minas de 1934.

A Constituição de 1937, em seu Art. 16, previa que a competência para legislar sobre águas era privativa da União, facultando aos Estados membros legislarem de forma supletiva ou complementar.

Previo o texto constitucional que as minas e demais riquezas do subsolo, eram considerados como propriedade distinta da do solo para efeito de exploração ou aproveitamento industrial, o que dependia de autorização federal. Essas autorizações poderiam ser fornecidas pelo Estado, desde que satisfeitas as condições estabelecidas em lei, dentre elas a de contar com os necessários serviços técnicos e administrativos. Tal qual na Constituição de 1934, é mantida a nacionalização progressiva das minas, jazidas minerais e quedas d'água.

Os Códigos de Minas (1940) e de Águas Minerais (1945) foram elaborados e promulgados na vigência desta Constituição.

Na Constituição de 1946 prevalece o monopólio da União em legislar sobre riquezas do subsolo, mineração e águas (art. 5º, XV, “I”) e a idéia da distinção da propriedade das águas entre Estados e União. Por sua vez, não mais determina a nacionalização das minas e permite, pela primeira vez, a participação do capital estrangeiro nas atividades de mineração.

A Constituição de 1967 traz uma inovação na exploração de jazidas minerais: exclui-se a preferência conferida ao proprietário do solo sobre a exploração ou co-participação resguardando, entretanto, o direito a sua participação nos resultados da lavra (art. 161, §§ 2º e 3º).

Sob a vigência dessa Constituição se deu a promulgação do atual Código de Mineração (1967)

#### 4.4.8.3. A CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA DE 1988, OS RECURSOS HÍDRICOS E AS ÁGUAS MINERAIS

Enquanto as Constituições Federais anteriores nada mencionavam expressamente sobre o meio ambiente, a Constituição de 1988, aclamada como a “Constituição Cidadã”, trouxe uma ampla abordagem da matéria. Isso se deve ao fato de que, quanto maior a importância de um bem para a sociedade, maior a tendência a sua publicização. Objetiva-se com isso garantir o acesso de todos a um determinado bem por meio da tutela do Estado.

##### 4.4.8.3.1. COMPETÊNCIAS CONSTITUCIONAIS

A Constituição Cidadã, no que diz respeito à *competência legislativa* dos entes federados, estabelece que:

- É competência concorrente da União, dos Estados e do Distrito Federal legislar sobre conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente, controle da poluição e responsabilidade por dano ao meio ambiente (art. 24, VI e VIII); e
- É competência privativa da União legislar sobre águas, jazidas, minas e outros recursos minerais e metalurgia (art. 22, IV e XII).

Em se tratando de *competências administrativas*,

- É competência da União a instituição de um sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e a definição de critérios de outorga de direito de seu uso (art. 21, XIX); e
- É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios a proteção do meio ambiente e o combate à poluição (art. 23, VI); e registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios (art. 23, XI).

No âmbito da competência comum, a lei complementar deve fixar normas de cooperação entre os entes federados, tendo em vista o equilíbrio do desenvolvimento e do bem-estar em âmbito nacional (art. 23, parágrafo único). Na competência concorrente cabe a União limitar-se a estabelecer normas gerais (art. 24, § 1º).

#### 4.4.8.3.2. DOMÍNIO SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS E MINERAIS

A Constituição classificou o meio ambiente como bem de uso comum do povo e impôs ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (art. 225) e, ainda, atribuiu a propriedade de determinados bens à União ou aos Estados, aí incluídos os recursos hídricos e minerais. Entretanto, é importante ressaltar que o domínio sobre um bem não implica necessariamente na necessidade de que a gestão se dê exclusivamente por este ente. Em outras palavras, domínio se difere de gestão.

Sobre os recursos hídricos e minerais, a Constituição de 1988 assim se manifestou com relação à dominialidade, atribuindo-se, à União, os seguintes bens:

- Os lagos e quaisquer correntes em terrenos de seu domínio, os que banhem mais de um Estado ou façam limites com outros países, e aqueles que se estendem ou provenham de território estrangeiro (art. 20, III);
- Os potenciais de energia hidráulica (art. 20, VIII);
- Os recursos minerais, inclusive os do subsolo (art. 20, IX).

Aos Estados coube a propriedade das águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito (art. 26, I).

Não há na Constituição menção expressa às águas minerais, evidentemente, a elas relacionadas, apenas as referências feitas aos recursos minerais.

#### 4.4.8.3.3. MUNICÍPIOS

Além da competência comum (art. 23), já mencionada, os Municípios têm competências importantes relacionadas com a organização do espaço. Essas influenciam diretamente na preservação do meio ambiente e na gestão dos recursos hídricos e minerais, tal qual a promoção do adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano.

Assim, é de fundamental importância a participação dos Municípios na gestão ambiental, não excluindo as questões afetas aos recursos hídricos e minerais.

#### 4.4.8.3.4. GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

A conservação das águas, sua utilização racional e a garantia de acesso assegurada a todos, são objetivos a serem alcançados na gestão dos recursos hídricos. A gestão será orientada por diretrizes que visem à preservação do meio ambiente, à resolução dos conflitos relacionados ao uso múltiplo das águas, segundo escalas de prioridades estabelecidas pelos usuários, sempre voltadas para a busca do bem-estar para todos.

##### 4.4.8.3.4.1. CÓDIGO DE ÁGUAS

Em 10 de julho de 1934 foi editado o Código de Águas, através do Decreto nº 24.643. Tem-se que o Código foi editado em um período no qual a necessidade de novos modelos de desenvolvimento fazia com que as atenções se voltassem quase que

inteiramente para o setor industrial, implicando na necessidade de geração de energia elétrica para o acionamento de seus equipamentos. Dessa forma, somente os artigos do Código que faziam referência ao aproveitamento energético foram totalmente regulamentados. Outros artigos de fundamental importância, tais como os relacionados ao uso comum das águas, gratuito ou retribuído não tiveram regulamentação.

Mesmo com o viés voltado para a geração de energia elétrica, o Código de 1934 deu início a uma profunda mudança de conceitos arraigados na sociedade, relativos ao uso e à propriedade da água, abrindo espaço para o estabelecimento de uma Política Nacional de Gestão de Águas.

No que se refere a essa política, o Código de 1934 representava uma forma de gestão convencional, setORIZADA, na qual a interdependência entre os usos era ignorada.

#### 4.4.8.3.4.2. PROJETO DE LEI Nº 2.249/1991

Na década de 1970, inicia-se um processo internacional de discussão das questões relacionadas ao meio ambiente e à emergência da questão ambiental. A complexidade e a importância do tema começam a despertar o interesse da sociedade civil organizada e das comunidades técnica, acadêmica, governamental e política.

A Constituição de 1988, conforme já apresentado, incorporou em seu texto a dimensão ambiental, inclusive no que se refere à instituição de um sistema nacional de gerenciamento dos recursos hídricos. Assim, inicia-se no Brasil um processo amplo de debates, estudos e intervenções acerca da gestão desses recursos. Esse processo deu origem ao Projeto de Lei (PL) nº 2.249/91, do Governo Federal, levado ao Congresso Nacional em novembro do mesmo ano.

O PL nº 2.249/1991 introduzia princípios, objetivos e instrumentos para uma gestão das águas mais moderna. Entretanto, mantinha a hegemonia do setor elétrico quando estruturava o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Essa falta de sintonia com a Constituição Federal levou a intensos debates no parlamento. Em consequência, três relatores sucessivos apresentaram substitutivos ao texto apresentado pelo Governo Federal – projetos de lei sucedâneos integrais do PL original. Nos debates públicos realizados em diversos pontos do País foram incorporados à versão final do projeto, entre outros, sob enfoque da componente ambiental, os mecanismos de controle social e o conceito da bacia hidrográfica como unidade de planejamento para as políticas de águas. Dessa forma, assegurou-se, gradativamente, uma visão mais moderna de integração entre os diversos usuários. Assim, seis anos após ter sido enviado ao Congresso Nacional, o Projeto de Lei nº 2.249/1991 deu origem à Política Nacional de Recursos Hídricos, publicada, em 8 de janeiro de 1997, no Diário Oficial da União, na forma da Lei nº. 9.433/1997.

#### 4.4.8.3.4.3. LEI FEDERAL Nº. 9.433, DE 1997.

A Lei nº. 9.433 trouxe expressamente a noção constitucional de publicização das águas, ao dizer em seu art. 1º que *“a água é um bem de domínio público”*.

Com o intuito de orientar as ações voltadas para os recursos hídricos, estabeleceu ainda fundamentos básicos para a gestão dos recursos hídricos: a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, associada ao reconhecimento da água como bem

econômico; o reconhecimento da importância de seus usos múltiplos; e a necessidade de um trabalho de gestão a um só tempo, descentralizado e participativo.

Assim, a Política Nacional de Recursos Hídricos deve contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades. Por descentralização e participação, entende-se que a gestão dos recursos hídricos deixa de ser responsabilidade de um pequeno conjunto de órgãos públicos e passa a ser atribuída à União, aos Estados, aos Municípios, aos usuários e à sociedade civil.

Na busca de uma estrutura institucional, a Lei nº 9.433/97 criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, hoje composto: pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH ; pela Agência Nacional de Águas – ANA, criada por lei específica; pelos Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; pelos Comitês de Bacias Hidrográficas; pelas Agências de Águas e pelos órgãos dos poderes públicos federais, estaduais, municipais e do Distrito Federal cujas competências se relacionem com a gestão dos recursos hídricos.

Esse Sistema foi criado com os objetivos de coordenar a gestão integrada das águas; arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos; implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos; planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos; e promover a cobrança pelo uso das águas.

Na prática, a gestão dos recursos hídricos se dá por meio de cinco instrumentos criados pela norma federal, quais sejam:

- Os Planos de Recursos Hídricos;
- O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- A outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- A compensação aos municípios; e
- O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Para que esse sistema de gestão, pautado pela descentralização e pela participação, ofereça resultados satisfatórios são necessários mecanismos de convivência entre os vários usuários das águas, e mecanismos de integração das organizações de recursos hídricos, tais quais os comitês de bacia.

#### 4.4.8.3.5. GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM MINAS GERAIS

##### 4.4.8.3.5.1. CONSTITUIÇÃO ESTADUAL

Devido à importância do tema, a Constituição do Estado de Minas Gerais dedicou uma seção à Política Hídrica e à Minerária, sendo que ambas se destinam ao aproveitamento racional, em seus múltiplos usos, e à proteção desses recursos, em consonância com a legislação federal (art. 249/CF 88).

A Constituição previu que a efetividade desses objetivos seria alcançada por meio do sistema estadual de gerenciamento dos recursos hídricos e do sistema estadual de gerenciamento de recursos minerários, com a observância dos seguintes preceitos, dentre outros:

- Proteção e utilização racional das águas superficiais e subterrâneas, das nascentes e sumidouros e das áreas úmidas adjacentes;
- Criação de incentivo a programas nas áreas de turismo e saúde, com vistas ao uso terapêutico das águas minerais e termais na prevenção e no tratamento de doenças;
- Conservação dos ecossistemas aquáticos;
- Fomento das práticas náuticas, de pesca desportiva e de recreação pública em rios de preservação permanente;
- Fomento à pesquisa, à exploração racional e ao beneficiamento dos recursos minerais do subsolo, por meio das iniciativas pública e privada;
- Adoção de instrumentos de controle dos direitos de pesquisa e de exploração dos recursos minerais e energéticos;
- Adoção de mapeamento geológico básico, como suporte para o gerenciamento e a classificação de recursos minerais; e
- Estímulo à organização das atividades de garimpo, sob a forma de cooperativas, com vistas à promoção socioeconômica de seus membros, ao incremento da produtividade e à redução de impactos ambientais decorrentes dessa atividade.

Da análise dos preceitos instituídos pela Constituição, nota-se que é importante a participação do Estado na gestão dos recursos hídricos e minerais, apesar de estes últimos pertencerem à União e dependerem de sua concessão para exploração.

#### 4.4.8.3.5.2. LEI ESTADUAL Nº 13.199/1999

Em relação os recursos hídricos, no âmbito estadual, a Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999, instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos – SEGRH-MG, que coexistem com a política e o sistema federais.

A lei mineira muito se assemelha à federal (Lei nº 9.433/1997), mas em alguns momentos foi adaptada ou complementada para atender às peculiaridades do Estado. Assim, cabe aqui ressaltar essas diferenças e suas influências na gestão dos recursos hídricos estaduais. Antes disso, cabe ressaltar uma similaridade fundamental entre as duas legislações: em ambas a gestão dos recursos hídricos é feita de maneira integrada, descentralizada e participativa.

Com a edição da Lei mineira, pouco mais de dois anos após a promulgação da Lei federal, foi criado, paralelamente ao Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, composto pelos seguintes órgãos:

- Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD;
- Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH-MG;
- Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM;
- Comitês de Bacias Hidrográficas - CBHs;
- Órgãos e entidades dos poderes estadual e municipal cujas competências se relacionassem com a gestão dos recursos hídricos; e
- Agências de bacias hidrográficas.

Definida a estrutura institucional, e na busca da efetividade da gestão dos recursos hídricos no Estado, a Lei mineira<sup>1</sup> além de contemplar todos os instrumentos de gestão presentes na Lei federal, incluiu dois novos, quais sejam:

- O rateio de custos das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo; e
- As penalidades.

Ainda no que se refere a inovações trazidas pela Lei estadual na gestão de recursos hídricos, tem-se que, no Estado, a permissão à formação de consórcios e associações intermunicipais de bacias hidrográficas, de modo especial naquela que apresentam quadro crítico relativamente aos recursos hídricos, nas quais o gerenciamento deva ser feito segundo diretrizes e objetivos especiais (art. 46).

#### 4.4.8.3.5.3. ADMINISTRAÇÃO, PROTEÇÃO E CONSERVAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Sendo as águas subterrâneas de domínio dos Estados, a Lei nº 13.771, de 11 de dezembro de 2000 veio tratar da administração, proteção e conservação dessas águas no Estado de Minas Gerais. Esse fato fortalece o entendimento de que é preciso haver uma gestão compartilhada entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão dos recursos minerais.

Inicialmente, a Lei nº 13.771 entende como água subterrânea aquela existente no solo e no subsolo (art.1º, § 1º), e o seu gerenciamento compreende: a avaliação quantitativa e qualitativa e o planejamento de seu aproveitamento racional; a outorga e a fiscalização dos direitos de uso dessas águas; adoção de medidas relativas à sua conservação, preservação e recuperação.

---

<sup>1</sup> - o Plano Estadual de Recursos Hídricos;  
- os Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas;  
- o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos;  
- o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo seus usos preponderantes;  
- a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;  
- a cobrança pelo uso de recursos hídricos; e  
- a compensação a municípios pela exploração e restrição de uso de recursos hídricos.



Visando à conservação das águas, a norma permite a restrição da captação e do uso por meio da criação de áreas de proteção e controle, restringindo a vazão captada por poços e estabelecendo distâncias mínimas entre poços (art. 12). Essas áreas de proteção podem ser classificadas em máxima, de restrição e controle, e de proteção de poços e outras captações.

Com relação à gestão, tem-se que a utilização dessas águas depende de concessão administrativa, quando a água se destinar a uso de utilidade pública; ou autorização administrativa quando se tratar de uso diverso. As outorgas se sujeitam ao Plano Estadual de Recursos Hídricos.

#### 4.4.8.3.6. ÁGUAS MINERAIS

O Código de Águas Minerais (1945), em seu Art. 1º, definiu as águas minerais como sendo *“aquelas provenientes de fontes naturais ou de fontes artificialmente captadas que possuam composição química ou propriedades físicas ou físico-químicas distintas das águas comuns, com características que lhes conferem uma ação medicamentosa”*.

Em uma breve análise da evolução da participação da água mineral no cotidiano brasileiro, vê-se que ela saiu do seu uso único e exclusivo para fins terapêuticos, na época do Império, para se transformar em *commodity* que, atualmente, disputa mercado com refrigerantes e outros tipos de bebida.

As águas minerais se encontram disciplinadas no Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, Código de Mineração; no Decreto nº. 62.934, de 02 de julho de 1968, que aprovou o regulamento do Código de Mineração; e no Decreto-Lei 7.841, de 8 de agosto de 1945, Código de Águas Minerais, todos anteriores, porém recepcionados pela Constituição Federal de 1988.

Uma vez disciplinado no âmbito da legislação minerária, o gerenciamento das águas minerais ficou estreitamente vinculado ao processo da história política nacional, acompanhando todo o desenvolvimento da mineração no País.

A Constituição Federal de 1988 diz que os recursos minerais, aí compreendidas as águas minerais, constituem propriedade distinta da do solo para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à União. Dessa forma, a exploração e o aproveitamento devem ser efetuados mediante autorização ou concessão da União.

Assim, esse tipo de água é um recurso mineral regido pelo Código de Águas Minerais e pelo Código de Minas, competindo ao Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM - conceder a autorização para pesquisa e a fiscalização da exploração, e ao Ministério de Minas e Energia a concessão de lavra.

Para facilitar o entendimento, segue-se um breve histórico da legislação que tratou das águas minerais ao longo dos anos.

##### 4.4.8.3.6.1. CÓDIGO DE MINAS DE 1934

Em 1934 foi implantada uma nova estrutura no Ministério da Agricultura, com a criação do DNPM -, por meio do Decreto nº 23.979, de 8 de março de 1934.

Essa mudança já indicava uma preocupação do governo vigente com o melhor aproveitamento das reservas minerais do País, uma vez que a mineração assumia um papel importante no desenvolvimento nacional.

Assim, em 1934 foram promulgados a Constituição, o Código de Águas e o Código de Minas. Este último, na forma do Decreto nº 24.642, de 10 de julho do mesmo ano, teve um papel importante na reunião, em um único documento, de leis e regulamentos pré-existentes.

O Código de Minas veio ao encontro dos setores produtivos que queriam desenvolver o setor mineral no País, ao facilitar o acesso da iniciativa privada às jazidas e minas, retirando do proprietário do solo o domínio sobre o subsolo.

Prevalecia o regime federal de autorizações e concessões para o aproveitamento das jazidas. Entretanto, essa competência poderia ser transferida ao Estado que possuísse serviço técnico-administrativo para tal.

Em 1937, o Decreto-Lei nº 66 veio adequar o Código de Minas, de 1934, à nova Constituição (1937), estipulando que as autorizações e concessões seriam concedidas somente a empresas constituídas por sócios brasileiros, não bastando que fossem apenas empresas organizadas no Brasil, em clara demonstração da tendência nacionalista demonstrada pelo Estado Novo. Além disso, exigiu a apresentação de um plano de boa utilização da mina ou jazida mineral.

#### 4.4.8.3.6.2. CÓDIGO DE MINAS DE 1940

Por meio do Decreto-Lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940, houve a promulgação de um novo Código de Minas no Brasil.

Diz o Código que a jazida é bem imóvel, distinto e não integrante do solo, sendo que a propriedade da superfície abrange a do subsolo, excluída a das substâncias minerais ou fósseis úteis à indústria (art. 4º). Permanece o regime de autorizações e concessões a serem realizadas pela União.

O Código de 1940 traz um capítulo inteiro dedicado às estâncias hidrominerais, no qual faz as seguintes considerações (Arts. 44 a 48):

- É de competência do DNPM a fiscalização técnico-industrial de todas as estâncias hidrominerais;
- Cabe ao Ministério da Agricultura, quando necessário, demarcar um perímetro de proteção, na superfície, das fontes de águas minerais, no qual não poderão ser executados trabalhos ou exercidas atividades que possam alterá-las ou prejudicá-las; e
- A autorização de lavra de uma fonte ou estância hidromineral importa a do comércio de suas águas.

Permanece a possibilidade de transferências aos Estados da competência para autorizar pesquisa e lavra de jazidas, com exceção de algumas classes de jazidas, dentre elas as de águas minerais, termais e gasosas (art. 59).

No caso específico das jazidas de águas minerais, termais ou gasosas, o requerente da autorização de pesquisa deveria se submeter à fiscalização das autoridades de saúde pública com relação às condições higiênicas das águas (art. 48, § 2º).

O Código de 1940 introduz o conceito de “água de mesa”, como sendo aquela cuja composição ou cujas características não se afastem da média das águas potáveis regionais, cujo consumo não seja prejudicial à saúde, podendo ser comercializadas, desde que tivessem a expressa menção “não mineral” (art. 75).

#### 4.4.8.3.6.3. CÓDIGO DE ÁGUAS MINERAIS (1945)

Em 08 de agosto de 1945, Getúlio Vargas promulga o Código de Águas Minerais, em vigor até o presente momento.

Além de conceituar água mineral, diz o Código que o aproveitamento comercial das fontes de águas minerais, ou de mesa, obedece ao regime de autorizações sucessivas, de pesquisa e lavra, instituídas pelo Código de Minas.

Define as águas potáveis de mesa como sendo aquelas de composição normal, provenientes de fontes naturais ou de fontes artificialmente captadas, que preencham tão somente as condições de potabilidade para a região (art. 3º). Ressalta, porém, que o aproveitamento comercial das águas de mesa é reservado aos proprietários do solo.

O Art. 12 cria a possibilidade de se definir um perímetro de proteção de uma fonte de água mineral, termal ou gasosa, no qual nenhuma sondagem ou qualquer outro trabalho subterrâneo poderá ser praticado sem autorização prévia do DNPM. Isso se justifica uma vez que na maioria das vezes as fontes, balneários ou estâncias de águas minerais e potáveis de mesa estão próximas de centros urbanos, distritos industriais ou de outras formas de poluição. Com o perímetro de proteção, pretende-se proteger a qualidade das águas, e estabelecer limites geográficos dentro dos quais deverá haver restrições de ocupação, e de determinados usos que possam comprometer o seu aproveitamento.

No que se refere às estâncias hidrominerais, o Código estabelece que a sua instalação e funcionamento exigem a satisfação dos seguintes requisitos (art. 19):

- Montagem de instalações crenoterápicas convenientes, de acordo com a natureza das águas;
- Construção ou existência de hotéis ou sanatórios, com instalações higiênicas convenientes, providas de serviço culinário apto a atender às indicações dietéticas;
- Contratação de médico especialista encarregado da orientação do tratamento e facilidades gerais de tratamento, e assistência médico-farmacêutica;
- Existência de laboratório para realização de exames bacteriológicos periódicos para verificação da pureza das águas em exploração, ou contrato de tais serviços com organização idônea, a juízo do DNPM;
- Existência de um posto meteorológico destinado à obtenção das condições climáticas locais;

- Organização das fichas sanitárias dos funcionários das estâncias e dos hotéis, renovadas pelo menos a cada seis meses; e
- No caso de a água ser entregue engarrafada ao consumo, além dos requisitos especiais determinados para cada caso pelo órgão competente do DNPM, será exigida, no mínimo, na instalação de engarrafamento, a existência de uma máquina engarrafadora automática ou semi-automática, e de uma máquina ou dispositivo destinado à lavagem do vasilhame durante o tempo necessário, com uma solução de soda cáustica a 10° Baumé, aquecida a 60° C, ou um outro processo ou dispositivo aprovado pelo DNPM, que assegure esterilização do vasilhame.

Com relação à fiscalização da exploração de águas minerais, em todos os seus aspectos, de águas termais, gasosas e potáveis de mesa, engarrafadas ou destinadas a fins balneários, será exercida pelo DNPM, auxiliado e assistido pelas autoridades sanitárias e ambientais dos Estados e dos Municípios, às quais devem ser comunicadas quaisquer decisões que forem tomadas relativamente ao funcionamento de uma fonte situada em sua jurisdição (arts. 23 e 24, Código de Águas).

#### 4.4.8.3.6.4. CÓDIGO DE MINERAÇÃO DE 1967

O Código de Mineração de 1967 reflete um marco histórico na mineração brasileira. Alterando radicalmente alguns artigos dos Códigos anteriores, tinha por objetivo maior, promover o aproveitamento dos recursos minerais; aumentar a produtividade, a distribuição e o consumo dos recursos minerais; incentivar os investimentos privados, nacionais ou estrangeiros, na pesquisa e lavra; e estimular o descobrimento de novas jazidas.

O Código tem início estabelecendo que: compete à União administrar os recursos minerais, a indústria de produção mineral e a distribuição, o comércio e o consumo de produtos minerais (art.1º). Dessa redação depreende-se uma centralização do poder.

O órgão eleito para executar o Código de 1967 foi o DNPM. Dessa forma, ficou afastada a possibilidade de transferência dessa competência aos Estados, como era permitido no Código de 1940.

Prevalece a idéia de que a propriedade dos recursos minerais é distinta da do solo. Entretanto, o proprietário do solo deixa de ter preferência na exploração dos recursos minerais. O Código de 1940 previa a necessidade de requerimento para o aproveitamento dos bens minerais, porém apenas com o advento do Código de 1967 foi definida uma forma objetiva de se realizar tal procedimento.

O aproveitamento das jazidas foi dividido em cinco regimes: de concessão; de autorização; de licenciamento; de permissão de lavra garimpeira; e de monopolização relacionado ao petróleo e minerais radioativos.

Em seu Art. 10, o Código diz expressamente que as águas minerais em fase de lavra, e as jazidas de águas subterrâneas se regem por leis especiais que, nesse caso específico, é o Código de Águas Minerais. Note-se que este Código não faz referência à água de mesa.

#### 4.4.8.3.6.5. PANORAMA ATUAL

Pelo exposto, a pesquisa das águas minerais se sujeita a autorização fornecida pelo DNPM, nos termos dos Arts. 5º a 7º do Código de Águas Minerais, e Arts. 14 a 35 do Código de Minas. Concedida a autorização, o relatório de pesquisa mineral indicará a área de proteção da fonte ou das águas minerais. Essa área de proteção, estabelecida por decreto, caso aprovada, tem como objetivo a manutenção da qualidade das águas, mediante restrições de ocupação e de determinados usos comprometedores.

Posteriormente à aprovação do relatório de pesquisa pelo DNPM, faz-se necessário requerer a concessão de lavra. A lavra de uma fonte de água mineral, termal, gasosa, potável de mesa ou destinada a fins balneários, que abrange todos os trabalhos e atividades de captação, condução, distribuição e aproveitamento das águas depende de autorização do Ministério de Minas e Energia, nos termos dos arts. 8º a 11 do Código de Minas e arts. 36 a 58 do Código de Minas.

A área de proteção das fontes, definida no relatório final de pesquisa, deve observar o disposto na Portaria DNPM nº 231, de 31 de julho de 1998.

As concessões anteriores à publicação da Portaria teriam 365 dias para se adequar aos seus ditames.

A fiscalização da concessão, exercida pelo DNPM, deve observar as especificações técnicas para o aproveitamento das águas minerais e potáveis de mesa conforme as normas constantes da Portaria DNPM nº 222, de 28 de julho de 1997.

#### Rótulo

O Código de Águas Minerais, em seu Art. 29, criou um rótulo padrão sujeito à aprovação do DNPM.

O Ministro de Minas e Energia, através da Portaria nº 470, de 24 de novembro de 1999, estabeleceu que o rótulo a ser utilizado no envasamento de água mineral e potável de mesa, deverá ser aprovado pelo DNPM, a requerimento do interessado, após a publicação no Diário Oficial da União, da respectiva portaria de concessão de lavra.

O requerimento deverá ser instruído com o modelo de rótulo pretendido, do qual devem constar os seguintes elementos informativos (art. 2º):

- Nome da fonte;
- Local da fonte, Município e Estado;
- Classificação da água;
- Composição química, expressa em miligramas por litro, contendo, no mínimo, os oito elementos predominantes, sob a forma iônica;
- Características físico-químicas na surgência;
- Nome do laboratório, número e data da análise da água;

- Volume expresso em litros ou mililitros;
- Número e data da concessão de lavra, e número do processo, seguido do nome "DNPM";
- Nome da empresa concessionária e/ou arrendatária, se for o caso, com o número de inscrição no Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica – CNPJ, do Ministério da Fazenda;
- Duração, em meses, do produto, destacando-se a data de envasamento por meio de impressão indelével na embalagem, no rótulo, ou na tampa;
- Se à água for adicionado de gás carbônico, deverá ser colocada a expressão "gaseificada artificialmente"; e
- A expressão "Indústria Brasileira".

A Portaria proíbe que conste do rótulo, e das faces livres das embalagens, informações relativas a eventuais características, propriedades terapêuticas, expressões que supervalorizem a água, ou ainda qualquer designação suscetível de causar confusão ao consumidor (art. 4º).

Importante ressaltar que cada fonte deve ter uma denominação específica, vedada a utilização de um mesmo nome para identificar fontes distintas, ainda que compreendidas na mesma área de concessão (art. 5º).

As empresas concessionárias têm um ano, contado da publicação da Portaria, para se adaptarem às suas exigências (art. 8º).

#### 4.4.8.3.7. UMA GESTÃO INTEGRADA PARA ÁGUAS MINERAIS E RECURSOS HÍDRICOS

A primeira vista, imagina-se que exista uma incompatibilidade de inserção da água mineral na gestão integrada de recursos hídricos. Tal conflito decorre de modelos de gestão formulados em momentos diferentes da história política brasileira.

Como já foi dito anteriormente, a legislação que rege as águas minerais, Código de Águas Minerais, 1945 e Código de Minas, 1967, foi criada em regimes autoritários e centralizadores, tendo como foco a água como recurso ou bem de valor econômico, sem levar em consideração que a água é um recurso ambiental e, em um contexto amplo, de natureza vital. Por outro lado, a Política Nacional de Recursos Hídricos, explicitada na Lei nº 9.433/1997, e embasada na Constituição Federal, de 1988, possui um caráter democrático, descentralizador e participativo.

Em outras palavras, é o contraste entre o antigo modelo de política mineral centralizado em um determinado poder, anterior à redemocratização do País, e o modelo atual de política de recursos hídricos, agora sob o enfoque de recurso ambiental essencial à vida, descentralizada, integrada e multi-participativa.

Sob essa ótica, a política mineral brasileira mostra-se incompatível com as práticas participativas e de controle social, em franco desenvolvimento após a Constituição de

1988. Muito mais que a uma mera modificação nas leis, isso se deve à falta de compreensão, por parte do órgão responsável pela gestão dos recursos minerais, na identificação da relação da água mineral com o ciclo hidrológico e da sua importância no contexto ambiental; e ao desentrosamento operacional existente entre as entidades responsáveis pela gestão dos recursos minerais e hídricos, especialmente em relação às que tratam das águas de domínio estadual.

Assim, vê-se que a gestão da água mineral sempre foi desvinculada da gestão de recursos hídricos, não só porque essa água foi tradicionalmente considerada apenas um recurso mineral, mas também porque a água subterrânea nunca foi considerada como um recurso que devesse ser gerenciado.

Há, entretanto, indicadores de que essa situação poderá ser revertida em breve. Nesse sentido, os órgãos gestores setoriais mostram interesse em buscar formas de atuação conjunta. Um exemplo é dado pela recente Resolução nº 9, do CNRH, de 21 de junho de 2000, que instituiu a Câmara Técnica de Água Subterrânea com as seguintes competências, dentre outras:

- Discutir e propor a inserção da gestão de águas subterrâneas na Política Nacional de Recursos Hídricos;
- Compatibilizar as legislações relativas à exploração e à utilização destes recursos; e
- Propor mecanismos institucionais de integração da gestão das águas superficiais e subterrâneas.

Desde a sua criação, a Câmara vem discutindo a inserção da água mineral na política de gestão dos recursos hídricos. De um lado, os representantes do setor mineral e das indústrias defendem a obediência fiel e inquestionável aos Códigos de Águas Minerais, de 1945, e ao de Mineração, de 1967. Por sua vez, os representantes dos órgãos de gestão dos recursos hídricos estaduais e federais defendem a aplicação das diretrizes e modelo de gestão contidos na Lei nº 9.433, de 1997, embasada na Constituição Cidadã, de 1988.

Como resultado desse debate, em 16 de outubro de 2007, foi editada a Resolução nº 76, do CNRH, estabelecendo diretrizes gerais para a integração entre a gestão de recursos hídricos e a gestão das águas minerais, termais, gasosas, potáveis de mesa ou destinadas a fins balneários. Essa resolução é fundamentada na necessidade da integração e atuação articulada entre órgãos e entidades, cujas competências se refiram aos recursos hídricos, à mineração e ao meio ambiente.

O DNPM dará conhecimento do requerimento de autorização para pesquisa de água mineral, termal, gasosa, potável de mesa, ou destinada a fins balneários e respectiva área requerida, ao órgão gestor de recurso hídrico competente, que deverá se manifestar sobre possíveis impedimentos à pesquisa, observados os princípios e diretrizes traçados pela Lei nº 9.433, de 1997 e Resoluções do CNRH.

Ao DNPM serão informadas as outorgas de direito de uso existentes na área requerida para pesquisa de água mineral e em seu entorno, bem como eventuais áreas de proteção existentes, para subsidiar a decisão sobre a concessão de autorização para pesquisa. O

caminho inverso também deverá ser feito. Isso fará com que os dois gestores tenham conhecimento da situação como um todo, e não apenas de parte dela.

Dessa forma, inicia-se uma gestão integrada dos recursos hídricos e das águas minerais, termais, gasosas e potáveis de mesa.

Da análise do que se expôs neste texto, pode-se notar que o compartilhamento de informações entre os órgãos gestores, tal qual previsto na Resolução CNRH nº 76/2007, não é o caminho único e suficiente para uma gestão integrada desses recursos.

Dada a notável interdependência das políticas hídrica e minerária, especialmente na Constituição do Estado de Minas Gerais, e a premissa de serem, as águas minerais, bens minerais, torna evidente o imperativo de serem criados outros pontos de convergência, entre os dois setores, para integrar as duas políticas.

Uma gestão integrada inovadora não demandará, necessariamente, um novo arcabouço legal, ao se ter presente que as águas minerais são também águas subterrâneas e que essas são, integralmente, de domínio estadual. Assim, é possível estabelecer um novo paradigma de gestão, a ser proposto por uma câmara de águas subterrâneas ampliada com a participação da sociedade civil organizada, e dos comitês estaduais de bacias hidrográficas. Esse modelo pode ser construído com base no disposto no inciso XIII do Art. 23 da Constituição Federal; nas Constituições Estaduais; na Lei Federal nº 9.433/94. No caso de Minas Gerais, as disposições constitucionais se completam com as Leis Estaduais nºs 13.199/97 e 13.771/00, de forma a assegurar a manutenção das concessões (portarias de lavra para águas minerais) pela União, especialmente pela

eficiente proteção que elas podem conferir às fontes de águas minerais, e à gestão com controle social, pelos Estados.

Além disso, a Constituição do Estado de Minas Gerais diz que é competência do Estado, comum à União e ao Município, registrar, acompanhar, e fiscalizar concessões de direito de pesquisa e de exploração de recursos hídricos e minerais em seu território (art. 11, XI). Tal previsão também pode ser encontrada em grande parte das Leis Orgânicas dos Municípios da bacia.

Assim, os Municípios dispõem de uma ferramenta essencial na proteção e gestão dos recursos hídricos e minerais: o planejamento urbano. Por meio da Lei Orgânica, da Lei de Uso e Ocupação do Solo, e do Plano Diretor do Município, abre-se a possibilidade de atuação desse ente federado na gestão das águas minerais, via comitês de bacias hidrográficas.

Como já citado, o requerente de autorização de pesquisa deve fornecer ao DNPM um estudo completo, um relatório final de pesquisa, com observância das disposições contidas no Código de Mineração e nas Portarias nºs 222 e 231, do DNPM, quanto a área de proteção das fontes. Isso que permite a todos os entes federados a gestão desse espaço, uma vez que é competência comum à União, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios a proteção do meio ambiente e o controle das formas de poluição.

Hoje, considerando a necessidade de se preservar a qualidade e a quantidade das águas, e tendo em vista a escassez desse bem, é inconcebível se pensar em gestões separadas para os recursos hídricos e as águas minerais. Por último, pode-se afirmar que a gestão



integrada das águas minerais, sob os comandos da legislação citada, é possível e viável e não requer modificações traumáticas no atual arcabouço legal.

Três proposições devem ser consideradas na implementação de planos de gestão para as águas das estâncias hidrominerais:

### **Zoneamento hidrogeoambiental**

A introdução do conceito de unidade hidrogeoambiental, como elemento fundamental para o zoneamento territorial das áreas de contribuição – ZC (prevista na Portaria DNPM nº 231) das fontes de águas minerais tem por objetivo estabelecer parâmetros para o planejamento do desenvolvimento sustentável das estâncias, e estabelecer formas harmônicas de convívio entre as diversas modalidades de uso e ocupação dos solos já instaladas, bem como, projetar as futuras expansões que se pretendam, assegurando a manutenção da qualidade e quantidade das águas locais.

O zoneamento hidrogeoambiental levará em conta o envolvimento do poder público; da sociedade civil organizada; do titular do direito minerário ou arrendatário e dos outros empreendedores lá instalados, no sentido de estabelecer normas e parâmetros hidrogeoambientais que possibilitem o uso das águas e dos demais recursos naturais, sob condições de manejo sustentado, de maneira a refletir a vontade da sociedade quanto ao padrão de ocupação compatível com manutenção da qualidade e quantidade das águas das estâncias.

### **Envolvimento da sociedade na construção de um modelo de gerenciamento descentralizado e participativo**

Na discussão e elaboração do plano de gestão das águas das estâncias hidrominerais propõe-se uma ampla participação da sociedade, envolvendo os poderes públicos estadual e municipal; as empresas instaladas na área; as ONGs, etc., em conformidade ao previsto na Lei 13.199/99, buscando conceber um plano capaz de atender às várias correntes de pensamentos envolvidas no processo, e introduzindo um novo conceito de exploração sustentável para os recursos naturais.

### **Estabelecimento de convênios entre o titular do direito minerário e as prefeituras municipais das estâncias hidrominerais**

As estâncias hidrominerais da bacia do rio Verde estão localizadas dentro de perímetros urbanos – das sedes municipais ou de distritos. Em geral, foi a presença das águas minerais que deu origem aos povoamentos e ao desenvolvimento de cada um. E essas águas especiais seguem como fortes indutoras do progresso dos Municípios detentores das fontes.

Assim, há um relacionamento estreito dessas estâncias e os perímetros urbanos das sedes municipais ou de seus distritos. Isso remete à necessidade de que sejam estabelecidas regras claras para o relacionamento entre o titular do direito de exploração das águas minerais, e os poderes públicos municipais, com o objetivo de proteger as águas minerais e minimizar as interferências negativas resultantes dos impactos gerados pela ocupação das zonas de proteção dos aquíferos que alimentam as nascentes.

Um dos instrumentos mais pertinentes é o estabelecimento de convênios com as prefeituras das cidades nas quais estão as estâncias hidrominerais. Assim, o titular da concessão mineral deve propor, aos Municípios envolvidos, a assinatura de convênios entre as partes, preferencialmente, com a interveniência ou conhecimento do DNPM; do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM ; e da Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM. Para maior transparência do processo de gestão das águas minerais devem-se instituir comissões de fiscalização da execução dos convênios, nas quais haja representação expressiva da sociedade civil organizada.

Os convênios devem prever que seus efeitos se estenderão a toda área proposta como "Zona de Contribuição - ZC", conforme descrita no relatório de pesquisa referente ao atendimento da Portaria DNPM nº 231/98, e contemplarem, no mínimo os seguintes itens:

- Proteção e ampliação da cobertura vegetal remanescente nas áreas de cabeceiras, topos de morros e margens de corpos d'água, conforme as exigências contidas no Código Florestal;
- Definição do tamanho mínimo de lotes, e estabelecimento de taxas de ocupação das parcelas de solo nas áreas de expansão urbana, sempre inferiores a 50% da superfície total do lote;
- Determinação, em áreas já edificadas e nas ruas com calçamento, da construção de estruturas destinadas a facilitar a infiltração das águas pluviais nos solos;
- Proibição de instalação ou manutenção de depósito de lixo ou resíduos industriais em áreas de proteção das fontes;
- Implantação ou melhoria do sistema de coleta e destinação adequada de lixo, em especial, do lixo de origem hospitalar, ou de outras atividades de alto potencial poluidor;
- Proibição da instalação de postos de venda de combustíveis na ZC (Portaria DNPM nº 231), exceto quando contemplarem a construção de tanques para armazenamento dos derivados de petróleo sem contato direto com as zonas permeáveis do terreno, e prévio licenciamento ambiental da instalação;
- Implantação de sistema de controle, via criação de CODEMAS, para o licenciamento de atividades poluidoras ou potencialmente poluidoras, de forma a enfatizar as estruturas de proteção ambiental voltadas para conservação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos;
- Implantação de mecanismo facilitador para apresentação aos legislativos municipais, de proposições de leis voltadas para a proteção das águas superficiais e subterrâneas; e
- Criação de programa de educação ambiental, tendo como pontos fulcrais a água e sua importância ambiental; as águas minerais e a origem das cidades e das estâncias hidrominerais; e o potencial econômico por elas gerado para o desenvolvimento do Município.

### **Implantação de planos de monitoramento das águas superficiais e subterrâneas das estâncias**

As águas subterrâneas e superficiais das estâncias hidrominerais e de seu entorno nunca foram objeto de medidas de controle; ou observação sistemática de seus parâmetros hidrodinâmicos; ou ainda de sua qualidade físico-química e bacteriológica. A ausência de séries históricas de dados sobre vazões e de suas variações sazonais e plurianuais; dos teores de elementos contaminantes; da variação da qualidade físico-química da água com o percurso subterrâneo, entre outros fatores, impõem a necessidade de serem implantados sistemas de monitoramento, visando a sanar essa deficiência.

Os sistemas de monitoramento contemplarão a implantação: de redes de amostragem e de observação dos níveis de água subterrânea; de piezômetros e de poços de observação do nível de água NA; de estação meteorológica; de sistemas de medição de vazões de fontes e cursos d'água superficiais e de determinação dos pontos de coleta de água para análises físico-químicas e bacteriológicas. O período de observação e as frequências de medições e coletas serão determinados caso a caso, em função das peculiaridades de cada estância.

#### **4.4.9. SANEAMENTO E SAÚDE PÚBLICA**

A recente publicação das Diretrizes da Política Nacional de Saneamento Básico (Lei 11.445 de 05/01/2007) promete um impacto positivo na gestão ambiental das cidades, principalmente na questão dos esgotos e dos resíduos sólidos. Ela define as regras para o aumento de investimentos públicos e privados no setor. Os focos são o planejamento, a fiscalização e a participação social.

Ao obrigar o poder público a produzir planos de resíduos sólidos, de recursos hídricos e de saneamento básico, e a criar agências reguladoras, a Lei busca tornar o saneamento uma atividade eficiente e confiável. Outro destaque é o fortalecimento da participação da comunidade e a abertura, para a gestão associada, dos consórcios municipais a serem implementados, conforme previsto na Lei Federal 11.107/2005.

Tradicionalmente a prestação dos serviços de saneamento no Brasil tem passado por espasmos com períodos altos e baixos, prejudicando uma política de continuidade de investimentos e de gestão e, conseqüentemente, a tão enfatizada universalização do atendimento. Em 1986, o BNH (Banco Nacional de Habitação) foi extinto e o setor de saneamento ficou órfão de uma política de governo. Também os recursos para financiamento ficaram escassos e inconstantes. Iniciou-se uma fase de decadência que permaneceu até 2003, com exceção de um pico entre 1995 e 1998, no qual foram investidos R\$ 3,26 bilhões por ano.

Esse quadro de restrições, aliado a dificuldades de gestão em algumas das empresas prestadoras de serviços, e ao rápido crescimento das cidades, resultou em um retrocesso nos índices de atendimento e de qualidade dos serviços. Outro problema é que, devido à sempre insuficiente disponibilidade de recursos, a prioridade absoluta dos investimentos vinha sendo direcionada para a construção de sistemas de abastecimento de água, com os serviços de esgotamento sanitário ficando relegados a segundo plano, o mesmo acontecendo com os resíduos sólidos.

Apesar de atualmente haver uma significativa disponibilidade de recursos, e de a Lei 11.445 ter sido um grande avanço para o setor de saneamento, a sua implementação vem esbarrando em questões operacionais e políticas que limitam o esperado desenvolvimento do setor.

Uma destas limitações é a ausência de políticas públicas estaduais de saneamento, e de instituições reguladoras que exijam o cumprimento de metas contratuais de resultados e custos, conforme previsto nos artigos 8º e 21, da Lei 11445. Como a titularidade dos serviços é municipal, o poder de planejamento e de regulação é do município, que, na quase totalidade dos casos, não tem condição de manter um órgão com essa atribuição. Para viabilizar financeira e tecnicamente esta atividade é recomendável a formação de consórcios intermunicipais, ou a delegação a órgãos federais ou do próprio Estado. Na bacia do rio Verde não existem agências reguladoras municipais.

No Estado de Minas Gerais a política estadual de saneamento é definida na Lei 11.720 de 28/12/1994 que não chegou a ser regulamentada e precisa ser atualizada para se enquadrar à Lei Federal 11.445/07.

Em 03/08/2009 foi sancionada pelo governador do estado a Lei 18.309/2009, que estabelece normas relativas aos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário; cria a Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotos Sanitário do Estado de Minas Gerais - ARSAE-MG – e dá outras providências. A ARSAE-MG tem por finalidade regular e fiscalizar a prestação e a comercialização dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Estado de Minas Gerais. O atraso na definição real do expresso em lei, causou prejuízos à COPASA que, no ano de 2009, se viu impedida de reajustar tarifas por ação do Ministério Público.

Outra lacuna que desfavorece o avanço dos serviços é a ausência do controle dos serviços pela comunidade. Este controle está previsto no artigo 47 da Lei 11.445, mas a mobilização para a constituição dos respectivos conselhos ainda não mereceu a devida importância. Em Minas Gerais vários projetos de lei com esta finalidade não chegaram sequer a entrar em pauta na Assembléia Legislativa.

Devido à ausência desses instrumentos, e da pouca importância atribuída pela população à necessidade de exigir tais serviços com qualidade e respeito à legislação, a bacia do rio Verde encontra-se em situação muito precária quanto aos serviços de esgotamento sanitário e de resíduos sólidos. Mesmo quanto aos serviços de abastecimento de água que, embora disponham de índices de atendimento elevados, têm respondido com padrões abaixo do satisfatório, em questões elementares de gestão, como no controle de perdas e no cumprimento da Portaria 518/2004 dos padrões de potabilidade.

O CBH Rio Verde afirma que, no sul e no oeste de Minas de Minas, há uma ausência total do Estado, em suas três esferas, devido à suposição quanto à boa disponibilidade de água. Não existem programas de governo e a sociedade só se organiza em torno de necessidades identificadas por ela.

A seguir são desenvolvidas as análises sobre a prestação dos serviços de saneamento na bacia do rio Verde.

#### 4.4.10. ABASTECIMENTO DE ÁGUA

##### 4.4.10.1. LEVANTAMENTO DE DADOS

Para a elaboração do diagnóstico dos serviços de abastecimento de água, a principal fonte oficial de dados é o SNIS – Sistema Nacional de Informações em Saneamento, elaborado pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental vinculada ao Ministério das Cidades. A coleta de dados é feita anualmente e disponibilizada em relatórios também anuais. Estes dados constituem os principais elementos para a definição de políticas públicas no Brasil. O fornecimento dos dados, por parte dos gestores, não é compulsória, mas o não atendimento a esse requisito impõe restrições diversas aos operadores dos serviços de saneamento, como, por exemplo, o acesso a linhas de financiamento. A última versão disponível publicada é a do ano de 2007, sendo que dos 5.565 municípios brasileiros, 4.556 (81,9%) deles forneceram dados dos serviços de água, e apenas 1.355 (24,4%) dos serviços de esgoto. Na Tabela 97 é apresentada a disponibilidade de dados no SNIS para os municípios situados na bacia do rio Verde, sendo os indicadores operacionais do abastecimento de água dos municípios presentes na bacia apresentados no ANEXO H - Água.

**Tabela 97 – Disponibilidade de dados no SNIS 2007 para a bacia do rio Verde – abastecimento de água**

Municípios com sede na bacia	Prestador dos serviços	Municípios por prestador	Informado ao SNIS	Não informado ao SNIS
23	COPASA	9	9	0
	Autônomos	14	2	12 (1)

Obs. (1): Os seguintes municípios não apresentaram seus dados ao SNIS: Cambuquira, Carmo de Minas, Cristina, Dom Viçoso, Itanhandu, Jesuânia, Olímpio Noronha, Passa Quatro, Pouso Alto, São Sebastião do Rio Verde, Soledade de Minas e Virgínia.

Fonte: SNIS 2007

Para os municípios concedidos à COPASA foram utilizados os dados dos relatórios gerenciais internos da empresa relativos ao mês de maio de 2009, que são mais atualizados que o SNIS. Para os municípios de Lambari e São Lourenço foram usados os dados fornecidos ao SNIS. Para os municípios que não participaram do SNIS (Cambuquira, Carmo de Minas, Cristina, Dom Viçoso, Itanhandu, Jesuânia, Olímpio Noronha, Passa Quatro, Pouso Alto, São Sebastião do Rio Verde, Soledade de Minas, e Virgínia) foram procuradas outras fontes tais como *sites* de prefeituras; contatos diretos com representantes dos prestadores locais dos serviços e com a COPASA. Foi também feita consulta a ASSEMAE, associação que congrega os municípios autônomos, mas esta não possui um banco de dados com as informações necessárias.

Uma equipe do Consórcio ECOPLAN-LUME percorreu os municípios da bacia colhendo informações complementares, mas muitos dos municípios não possuem sistemas de informações, o que ainda deixa lacunas quanto a alguns dados.

A única fonte que contém os dados da totalidade dos municípios da bacia é a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB, realizada pelo IBGE, e que teve sua última edição no ano de 2000. Na impossibilidade da obtenção de dados primários e secundários para os municípios não contemplados nas fontes supracitadas, foram adotados os dados dessa PNSB para o diagnóstico. Apesar de já haver uma defasagem cronológica das informações dessa pesquisa, a adoção de seus dados não deverá prejudicar os resultados, pelas seguintes razões:

- Os 12 municípios que não disponibilizaram os dados têm população urbana relativamente pequena, de 10.000 habitantes e menores;
- A não disponibilização dos dados de saneamento para o SNIS denota uma deficiência e displicência na gestão dos serviços, que pode ser entendida como uma não priorização destes serviços e, conseqüentemente, a investimentos nulos ou pouco significativos no período;
- Os dados utilizados nas planilhas do presente diagnóstico, obtidos da PNSB 2000, referem-se apenas aos dados de cobertura dos sistemas de água e de coleta de esgoto, e de resíduos sólidos, que com, raras exceções, já apresentavam percentuais expressivos;
- Nos *sites* dos municípios não relacionados no SNIS, praticamente não há informações sobre a infra-estrutura de saneamento. Nos poucos que apresentam esses dados, a fonte é a mesma: PNSB 2000.

Na bacia do rio Verde, as comunidades rurais são, em geral, pequenas e distribuídas em núcleos esparsos. Não há dados disponíveis sobre saneamento para estas comunidades, distritos e vilas. Essas comunidades, devido à própria limitação do transporte da água têm um consumo *per capita* extremamente baixo chegando a alguns casos a 20 l/habxdia. A exceção na bacia do rio Verde é quanto aos distritos de Pé do Morro e Pinheirinhos (Passa Quatro); Águas de Contendas (Conceição do Rio Verde); e Ferreiras (São Gonçalo do Sapucaí) que têm sistemas próprios de abastecimento de água.

Os serviços de abastecimento de água são os que têm mais dados disponíveis, não obstante o fato de que dos 23 municípios, 12 não apresentaram suas informações ao SNIS.

Na avaliação de um sistema de produção de água para abastecimento público, com enfoque na gestão dos recursos hídricos, as primeiras questões que se colocam são o Indicador de Cobertura e os Volumes Produzidos.

#### 4.4.10.2. INDICADOR DE COBERTURA

O índice de atendimento com serviços de água tem impacto direto na saúde e qualidade de vida das populações e nas disponibilidades para a fixação de empreendimentos diversos, industriais e comerciais. Os resultados nas sub-bacias do rio Verde são apresentados na Tabela 98 e na Figura 118.

Conforme ANA/IGAM - Projeto Agenda Água - Avaliação da Situação dos Recursos Hídricos na Bacia do Rio Verde - Relatório Técnico RT 5 - 2ª Parte, 97,5% das residências localizadas nas áreas urbanas são atendidas por rede pública de abastecimento de água, enquanto, nas áreas rurais, 76,8% dos domicílios utilizam poços e nascentes.

Considerando que é impossível alguém viver sem água, o atendimento nas áreas urbanas deveria ser sempre em 100% das habitações ligadas à rede pública. A parcela não atendida com ligação é, em geral, constituída da população mais pobre, que vive em áreas periféricas ou favelas não alcançadas pelas redes públicas de abastecimento. Em

decorrência desta limitação, estas populações vão se servir de abastecimentos não convencionais do próprio sistema público (como latas de água, chafarizes, etc), ou então de fontes alternativas (cisternas, minas, etc.). Em ambas as situações, ocorrem restrições nos volumes utilizados, sendo que no caso de fontes alternativas em áreas urbanas (cisternas, poços, cacimbas, nascentes, etc.) os riscos de contaminação são elevados, com grave comprometimento para a saúde pública. Os moradores de baixa renda, nessa situação, chegam a pagar pelo transporte até dezesseis vezes mais pelo mesmo metro cúbico de água do sistema público. Não é também incomum que consumidores não ligados ao sistema público estejam fazendo uso de ligações clandestinas, o que exige uma ação adequada do gestor do sistema.

**Tabela 98 - Índice médio de cobertura dos serviços de abastecimento de água nas sub-bacias do rio Verde**

Municípios/ Sub-bacia	Urbana	Operador	Índice de atendimento urbano de água (%)	Volume de água produzido (1.000 m³/ano)
Itanhandu	11.620	Prefeitura	97,7	1675,31
São Sebastião Rio Verde	1.262	Prefeitura	100	181,95
Alto Rio Verde			98,85	1857,26
Passa Quatro -- SEDE	9.674	Prefeitura	94,4	1316,64
Passa Quatro – PÉ DO MORRO	830	Prefeitura	ND	119,67
Passa Quatro - PINHEIRINHOS	1.128	Prefeitura	ND	162,63
Rio Passa Quatro			94,4	1598,94
Itamonte	7.784	COPASA	100	680,53
Pouso Alto - SANTANA DO CAPIVARI	1.064	Prefeitura	ND	153,40
Rio Capivari			100	833,93
Pouso Alto - SEDE	2.418	Prefeitura	95,9	348,62
Ribeirão Pouso Alto			95,9	348,60
Virgínia	3.547	Prefeitura	98,7	505
Ribeirão Caeté			98,7	-
Dom Viçoso	978	Prefeitura	100	141,00
Ribeirão do Aterrado			100	141,00
Conceição do Rio Verde - SEDE	10.706	COPASA	96,65	642,60
São Lourenço	40.117	SAAE	100	4564,95
Soledade de Minas	3.508	Prefeitura	96,6	488,57
Médio Rio Verde			97,75	5696,12
Carmo de Minas	8.777	Prefeitura	92	956,87
Ribeirão do Carmo			92	956,87
Baependi	12.600	COPASA	98,72	922,53
Caxambu	20.358	COPASA	95,98	1414,76
Conceição do Rio Verde - ÁGUAS DE CONTENDAS	213	COPASA	100	11,66
Rio Baependi			98,23	2348,95
Três Corações	64.516	COPASA	100	4826,98
Varginha	111.684	COPASA	98,97	8940,69
Baixo Rio Verde			99,49	13767,67

**Continua...**

Tabela 98 – Cont.

Municípios/ Sub-bacia	Urbana	Operador	Índice de atendimento urbano de água (%)	Volume de água produzido (1.000 m³/ano)
Cristina	5.933	Prefeitura	93,8	802,36
Jesuânia	3.055	Prefeitura	98,2	432,53
Lambari	13.512	Prefeitura	100	1583,60
Olimpio Noronha	2.045	Prefeitura	100	294,25
Rio Lambari			98	3112,73
Cambuquira	10.084	Prefeitura	95,4	1386,98
Rio São Bento			95,4	1386,98
Cruzília	13.144		100	725,53
São Thomé das Letras	3.434		90,83	211,31
Rio do Peixe			95,42	936,84
Campanha	12.873		96,58	992,10
São Gonçalo do Sapucaí - FERREIRAS			100	35,17
Rio Palmela			98,29	1027,27
<b>Bacia do Rio Verde</b>			<b>97,18</b>	<b>34675,77</b>
<b>SNIS – BRASIL 2007</b>			<b>80,9</b>	

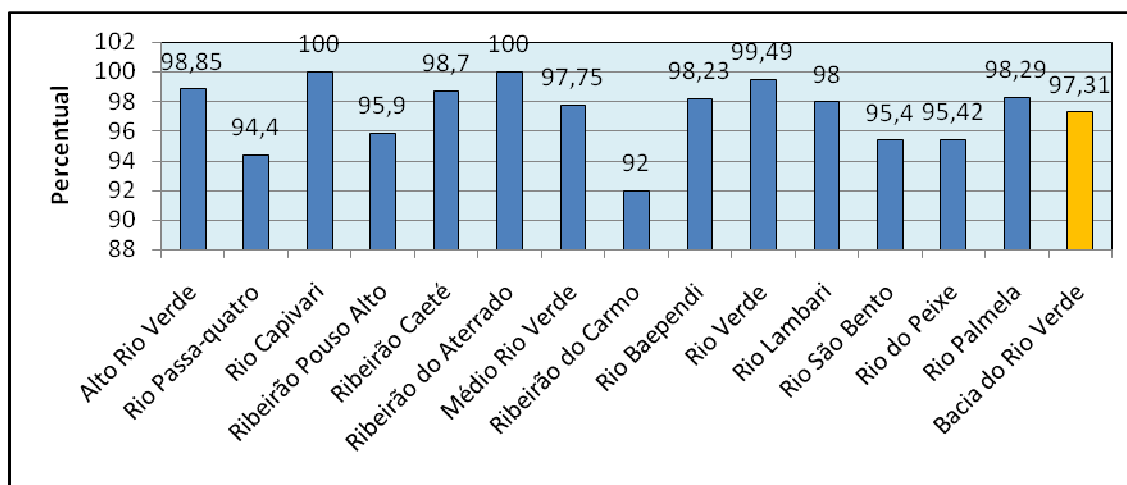


Figura 118 - Cobertura dos serviços de abastecimento de água por sub- bacia do rio Verde  
 Fonte:ANEXO H – Água

A sub-bacia do ribeirão do Carmo, com 92%, apresenta o pior indicador de cobertura. Conforme o ANEXO H - Água, o município de Carmo de Minas é o que contribui para este baixo resultado.

Todos os demais municípios situados na bacia declaram níveis elevados de atendimento, variando de 94,42% a 100%, podendo-se, portanto, considerar como atingida a universalização do abastecimento de água.

#### 4.4.10.3. VOLUME PRODUZIDO

O volume produzido no sistema de água ao ser extraído, seja de fontes subterrâneas ou cursos d'água superficiais, tem impacto direto no balanço hídrico das respectivas



unidades de gestão. Este indicador é resultado dos seguintes fatores: padrão econômico da população inclusive desperdícios - quanto mais alto o padrão, mais elevado o consumo *per capita*; e índice de perdas no sistema distribuidor.

Quanto aos níveis de consumo (lado da demanda), as ações adequadas para a racionalização do uso envolvem programas de educação ambiental e sanitária, com o objetivo de reduzir os desperdícios e valorizar os serviços. Outro fator que tem se mostrado mais eficaz é a aplicação de uma tabela de tarifas com valores progressivos que funciona como inibidor dos altos consumos. Essa tabela deve também conter faixas de valores compatíveis com os consumidores de baixa renda, de forma a viabilizar a universalização do atendimento.

Para as sedes municipais concedidas à COPASA (nove municípios) foram utilizados os dados dos relatórios gerenciais da empresa relativos ao mês de abril de 2009, que são mais atualizados que o SNIS. Para os municípios de Lambari e São Lourenço foram usados os dados fornecidos ao SNIS. Este conjunto de 11 municípios, somados ao distrito de Águas de Contendas apresenta uma média de 158,24 l/habxdia, para os quais se considera um indicador de perdas de 25%. Para os 12 municípios não informados ao SNIS, considerou-se que os mesmos apresentam frágeis condições técnico-operacionais e de gestão dos serviços, e não dispõem de controles mínimos do sistema distribuidor, resultando em indicadores de perdas no nível de 70%, conforme a experiência internacional (*International Water Association*). Desta maneira, adotou-se para este grupo o *per capita* de 395 l/habxdia, com exceção de Itanhandu e Carmo de Minas que informaram ter um consumo de 300 l/habxdia aos pesquisadores do Consórcio. Este indicador é perfeitamente factível para a região, uma vez que a disponibilidade ilimitada de mananciais não estimula o manejo racional no sistema distribuidor de água. Este procedimento leva em consideração os valores reais declarados na própria região, como também os estudos mais genéricos feitos por diversos órgãos com abrangência nacional.

No tocante aos índices de perdas (lado da oferta), tanto nas unidades de produção de água (captação, bombeamento, tratamento e reservação), quanto no sistema distribuidor, as providências envolvem aspectos tecnológicos, e, principalmente, a eficiência na gestão. O controle de perdas do lado da oferta refere-se às atividades desenvolvidas no sistema distribuidor e sua efetivação fica a cargo exclusivo da operadora dos serviços. O índice de perdas de água reflete não somente o estado das instalações e das redes, mas principalmente o nível da sua gestão. Para que sejam alcançados bons indicadores é necessário se modificar significativamente a forma de gestão da empresa.

Este assunto vem progressivamente aumentando de importância a partir da tomada da consciência ambiental em todos os setores da sociedade que inclusive restringe os limites para tarifas impostas por empresas ineficientes. Os órgãos financiadores têm se mostrado mais exigentes em relação a resultados e vinculam a concessão de financiamentos a índices definidos pela SNSA – Secretaria Nacional de Saneamento.

O governo federal, preocupado com o assunto, instituiu o PNCDA – Programa Nacional de Combate ao desperdício de água dentro do PMSS – Programa de Modernização do Setor de Saneamento, que vem desenvolvendo metodologia e seminários para fomentar as atividades de melhoria de desempenho dos prestadores de serviços.

Um aspecto que só agora começa a ser discutido sobre indicadores de volume *per capita* e de perdas refere-se ao impacto que a cobrança sobre o uso dos recursos hídricos terá

sobre as tarifas praticadas pelos prestadores de serviços. Os sistemas com indicadores de perdas elevados e sem tratamento dos esgotos sanitários serão mais impactados, devendo ser este mais um fator motivador para o aprimoramento da gestão. Este é exatamente o principal objetivo da cobrança: disciplinar o consumo de água.

O maior índice de perdas registrado no SNIS, para o Brasil, é na cidade de Porto Velho-RO, com 78,8%. As associações de concessionárias AESBE e ABCON consideram aceitável o índice entre 15 e 20%.

Na Tabela 99 e na Figura 119 são apresentados os indicadores médios de perdas de faturamento e na distribuição em sistemas de abastecimento nas unidades de análise da bacia do rio Verde. Os indicadores e SUS definições são apresentados a seguir:

- Perdas de faturamento: relação entre o volume distribuído macromedido, e o volume faturado. Este indicador é influenciado pela política tarifária, pois os consumidores que consomem menos que o mínimo, pagam pelo mínimo;
- Perdas na distribuição: relação entre o volume distribuído e o volume micromedido ou estimado. Este indicador é mais realista para a indicação de perdas percentuais.

**Tabela 99 - Indicadores médios de perdas de faturamento e na distribuição (micromedido) em sistemas de abastecimento na bacia do rio Verde**

Municípios	Operadora	Índice de perdas faturamento (%)	Índice de perdas na distribuição (%)
<u>Itanhandu</u>	Prefeitura	70	70
<u>São Sebastião do Rio Verde</u>	Prefeitura	70	70
Alto Rio Verde		70	70
<u>Passa Quatro SEDE</u>	Prefeitura	70	70
<u>Passa Quatro PÊ DO MORRO</u>	Prefeitura	70	70
<u>Passa Quatro PINHEIRINHOS</u>	Prefeitura	70	70
Rio Passa Quatro		70	70
Itamonte		16,9	19,79
<u>Pouso Alto - SANTANA DO CAPIVARI</u>	Prefeitura	70	70
Municípios	Operadora	Índice de perdas faturamento (%)	Índice de perdas na distribuição (%)
Rio Capivari		43,45	44,895
<u>Pouso Alto SEDE</u>	Prefeitura	70	70
Ribeirão Pouso Alto		70	70
<u>Virgínia</u>	Prefeitura	70	70
Ribeirão Caeté		70	70
<u>Dom Viçoso</u>	Prefeitura	70	70
Ribeirão do Aterrado		70	70
Conceição do Rio Verde - SEDE	COPASA	21,36	29,42
São Lourenço	SAAE	8,9	36,56
<u>Soledade de Minas</u>	Prefeitura	70	70

**Continua...**

Tabela 99 – Cont.

Médio Rio Verde		33,42	45,33
<u>Carmo de Minas</u>	SAAE	70	70
Ribeirão do Carmo		70	70
Baependi	COPASA	27,65	34,3
Caxambu	COPASA	27,14	35,95
<u>Conceição do Rio Verde - ÁGUAS DE CONTENDAS</u>	COPASA	25	25
Rio Baependi		26,60	31,75
Três Corações	COPASA	28,96	32,57
Varginha	COPASA	25,51	29,64
Baixo Rio Verde		27,235	31,105
<u>Cristina</u>	Prefeitura	70	70
<u>Jesuânia</u>	Prefeitura	70	70
Lambari	SAAE	14,52	35,00
<u>Olimpio Noronha</u>	Prefeitura	70	70
Rio Lambari		56,13	61,25
<u>Cambuquira</u>	Prefeitura	70	70
Rio São Bento		70	70
Cruzília	COPASA	17,45	27,58
São Thomé das Letras	COPASA	17,06	22,56
Rio do Peixe		17,26	25,07
Campanha	COPASA	44,47	50,25
<u>São Gonçalo do Sapucaí - FERREIRAS</u>	Prefeitura	70	70
Rio Palmela		57,24	60,125
<b>Bacia do Rio Verde</b>		<b>53,67</b>	<b>56,39</b>
<b>SNIS – BRASIL</b>		<b>39,1</b>	

Obs: Os municípios e localidades grifados não apresentaram seus dados ao SNIS 2007

Fonte: ANEXO H - Água

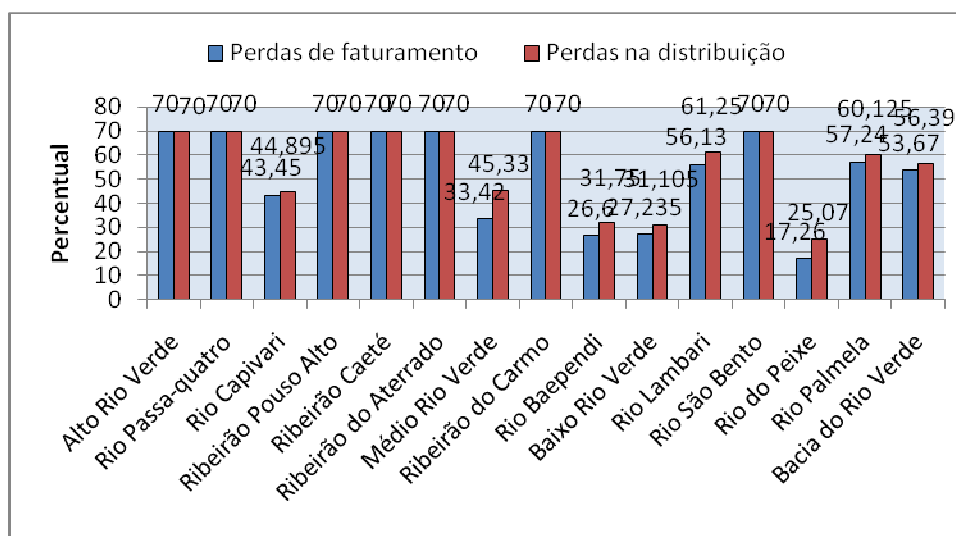


Figura 119 - Percentual de perdas de faturamento e na rede de distribuição por sub-bacia do rio Verde.

No SNIS, a cidade de São Lourenço apresenta a menor perda de faturamento, 8,9%, e Itamonte, a menor perda na distribuição, 19,79%. No entanto São Lourenço apresenta perdas na distribuição de 35,56%. A cidade de Campanha apresenta o maior registro de perda de faturamento, 44,47%. Vários fatores interferem para que estes dados alcancem tal distorção. Os dois fatores mais significativos são submedição na micromedição, ou estimativas de volumes incorretas; e diferença das faturas mensais que apresentam consumo inferior ao mínimo, mas são faturadas pelo mínimo. Estas distorções estão recebendo uma atenção dos prestadores dos serviços para não onerar os baixos consumos, onde os mais pobres acabam pagando contas injustas. Esta situação fica evidente quando se compara o indicador de perdas de faturamento com os de perdas na distribuição para a mesma cidade. O indicador de perdas de faturamento da cidade de São Lourenço, 8,9%, deve ser mais bem verificado, uma vez que é praticamente impossível atingir tal resultado com as atuais tecnologias de medição disponíveis no Brasil.

A cidade de Campanha possui tubulações centenárias, o que explica os seus elevados indicadores de perdas, por esse motivo, a COPASA está investindo na substituição por modernas tubulações de PEAD – polietileno de alta densidade.

Para os sistemas que não apresentaram os dados ao SNIS e não são providos de medidores, foi considerado que o seu indicador de perdas é de 70%, com base em informações sobre sistemas de abastecimento com esse nível de operação. Para confirmar este fato, dentre outros exemplos, pode ser citada a experiência do PROÁGUA Nacional no sistema de abastecimento de água recém inaugurado de Matrona-Ferreirópolis, distritos de Salinas MG. Ao iniciar a operação, esse sistema funcionava 24 horas por dia, com reclamações generalizadas de falta d'água. Bastou a instalação de hidrômetros, sem nem mesmo aplicar o faturamento respectivo, que o tempo de operação diária caiu para 12 horas, e o abastecimento se normalizou. É esperada uma redução maior ainda ao se iniciar o faturamento com base nos valores micromedidos.

*“Alguns prestadores de serviços sinalizam frágeis condições técnico-operacionais e de gestão dos serviços, indicando a necessidade de investimentos na melhoria operacional e na reforma da gestão de um lado; e o recomendável não investimento em novos sistemas de produção de água de outro; pois como se sabe, ampliar a produção em um ambiente de elevadas perdas pode ter como consequência perdas de água ainda maiores” (SNIS 2007 Visão Geral).*

Para se desenvolver o combate a perdas, é pré-requisito que o prestador dos serviços tenha dispositivos de medição, e uma adequada gestão do sistema comercial. Portanto, é imprescindível que estejam disponíveis:

- A macromedição cobrindo 100% das unidades de produção, dos distritos de medição e de controle. Podem ser usados medidores permanentes ou temporários como a pitometria;
- A micromedição cobrindo 100% dos usuários, com um parque de medidores atualizado e em adequadas condições de precisão;

- Um cadastro técnico das redes do sistema distribuidor, de preferência em meio eletrônico utilizando *softwares* de análise e atualização (*SIG, Epanet, etc*); e
- Um cadastro comercial dos usuários contendo diversas características, tais como: histórico de consumos, perfil do usuário, controle dos recebimentos, política de corte por inadimplência, etc.

#### 4.4.10.4. QUALIDADE DA ÁGUA DISTRIBUÍDA

Não há registros de licenciamento ambiental em todas as estações de tratamento de água (ETA) na bacia do rio Verde. O Quadro 11 mostra a situação do atendimento à Portaria 518 do Ministério da Saúde que estabelece os padrões de qualidade de água.

**Quadro 11 - Atendimento à portaria 518 do Ministério da Saúde em sistemas de abastecimento na  
 bacia do rio Verde**

Número de ordem	Municípios	Operadora	Tipo de atendimento da portaria sobre qualidade da água	Tipo de tratamento de água - ETA
1	Baependi	COPASA	Atende parcialmente	Clarificador/Convencional 136 l/s
2	<u>Cambuquira</u>	Prefeitura	ND	Sem tratamento
3	Campanha	COPASA	Atende parcialmente	Convencional 54 l/s
4	<u>Carmo de Minas</u>	SAAE	ND	3 ETA s convencionais
5	Caxambu	COPASA	Atende parcialmente	Convencional 148,4 l/s
	<u>Conceição do Rio Verde – ÁGUAS DE CONTENDAS</u>	COPASA	ND	Desinfecção e fluoretação
6	Conceição do Rio Verde	COPASA	Atende parcialmente	Convencional 36 l/s
7	<u>Cristina</u>	Prefeitura	ND	Não convencional
8	Cruzília	COPASA	Atende parcialmente	Convencional 54 l/s
9	<u>Dom Viçoso</u>	Prefeitura	ND	Convencional
10	Itamonte	COPASA	Atende parcialmente	Convencional 40 l/s
	<u>Pouso Alto - Santana do Capivari</u>	Prefeitura	ND	Não convencional
11	<u>Itanhandu</u>	Prefeitura	ND	Convencional
12	<u>Jesuânia</u>	Prefeitura	ND	Simples Desinfecção
13	Lambari	SAAE	Atende integralmente	Convencional
14	<u>Olimpio Noronha</u>	Prefeitura	ND	ETA fora de operação
15	<u>Passa Quatro SEDE</u>	Prefeitura	ND	Convencional
	<u>Passa Quatro PE DO MORRO</u>	Prefeitura	ND	ND
	<u>Passa Quatro PINHEIRINHOS</u>	Prefeitura	ND	ND
16	<u>Pouso Alto</u>	Prefeitura	ND	Não convencional
17	<u>São Sebastião do Rio Verde</u>	Prefeitura	ND	Convencional (2 ETAs compactas)
18	São Lourenço	SAAE	Atende parcialmente	Convencional 240 l/s
19	São Thomé das Letras	COPASA	Atende parcialmente	Convencional 16l/s
20	<u>Soledade de Minas</u>	Prefeitura	ND	Convencional
21	Três Corações	COPASA	Atende parcialmente	Convencional 240 l/s
22	Varginha	COPASA	Atende parcialmente	ETA Rio Verde Convencional 360 l/s
				ETA do Tide 180 l/s Convencional
				ETA Distrito Industrial 8 l/s Convencional
				ETA Centenário
	ETA N. S. Aparecida			
23	<u>Virgínia</u>	Prefeitura	ND	Convencional

Obs: Os municípios e localidades grifados não apresentaram seus dados ao SNIS 2007

A cidade de Jesuânia informa que tem simples desinfecção. Cristina, Pouso Alto e o distrito de Santana do Capivari (Pouso Alto) têm ETA não convencional. Estas cidades captam direto de mananciais superficiais contrariando a Portaria 518/2004, que determina que devam ter no mínimo a filtração.

Dezoito cidades da bacia: Baependi, Campanha, Carmo de Minas, Caxambu, Conceição do Rio Verde, Cruzília, Dom Viçoso, Itamonte, Itanhandu, Lambari, Passa Quatro, São Sebastião do Rio Verde, São Lourenço, São Thomé das Letras, Soledade, Três Corações, Varginha e Virgínia possuem ETAs convencionais.

No distrito de Águas de Contendas (Conceição do Rio Verde) está em fase de implantação um sistema de abastecimento provido de poço e desinfecção.

Cambuquira, Olímpio Noronha e os distritos de Pé do Morro e Pinheirinho, de Pouso Alto, não dispõem de qualquer tratamento. Esta deficiência no tratamento da água distribuída está colocando a cidade de Cambuquira em grave risco sanitário. Relato da Gerência Regional de Saúde publicado no jornal Estado de Minas de 21/11/2009 informa que cerca de “300 pessoas procuraram atendimento médico nos hospitais, com sintomas de enjôo, vômito, dor de cabeça, diarreia e indisposição”, desde o dia 30 de outubro. A rede Globo já havia noticiado este fato anteriormente e a prefeitura emitiu nota contestando a informação.

A existência de processos erosivos intensos e a continuada retirada de cobertura vegetal, em especial da vegetação ciliar ao longo de toda a bacia, inviabilizam qualquer alternativa de tratamento de água que não seja o convencional completo. Nos sistemas de filtração direta, todos os materiais sólidos, coloidais ou não, são removidos apenas nos filtros, que em geral são do tipo ascendente (por permitir filtração volumétrica). Em períodos de turbidez elevada do manancial, ocorre aumento significativo da frequência de lavagens dos filtros, elevando o auto-consumo da ETA em percentuais de até 15%, piorando a eficiência do sistema, com graves reflexos negativos no abastecimento. Em sistemas convencionais de tratamento, o percentual de auto-consumo fica em torno de 3%, podendo chegar, em sistemas bem operados a até 0,8%. Adicionalmente, a ausência do decantador exclui uma importante barreira sanitária. Por isto esta modalidade de ETA está em desuso, sendo que algumas ainda existentes estão em processo de readequação.

Os sistemas de floto-filtração tornam-se recomendados para mananciais com presença intensiva de algas, especialmente as cianobactérias. Os processos convencionais, principalmente a pré-cloração, neste caso gerariam forte odor e a formação de tri-halometanos, e também causariam o estresse das algas, fazendo com que estas liberassem cianotoxinas. A flotação permite a remoção das algas sem submetê-las a estresse, e sem a sua reação com os produtos químicos. No entanto a sua operação é mais complexa, exigindo um quadro de operadores mais capacitados e por esta razão é necessário um cuidadoso monitoramento do manancial para avaliar a real necessidade de se aplicar este tipo de concepção. Em consulta feita ao laboratório central da COPASA, não há registro de ocorrências de cianobactérias em concentrações acima do limite da Portaria 518 do Ministério da Saúde.

Quando se fala sobre os problemas causados na operação das ETAs devidos à deterioração da qualidade da água dos mananciais, a preocupação usual refere-se a aumentos de custos com produtos químicos e maior auto-consumo de água para as lavagens de filtros e decantadores. A própria bibliografia pouco ou nada fala sobre os riscos sanitários envolvidos com a utilização de mananciais poluídos. O tratamento convencional da água apresenta bons resultados quando se trata de turbidez e cor coloidais, mas praticamente não elimina substâncias tóxicas eventualmente presentes,

entre as quais metais pesados, organo-tóxicos (pesticidas, derivados de petróleo, etc.), e toxinas de algas. Além disto, as análises para controle destas substâncias são caras e pouco frequentes, e os resultados das mesmas, quando efetuados, só são obtidos em cerca de cinco dias, não permitindo o controle em tempo real.

A maneira mais eficaz de se evitar tais problemas é a prevenção, com o disciplinamento do uso do solo quanto a agro-tóxicos e adubos, e o controle dos resíduos sólidos e líquidos produzidos pelas atividades antrópicas na bacia de contribuição. Este tipo de controle é previsto na Portaria 518/2004 do MS (art. 9º inciso V) e pode ser exigido pelas autoridades sanitárias e de regulação.

A seguir são apresentados os dados do SNIS para atendimento à Portaria 518 do Ministério da Saúde.

Todos os sistemas que apresentaram relatórios ao SNIS, tanto os 9 operados pela COPASA (Baependi, Caxambu, Campanha, Conceição do Rio Verde, Cruzília, Itamonte, São Thomé das Letras, Três Corações e Varginha), como o autônomo de São Lourenço, declaram que atendem parcialmente a Portaria 518/2004.

Lambari informa que cumpre integralmente a Portaria 518/2004; e as demais cidades não disponibilizaram seus dados.

As informações acima constam do relatório do SNIS que não detalha o motivo do não cumprimento, apenas registra as manifestações declaradas pelos próprios prestadores de serviços.

Na análise desses resultados chamam a atenção alguns fatos: a COPASA possui um rígido controle operacional, com uma ampla rede de laboratórios regionais e locais, e um laboratório central capaz de atender a todas as análises de controle exigidas e, no entanto declara que atende parcialmente a Portaria 518 em todos os 9 municípios operados por ela na bacia do rio Verde.

Já os municípios autônomos têm uma maior dificuldade de cumprimento da Portaria 518, principalmente na realização de análises de organo-tóxicos, metais pesados e algas (análises hidrobiológicas), bem como de atender à frequência exigida das análises bacteriológicas por não disporem de laboratórios especializados.

Na Figura 120 são apresentadas fotos de captação, unidades de tratamento e laboratório de controle de qualidade da COPASA na bacia.





São Thomé das Letras - Captação



São Thomé das Letras - ETA



Varginha – ETA Alto do Tide



Varginha – Laboratório Regional Sul COPASA

**Figura 120 – Unidades de abastecimento e controle de qualidade na bacia.**

#### 4.4.10.5. RESÍDUOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Os sistemas completos de tratamento de água para o abastecimento público geram rejeitos provenientes de decantadores e filtros, que são dispostos diretamente em cursos d'água receptores, na maioria dos casos inadequadamente, gerando problemas ao meio ambiente. Levando em consideração a legislação brasileira vigente, os gestores de sistemas de abastecimento de água podem ser enquadrados como poluidores e infratores, conforme a Lei 6.938 de 31/8/1981, em seu artigo 3º, incisos II e III (alíneas c, d e e), e inciso IV. De acordo com a Lei 9.605/98 - Lei de Crimes Ambientais, os gestores de estações de tratamento de água - ETAs estão sujeitos a penalidades nos casos de disposição inadequada de seus rejeitos.

A composição básica dos rejeitos de ETAs é de partículas de solo; material orgânico carregado pela água bruta; subprodutos gerados pela adição de produtos químicos; e água. Além disto, as águas superficiais podem conter metais, como o alumínio, o ferro e outros, carregados através do escoamento superficial. A somatória desses materiais confere ao produto final características que devem ser analisadas profundamente.

A quantidade de lodo produzida em determinada ETA dependerá de fatores tais como: partículas presentes na água bruta, que conferem turbidez e cor à mesma; concentração de produtos químicos aplicados ao tratamento; tempo de permanência de lodo nos tanques; forma de limpeza dos mesmos; eficiência da sedimentação entre outros fatores.

A entrada de sólidos no sistema é fornecida pelas partículas presentes na água bruta e nos produtos químicos adicionados ao processo. Assim os parâmetros determinantes em um ETA são:

- Vazão de entrada;

- Turbidez (Ut);
- Cor (uC);
- Dosagem de coagulante (mg/l);
- Dosagem de cal (mg/l); e
- Dosagem de auxiliares de coagulação/floculação (mg/l).

Segundo Cornwell (1989), citado por Cordeiro (2008), a concentração de sólidos que entra no decantador pode ser relacionada com a turbidez da água bruta, sendo multiplicada por um valor que pode variar de 1,5 a 2,2. Desta forma a concentração de partículas que entra no decantador pode ser dada por:

$$C_e = 1,5 T$$

Onde:

$C_e$  = concentração de partículas que entra no decantador; e

T = Turbidez da água bruta.

Com relação à dosagem de coagulante, considerando-se que seja aplicado o sulfato de alumínio, estequiometricamente cerca de 44% da dosagem utilizada fica sob a forma de sólido. Assim, conforme pesquisas do mesmo autor, a equação que mais representa o balanço de produção de sólidos em decantadores é dada por:

$$W = 0,0864.Q.(0,44.D + 1,5.T + A)$$

Onde:

W = Quantidade de lodo (kg/d);

Q = Vazão de adução de água (l/s);

D = Dosagem de sulfato de alumínio (mg/l);

T = Turbidez da água bruta (uT); e

A = Dosagem de auxiliares ou outros produtos adicionados (mg/l).

Conforme equações supracitadas, a quantidade de lodo gerada em cada ETA, varia significativamente ao longo do ano, e é necessário, para a sua quantificação, que os boletins operacionais incluam os devidos registros de vazão, dosagem de coagulantes e auxiliares de coagulação/decantação/filtração e da turbidez e cor afluentes. Desta maneira não é possível se fazerem cálculos dentro do escopo do presente trabalho.

Em razão da total inexistência de unidades de tratamento de resíduos de ETAs na bacia do rio Verde, não há registros de outorgas e nem dos cursos d'água receptores.

Este assunto já vem chamando a atenção de ambientalistas, pois são evidentes os danos ambientais decorrentes da inadequada disposição destes rejeitos, mas ainda não estão consolidadas as técnicas relativas ao seu aproveitamento ou descarte, sendo alvos de pesquisas acadêmicas para definição e viabilidade.

O processamento de lodos de ETAs se dá em unidades de tratamento de resíduos (UTR). Em Minas Gerais, na ETA do Sistema Rio Manso, já existe uma UTR em funcionamento, e há uma unidade em construção no Sistema Rio das Velhas, ambas situadas na região metropolitana de Belo Horizonte.

A COPASA ainda não possui nenhuma unidade de tratamento desses resíduos nas cidades operadas por ela na bacia, mas incluiu em seu planejamento estratégico o objetivo de implantá-las em ETAs entre 20 e 149 l/s.

Considerando que nem sequer os esgotos sanitários são tratados na bacia, cuja gravidade é muito maior, este assunto pode parecer secundário. No entanto o lançamento de lodos de ETAs, principalmente em cursos d'água de pequeno porte pode gerar impactos significativos, como alterações súbitas de turbidez, de metais, de vazão e de assoreamento.

#### 4.4.10.6. INVESTIMENTOS EM SANEAMENTO PREVISTOS PARA A BACIA DO RIO VERDE

Estão previstos os seguintes investimentos e projetos na bacia do rio Verde:

#### **COPASA - Departamento Operacional Sul**

- Cambuquira – A empresa tem projeto para nova captação, melhorias da ETA para 48 l/s e da rede. Depende de negociação da concessão do município. Valor da obra R\$ 5.000.000,00;
- Campanha - Água: A COPASA está desenvolvendo projeto para nova captação. Está em obras para substituir 15 km da rede antiga no valor de R\$ 2,9 milhões;
- Caxambu – Projeto em andamento para obras de melhoria na distribuição, e ampliação da ETA de Baependi para 180 l/s. Melhoria na rede também em Baependi. Valor ainda a ser definido;
- Conceição do Rio Verde – distrito de Águas de Contendas - Sistema de água em obras, com previsão de início de operação em dezembro de 2009. Esgotamento sanitário estático. Valor de R\$ 250.000,00;
- Cruzília – Autorizadas as obras de melhorias diversas na produção e rede no valor de R\$3,3 milhões; e
- São Thomé das Letras - Água: ampliação da ETA, AAB e AAT para 24l/s, no valor de R\$ 600 mil.

## Sistemas Autônomos (SAAEs) e Departamentos Municipais

- Cambuquira – Está contratando o projeto da ETA. Com valores ainda não definidos; e
- Olímpio Noronha – Está implantando um SAAE que dará maior autonomia à operação dos serviços de água e esgotos.

### 4.4.10.7. GESTÃO DOS SERVIÇOS

Para viabilizar a universalização do acesso aos serviços de saneamento é recomendável que a política comercial dos prestadores de serviço deva observar as seguintes diretrizes (extraídas do Código de prestação de serviços da COPASA, arts. 90 e 91)

*“As tarifas deverão ser diferenciadas segundo as categorias de uso e faixas de consumo, assegurando-se o subsídio dos clientes de maior para os de menor poder aquisitivo, assim como dos grandes para os pequenos clientes; e*

*A conta mínima de água e esgoto resultará do produto da tarifa mínima pelo consumo/ volume mínimo, por economia, observadas as quantidades de economias de cada categoria e o serviço utilizado pelo consumidor.”*

A experiência de operação em sistemas de pequenas comunidades vem provando que a gestão por cooperativas, ou outras formas de organização locais, é uma utopia. Apenas empresas de maior porte ou consórcios municipais conseguem promover atualização tecnológica e cumprir as normas de saúde pública e de meio ambiente. Nessas comunidades, mesmo que o investimento seja a fundo perdido, a operação em si é deficitária. Desta maneira ainda é necessária uma fonte de subsídios para equilibrar também os custos operacionais.

As tarifas mínimas praticadas pelos operadores constam na Tabela 100:

**Tabela 100 - Volumes relativos a tarifas básicas praticadas pelos principais operadores de sistemas de água e esgoto na bacia do rio Verde**

Operador	Volume mínimo tarifado de água (m³)	Percentual tarifado de esgoto em relação à tarifa de água (%)
COPASA	6	20 a 60 (1)
SAAE Lambari	10	Não separado
SAAE São Lourenço	10	30 a 100 (2)
Outros operadores	Não disponível	Não disponível

Obs.(1) A COPASA passou a adotar a opção de operação de sistema estático de esgotamento sanitário com fossa, a partir de 2008.

(2) A cobrança de menor percentual refere-se à ausência de tratamento, depois de implantado o tratamento o percentual vai crescendo num intervalo de 13 meses.

A partir desta nova grade tarifária da COPASA, de 2008, ocorreu uma melhor justiça social uma vez que os consumos inferiores a 10 m³, que correspondem a cerca de 80% das contas emitidas em algumas regiões, eram faturados por este número, gerando um diferencial entre o valor medido e o faturado. Atualmente o consumo é faturado pelo volume real utilizado.

A titularidade dos serviços de saneamento é do município, o qual tem a responsabilidade pela prestação de um atendimento de qualidade e modicidade das tarifas, podendo prestá-los diretamente ou concedê-los a empresas públicas ou privadas. No entanto, muitos municípios na bacia vêm prestando um serviço cuja qualidade fica a desejar, conforme já exposto, sujeitando os seus habitantes a doenças que há muito foram extintas em países civilizados e gerando danos ambientais. Os municípios da bacia do rio Verde têm a COPASA e empresas privadas como opções para este atendimento. Conforme evidenciado neste relatório, as cidades concedidas à COPASA mantêm padrões tecnológicos e investimentos atualizados, apresentando um nível confiável de prestação dos serviços. Têm também uma disponibilidade de recursos que lhes permite absorver prontamente os municípios que ainda estão com serviços precários. Fazer a concessão dos serviços é uma decisão soberana da municipalidade, mas se a decisão for a de manter a gestão própria municipal é imprescindível que o órgão gestor preste o serviço conforme exigido pelos padrões sanitários e ambientais. Há uma grande disponibilidade de recursos em linhas de financiamento diversas.

O município de Cambuquira está instalando um SAAE com previsão para setembro 2009; e Olímpio Noronha também tem projeto semelhante. Carmo de Minas implantou o seu serviço no final de 2008.

#### 4.4.11. ESGOTAMENTO SANITÁRIO

##### 4.4.11.1. LEVANTAMENTO DE DADOS

As fontes utilizadas para o diagnóstico do esgotamento sanitário foram as mesmas utilizadas no diagnóstico do abastecimento de água na bacia do rio Verde. É de se ressaltar, no entanto, que 4.556 municípios apresentaram os dados de seus sistemas de água ao SNIS, e apenas 1.355 o fizeram para os sistemas de esgotos. Na Tabela 101 é apresentada a disponibilidade de dados no SNIS para os municípios com sede na bacia.

**Tabela 101 – Disponibilidade de dados no SNIS 2007 para a bacia do rio Verde – esgotamento sanitário**

Municípios com sede na bacia	Operador dos serviços	Municípios por tipo de operador	Informado ao SNIS (1)	Não informado ao SNIS (2)
23	COPASA	4	4	0
	Município	19	2	17

Obs. (1): Os seguintes municípios apresentaram seus dados ao SNIS: Campanha, Caxambu, Três Corações e Varginha (COPASA); Lambari e São Lourenço (autônomos)

Obs. (2): Os seguintes municípios não apresentaram seus dados ao SNIS: Baependi, Cambuquira, Carmo de Minas, Conceição do Rio Verde, Cristina, Cruzília, Dom Viçoso, Itamonte, Itanhandu, Jesuânia, Olímpio Noronha, Passa Quatro, Pouso Alto, São Sebastião do Rio Verde, São Thomé das Letras, Soledade de Minas e Virgínia.

##### 4.4.11.2. COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS

Um sistema de esgotamento sanitário – SES só é considerado completo quando contempla o sistema de instalações prediais – SIP, o sistema de redes de esgotos sanitários – RES e a estação de tratamento de esgotos - ETE.

Entende-se como esgoto sanitário, a soma dos esgotos domésticos, produzidos nas residências, com os esgotos industriais, que são produzidos nas atividades industriais, situadas nas áreas urbanas.

*“No Brasil, os dados disponíveis sobre a cobertura de esgotamento são muito contraditórios, segundo as várias fontes disponíveis. A credibilidade desses dados é muito discutível e, sendo assim, a consulta às diversas fontes de dados, sejam oficiais ou não, se faz necessária para traçar um diagnóstico da situação do atendimento às populações em qualquer parte do país” (AGEVAP 2008).*

O SNIS, que seria a fonte oficial mais atual, é ainda mais limitado quando se trata de sistemas de esgotamento sanitário. A única fonte que contém os dados da totalidade dos municípios é a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB, realizada pelo IBGE e que teve sua última edição no ano de 2000.

Na impossibilidade da obtenção de dados primários e secundários para os municípios não contemplados nas fontes acima citadas, foram adotados os dados da PNSB. Apesar de já haver uma defasagem cronológica de tais informações, não deverão haver prejuízos nos resultados obtidos, conforme citado anteriormente, no diagnóstico relativo ao abastecimento de água.

Uma equipe do Consórcio ECOPLAN-LUME percorreu os municípios da bacia colhendo informações complementares, mas muitos desses municípios não possuem sistemas de informações, o que ainda deixa lacunas significantes quanto a alguns dados.

No Brasil, para a quase totalidade das cidades, a construção dos sistemas de esgotamento sanitário historicamente não considerava a necessidade do tratamento dos efluentes. A construção de redes de coleta era feita dentro do conceito de apenas remover o esgoto dos imóveis, não importando o destino dos resíduos. Além disto, o serviço de esgotamento sanitário é visto como de importância secundária pela população que pensa: *“tirou do meu imóvel, o problema está resolvido”*.

Esta falta de cuidado no projeto e execução da rede coletora faz com que, ao se instalar a ETE, torna-se necessária uma profunda intervenção de melhorias na etapa de coleta, para conseguir que o esgoto seja separado do sistema de escoamento pluvial. Esta intervenção é chamada na COPASA de *“caça esgoto”*.

Como na maioria dos casos não há cadastro, e as sondagens e eventuais substituições de redes são muito onerosas, a solução pode levar muitos anos, fazendo com que as ETEs fiquem ociosas e o sistema não consiga atender plenamente os seus objetivos ambientais. Enquanto as cidades eram pequenas e a densidade demográfica urbana não era significativa, esse problema não constituía uma ameaça mais séria.

É óbvio que a disponibilização de redes coletoras é fator imprescindível para a garantia da salubridade urbana, mas os danos ambientais estão se tornando de tal ordem que a ausência de tratamento não pode ser mais negligenciada. Esta situação é particularmente grave na bacia do rio Verde, uma vez que este deságua no lago de Furnas, constituindo uma ameaça para a eutrofização do mesmo.

Com o objetivo de avaliar o impacto dos sistemas urbanos de esgotamento sanitário foi considerado um valor de DBO (demanda bioquímica de oxigênio) de 54 g por habitante por dia, conforme preconiza a Norma ABNT 9648/86 – *“Estudos de concepção de sistemas de esgoto sanitário”*.

A carga total remanescente por sede urbana é resultante da multiplicação da população atual pelo valor citado, e dela é deduzido o percentual e a eficiência de tratamento. Mesmo que a cobertura da rede coletora não atinja 100%, considera-se que a totalidade da população está produzindo a DBO, que de qualquer forma atingirá o curso de drenagem urbana respectiva, através de sarjetas ou da drenagem pluvial.

Da mesma forma, só se consideram, para efeito de carga orgânica potencial, as populações urbanas, uma vez que no Brasil, as populações rurais não são dotadas de sistemas de esgotamento sanitário.

Os efluentes rurais ou são lançados em valas negras, ou fossas negras, que naturalmente se infiltram no solo; ou então em sistemas estáticos providos de fossas sépticas com sumidouros. Só em casos raríssimos os efluentes rurais são lançados em algum corpo hídrico (AGEVAP 2008).

Assim tem-se a seguinte equação para o cálculo da carga orgânica:

$$\text{Cotr} = \text{Pop 2007} \times 54 \text{ g DBO/habxdia} (1 - \text{Perc} \times \text{Efic})$$

Onde:

Cotr = carga orgânica total remanescente;

Pop = população do Censo de 2007 (IBGE);

Perc = percentual de tratamento existente no sistema; e

Efic. = eficiência da ETE existente – considerado como 70% conforme exposto a frente.

Na Tabela 102 são apresentadas as eficiências dos vários tipos de tratamento de esgoto sanitário.

**Tabela 102 - Eficiência de sistemas de tratamento de esgotos**

Tipo de estação de tratamento	Eficiência (%)
Fossa séptica de câmara única ou de câmaras sobrepostas	30 a 50
Fossa séptica de câmaras em série	35 a 65
Valas de Filtração	75 a 95
Tanque <i>Imhof</i>	70 a 90
Lodos ativados	90 a 95
Lagoas facultativas	80 a 90
Lagoas aeradas	90 a 95
RAFA (UASB)	55 a 70

Fonte: Tratamento de Esgotos Domésticos – Jordão, E P e Pessoa, C A - 2005

Tendo em vista que não há informações detalhadas disponíveis sobre a composição e a operação das unidades das ETEs existentes, adotou-se um valor de eficiência de 70%, quando existir o tratamento; e, como não há disponibilidade de valores obtidos de medições em campo, no sistema de esgoto, deverá ser usado o percentual de 80% de vazão de retorno, conforme determina a Norma ABNT 9648.

A utilização de fossas sépticas em sistemas de esgotamento estático, desde que retirado o lodo em intervalos regulares, oferece uma redução de 50% de DBO. Esta solução está prevista para aplicação no distrito de Águas de Contendas, pela COPASA, e deverá ser utilizada pela empresa como opção para algumas localidades rurais, ou com ocupação mais esparsa.

Esta solução de utilização de fossas sépticas em sistemas de esgotamento estático tem como atrativo o valor da tarifa que é de um terço da tarifa do sistema convencional. A cobrança da tarifa cobre os custos de remoção periódica do lodo formado.

Nas Figuras 121, 122 e 123 e na Tabela 103 são apresentados os dados dos serviços de esgotamento sanitário nas sub-bacias do rio Verde, inclusive as cargas remanescentes de DBO por sub-bacia.

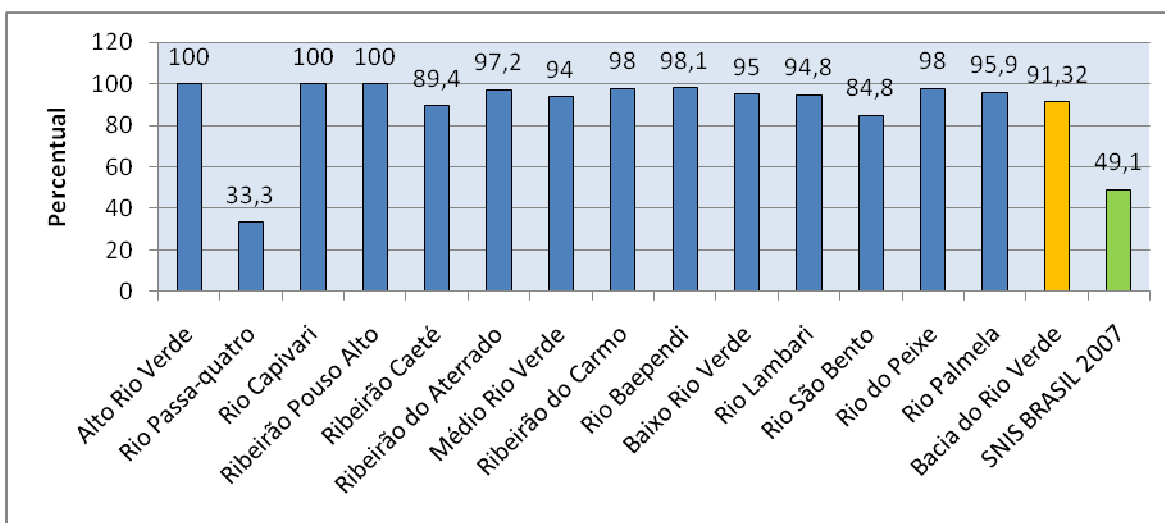


Figura 121 – Percentual de cobertura dos serviços de esgotamento sanitário na bacia do rio Verde.

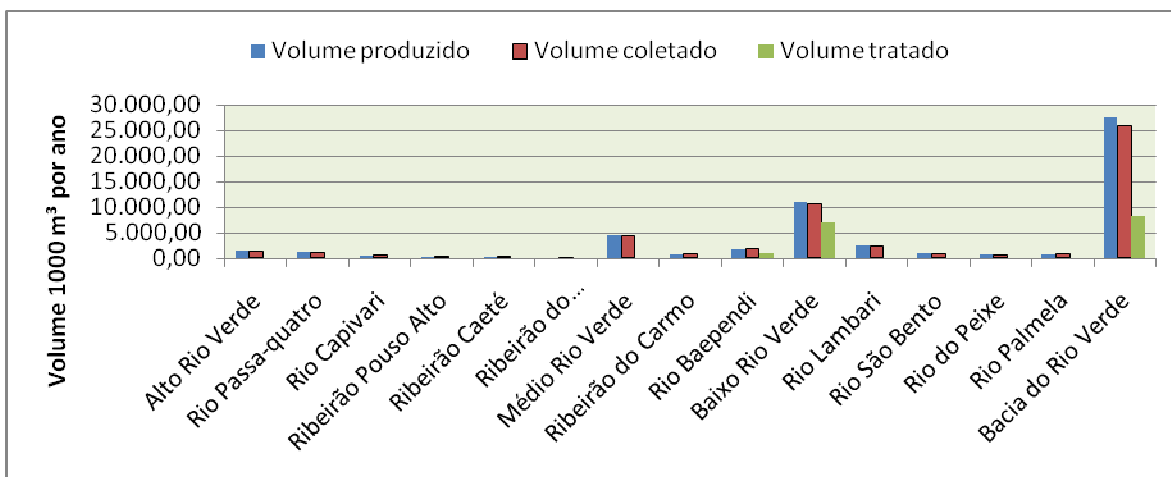


Figura 122 – Volumes de esgoto na bacia do rio Verde.



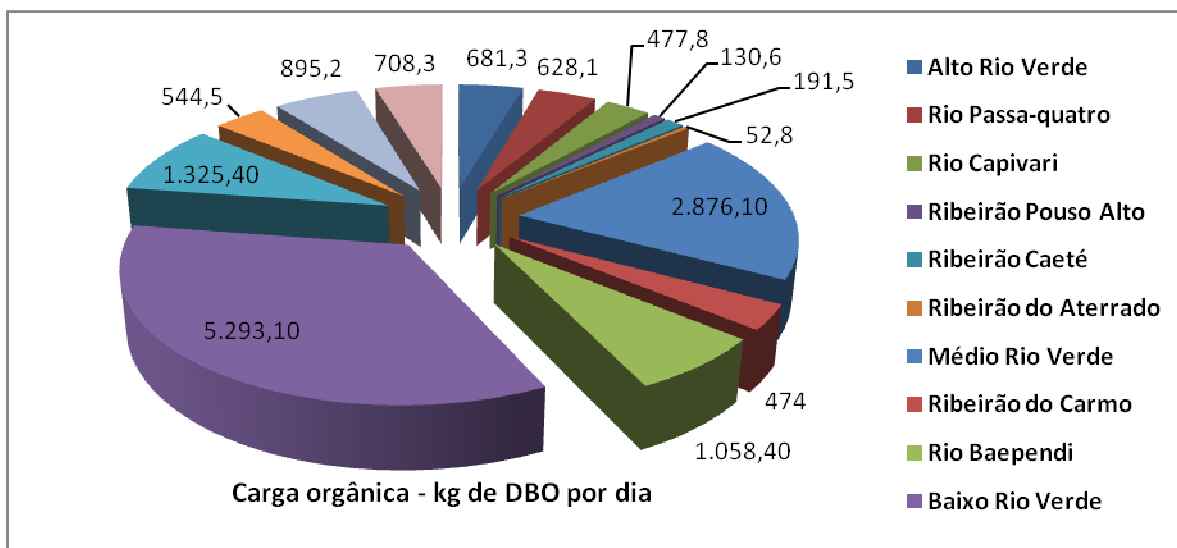


Figura 123 - Carga remanescente de DBO por sub-bacia.

Tabela 103 - Serviços de esgotamento sanitário nas sub-bacias do rio Verde

Municípios / Sub-bacias	Operador	Volume de esgoto produzido (1000m³/ano)	Índice de atendimento de coleta de esgoto (%)	Volume de esgoto coletado (1000m³/ano)	Volume de esgoto tratado (1000m³/ano)	Carga remanescente de DBO (kg/dia)
Itanhandu	Prefeitura	1.340,3	100,0	1.340,3	0	627,5
São Sebastião do Rio Verde	Prefeitura	145,6	100,0	145,6	43,7	53,9
Alto Rio Verde		1.485,8	100,0	1.485,8	43,7	681,3
Passa Quatro - SEDE	Prefeitura	1.053,3	100,0	1.053,3	0,0	522,4
Passa Quatro - PÉ DO MORRO	Prefeitura	95,7	0,0	0,0	0,0	44,8
Passa Quatro - PINHEIRINHOS	Prefeitura	130,1	0,0	0,0	0,0	60,9
Rio Passa Quatro		1.279,2	33,3	1.053,3	0,0	628,1
Itamonte	Prefeitura	544,4	100,0	544,4	0,0	420,3
Pouso Alto- SANTANA DO CAPIVARI	Prefeitura	122,7	0,0	0,0	0,0	57,5
Rio Capivari		667,1	100,0	544,4	0,0	477,8
Pouso Alto - SEDE	Prefeitura	278,9	100,0	278,9	0,0	130,6
Ribeirão Pouso Alto		278,9	100,0	278,9	0,0	130,6
Virgínia	Prefeitura	403,8	89,4	361,0	0,0	191,5
Ribeirão Caeté		403,8	89,4	361,0	0,0	191,5
Dom Viçoso	Prefeitura	112,8	97,2	109,6	0,0	52,8
Ribeirão do Aterrado		112,8	97,2	109,6	0,0	52,8
Conceição do Rio Verde - SEDE	Prefeitura	514,1	100,0	514,1	77,1	520,4
São Lourenço	SAAE	3.652,0	96,0	3.506,3	0,0	2.166,3
Soledade de Minas	Prefeitura	390,9	86,1	336,5	0,0	189,4
Médio Rio Verde		4.556,9	94,0	4.356,9	77,1	2.876,1
Carmo de Minas	Prefeitura	765,5	98,0	750,2	0,0	474,0
Ribeirão do Carmo		765,5	98,0	750,2	0,0	474,0
Baependi	Prefeitura	738,0	100,0	738,0	0,0	680,4
Caxambu	COPASA	1.131,8	94,2	1.066,1	1.066,1	374,5
Conceição do Rio Verde - ÁGUAS DE CONTENDAS	Prefeitura	9,3	100,0	9,3	9,3	3,5
Rio Baependi		1.879,2	98,1	1.813,4	1.075,4	1.058,4
Três Corações	COPASA	3.861,6	92,6	3.573,9	0,0	3.483,9
Varginha	COPASA	7.152,6	97,4	6.967,3	6.967,3	1.809,3

Continua...

**Tabela 103 – Cont.**

Municípios / Sub-bacias	Operador	Volume de esgoto produzido (1000m³/ano)	Índice de atendimento de coleta de esgoto (%)	Volume de esgoto coletado (1000m³/ano)	Volume de esgoto tratado (1000m³/ano)	Carga remanescente de DBO (kg/dia)
Baixo Rio Verde		11.014,1	95,0	10.541,2	6.967,3	5.293,1
Cristina	Prefeitura	641,9	100,0	641,9	0,0	320,4
Jesuânia	Prefeitura	346,0	97,0	335,6	0,0	165,0
Lambari	SAAE	1.266,9	82,0	1.038,8	0,0	729,7
Olimpio Noronha	Prefeitura	235,9	100,0	235,9	0,0	110,4
Rio Lambari		2.490,7	94,8	2.252,2	0,0	1.325,4
Cambuquira	Prefeitura	1.109,6	84,8	940,9	0,0	544,5
Rio São Bento		1.109,6	84,8	940,9	0,0	544,5
Cruzília	Prefeitura	580,4	97,4	565,3	0,0	709,8
São Thomé das Letras	Prefeitura	169,1	98,6	166,7	0,0	185,4
Rio do Peixe		749,5	98,0	732,0	0,0	895,2
Campanha	COPASA	793,7	95,9	761,2	0,0	695,1
S. Gonçalo Sapucaí - FERREIRAS	Prefeitura	28,1	0,0	0,0	0,0	13,2
Rio Palmela		821,8	95,9	761,2	0,0	708,3
<b>Bacia do Rio Verde</b>		<b>27.614,90</b>	<b>91,32</b>	<b>25.981,00</b>	<b>8.163,5</b>	<b>15.337,1</b>
<b>SNIS – BRASIL 2007</b>			<b>49,1</b>			

Observações: Quando a cidade é dotada de ETE foi considerado que todo o esgoto coletado passa pelo tratamento. No cálculo da DBO remanescente foi considerada uma eficiência média de 70% quando existir o tratamento e para fossa séptica 50%.

Fonte: ANEXO H - Esgoto - SNIS 2007, relatórios gerenciais da COPASA, PNSB 2000 e pesquisa de campo.

#### 4.4.11.3. SANEAMENTO URBANO – ANÁLISE DOS DADOS

No Tabela 103 são apresentados os indicadores operacionais do esgotamento sanitário nos municípios da bacia do rio Verde. O tratamento de esgotos é extremamente deficitário na bacia gerando uma significativa carga remanescente de DBO, o que torna o fato um grande motivo de preocupações.

Na bacia, os distritos de Pé do Morro e Pinheirinhos (Passa Quatro) não apresentam rede de coleta e impactam o índice de atendimento da sub-bacia do rio Passa Quatro. O distrito de Ferreiras (São Gonçalo do Sapucaí) também não apresenta rede de coleta. Nas sedes urbanas os índices de atendimento variam de 84,8%, a 100%, revelando, portanto um nível de cobertura que corresponde à universalização. No distrito de Águas de Contendas estão em implantação, pela COPASA, os serviços de água e esgotamento sanitário estático com fossas sépticas, com cobertura de 100% das moradias. A média de cobertura da bacia do rio Verde é de 91,32%, sendo quase o dobro da média brasileira para este indicador, que é de 49,1%.

Apenas duas cidades têm o esgoto coletado 100% tratado: Caxambu e Varginha, ambas operadas pela COPASA. São Sebastião do Rio Verde trata 30% e Conceição do Rio Verde, 15%. Todas as demais 19 cidades não dispõem de qualquer tipo de tratamento.

Está em projeto ou em obras, a implantação de ETEs nas seguintes cidades: Baependi, com lançamento na ETE de Caxambu; Campanha; distrito de Águas de Contendas no município de Conceição do Rio Verde; Cruzília; Jesuânia; Lambari; São Lourenço; São Thomé das Letras; e Três Corações.

A Figura 124 apresenta a estação de tratamento de esgoto Walita que atende o distrito industrial de Varginha. A cidade possui outras duas ETEs em operação cobrindo 100% do esgoto coletado.



**Figura 124 – Estação de tratamento de esgoto do distrito industrial de Varginha.**

Depreende-se então que 19 sedes urbanas da bacia, 83%, não dispõem de qualquer tipo de tratamento de efluentes e lançam seus dejetos *in natura* nos corpos receptores, resultando em cargas incompatíveis com a autodepuração na maioria dos trechos.

Com base nos resultados do IGAM, de 2006, a avaliação do atendimento aos padrões legais apontou violações para coliformes termotolerantes em todos os 12 pontos de amostragem da bacia, indicando águas em condições sanitárias inadequadas devido ao lançamento de esgotos sanitários brutos. As condições se mostraram mais frágeis no rio Verde em Soledade de Minas, e no rio Lambari em Cristina. No rio Lambari foi também detectada sobrecarga de matéria orgânica e do nutriente fósforo total, assim como nos rios Verde e do Peixe em Três Corações, onde também foram registrados teores de fósforo total não conformes com o padrão de qualidade.

Quanto aos metais, foram observadas ocorrências isoladas de teores não conformes de ferro dissolvido e manganês total, coincidindo com o período de chuvas, de forma que podem ser associados ao carreamento de sólidos.

Os ensaios ecotoxicológicos, utilizados para avaliar de forma indireta a presença de contaminantes tóxicos nas águas, são realizados na bacia do rio Verde em Soledade de Minas e em Flora; e nos rios Baependi, Lambari e Palmela. Os resultados, no período de 2003 a 2006, indicaram condições críticas de ecotoxicidade no rio Baependi, embora não tenham sido detectadas concentrações elevadas de componentes tóxicos nas suas águas. Nos demais pontos as águas mostraram-se potencialmente tóxicas para a biota.

Estudo recente desenvolvido pela professora Alessandra Giani da UFMG para o lago de Furnas mostra intensa eutrofização em vários pontos naquele corpo hídrico.

A precariedade dos serviços de esgotos não vem encontrando uma disposição firme dos governos municipais e das populações no sentido de eliminar ou reduzir este grave passivo ambiental. No caso do serviço de coleta de esgoto, há uma resistência muito grande para a adesão ao sistema público devido ao incremento que ocorre na conta mensal de água quando se acrescenta o custo do serviço de esgoto. Há ainda o fato de as pessoas já estarem habituadas, de longa data, a lançarem os seus resíduos no solo, redes de águas pluviais e nas vias públicas e, naturalmente, não pagarem por isto. Isto gera o retorno e disseminação de doenças, mau cheiro e lama, e assim, todo o cuidado com o meio ambiente, objetivado pelo projeto, fica prejudicado. Um fato a ser destacado é que as concessões de sistemas de esgotamento às companhias estaduais são em número insignificante em relação às concessões dos serviços de abastecimento de água. Em Minas Gerais, na bacia do rio Verde, a COPASA possui 9 concessões de abastecimento de água e apenas 5 de esgotamento sanitário, e opera 4, uma vez que sua mais recente concessão, que é a cidade de Campanha, ainda está em obras.

As cidades que se destacam no *ranking* do saneamento têm uma característica comum: há anos o saneamento é prioridade em seus planos diretores, e os investimentos são regulares, independentemente do órgão operador – seja ele privado, municipal ou estadual. Essa situação é corroborada por Gesner Oliveira, presidente da SABESP que diz:

*“O planejamento local e a prioridade às questões ambientais são fundamentais para os avanços”* (Revista Exame, 20/05/2009)

O IBOPE, em junho de 2009, realizou uma pesquisa sobre a percepção da população sobre a importância do saneamento básico, em 67 cidades com mais de 300.000 habitantes. O *ranking* de importância dos serviços de primeira necessidade apresenta o resultado expresso na Figura 125.



**Figura 125 – Ranking de percepção dos serviços de primeira necessidade.**

Fonte: IBOPE – Inteligência e Instituto Trata Brasil (2009)

Nesta pesquisa 31% das pessoas não sabem o que é saneamento básico, e 41% dos entrevistados não se dispõem a pagar para ter os serviços de esgotamento sanitário. Observa-se na Figura 125 que os serviços relacionados a resíduos sólidos nem sequer entram na priorização.

Pesquisas recentes feitas pela COPASA apresentam os resultados mostrados na Tabela 104, sobre a percepção da população quanto à importância dos serviços de primeira necessidade.

**Tabela 104 – Resultados de pesquisa de percepção - Qual o serviço público mais importante?**

<b>Classificação</b>	<b>Tipo de Serviço</b>	<b>Número relativo (%)</b>
1º	Água	84
2º	Energia Elétrica	9
3º	Telefone	2
<b>3º</b>	<b>Esgoto</b>	<b>2</b>
3º	Lixo	2
Não sabe/Não respondeu		1

Fonte: COPASA e Instituto Vox Populi

Podem-se desenvolver várias discussões sobre tais resultados, principalmente pelo fato de que todas as pessoas querem um meio ambiente limpo e saudável. O problema é que o desinteresse das populações, pelos sistemas de saneamento, pauta o comportamento dos gestores públicos que acabam priorizando outros serviços, muitas vezes de vantagens discutíveis. Conforme informado pelo CBH Verde nenhuma cidade possui o plano municipal de saneamento determinado pela Lei 11.445/2007.

Alguns exemplos do poder transformador de mobilizações populares ocorridas na bacia relatados pelo CBH Verde são dignos de destaque:

- Em Caxambu, no ano de 1997, a população se revoltou por estar pagando tarifa de esgoto sem tratamento e parou de pagar as contas. A partir daí a COPASA implantou um sistema completo de tratamento. Hoje esta cidade se orgulha de ter seu esgoto 100% tratado e usufrui do ICMS Ecológico; e
- Em São Lourenço, sob a liderança do Sr. José Neto, que é o atual prefeito, houve uma mobilização popular que obteve a adesão da população ao pagamento de uma taxa de 25% na conta de água e esgoto, para o Fundo Especial de Investimento em Obras de Saneamento – FEIOS.

Em sistemas providos de ETEs, é freqüente que estas fiquem ociosas, devido aos problemas apontados já apontados. Outro risco grave refere-se a alguns tipos de efluentes tóxicos de empreendimentos comerciais e industriais situados na área urbana (galvanoplastia, laboratórios fotográficos e radiológicos, postos de combustíveis, oficinas mecânicas, etc) sobre os quais não incide qualquer tipo de controle. Nas localidades desprovidas de ETEs, a prestação dos serviços de esgotamento sanitário resume-se à manutenção das redes de coleta. Não há qualquer controle sobre os efluentes tóxicos de atividades industriais, que podem ser carreados ao corpo receptor. Mesmo em algumas localidades providas de ETEs, o seu controle costuma ser apenas dos processos internos operacionais. Caso ocorra a presença de compostos tóxicos no lodo, e se este for levado para aplicação agrícola, o risco para as pessoas que o manipulam e para o meio ambiente é igualmente grave. Para prevenir tal situação a COPASA criou o PRECEND - Programa de Recebimento de Efluentes Não Domésticos, mas a sua aplicação ainda está restrita aos poucos sistemas concedidos à mesma.

#### 4.4.11.4. INVESTIMENTOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM ANDAMENTO E PREVISTOS NA BACIA DO RIO VERDE

A bacia do rio Verde conta com um significativo número de investimentos (ANEXO I) que, se efetivamente realizados, possibilitarão uma melhoria substancial de seu quadro ambiental. Estão previstos os seguintes investimentos e projetos:

##### **COPASA - Departamento Operacional Sul**

- Baependi - Esgoto: Projeto pronto de rede coletora e interceptores para lançamento na ETE Caxambu. Investimento de R\$ 7.300.00,00;
- Campanha - Há projeto para sistema completo de rede e ETE, com reator anaeróbio do tipo RAFA. Investimento de R\$ 13 milhões com recursos disponíveis. O contrato de concessão já foi assinado, o que permite o início imediato das obras;
- Conceição do Rio Verde – Distrito de Águas de Contendas – Sistema de água e esgoto em obras, com previsão de início de operação em dezembro de 2009. Esgotamento estático. Investimento de R\$ 250.000,00;
- Cruzília - Esgoto: Projeto pronto para o sistema completo. Investimento de R\$ 9,0 milhões com recursos autorizados. Depende de concessão que está em negociação;
- São Thomé das Letras - Diagnóstico de esgoto pronto; depende de concessão que está em negociação;
- Três Corações - Em projeto a ETE Rio do Peixe com capacidade de 48,5 l/s, e a ETE Rio Verde, com 83,09 l/s;

##### **Sistemas de gestão Municipal**

- Carmo de Minas – Está desenvolvendo o projeto dos interceptores e ETE;
- Jesuânia - Há projeto de rede coletora de esgotos e ETE;
- Lambari - Há projeto de ETE com local já definido;
- São Lourenço – ETE cobrindo 100% da população de final de plano de 40441 habitantes. O orçamento informado pelo SAAE é de R\$ 8 milhões;
- São Sebastião do Rio Verde – Está desenvolvendo melhorias na ETE existente para alcançar 100% de tratamento do esgoto.

O equacionamento de recursos para a melhoria ambiental da bacia do rio Verde depende, essencialmente, de ação dos gestores públicos. Uma importante fonte desses recursos é o FHIDRO – Fundo de Recuperação de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais. De acordo com o vice-diretor geral do IGAM e coordenador da secretaria executiva do FHIDRO, Geraldo José dos Santos, estão previstos investimentos de R\$ 120 milhões do fundo em 2009 e 2010. Destes, R\$ 38 milhões deverão custear a

elaboração de projetos técnicos para obras de saneamento em municípios com menos de 50 mil habitantes.

*"Estes municípios não têm dinheiro nem para fazer o projeto e, sem ele, não é possível captar recursos"*, afirmou Santos, em recente debate na Assembléia Legislativa.

O deputado Paulo Guedes defendeu que seria melhor reservar os recursos do FHIDRO para ações mais diretamente relacionadas à preservação e à recuperação dos rios, tais como a recuperação de nascentes e matas ciliares. *"Para saneamento, os governos Federal e Estadual já oferecem muitos recursos"*, afirmou.

O deputado também lembrou que a COPASA, com a criação da agência reguladora de saneamento, prevê um aumento mensal de receita de R\$ 20 milhões. *"A empresa poderia colaborar com a elaboração desses projetos"*, afirmou. Geraldo Santos ressaltou que o saldo atual do FHIDRO está hoje, aproximadamente, em R\$ 250 milhões, e que os R\$ 120 milhões orçados podem ser ultrapassados se houver demanda e projetos para isso. Para 2009, está prevista a utilização de R\$ 75 milhões do FHIDRO. Destes, estão aprovados R\$ 19,7 milhões para 43 projetos aprovados na bacia do São Francisco, até meados de junho de 2009. Outros 30 projetos estão em análise, no valor de R\$ 23 milhões, também para a área do São Francisco.

Conforme informado pelo titular do Departamento Sul da COPASA a empresa tem disponibilidade de recursos para atender a todos os empreendimentos de água e esgoto dos municípios que se interessarem pelos serviços da mesma.

#### 4.4.11.5. SANEAMENTO RURAL

Os distritos de Pé do Morro e Pinheirinhos, Passa Quatro; e Ferreiras, São Gonçalo do Sapucaí, não apresentam rede de coleta. No distrito de Águas de Contendas estão em implantação, pela COPASA, os serviços de água e esgotamento sanitário estático com fossas sépticas, com cobertura de 100% das moradias.

No município de Itanhandu, o distrito de Jardim, e o bairro rural Gonçalves possuem rede coletora e ETEs em funcionamento.

As demais comunidades rurais estão agregadas a empreendimentos agropecuários e têm seu esgotamento ligado a essas unidades.

#### 4.4.11.6. AÇÕES DO SISEMA – SISTEMA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE DE MINAS GERAIS

No ano de 2006, a SEMAD constatou que 97% dos municípios de Minas Gerais lançavam os esgotos brutos nos corpos d'água, o que motivou a edição da Deliberação Normativa - DN nº 96, de 12/04/2006, que convocava os municípios para o licenciamento ambiental de sistemas de tratamento de esgotos e dava outras providências.

Esta DN nº 96, estabeleceu, em seu art. 2º, que todos os municípios convocados pela mesma deviam implantar sistema de tratamento de esgotos com eficiência mínima de 60%, e que atendessem, no mínimo, 80% da população urbana, fixando prazos para o licenciamento ambiental. Essa DN tem os seguintes objetivos:

- Convocar para o licenciamento ambiental de sistemas de tratamento de esgotos os municípios do estado de Minas Gerais; e
- Promover a remoção média de 36% da carga orgânica representada por aproximadamente 280.000 kg DBO/dia, e atendimento de cerca de 70% da população urbana até 2010.

O licenciamento das ETEs além de possibilitar o acompanhamento dos dados, e legalizar o empreendimento, possibilita ao município o cadastro do ICMS Ecológico, quando a estação de tratamento atende o mínimo de 50% da população urbana com Licença de Operação - LO concedida pelo COPAM

No Quadro 12 é apresentada a convocação para licenciamento de sistemas de tratamento de esgotos.

**Quadro 12 – Convocação dos municípios para licenciamento de sistemas de tratamento de esgotos**

Grupo	Critérios	Prazo para licenciamento	Tipo de licença
1	População > 150.000	04/2010	LO
2	População entre 30.000 e 150.000	02/2009	LO
3	População entre 50.000 e 150.000 e índice de coleta <70%	09/2010	LO
4	População entre 30.000 e 50.000 e índice de coleta <70%	10/2009	LO
5	Municípios de Serro, Tiradentes, Conceição do Mato Dentro e Ouro Branco	06/2008	AAF (1)
6	População entre 20.000 e 30.000	Metas crescentes até 03/2017	AAF
7	População 20.000	03/2017	AAF

(1) AAF - Autorização Ambiental de Funcionamento

Fonte: Deliberação Normativa 96/2006 do COPAM

Em 13 de maio de 2008 foi publicada a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n.º 1, que 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. Em seu capítulo V, Art. 19, essa DN estabelece:

*“Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Deliberação Normativa e em outras normas aplicáveis. Fica proibido o lançamento de DBO acima de 60 mg/l nos cursos d’água”.*

**4.4.11.7. LICENCIAMENTOS AMBIENTAIS DE UNIDADES DE TRATAMENTO NA BACIA DO RIO VERDE.**

São Lourenço possui Licença Prévia (LP) para a ETE; e Caxambu e Varginha possuem Licença de Operação (LO), sendo que está última possui LO para as três ETEs que estão operando – Santana, São José e Walita.



Todas as ETEs em operação utilizam o reator anaeróbio do tipo RAFA seguido, na maioria dos casos, de filtro biológico e decantador secundário, com eficiências variando de 60% (RAFA) a 90% (com o secundário). A exceção é a ETE de Caxambu que é seguida de lagoas. O lodo produzido é encaminhado a leitos de secagem e, posteriormente, ao vazadouro do lixo municipal. Apesar de consultas efetuadas, não foi possível obter outros dados dos sistemas de tratamento licenciados.

#### 4.4.11.8. LEI DE CRIMES AMBIENTAIS – LEI 9.605 DE 12/02/1998

É de se ressaltar que, em decorrência da legislação ambiental, existe a obrigatoriedade de o prestador dos serviços de água e esgotos implantar unidades de tratamento, tanto para o lodo de estação de tratamento de água - ETA, quanto para o de esgotos sanitários e industriais se houver.

Sobre esta obrigatoriedade, cita-se a Lei nº 9.605 de 12/02/1998 (Lei de Crimes Ambientais):

*“Seção III - Da poluição e outros Crimes Ambientais*

.....  
*Art. 54º - Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flor*

.....  
*“§ 2º Se o crime:*

.....  
*Inciso V – Ocorrer por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleo ou substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos.”*

#### 4.4.11.9. IMPACTO DA COBRANÇA PELO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS.

A legislação prevê que cada comitê avalie e estabeleça os seus critérios de cobrança. No entanto, considerando o fato de que o CBH São Francisco<sup>1</sup> já haver tomado esta decisão e que os valores por ele adotados guardam uma similaridade com os demais valores de cobrança já implantados, achou-se que esta informação poderia ser útil como referência para que o CBH Verde avaliar o impacto da cobrança nos serviços de saneamento.

Os valores aprovados para o CBH São Francisco são: R\$ 0,01 por m<sup>3</sup> captado, R\$ 0,02 por m<sup>3</sup> consumido, e R\$ 0,07 por kg de DBO lançada. A Tabela 105 apresenta a estimativa de cobrança para a bacia do rio Verde, com base na efetuada pelo CBH São Francisco.

---

<sup>1</sup> Deliberação CBH São Francisco nº 40 - Anexo II, 06 de maio de 2009, que estabelece os valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio São Francisco.

**Tabela 105 - Estimativa de cobrança para os serviços de saneamento na bacia do rio Verde com base nos valores do CBH São Francisco.**

Componentes da cobrança	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Valor (R\$)
Volume captado	m <sup>3</sup>	34.675.770	R\$ 0,01	346.757,70
Volume consumido	m <sup>3</sup>	6.935.154	R\$ 0,02	138.703,08
Carga de DBO	kg	5.619.748,05	R\$0,07	393.382,23
<b>Total anual previsto para a bacia do rio Verde</b>				<b>878.843,01</b>

Obs: 1 – Volumes e carga de DBO por ano; Valor do consumo – 20% do volume captado.

Vê-se da Tabela que o valor da cobrança relativa ao lançamento de carga orgânica representa 45% do valor total previsto de arrecadação. Este valor pode ser reduzido significativamente com a implantação de estações de tratamento de esgoto. Os volumes captados e consumidos podem também ser reduzidos com o melhor gerenciamento das perdas nos sistemas distribuidores.

#### 4.4.12. RESÍDUOS SÓLIDOS

##### 4.4.12.1. INTRODUÇÃO

Um sistema público de resíduos sólidos só é considerado completo quando contempla o sistema de coleta e a disposição final adequada em um aterro sanitário. Os sistemas devem abranger também a varrição, capina de vias públicas, e coleta nos serviços de saúde. Os sistemas mais desenvolvidos contam com a coleta seletiva e reciclagem, e a inclusão social dos catadores.

O lixo pode constituir-se num meio favorável à transmissão de doenças, por via direta e, principalmente por via indireta. A transmissão direta ocorre por meio de bactérias, vírus, protozoários, vermes, etc., os quais, alcançando os resíduos sólidos podem ali sobreviver por algum tempo. A transmissão indireta é a mais importante, pois pode alcançar uma população maior, que não está diretamente a ele associada, como no caso de resíduos sólidos contendo produtos químicos nocivos. Estes podem ser dispostos no solo e daí alcançarem a água, provocando danos à saúde humana e à fauna. Esses resíduos são geralmente, oriundos de processos industriais ou de outras atividades que manipulam substâncias químicas. (MOTA, 2000).

Muito cuidado deve ser tomado em relação aos resíduos sólidos, pois é freqüente, no Brasil, as pessoas não terem cuidado com o lançamento de lixo em quintais e vias públicas. Estes resíduos são carreados pelas águas pluviais e geram significativa poluição nos mananciais. Para minimizar este risco é recomendado, além de uma coleta eficaz de lixo urbano, um intenso trabalho de educação ambiental, inclusive nas áreas rurais.

Na bacia do rio Verde, a gestão dos resíduos sólidos urbanos é realizada exclusivamente pelos municípios. Como em geral o sistema não é tarifado diretamente, como os serviços de água e esgoto, a sua operação envolve significativos recursos do orçamento municipal.

Conforme o SNIS RSU 2006, as despesas com o manejo de resíduos sólidos urbanos, no Brasil, tomaram, em média, 6% das despesas correntes do município, variando de 3,7 a 6,1%. A arrecadação, quando existe, paga menos da metade dos custos, pois, enquanto que a receita média é de R\$ 31,00 por habitante por ano, a despesa média é de R\$ 62,28.

Para a elaboração do diagnóstico de resíduos sólidos na bacia do rio Verde, foram considerados:

- Para contabilização do percentual da população atendida, como nenhum município da bacia disponibilizou os dados para o SNIS, foram adotados os dados da PNSB 2000 e os levantados pela equipe de campo do Consórcio ECOPLAN-LUME em julho de 2009; e
- Volume de lixo produzido corresponde ao produto da população urbana de 2007, pelo volume *per capita* médio de 0,75kg/habitante por dia<sup>1</sup>.

A Tabela 106 apresenta a massa coletada de resíduos sólidos no Brasil segundo dados do SNIS RSU (2006). Observa-se que esta massa varia de 0,74 a 0,92 kg/habxdia para populações até 250.000.000 habitantes, que é a faixa dos municípios da bacia do rio Verde.

**Tabela 106 - Massa coletada de resíduos sólidos no Brasil**

Faixa populacional	População Habitantes	Quantidade de municípios	Massa coletada (RDO+RPU)* (kg/habxdia)		
			Mínima	Máxima	Média
1	<30.000	54	0,24	2,98	0,83
2	30.001 a 100.000	39	0,43	2,04	0,74
3	100.001 a 250.000	50	0,38	2,89	0,92
4	250.001 a 1.000.000	48	0,39	1,68	0,82
5	1.000.001 a 3.000.000	12	0,55	1,66	0,95
6	>3.000.000	2	0,96	1,25	1,07
<b>Total</b>		205	0,24	2,98	0,93

\* (RDO+RPU) Resíduo Doméstico + Resíduo Público

Fonte: Tabela 3.8 Relatório SNIS 2006 Massa coletada (RDO+RPU) *per capita* em relação à população urbana (I021), segundo porte dos municípios

#### 4.4.12.2. DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Unidade de processamento de resíduos sólidos é toda e qualquer instalação dotada ou não de equipamentos eletromecânicos, em que quaisquer tipos de resíduos sólidos urbanos sejam submetidos a qualquer modalidade de processamento. Assim, enquadram-se nessa designação de caráter geral as seguintes unidades: lixão, aterro controlado, aterro sanitário, vala específica para resíduos de saúde, aterro industrial, unidade de triagem, unidade de compostagem, incinerador, unidade de tratamento por microondas ou autoclave, unidade de manejo de podas, unidade de transbordo, área de reciclagem de resíduos da construção civil, aterro de resíduos da construção civil, área de transbordo e triagem de resíduos da construção civil.

As formas de disposição final foram classificadas como lixões, aterros controlados e aterros sanitários. A diferenciação entre lixão e aterro controlado é considerada polêmica entre alguns sanitaristas. Para efeito do presente trabalho foram adotadas as seguintes definições do SNIS RSU:

<sup>1</sup> O Centro Mineiro de Referência em Resíduos – CMRR - adota 0,60 kg/habxdia para cidades menores, e 0,80 kg/habxdia para cidades maiores, critério este que é divergente do SNIS, no qual cidades até 30.000 habitantes apresentam uma taxa de 0,83 kg/habxdia. Desta forma considerou-se que o *per capita* de 0,75 kg/habxdia como taxa média, é um valor adequado para o grupo de municípios em análise.

- Lixão (ou vazadouro) - local em que os resíduos sólidos urbanos, de todas as origens e naturezas, são simplesmente lançados, sem qualquer tipo ou modalidade de controle sobre os resíduos e/ou sobre seus efluentes;
- Aterro controlado - instalação destinada à disposição de resíduos sólidos urbanos, na qual alguns ou diversos tipos e/ou modalidades objetivas de controle sejam periodicamente exercidas, quer sobre o maciço de resíduos, quer sobre seus efluentes. Admite-se, desta forma que, o aterro controlado se caracterize por um estágio intermediário entre o lixão e o aterro sanitário. Este tipo de destinação final não é licenciável e não é considerada uma destinação adequada para os resíduos (destinação adequada dos resíduos sólidos é a parcela coletada que é levada a aterro sanitário, ou reciclagem); e
- Aterro sanitário - instalação de destinação final de resíduos sólidos urbanos com adequada disposição desses sobre o solo, com controle técnico e operacional permanente, de modo a que nem os resíduos, nem seus efluentes líquidos e gasosos, venham a causar danos à saúde pública e/ou ao meio ambiente (Figura 126).



**Figura 126 - Aterro sanitário**

Fonte: Feam

O lixo não coletado tem um destino incerto e freqüentemente inadequado. Outro grave problema é que nas cidades que não dispõem de estrutura de gestão dos resíduos sólidos, aí incluídos os lixões, não há controle sobre os resíduos tóxicos de atividades industriais situadas em áreas urbanas. Em geral as empresas maiores seguem condicionantes de licenciamento ambiental quanto à destinação dos seus resíduos, sendo que algumas são certificadas pelas Normas da ISO (ISO 9.000 e 14.000), que são ainda mais rigorosas, e auditadas com freqüência. Já um número significativo de empresas de porte médio, pequeno e micro, nem sempre cumpre as exigências ambientais. Empresas de galvanoplastia, laboratórios fotográficos, oficinas mecânicas etc. podem levar a passivos ambientais gravíssimos se seus resíduos sólidos e líquidos não passarem por tratamentos adequados.

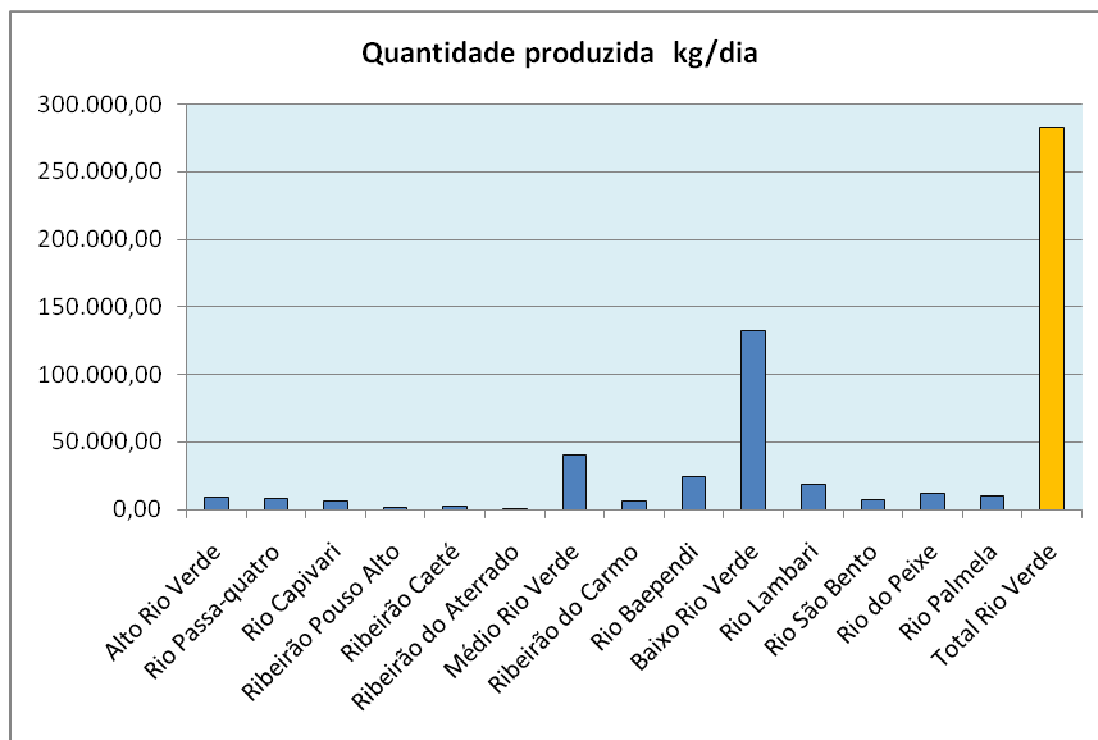
O lixo em decomposição produz o chorume, que é um líquido com grande concentração de matéria orgânica (elevada DBO), sendo por isto, de alto potencial poluidor para as águas. Deve ser coletado através de drenos adequados e destinado a uma ETE. Tal providência só é possível quando se dispõe de um aterro sanitário. Nos lixões e aterros controlados, devido à falta de impermeabilização do solo, o chorume se infiltra, podendo atingir o lençol freático.

Outra questão relevante dessa decomposição do lixo, em aterros sanitários, é a produção de gás, cuja coleta pode inclusive ser convertida em créditos de carbono e geração de energia, térmica ou elétrica (Protocolo de Kioto). O gás metano produzido na decomposição da matéria orgânica é 21 vezes mais agressivo para o efeito estufa do que o gás carbônico decorrente da combustão.

Um exemplo interessante é o da cidade de Belo Horizonte que celebrou um contrato com a empresa Consórcio Horizonte Asja, para a utilização do metano produzido no aterro sanitário da BR 040. A empresa comprou os direitos de exploração dos créditos de carbono por R\$ 16 milhões conforme publicação no DOM de Belo Horizonte de 10/12/2008. Num primeiro momento ela está procedendo apenas à queima do metano, mas o contrato prevê a possibilidade de geração de energia.

É de se ressaltar que, para a implementação de projeto de conversão de créditos de carbono é necessário que a instalação geradora tenha um porte razoável para viabilizar os estudos, e a respectiva aprovação nos organismos internacionais correspondentes. Neste caso a solução proposta é de realizar consórcios de municípios compartilhando aterros sanitários regionais. Esses consórcios propiciam também economia de escala na sua gestão e operação viabilizando um quadro técnico mais qualificado e a formação de cooperativas de catadores.

Na bacia do rio Verde (Figura 127 e Tabela 107) apenas a cidade de Três Corações possui aterro sanitário. Baependi, Campanha, Carmo de Minas, Caxambu, Conceição do Rio Verde, Cristina, Itanhandu, Itamonte, Olímpio Noronha, Passa Quatro, Pouso Alto, São Lourenço, São Sebastião do Rio Verde, São Thomé das Letras, Soledade de Minas, Varginha e Virgínia possuem aterro controlado; e os municípios de Cambuquira, Cruzília, Dom Viçoso, Jesuânia e Lambari, bem como os distritos de Águas de Contendas (Conceição do Rio Verde), Santana do Capivari (distrito de Pouso Alto), Pé do Morro e Pinheirinhos (distritos de Passa Quatro) e Ferreiras (São Gonçalo do Sapucaí) destinam seus resíduos a lixões.



**Figura 127 - Destinação final dos resíduos sólidos na bacia do rio Verde.**

Fontes: PNSB 2000; SNIS RSU 2006 - Para o Estado de Minas Gerais há o Relatório da FEAM de 2008.

**Tabela 107 - Relação da destinação dos resíduos sólidos urbanos na bacia do rio Verde**

Municípios/ Sub-bacias	Taxa de cobertura (%)	Quantidade produzida (kg/dia)	Quantidade com destinação final adequada * (ton.)	Destinação final			
				Lixão	Aterro controlado	Aterro sanitário	UTC
Itanhandu	99,3	8.715,00	2.614,50		X		X
São Sebastião do Rio Verde	99,0	946,50	283,95		X		X
Alto Rio Verde	<b>99,1</b>	<b>9.661,50</b>	<b>2.898,45</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
Passa Quatro SEDE	98,8	7.255,50	2.176,65		X		X
Passa Quatro - PÉ DO MORRO	ND	622,50	0,00	X			
Passa Quatro - PINHEIRINHOS	ND	846,00	0,00	X			
Rio Passa Quatro	<b>98,8</b>	<b>8.724,00</b>	<b>2.176,65</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
Itamonte	99,6	5.838,00	0,00		X		
Pouso Alto - SANTANA DO CAPIVARI	ND	798,00	0,00	X			
Rio Capivari	<b>99,6</b>	<b>6.636,00</b>	<b>0,00</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Pouso Alto - SEDE	94,3	1.813,50	544,05		X		X
Ribeirão Pouso Alto	<b>94,3</b>	<b>1.813,50</b>	<b>544,05</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
Virgínia	96,3	2.660,25	0,00		X		
Ribeirão Caeté	<b>96,3</b>	<b>2.660,25</b>	<b>0,00</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Dom Viçoso	98,9	733,50	0,00	X			
Ribeirão do Aterrado	<b>98,9</b>	<b>733,50</b>	<b>0,00</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Conceição do Rio Verde - SEDE	97,5	8.029,50	0,00		X		
São Lourenço	98,2	30.087,75	9.026,32		X		X
Soledade de Minas	99,2	2.631,00	789,30		X		X
Médio Rio Verde	<b>98,3</b>	<b>40.748,25</b>	<b>9.815,62</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
Carmo de Minas	95,4	6.582,75	2.874,82		X		X
Ribeirão do Carmo	<b>95,4</b>	<b>6.582,75</b>	<b>2.874,82</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
Baependi	98,3	9.450,00	0,00		X		
Caxambu	94,3	15.268,50	0,00		X		
Conceição do Rio Verde – ÁGUA DE CONTENDAS	ND	159,75	0,00	X			
Rio Baependi	<b>96,3</b>	<b>24.878,25</b>	<b>0,00</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Três Corações	98,5	48.387,00	48.387,00			X	
Varginha	99,0	83.763,00	25.128,90		X		X
Baixo Rio Verde	<b>98,8</b>	<b>132.150,00</b>	<b>73.515,90</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Cristina	98,7	4.449,75	0,00		X		
Jesuânia	98,1	2.291,25	687,37	X			X
Lambari	99,0	10.134,00	0,00	X			
Olimpio Noronha	100,0	1.533,75	0,00		X		
Rio Lambari	<b>99,0</b>	<b>18.408,75</b>		<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
Cambuquira	96,0	7.563,00	0,00	X			
Rio São Bento	<b>96,0</b>	<b>7.563,00</b>	<b>0,00</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Cruzília	97,9	9.858,00	0,00	X			
São Thomé das Letras	98,4	2.575,50	0,00		X		
Rio do Peixe	<b>98,2</b>	<b>12.433,50</b>	<b>0,00</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Campanha	96,3	9.654,75	0,00		X		
São Gonçalo do Sapucaí – FERREIRAS	ND	183,00	0,00	X			
Rio Palmela	<b>96,3</b>	<b>9.837,75</b>	<b>0,00</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Total Rio Verde</b>	<b>97,52</b>	<b>282.831,00</b>	<b>91.825,49</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>1</b>	<b>9</b>

\*Obs: Quando houver aterro sanitário, considera-se 100% com destinação adequada. Na bacia do rio Verde, devido à falta de melhores condições quanto à coleta, considerou-se que ocorre o aproveitamento de 30% como destinação adequada.

Fonte: PNSB 2000; SNIS RSU 2006 - Para o Estado de Minas Gerais há o Relatório da FEAM de 2008.



Quanto à unidades de triagem e reciclagem –UTC- (Figuras 128 e 129) existem nove em operação na bacia e algumas em fase de implantação ou reativação.



**Figura 128 - UTC – Unidade de triagem e compostagem – compostagem de orgânicos.**

Fonte: FEAM



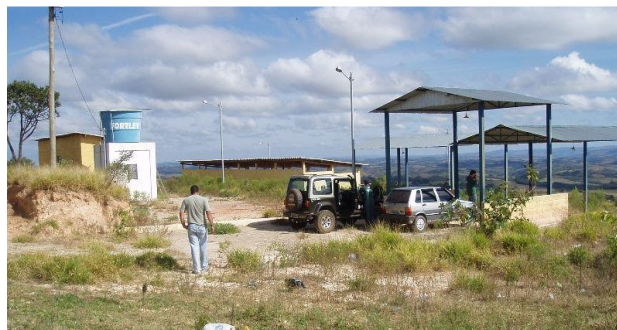
**Figura 129 - UTC – Unidade de triagem e compostagem – processamento de recicláveis**

Fonte: FEAM

Estão em operação as UTCs de Carmo de Minas, Itanhandu, Jesuânia, Passa Quatro, Pouso Alto, São Lourenço, Soledade de Minas e Varginha. Em São Thomé das Letras, existe uma unidade não licenciada, pronta e abandonada (Figura 130). Baependi e Cristina estão com UTCs em análise na SUPRAM com pedidos de AAF. Em Varginha, há uma cooperativa de catadores denominada COOPER-ET que realiza uma cata antes do encaminhamento ao lixão. Em Três Corações, uma UTC está em fase final de construção.



Veículo de coleta domiciliar



UTC pronta para uso e abandonada



UTC



Lixão

**Figura 130 – Manejo dos resíduos sólidos urbanos em São Thomé das Letras**



#### 4.4.12.3. RESÍDUOS DOS SERVIÇOS DE SAÚDE

Os resíduos de serviços de saúde - RSS, mais conhecidos como lixos hospitalares, produzidos diariamente em hospitais, clínicas, postos e casas de saúde, laboratórios, consultórios odontológicos, farmácias, entre outros, e recebem tratamento especial, tanto na coleta quanto em sua disposição final.

Os RSS são separados e encaminhados para valas específicas em oito municípios: Cristina, Cruzília, Itamonte, Lambari, Pouso Alto, Soledade de Minas, Três Corações e Varginha. No entanto, com exceção de Três Corações, essas cidades não possuem aterro sanitário o que lança dúvidas sobre os cuidados sanitários que estão sendo dispensados a este tipo de resíduos. Cinco municípios queimam os RSS: Carmo de Minas, Passa Quatro, São Lourenço, São Thomé das Letras e Virgínia (FEAM 2008).

#### 4.4.12.4. OUTROS TIPOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Não foram considerados, neste diagnóstico, outros aspectos como existência de capina e varrição, resíduos da construção civil e outros, devido ao fato de a bacia do rio Verde estar num nível muito insatisfatório quanto ao cumprimento de requisitos ambientais básicos, em que a destinação final é o lixão ou aterro controlado, havendo apenas um município com aterro sanitário. A busca de soluções mais adequadas ambientalmente só emerge quando o grau de conscientização da comunidade valoriza pelo menos as questões mais básicas.

A região do Sul de Minas dispõe de um aterro licenciado para resíduos industriais classe 1 (tóxicos) e 2 (não tóxicos), no município de Lavras, pertencentes à empresa Proambiental, que é licenciada para receber resíduos deste tipo de todo o país.

A situação dos resíduos sólidos na bacia tem indicadores piores que a média brasileira. Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE, 170.000 toneladas de lixo são geradas no país, e só 140.000 toneladas são coletadas, das quais 60% não tem destino final adequado. A tríade água, esgoto e lixo é a que o CBH Verde escuta da população como o principal problema do rio.

#### 4.4.12.5. POLÍTICAS PÚBLICAS PARA RESÍDUOS SÓLIDOS NA BACIA DO RIO VERDE

O SISEMA vem desenvolvendo esforços com o objetivo de avançar no processamento dos resíduos sólidos de maneira ambientalmente adequada. Os órgãos estaduais de controle ambiental, cumprindo o seu papel institucional, vêm empreendendo ações de comando e controle buscando a efetivação dos devidos licenciamentos, mas têm atuado também, junto a outros órgãos no sentido de viabilizar os recursos e o apoio técnico para os municípios.

##### 4.4.12.5.1. POLÍTICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO ESTADO DE MINAS GERAIS

O governo do Estado de Minas Gerais está desenvolvendo o Projeto Estruturador de Resíduos Sólidos, e a SEMAD criou, no ano de 2003, o Programa Minas Sem Lixões que tem como metas para o ano de 2011:

- 60% da população urbana atendida por sistema adequado e licenciado de tratamento e/ou disposição final de resíduos sólidos urbanos;
- Erradicação de 80% dos lixões, com a implantação de medidas mínimas, paliativas até que o município implante sistemas tecnicamente adequados de disposição final de lixo urbano de origem domiciliar, comercial e pública, devidamente regularizados no Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM; e
- 100% dos resíduos industriais com destinação adequada licenciada.

O COPAM emitiu as seguintes Deliberações Normativas regendo o assunto:

- Deliberação Normativa nº 52, de 14/12/2001 - Convoca municípios para o licenciamento ambiental de sistema adequado de disposição final de lixo e dá outras providências;
- Deliberação Normativa n.º 67, de 19/11/2003 - Prorroga prazos estabelecidos pelos artigos 1º e 2º da Deliberação Normativa 52, de 14 de dezembro de 2001 e altera a redação do inciso V do artigo 2º;
- Deliberação Normativa n.º 75, de 25/10/2004 - Convoca os municípios, com população entre trinta e cinquenta mil habitantes, ao licenciamento ambiental de sistema adequado de destinação final de resíduos sólidos urbanos e altera prazos estabelecidos pela Deliberação Normativa COPAM nº 52, de 14/12/2001;
- Deliberação Normativa n.º 81, de 11 /05/2005 - Altera prazos estabelecidos pela Deliberação Normativa COPAM n.º 52, de 14 /12/ 2001;
- Deliberação Normativa nº 92, de 10/01/2006 - Estabelece novos prazos para atendimento das determinações da Deliberação Normativa COPAM nº 52, de 14/12/2001;
- Deliberação Normativa nº 97, de 25/04/2006 - Estabelece diretrizes para a disposição final adequada dos resíduos dos estabelecimentos dos serviços de saúde no Estado de Minas Gerais e dá outras providências;
- Deliberação Normativa nº 118, de 27/06/2008 - Altera os artigos 2º, 3º e 4º da DN 52/2001, e estabelece novas diretrizes para adequação da disposição final de resíduos sólidos urbanos no Estado de Minas Gerais e dá outras providências;
- Deliberação Normativa nº 119, de 27/06/2008 – Reitera a convocação aos municípios, acima de 30.000 habitantes, que não cumpriram os prazos estabelecidos na DN 105/2006, a formalizarem processo de licenciamento ambiental para sistema de tratamento e/ou disposição final de resíduos sólidos urbanos e dá outras providências; e
- Deliberação Normativa nº 126, de 15/10/2008 – Convoca os municípios entre 20.000 e 30.000 habitantes a formalizarem processo de licenciamento ambiental para sistema de tratamento e/ou disposição final de resíduos sólidos urbanos e dá outras providências.

Em 12/01/2009 foi sancionada a Lei 18.031/2009 que dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos. No seu artigo 8º descreve como objetivos:

*“I - estimular a gestão de resíduos sólidos no território do Estado, de forma a incentivar, fomentar e valorizar a não-geração, a redução, a reutilização, o reaproveitamento, a reciclagem, a geração de energia, o tratamento e a disposição final adequada dos resíduos sólidos;*

*II - proteger e melhorar a qualidade do meio ambiente e preservar a saúde pública;*

*III - sensibilizar e conscientizar a população sobre a importância de sua participação na gestão de resíduos sólidos;*

*IV - gerar benefícios sociais, econômicos e ambientais;*

*V - estimular soluções intermunicipais e regionais para a gestão integrada dos resíduos sólidos;*

*VI - estimular a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias e processos ambientalmente adequados para a gestão dos resíduos sólidos.”*

Além do processo de licenciamento ambiental a FEAM passou a adotar outros instrumentos de gestão, condução e orientação, sendo destacados:

- Levantamento anual das alternativas adotadas para a disposição final;
- Edição de manuais orientadores;
- Monitoramento das unidades licenciadas;
- Celebração de contratos com universidades;
- Assinatura e acompanhamentos de Termos de Ajustamento de Conduta - TACs;
- Criação do Centro Mineiro de Referência em Resíduos - CMRR;
- Criação do Inventário de Resíduos Sólidos de Minas Gerais; e
- Edição do Prêmio Estadual de Sustentabilidade em Gestão Ambiental.

Com o desenvolvimento do Programa Minas Sem Lixões foi contabilizada, de 2001 a 2006, a redução de 37% do número de municípios que ainda usam lixões como alternativas para depósito de seus resíduos; e um acréscimo, entre 2001 e 2008, de mais de 100% na população atendida por sistemas licenciados.

Segundo o CMRR, o cumprimento das metas do Programa vem enfrentando resistências de vários setores da sociedade, como pode ser visto a seguir:

- Os prefeitos têm sido os maiores opositores. O Ministério Público tem feito vários TACs que não vêm sendo cumpridos. Os prefeitos contemporizam e acabam fazendo aterros controlados;

- A população não valoriza a importância de ter uma destinação adequada dos resíduos. Uma vez que o lixo foi coletado, não há mais preocupação;
- Os catadores que vivem nos lixões não querem o aterro. É necessário criar novas oportunidades por meio da coleta seletiva;
- Os industriais que não querem investir em novas tecnologias, seja para redução dos resíduos, seja para o seu condicionamento adequado ou reciclagem; e
- Os educadores ambientais que só têm foco nas crianças.

O CMRR possui um curso de formação em gestão de resíduos equivalente ao técnico de curso médio, que é patrocinado pelo Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE, o qual visa formar profissionais para trabalhar na área com a visão de eficiência ambiental.

O Estado possui o FHIDRO que tem o objetivo de dar suporte financeiro a programas e projetos que promovam a racionalização do uso e a melhoria, nos aspectos quantitativos e qualitativos, dos recursos hídricos no Estado, inclusive os ligados à prevenção de inundações e ao controle de erosão do solo. Os projetos devem ser protocolados no IGAM, acompanhados de toda a documentação exigida pela Resolução SEMAD nº 542, e serão submetidos à comissão de análise do IGAM, ao grupo coordenador do FHIDRO e ao Banco de Desenvolvimento do Estado de Minas Gerais - BDMG. Os recursos disponíveis, em 2007, atingiram o montante de R\$ 59.355.772,00. Para o ano de 2009 estão previstos R\$ 77 milhões.

O engenheiro José Cláudio Junqueira presidente da FEAM informou em entrevista à revista Ecológico, que

*“durante anos, antes de o Minas Sem Lixões ganhar corpo, a FEAM atuou no comando e controle com as prefeituras, autuando e multando municípios sem conseguir avanços. Os primeiros resultados positivos surgiram a partir da oferta de incentivo fiscal, por meio do ICMS Ecológico. Hoje cerca de 140 cidades recebem o benefício.”*

Outra providência que está em andamento em Minas é a constituição de consórcios públicos intermunicipais de gestão de resíduos sólidos, com base na Lei Federal nº 11.107 de 2005.

#### 4.4.12.5.2. POLÍTICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO NÍVEL MUNICIPAL

Na esfera municipal, é imprescindível a busca de alinhamento entre as políticas públicas. Com base nos dados apresentados nos tópicos anteriores fica evidente a generalizada precariedade das condições de saneamento dos municípios integrantes da bacia do rio Verde. Na busca da universalização do acesso ao saneamento, a gestão associada entre os entes federativos, por meio de convênios de cooperação ou consórcios públicos, introduziu novas posturas nesse setor. Essas posturas favoreceram a adoção de métodos, técnicas e processos que consideram as peculiaridades locais e regionais principalmente naqueles municípios de pequeno porte, contíguos e com poucos recursos financeiros, situação esta que se aplica plenamente à região.

Alguns prefeitos estão buscando apoio do governo federal para solucionar o problema dos lixões. O objetivo é a tomada de ações a respeito do Consórcio do Aterro Sanitário Regional. Quatorze municípios manifestaram interesse (São Lourenço, Itamonte, Passa Quatro, São Sebastião do Rio Verde, Virgínia, Pouso Alto, Carmo de Minas, Soledade de Minas, Baependi, Cruzília, Cristina, Dom Viçoso, Olímpio Noronha e Jesuânia), e estão dispostos a se unirem no consórcio para resolverem de uma vez por todas o problema da destinação adequada dos resíduos sólidos por eles gerados. Obviamente, a eventual implementação efetiva dessas estruturas de gestão, bem como de suas instalações físicas, terão que ser precedidas de um amplo e consistente processo de discussão pública das propostas que vierem a ser formuladas em caráter preliminar, inclusive no que diz respeito à abrangência efetiva dos agrupamentos de municípios que deverão integrar cada um desses consórcios.

O CBH Verde vem buscando um protagonista para a solução desses problemas e, no ano de 2000, sugeriu a meta 2013 em que 80% dos municípios da bacia deveriam estar com os serviços de água, esgoto e lixo tratados adequadamente. À época havia a intenção de formar um consórcio intermunicipal que seria equiparado a agência de bacia. Em 2001 houve uma reunião em Passa Quatro para discutir a implantação do Consórcio Municipal da Bacia Hidrográfica do Rio Verde, com ênfase na solução do saneamento. A intenção era de que esse consórcio fosse equiparado a agência de bacia. Foram chamados todos os municípios, mas a idéia não evoluiu.

Ainda segundo o CBH Verde, Varginha há 6 anos comprou um terreno para fazer um aterro sanitário, mas parte do mesmo era do município de Três Pontas e este não aceitou a ocupação do seu território, inviabilizando o projeto. A prefeitura de Varginha chegou a negociar com a COPASA a solução para o seu aterro sanitário, mas as negociações não chegaram a bom termo.

Caxambu, Baependi e Conceição do Rio Verde ensaiaram um consórcio para o lixo mas não foi em frente. Atualmente os municípios de Cambuquira, Campanha, Conceição do Rio Verde, Lambari e São Lourenço estão em negociações para firmar um consórcio para a construção de um aterro sanitário precedido de uma UTC.

#### **4.4.13. DRENAGEM URBANA E CONTROLE DE ENCHENTES**

##### **4.4.13.1. INTRODUÇÃO**

Uma das principais fontes de vulnerabilidade urbana, a questão da drenagem tem preocupado especialistas devido à sua gestão inadequada, o que traz como conseqüências o comprometimento das fontes de abastecimento pela contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos; a erosão e produção de sólidos; as inundações urbanas, com danos materiais e mortes.

As enchentes urbanas constituem um aspecto importante de saúde pública uma vez que a inundação de áreas contaminadas, seja por micro organismos ou por poluentes tóxicos, propaga a contaminação de maneira descontrolada, sendo a leptospirose o risco sanitário mais relevante. Os deslizamentos de solo e o arraste de imóveis e pessoas levam a danos de difícil reparação. Outro fator relevante é que devido ao hábito inadequado de lançamento de lixo nas vias públicas e cursos d'água, além de promover a obstrução de galerias e canais, constitui um atrativo para roedores e outros vetores de doenças. Na ocorrência de inundação estes insetos e animais invadem moradias próximas à procura

de alimento, aumentando a disseminação de doenças.

Segundo o diretor de Ambiente Urbano da Secretaria de Recursos Hídricos do MMA, Silvano Silvério, amparado pela Lei do Saneamento:

*“a gestão das águas pluviais é uma atribuição dos municípios, entretanto, essa gestão vem sendo feita de forma inadequada, devido principalmente à fragmentação das responsabilidades, à falta de planejamento, e à gestão por trechos, e não por bacias.”*

A correta gestão das águas urbanas está intrinsecamente ligada ao uso correto do solo, que deveria se pautar pelos planos diretores. Porém, o que se constata na maioria das cidades é a proliferação de assentamentos informais, desobedientes aos planos diretores; a alta densidade de ocupação no espaço; a ocupação de áreas de risco; e a urbanização sem infra-estrutura sustentável, resultando em impactos negativos sobre a própria população. Essas práticas continuadas levam, dentre outras conseqüências, ao desaparecimento dos rios urbanos, pois a pressão e exploração do espaço fazem com que os rios sejam cobertos ou desapareçam (SILVÉRIO, 2008).

Para divulgar estes conceitos, técnicos do Ministério do Meio Ambiente estão visitando municípios brasileiros com o objetivo de difundir as boas práticas no manejo de águas pluviais. O PAC Drenagem alocou R\$47 bilhões em 109 municípios de 18 estados.

Os sistemas de drenagem têm por objetivo garantir o adequado escoamento das águas pluviais. Muito mais do que obras visando a proporcionar o transporte das águas, os sistemas de drenagem devem ser vistos dentro de um enfoque global, que considere o sistema hídrico de uma bacia ou sub-bacia como um todo (MOTA, 2003).

No equacionamento e prevenção das enchentes urbanas, particularmente nas cidades da bacia do rio Verde que são cortadas por cursos d'água de maior porte, não se pode separar a questão urbana da gestão da bacia. Neste contexto devem ser verificadas as seguintes características:

- Inundações ribeirinhas: inundações naturais resultado da flutuação dos rios durante os períodos secos e chuvosos. Os problemas ocorrem devido à ocupação das áreas de riscos pela população; e
- Inundações devido à urbanização (drenagem urbana): a urbanização amplia as vazões devido à canalização e a impermeabilização do solo, e o escoamento das áreas urbanizadas, geralmente verte para pequenas bacias.

A impermeabilização das áreas urbanas altera o regime de escoamento conforme Figuras 131 e 132.

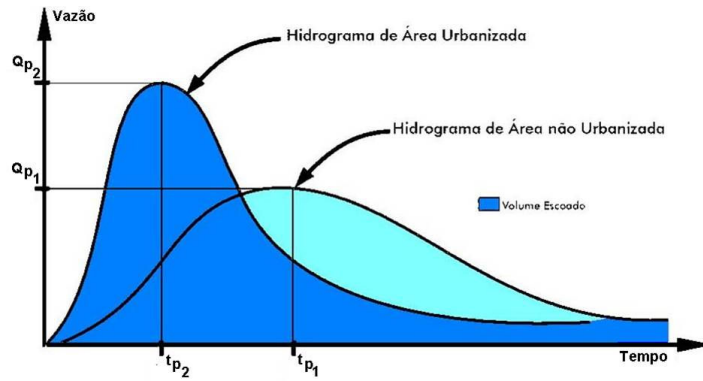


Figura 131 - Alteração do hidrograma em função do aumento da área urbanizada

Fonte: Carlos Tucci 2009

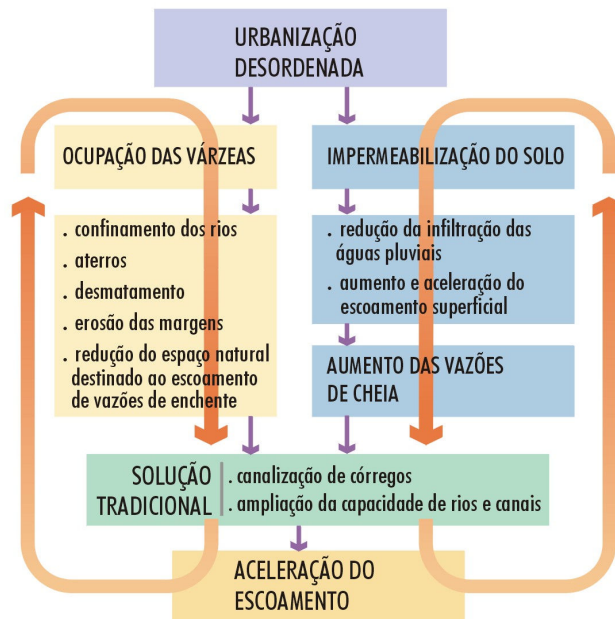


Figura 132 - Impacto da ocupação desordenada nas enchentes.

Fonte: Carlos Tucci, 2009

Cabe salientar que, em geral, os projetos de drenagem urbana elaborados no país, e até hoje em vigor, seguem procedimentos com intervenções pontuais que normalmente apenas transferem os problemas para jusante, e não levam em conta a bacia de drenagem como um sistema completo. São anteriores, portanto, aos novos conceitos que estão sendo defendidos na Carta de Recife de 1995 (ANA, 2005).

Os sistemas de informações disponíveis sobre drenagem urbana são precários e não disponibilizam maiores detalhes, mesmo porque normalmente não há estruturas municipais com esta atribuição. A PNSB é a única fonte oficial que relaciona tais dados. A equipe do Consórcio ECOPLAN-LUME fez um levantamento de campo (Quadro 13), levantando as ocorrências de enchentes na bacia do rio Verde.

**Quadro 13 – Ocorrências de enchentes nos municípios da bacia do rio Verde**

Enchentes ocorridas nos municípios integrantes da bacia do rio Verde			
Sub-bacia	Municípios	Data da Ocorrência	Danos causados
Alto Rio Verde	Itanhandu	1/3/2000	Decretado estado de calamidade pública.
		2005	Pequena enchente do rio Passa Quatro, alagamento do centro da cidade.
		04 e 05/01/2007	Alagamentos nos bairros Várzea, Ipê Amarelo e Nossa Senhora de Fátima. Foi decretado estado de emergência.
	São Sebastião do Rio Verde	2000	Alagamento de casas.
Rio Passa Quatro	Passa Quatro	2000	Desmoronamento de casas e estradas prejudicadas.
Rio Capivari	Itamonte	2000, 2002 e 2007	Alagamento da casas.
Ribeirão Pouso Alto	Pouso Alto	2000 e 2008	Ocorrência de desmoronamentos.
Ribeirão Caeté	Virgínia	Sem registros	Sem registros
Ribeirão do Aterrado	Dom Viçoso	2000	Perda de animais.
Médio Rio Verde	Conceição do Rio Verde	2000	Alagamento de casas.
	São Lourenço	3/1/2000	Ocorrência de desmoronamentos e alagamento de casas.
	Soledade de Minas	2000	Alagamento de casas.
Ribeirão do Carmo	Carmo de Minas	2000, 2005 e 2007	Problemas no cemitério da cidade e queda da ponte de Freitas (2007).
Rio Baependi	Baependi	Sem registros	Sem registros
	Caxambu	Sem registros	Sem registros
Baixo Rio Verde	Três Corações	1906, 1946, 1986 e 2000	Enchentes catastróficas
	Varginha	Sem registros	Sem registros
Rio Lambari	Cristina	2008 e 2009	Alagamento de casas.
	Jesuânia	1997	Sem registros
	Lambari	2006 e 2008	Ocorrências sem danos.
	Olímpio Noronha	Sem registros	Sem registros.
Rio São Bento	Cambuquira	Sem registros	Sem registros.
Rio do Peixe	Cruzília	Dezembro de 1996 e 2003	Queda de pontes (1996) e alagamento de casas.
	São Thomé das Letras	Sem registros	Sem registros.
Rio Palmela	Campanha	2008	Alagamento de casas bairro COHAB.

Fonte: EcoPLAN- Lume, 2009.

Conforme se depreende do Quadro 13 a preponderância de enchentes urbanas na bacia é decorrente de inundações ribeirinhas, ou seja, dos cursos d'água que cortam as cidades. Em Passa Quatro, Pouso Alto e São Lourenço, há registros de desmoronamentos decorrentes de deficiências na drenagem urbana.



Todas as cidades na bacia do rio Verde apresentam sistemas obsoletos de drenagem urbana em que se misturam esgotos sanitários e drenagem pluvial, o que traz reflexos na saúde pública urbana. A exceção é apenas para as cidades de Varginha, Caxambu e São Lourenço, cujas redes coletoras são adequadamente a separadas.

A drenagem urbana deve constar do Plano Municipal de Saneamento previsto no Art. 19 da Lei Federal 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. No entanto, segundo o CBH Verde, nenhuma cidade o possui.

Em 2008, o CBH Verde realizou o 1º Fórum para o Desenvolvimento Sustentável da Bacia Hidrográfica do Rio Verde no qual ficou evidenciado que predominam na bacia municípios com menos de 20% de cobertura vegetal nativa. A consequência desse quadro reflete-se, principalmente no período das chuvas, em ocorrência de enchentes que provocam prejuízos incalculáveis às populações e administrações das cidades que cresceram nas vizinhanças de cursos de água.

Os resultados dos debates do Fórum apontaram que o processo de gestão dos recursos hídricos está apenas se iniciando, de forma que inúmeros desafios devem ser vencidos, sejam eles técnicos, sociais ou econômicos; e, principalmente, que deve haver o aumento da conscientização entre os usuários das águas da bacia de forma a trabalhar cada vez mais de forma coletiva. Vários pontos foram destacados: urgência na execução de ações para controle de cheias; a proteção de remanescentes vegetacionais; a recuperação de áreas degradadas da Mata Atlântica; a elaboração do Plano Diretor para definir instrumentos de gestão, execução do inventário hídrico do rio Verde; e o cadastramento dos usuários e criação da agência da bacia.

#### 4.4.13.2. DRENAGEM URBANA E CONTROLE DE ENCHENTES - CARACTERIZAÇÃO DAS CHEIAS DO RIO VERDE

No presente item são apresentados os resultados dos estudos hidrológicos elaborados com o intuito de se conhecer a magnitude e frequência de ocorrência de cheias extraordinárias do rio Verde. O estudo em questão contemplou apenas as cheias do rio Verde, por meio da análise das séries de dados históricos das estações fluviométricas existentes ao longo da calha principal, listadas no Quadro 14.

**Quadro 14 – Estações fluviométricas usadas no estudo de cheias do rio Verde**

<b>Código</b>	<b>Estação</b>	<b>Trecho</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Município</b>
61429000	Itanhandu	Alto Rio Verde	116	Itanhandu
61460000	Conceição do Rio Verde	Médio Rio Verde	1837	Conceição do Rio Verde
61510000	Três Corações	Baixo Rio Verde	4172	Três Corações
61537000	Porto dos Buenos	Baixo Rio Verde	6271	Varginha

Primeiramente foi realizada uma pesquisa, nas séries históricas das estações, das principais datas de ocorrência de vazões significativas, buscando caracterizar a magnitude e frequência de ocorrência de eventos de cheias na bacia do rio Verde.

Em seguida foi realizado um estudo de análise de frequência local para cada estação fluviométrica, a partir das amostras de vazões diárias máximas anuais, apresentadas a seguir na Tabela 108, por ano hidrológico (de 01/10/aaaa à 30/09/aaaa).

**Tabela 108 – Vazões diárias máximas anuais das estações fluviométricas adotadas nos estudos hidrológicos do rio Verde**

<b>Estação</b>	<b>61429000</b>	<b>61460000</b>	<b>61510000</b>	<b>61537000</b>
<b>A (km²)</b>	<b>116</b>	<b>1837</b>	<b>4172</b>	<b>6271</b>
<b>Ano</b>	<b>Vazão (m³/s)</b>			
1933-1934		84.0	117.8	
1934-1935		148.2	344.0	
1935-1936	27.3	159.5	371.0	
1936-1937	28.5	176.4	387.0	
1937-1938	32.3	183.3	359.0	
1938-1939	37.0	126.1	290.2	
1939-1940	46.5	169.1	381.6	
1940-1941	27.5	120.4	268.6	
1941-1942	28.3	123.9	258.7	
1942-1943	34.1	180.4	373.4	
1943-1944	21.4	113.9	251.5	
1944-1945	51.8	196.9	340.8	
1945-1946	62.5	335.6	828.6	
1946-1947	42.5	225.1	516.0	
1947-1948	28.8	131.4	292.0	
1948-1949	52.9	221.9	369.0	
1949-1950	42.2	178.4	347.0	
1950-1951	15.1	112.7	266.8	
1951-1952	32.5	146.8	275.8	
1952-1953	16.8	70.9	179.6	
1953-1954	38.4	110.6	268.2	
1954-1955	38.7	104.3	202.6	
1955-1956	44.5	175.4	381.0	
1956-1957	72.9	220.3	401.0	
1957-1958	43.1	165.7	354.1	
1958-1959	64.7	235.9	462.0	
1959-1960	22.6		312.8	
1960-1961	75.5	250.0	621.8	
1961-1962	21.4	128.0	427.0	
1962-1963	45.6	214.5	670.3	
1963-1964	31.8	162.8	372.0	
1964-1965	51.8	147.7	358.0	
1965-1966	41.1	220.9	450.9	
1966-1967	39.5	218.8	491.8	
1967-1968	12.9	98.2	200.2	281.5
1968-1969	32.3	159.5	387.2	500.0

Continua...

**Tabela 108 – Cont.**

<b>Estação</b>	<b>61429000</b>	<b>61460000</b>	<b>61510000</b>	<b>61537000</b>
<b>A (km²)</b>	<b>116</b>	<b>1837</b>	<b>4172</b>	<b>6271</b>
<b>Ano</b>	<b>Vazão (m³/s)</b>			
1969-1970	65.3	204.6	379.5	417.4
1970-1971	12.3	63.1	161.8	236.2
1971-1972	38.1	135.8	289.0	417.4
1972-1973	28.8	177.4	367.4	407.7
1973-1974	37.6	122.1	353.0	396.2
1974-1975	43.4	108.9	231.5	324.5
1975-1976	64.4	180.8	335.0	444.9
1976-1977	44.5	195.4	408.1	514.6
1977-1978	20.9	106.8	270.0	419.3
1978-1979	72.1	154.7	288.0	356.9
1979-1980	60.9	221.9	563.4	559.6
1980-1981	44.8	247.9	702.2	566.2
1981-1982	51.8	223.5	487.0	564.0
1982-1983	37.8	243.5	493.0	574.9
1983-1984	35.1	215.1	423.5	557.4
1984-1985	18.1	126.5	383.9	649.2
1985-1986	51.7	216.1	414.7	409.6
1986-1987	47.3	278.2	576.9	871.3
1987-1988	29.3	138.6	322.0	437.0
1988-1989	29.8	130.0	281.1	413.5
1989-1990	56.3	133.2	292.0	442.9
1990-1991		254.0	478.6	561.8
1991-1992	28.3	241.9	484.6	646.9
1992-1993	21.6	127.4	210.0	296.7
1993-1994	23.7	87.5	167.4	260.1
1994-1995	29.3	235.9	396.0	500.0
1995-1996		113.1	273.0	310.5
1996-1997		191.9	371.8	525.2
1997-1998		85.1	186.6	288.2
1998-1999		195.4	351.9	479.3
1999-2000	56.3	274.2	553.1	1389.4
2000-2001	8.9	69.6	158.6	268.2
2001-2002	29.8	157.3	319.0	
2002-2003			396.0	
<b>Média</b>	<b>38.6</b>	<b>168.7</b>	<b>365.0</b>	<b>479.1</b>
<b>Máxima</b>	<b>75.5</b>	<b>335.6</b>	<b>828.6</b>	<b>1389.4</b>

Esta etapa foi realizada com o auxílio do programa computacional SEAF (Sistema Especialista em Análise de Frequência de Eventos Hidrológicos Máximos Anuais), desenvolvido por CANDIDO & NAGHETTINI, de domínio público, disponível no endereço eletrônico [www.ehr.ufmg.br](http://www.ehr.ufmg.br).

As Figuras 133 a 136 ilustram as séries de vazões médias diárias das estações fluviométricas estudadas; e nas Figuras 137 à 140 são apresentadas as amostras de vazões diárias máximas anuais adotadas nos estudos de análise de frequência. As séries históricas de vazões possuem um período de 70 anos de dados com poucas falhas. Em relação aos anos de cheias excepcionais, no período de 05 a 07/01/2000 a estação 61460000, instalada em Conceição do Rio Verde, e a 61510000, em Três Corações, foram encobertas pela enchente do rio Verde, razão da falta de registros.

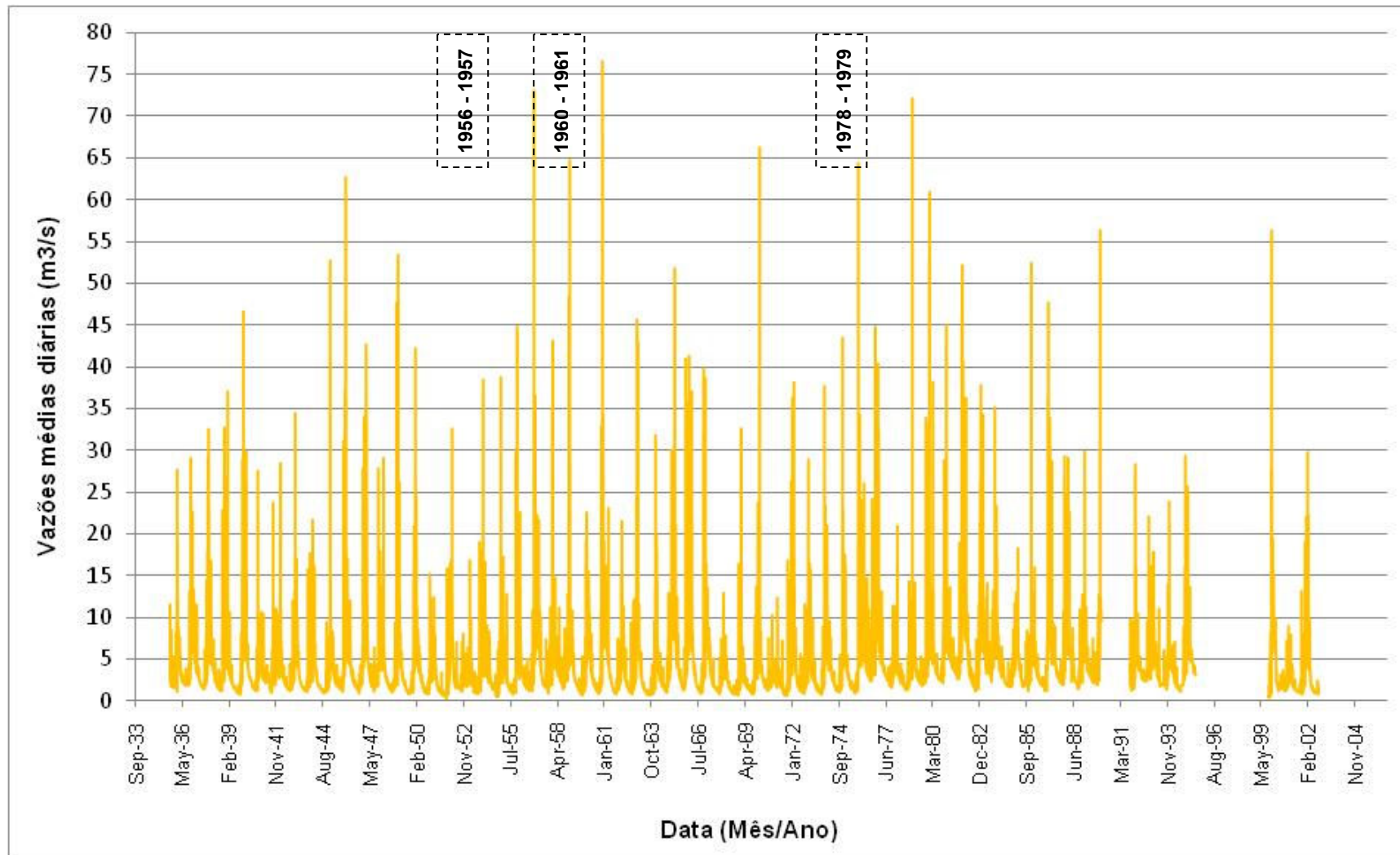


Figura 133 - Série de vazões médias diárias do rio Verde em Itanhandu (Estação Fluviométrica 61429000).

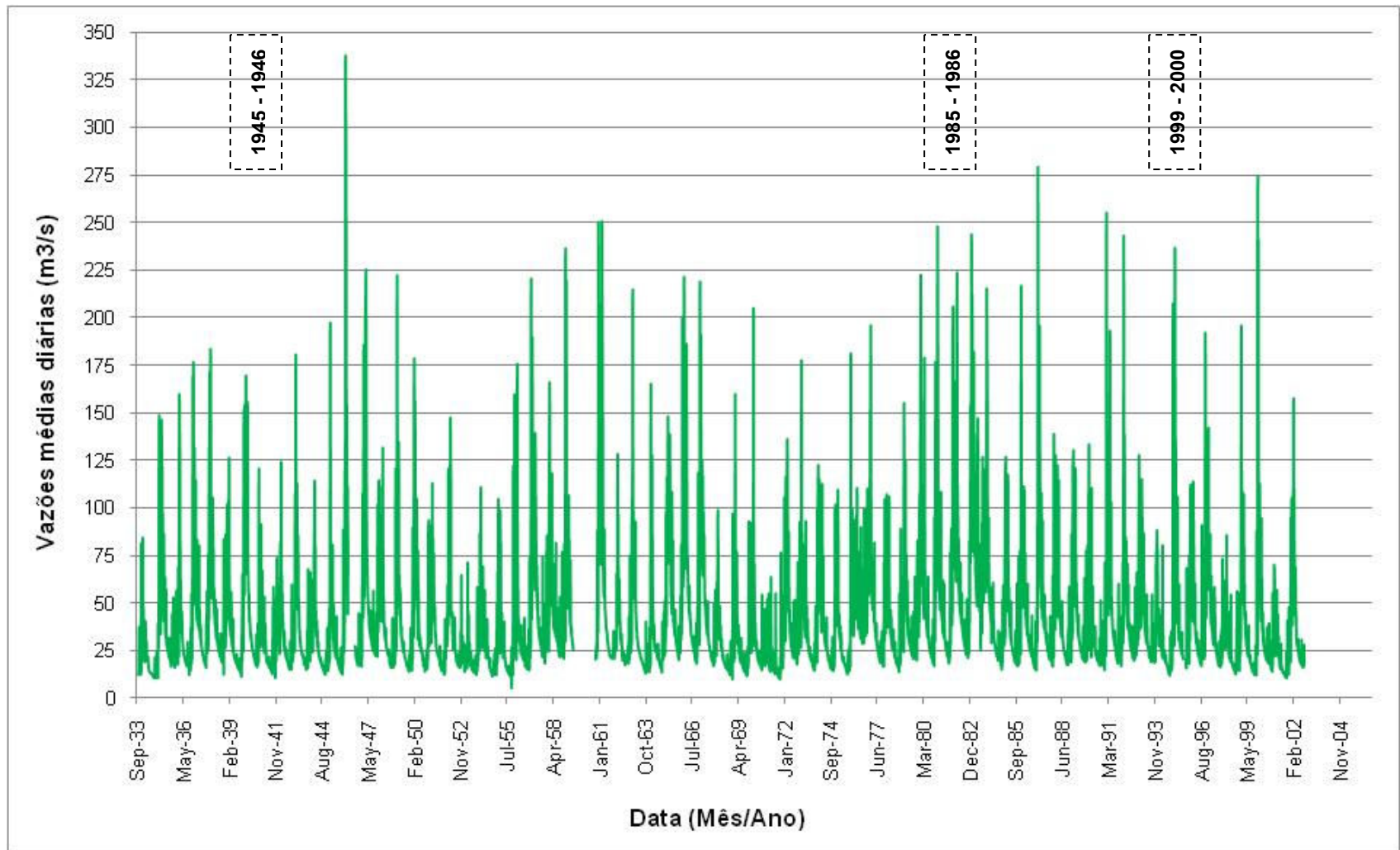


Figura 134 - Série de vazões médias diárias do rio Verde em Conceição do Rio Verde (Estação Fluviométrica 61460000).

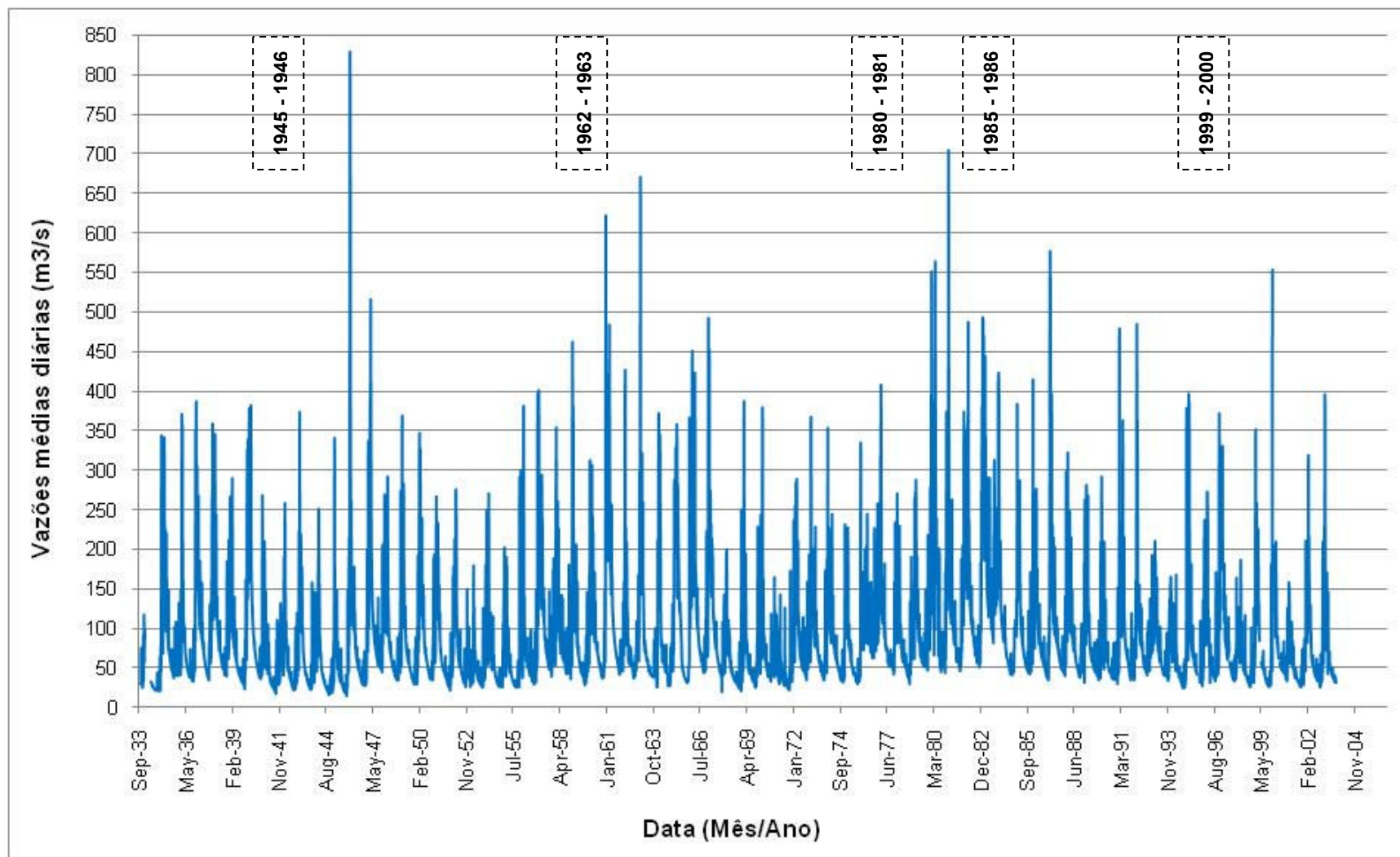


Figura 135 - Série de vazões médias diárias do rio Verde em Três Corações (Estação Fluviométrica 61510000).

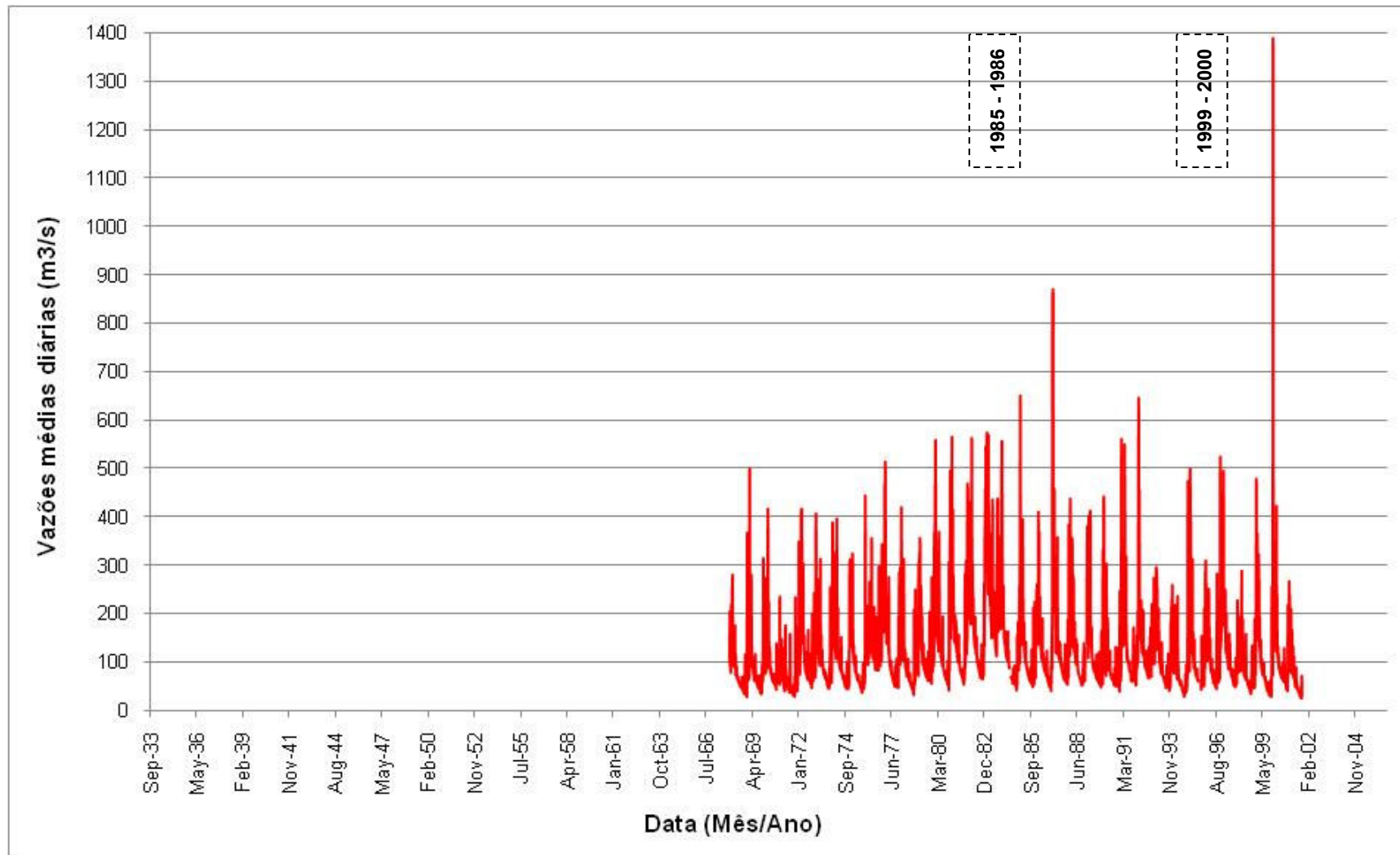


Figura 136 - Série de vazões médias diárias do rio Verde em Varginha (Estação Fluviométrica 61537000).



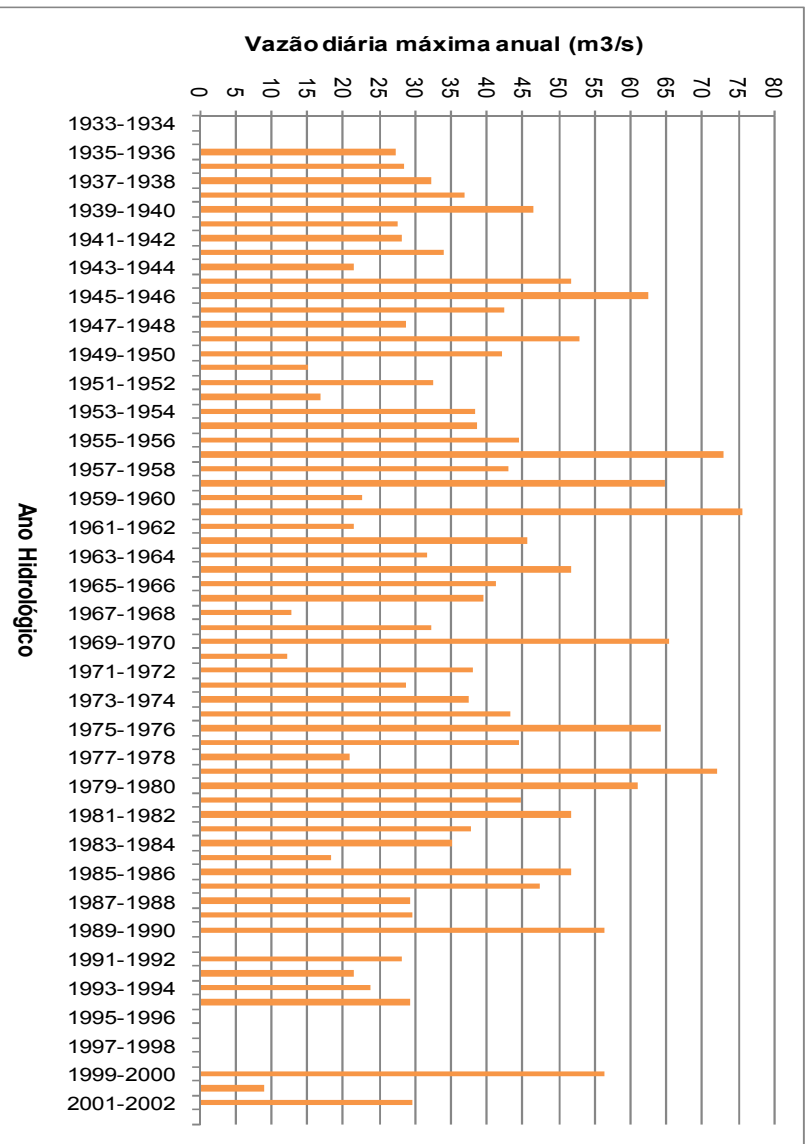


Figura 137 - Amostra de vazões diárias máximas anuais do rio Verde em Itanhandu (Estação Fluviométrica 61429000).

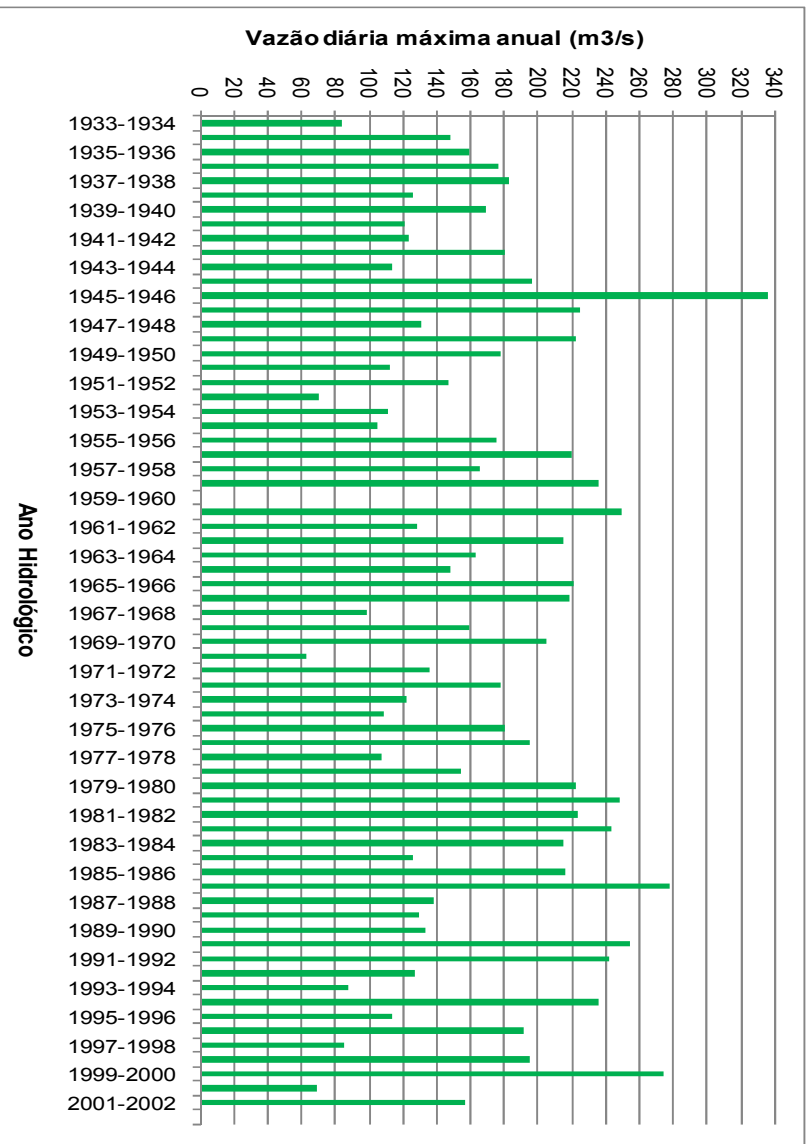


Figura 138 - Amostra de vazões diárias máximas anuais do rio Verde em Conceição do Rio Verde (Estação Fluviométrica 61460000).

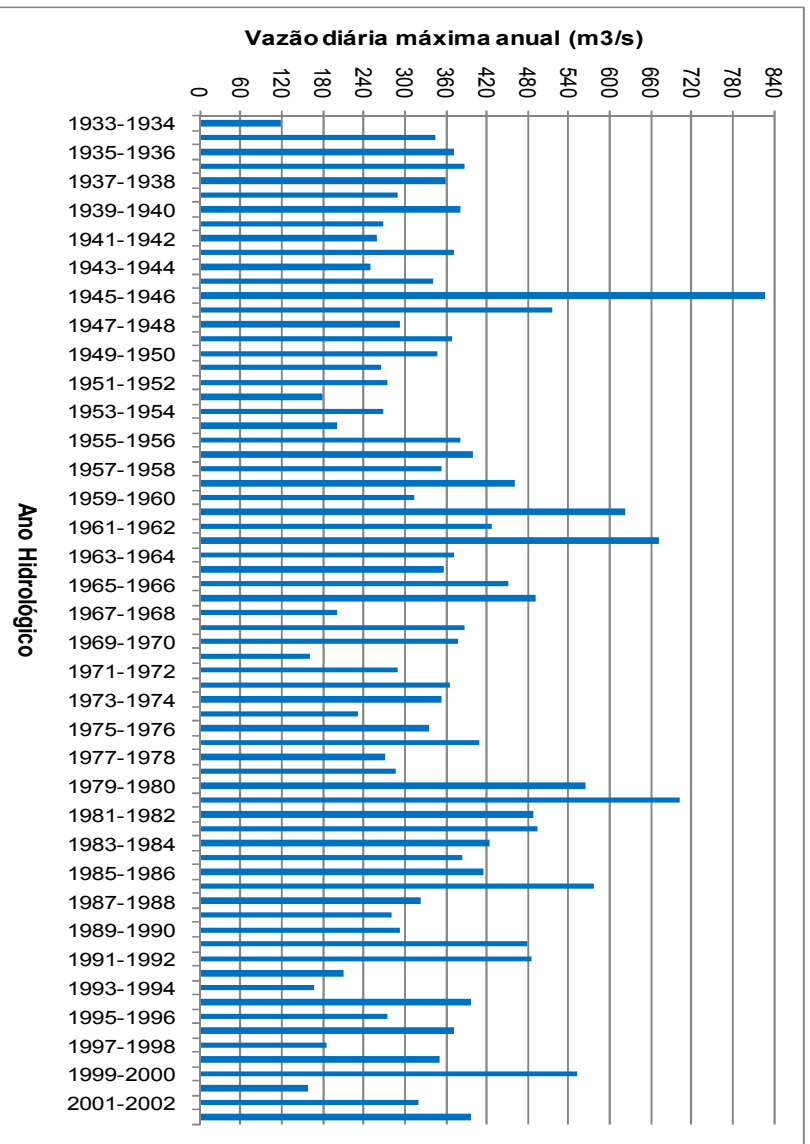


Figura 139 - Amostra de vazões diárias máximas anuais do rio Verde em Três Corações (Estação Fluviométrica 61510000).

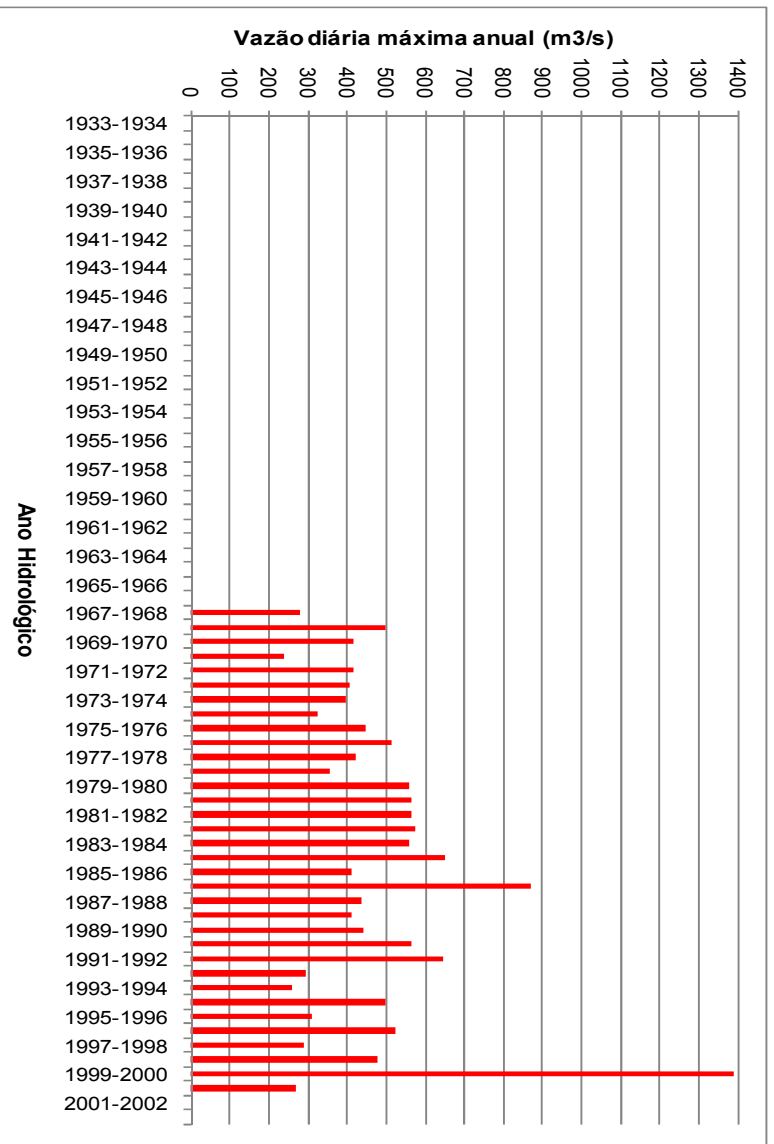


Figura 140 - Amostra de vazões diárias máximas anuais do rio Verde em Varginha (Estação Fluviométrica 61537000).

Por meio do programa SEAF foram ajustadas às amostras individuais as seguintes distribuições: Generalizada de Valores Extremos Tipo I (Gumbel), Log-Normal de Dois Parâmetros, Exponencial, Pearson III, Log-Pearson III e Generalizada de Valores Extremos (GEV).

Na escolha da distribuição que melhor se ajustasse às amostras analisadas, foram empregados, além da análise visual, testes de aderência como o  $X^2$  (Qui-Quadrado) e o de Kolmogorov-Smirnov. Além disso, foram verificadas as hipóteses básicas para aplicação das técnicas de análise de frequência: homogeneidade, independência e presença de *outliers*.

Assim, foram identificadas as distribuições de probabilidade que melhor se ajustaram às amostras de vazões diárias máximas anuais de cada estação. Os resultados obtidos possibilitaram a estimativa da magnitude das vazões de cheias, associadas aos diferentes tempos de ocorrência ou períodos de retorno, nas seções fluviiais do rio Verde correspondentes à cada uma das estações fluviométricas estudadas. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 109.

**Tabela 109 – Cheias de projeto do rio Verde nas estações fluviométricas adotadas nos estudos hidrológicos**

Estação	61429000	61460000	61510000	61537000
A (km <sup>2</sup> )	116	1837	4172	6271
Distribuição	Pearson III	Pearson III	Gumbel	LogNormal
TR(anos)	Cheias de Projeto (m <sup>3</sup> /s)			
2	37.02	165.24	343.14	447.11
5	51.54	216.96	460.64	600.27
10	60.06	246.03	538.44	700.20
50	76.63	300.54	709.65	917.49
100	82.98	320.86	782.03	1009.34
200	89.03	339.96	854.15	1101.44
1000	102.23	380.86	1021.20	1318.73

No que diz respeito ao comportamento das chuvas que ocorrem na bacia hidrográfica do rio Verde, o estudo de caracterização pluviométrica apontou alguns aspectos interessantes e peculiares da bacia em questão:

- Os resultados obtidos indicaram um índice médio de chuva na bacia do rio Verde de 1450 mm/ano, variando entre 1200 e 1800 mm/ano;
- O período chuvoso estende-se de outubro a março do ano subsequente;
- O trimestre mais chuvoso, na área de estudo, é representado pelos meses de dezembro, janeiro e fevereiro com total médio de 712.5 mm, correspondente a cerca de 50% do total anual; e

- Os meses com maiores ocorrências (dias chuvosos) de eventos de precipitações são os meses de novembro, dezembro e janeiro.

Estes aspectos contribuem para a formação de cheias e ocorrência de enchentes na bacia do rio Verde. Isso ocorre porque as precipitações concentram-se em um período relativamente curto do ano, provocando a saturação do solo e o aumento dos volumes de escoamento superficial e, conseqüentemente, a elevação dos níveis dos cursos d'água e o enchimento das planícies de inundação naturais.

As Figuras 141 à 146 ilustram os trechos dos municípios localizados ao longo da calha principal do rio Verde com maiores riscos de inundações. De uma forma geral, em relação ao uso e ocupação atual destes trechos pode-se destacar:

- O rio Verde corta o município de Itanhandu no seu perímetro urbano, com riscos de inundações em áreas com predominância de ocupação residencial;
- No trecho pertencente ao município de São Sebastião do Rio Verde, o rio corta de forma sinuosa uma área bastante preservada;
- Na sede de São Lourenço, o rio Verde passa pela área central, com ocupação consolidada, e pela de expansão urbana do município;
- Na região próxima à sede do município de Conceição do Rio Verde, o rio principal passa de forma sinuosa por uma área rural e um pequeno trecho de expansão urbana;
- Três Corações destaca-se por ser um trecho com calha maior (neste trecho o rio Verde já recebeu as contribuições das sub-bacias dos rios Baependi e Lambari), com meandros acentuados, passando pela área central do município; e
- Em Varginha o rio Verde corta uma região de expansão urbana e predominantemente rural.



Figura 141 - Trecho do rio Verde no município de Itanhandu.



Figura 142 - Trecho do rio Verde no município de São Sebastião do Rio Verde.





**Figura 143 - Trecho do rio Verde no município de São Lourenço.**



**Figura 144 - Trecho do rio Verde no município de Conceição do Rio Verde.**





**Figura 145 - Trecho do rio Verde no município de Três Corações.**



**Figura 146 - Trecho do rio Verde no município de Varginha.**

As distâncias consideráveis, associadas às declividades suaves do rio Verde, proporcionam um tempo de propagação (trânsito) das cheias suficiente para viabilizar a implantação de um sistema integrado (no sentido de se considerar toda a bacia hidrográfica) de previsão e alerta de cheias, reduzindo os danos proporcionados por eventuais inundações nos centros urbanos ao longo de seu percurso.

Recomenda-se a elaboração de estudos hidráulicos da calha do rio Verde, com o intuito de se conhecer as velocidades e tempos de propagação das cheias do rio nos trechos de interesse para a cobertura do sistema de previsão e alerta de cheias. Além, disto, os meandros naturais e as planícies de inundação existentes ao longo do rio Verde favorecem o amortecimento e retardo das cheias, reduzindo assim os riscos de inundações nos municípios cortados por este curso d'água. Portanto, para uma mitigação das cheias, é fundamental a recuperação e manutenção do leito natural do rio Verde e seus tributários, bem como a restrição do uso e ocupação do solo nas áreas de preservação permanente existentes ao longo das margens destes cursos d'água.

De acordo com consultas realizadas as prefeituras dos municípios integrantes da bacia do rio Verde e de pesquisas na internet, foram destacadas as seguintes enchentes:

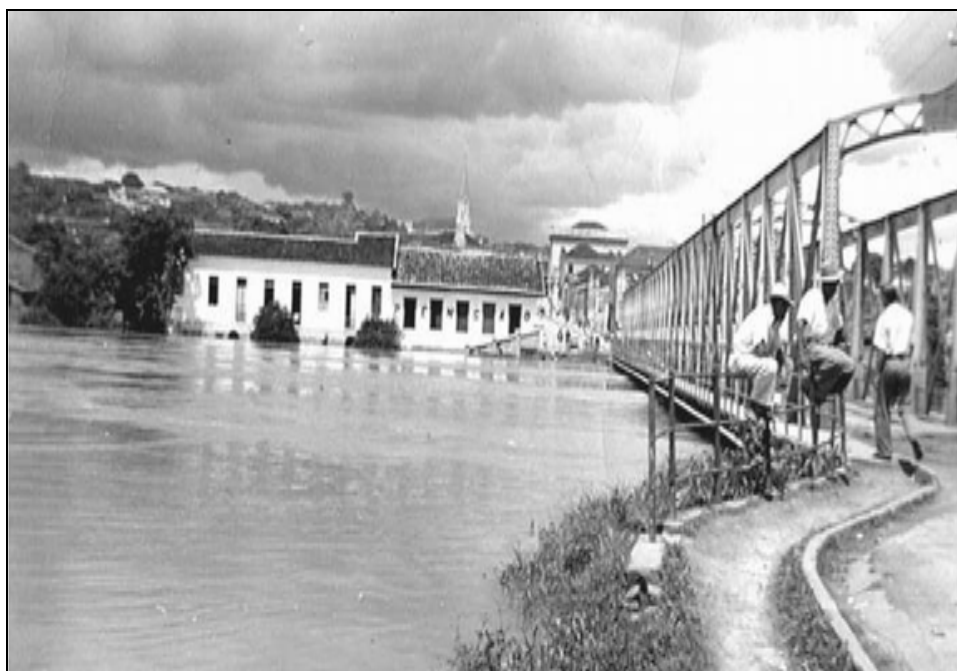
- Em janeiro de 2000 atingindo bairros dos municípios de São Lourenço, Conceição do Rio Verde, Soledade de Minas e São Sebastião do Rio Verde;
- Em janeiro de 2000 foi decretado estado de calamidade pública, e em janeiro de 2007 decretou-se estado de emergência no município de Itanhandu. Nesta ocasião foram alagados os bairros Várzea, Ipê Amarelo e Nossa Senhora de Fátima; e
- No século XX foram registradas 03 grandes enchentes no município de Três Corações, nos anos de 1906, 1946 e 1986 (Figuras 147 à 149). Devido à coincidência cronológica do período, havia uma crença popular que de 40 em 40 anos ocorreria enchentes do rio verde. Entretanto, contrariando a crença, em janeiro de 2000 ocorreu uma das mais desastrosas enchentes no município, quando o nível do rio Verde subiu e deixou totalmente submersos bairros e regiões ribeirinhas.





**Figura 147 - Enchente de 1906 no município de Três Corações.**

Fonte: Acervo Victor Cunha, in: [www.trescoracoes.net](http://www.trescoracoes.net)



**Figura 148 - Enchente de 1946 no município de Três Corações.**

Fonte: Acervo Victor Cunha, in: [www.trescoracoes.net](http://www.trescoracoes.net)



**Figura 149 - Enchente de 1986 no município de Três Corações.**

Fonte: Acervo Victor Cunha, in: [www.trescoracoes.net](http://www.trescoracoes.net)

#### 4.4.13.3. POLÍTICAS PÚBLICAS ESTADUAIS PARA DRENAGEM

##### **A questão das enchentes urbanas**

O problema de drenagem urbana vem apresentando impactos tão significativos que o Estado de Minas Gerais, por meio COPAM emitiu a Deliberação Normativa nº 95 em 12/04/2006, que dispõe sobre critérios para o licenciamento ambiental de intervenções em cursos d'água, de sistemas de drenagem urbana. Esta Deliberação apresenta as seguintes considerações:

- Há necessidade de estabelecer critérios para o licenciamento de intervenções em cursos d'água;
- Os sistemas de drenagem apontam para a preservação dos cursos d'água, sua despoluição e manutenção das várzeas de inundação; e
- O revestimento das calhas dos rios provoca o aumento da velocidade de escoamento, com conseqüente transferência das inundações para jusante, e eliminação de ecossistemas aquáticos.

Em decorrência de tais fatos, impõem severas restrições ao uso de canalizações em cursos de água urbanos.

## **Projeto *SWITCH***

No ano de 2004, a União Europeia lançou um edital de pesquisa e desenvolvimento (P&D) na área de recursos hídricos, com foco em ambientes urbanos. Três foram as principais justificativas dessa iniciativa:

- A necessidade de aprimoramento da avaliação integrada dos riscos associados aos sistemas complexos de uso da água e de gestão de eventos críticos em contexto urbano (inundações, escassez, poluição crônica e acidental de corpos d'água);
- A necessidade de desenvolvimento de estratégias e de práticas de gestão de águas urbanas para fazer face a pressões de mudança global, como o crescimento demográfico, a urbanização e as mudanças climáticas; e a seus impactos sobre os processos naturais e disponibilidade de água, em quantidade e qualidade; e
- O propósito de assegurar a qualidade, a eficiência e a efetividade da gestão de águas urbanas.

A decisão da União Europeia foi publicada em julho de 2005, em favor da rede denominada *SWITCH - Sustainable Water Management Improves Tomorrow's Cities' Health*, liderada pelo instituto IHE, da UNESCO, sediado em Delft, na Holanda. Essa rede é composta por 32 instituições, de 15 países, da qual fazem parte a Prefeitura de Belo Horizonte (PBH) e a Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG.

Na fase de preparação do projeto, no primeiro semestre de 2005, da qual participaram profissionais da UFMG e da PBH, Belo Horizonte foi escolhida como uma das 9 áreas urbanas para constituir estudos de caso no contexto do projeto *SWITCH*. Nessas cidades, designadas no projeto como Cidades de Demonstração, estão sendo desenvolvidas atividades de pesquisa, aprimoramento tecnológico e avaliação de eficiência e adequação das soluções propostas, segundo aspectos técnicos, econômicos e sociais, bem como atividades de formação, treinamento e demonstração. As demais cidades são: Hamburgo, Birmingham, Lodz, Zaragoza, Tel Aviv, Alexandria, Pequim e Accra.

## **Seminário Internacional sobre Revitalização de Rios**

A SEMAD promoveu, em setembro de 2008, em Belo Horizonte, o primeiro seminário internacional sobre revitalização de rios, no qual foram apresentadas experiências da Alemanha (Rio Isar), Inglaterra (Rio Tamisa), Estados Unidos (Rio Anacostia), França (bacias dos rios Sena e Normandie), e Brasil (Projeto DRENURBS de Belo Horizonte e Tietê em São Paulo). Ficou evidenciada, pelas exposições, a importância do planejamento da drenagem urbana, particularmente a descanalização de cursos d'água em áreas urbanizadas.

Uma das proposições mais importantes e manifestadas pelos especialistas do seminário foi o aumento das superfícies permeáveis em áreas urbanas. A recomendação é no sentido de buscar soluções alternativas que minimizem o escoamento superficial, criando o máximo possível de pontos de infiltração, como pavimentos porosos, valas de



infiltração, coberturas ajardinadas em edificações, etc. Nas Figuras 150 a 152 são apresentados exemplos de soluções que aumentam a porosidade para permitir a captura e infiltração de água de chuva. Sendo que na Figura 151, as coberturas ajardinadas em edificações apresentam os seguintes benefícios: absorvem a água de chuva; isolam a edificação (menor custo de aquecimento e refrigeração); aumentam a vida da cobertura, telhado, por 15 a 20 anos ou mais; e diminuem a temperatura na cidade.



**Figura 150 - Exemplo de piso poroso para permitir a captura e infiltração de água de chuva.**

Fonte: Anacostia Watershed Society - USA



*Greenroof on school in Stuttgart, Germany*

**Figura 151 - Exemplo de cobertura verde em escola de Stuttgart – Alemanha.**

Fonte: Anacostia Watershed Society - USA



**Figura 152 - Desconexão do coletor de água pluvial de canaletas de escoamento rápido, e encaminhamento a área permeável.**

Fonte: Anacostia Watershed Society – USA

Dentre as proposições apresentadas, julgou-se interessante destacar os seguintes exemplos de intervenções em cursos d'água urbanos que seguem critérios ambientais, com ênfase em empreendimentos bem sucedidos dentro da realidade e limitações existentes em nosso país.

### **Projeto rio Isar<sup>4</sup> – Munich – Alemanha**

O trabalho desenvolvido pelo governo de Munich tem como finalidade estratégica a recuperação do rio Isar (Figura 153) em todo o seu curso até a foz no rio Danúbio. Na parte alta da bacia este rio drena a área urbana de Munich, onde têm sido freqüentes os problemas de inundações. Como a maioria dos rios urbanos, o Isar recebeu, ao longo de séculos, intervenções com a finalidade de “civilizar” o seu leito. As intervenções acabaram se tornando desastrosas e pioraram a situação. Os maiores problemas dos rios “civilizados” - canalizados, barrados, desviados, drenados-são:

- Menor qualidade da água;
- Perda das funções ecológicas, de habitats e de interação com a água subterrânea;
- Processos morfológicos reduzidos;
- Interrupção da continuidade física;
- Eliminação das planícies de inundação com riscos de inundações;
- Acesso impedido à calha do rio; e

---

<sup>4</sup> Fonte: Trabalho apresentado sob o título: Restoration of Rivers - The German Experience - River Isar, Bavaria - Klaus Arzet - State Office of Water Management Munich



- Interação perturbada entre o leito do rio e a paisagem que o envolve.

Os objetivos principais do projeto são:

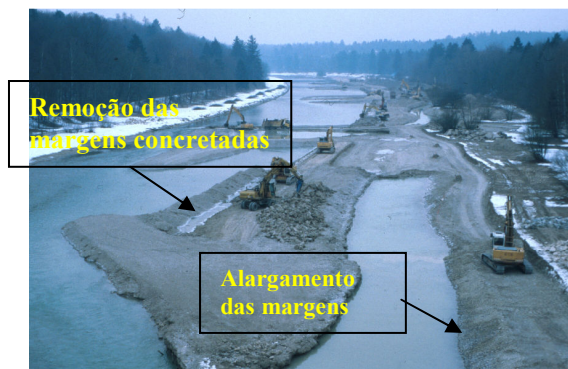
- Controle de inundações – Aumentar a capacidade de retenção de água
- Revitalização – Melhoria do nível ecológico do rio; e
- Recreação - Acesso ao rio; atividades aquáticas; vista e paisagem atraentes.

Principais intervenções efetuadas:

- Reforço nos diques;
- Remoção de margens concretadas;
- Alargamento da seção transversal;
- Rampas de fundo naturais de rochas;
- Escadas para peixes para continuidade biológica do rio; e
- Interação com o terreno.



Vista antes da restauração em 1999



Vista durante as obras



Após a restauração



Recreação urbana

**Figura 153 - Desenvolvimento das intervenções sobre o rio Isar na área urbana de Munich – Alemanha.**

Fonte: State Office of Water Management Munich – 2008

Lições extraídas das ações de revitalização do rio Isar:

- Recuperação dos espaços adequados para os processos dinâmicos;
- Alargamento do conceito de planejamento;
- A importância da equipe capacitada e da participação da sociedade (População, ONGs); e
- A importância da vontade política, do tempo e da paciência.

#### 4.4.13.4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De uma maneira geral, o histórico do enfrentamento da drenagem urbana pode ser caracterizado conforme apresentado no Quadro 15.

**Quadro 15 - Estágios de desenvolvimento da drenagem urbana**

Anos	Período	Característica
Até 1970	Higienista (Canais)	Transferência para jusante do escoamento pluvial por canalização.
1970 - 1990	Corretivo (Compensatório)	Amortecimento quantitativo da drenagem e controle do impacto existente da qualidade da água pluvial.
1990* - ?	Sustentável	Planejamento da ocupação do espaço urbano, obedecendo aos mecanismos naturais do escoamento; controle dos micro-poluentes, da poluição difusa; e o desenvolvimento sustentável do escoamento pluvial por meio da recuperação da infiltração.

De todo o exposto se conclui que um modelo sustentável de drenagem urbana deve seguir as seguintes premissas básicas:

- Conservação da vegetação e solos nativos;
- Elaboração de projetos que respeitem as peculiaridades locais naturais;
- Direcionamento do escoamento superficial para áreas vegetadas;
- Emprego de técnicas de manejo hídrico junto à fonte de geração de água; e
- Manutenção dos equipamentos, prevenção à poluição e educação da população.

#### 4.4.14. SAÚDE PÚBLICA

##### 4.4.14.1. INTRODUÇÃO – DOENÇAS TRANSMITIDAS PELA FALTA DE SANEAMENTO

A saúde pública e a gestão das águas têm um íntimo relacionamento. É importante reconhecer tal relação, pois se ambas forem trabalhadas de forma integrada, podem ser

parceiras diretas e alcançarem a mesma meta. Há uma interface nítida entre elas: a poluição das águas constitui risco direto à saúde da população. O lançamento de esgotos e lixo sem tratamento em cursos d'água, além de alterações cênicas, gera algumas conseqüências ainda pouco percebidas pelo cidadão comum, que são: a água contaminada é meio de proliferação de doenças parasitológicas e pode levar a danos à saúde da totalidade do organismo, podendo atacar o fígado, o sistema nervoso e outros órgãos através de agrotóxicos e metais pesados. A ingestão de pescados é ainda mais grave devido à concentração de organo-tóxicos e metais pesados em sua carne. Na Figura 154 é apresentado o tumor de um peixe retirado do rio Anacostia, nos Estados Unidos, formado devido ao contato com hidrocarbonetos poliaromáticos oriundos de descargas de veículos e aquecedores a carvão.



The Anacostia Watershed Society  
[www.anacostiaws.org](http://www.anacostiaws.org)



By James Forester / courtesy USFWS

Sixty percent of the brown bullhead catfish in the Anacostia River have tumors or lesions as a result of contact with polyaromatic hydrocarbons, which are the by-products of fossil fuel combustion from vehicles and coal-fired generators.

**Figura 154 - Peixe retirado do rio Anacostia, em Washington DC, apresentando tumores devido ao contato com hidrocarbonetos poliaromáticos oriundos de descargas de veículos e geradores a carvão. 60% dos peixes desse rio apresentam esta alteração.**

A contaminação por substâncias químicas em um rio no centro-leste da Austrália está sendo apontada como a principal culpada pelo nascimento de peixes com duas cabeças. Moradores que vivem perto do rio Noosa, no Estado de Queensland, disseram à mídia local acreditar que a poluição tenha deformado milhões de larvas de peixes. Segundo eles, as substâncias poluentes seriam provenientes de uma fazenda de macadâmias (tipo de fruto originário da Austrália), situada próximo ao local. O aquicultor Matt Landos, do Centro de Saúde Aquática Animal, disse à BBC Brasil que a incidência dessas substâncias poderia trazer riscos para a saúde humana: *"Não é confirmado ainda que haja risco de comer peixes da região ou tomar água. Mas assim como aconteceu com os peixes, acho legítimo se preocupar com os efeitos desses químicos na reprodução humana"*. O especialista informou que ao menos meio milhão de larvas de peixes foram infectadas durante quatro desovas que ocorreram na área. Os peixes que foram levados do rio Noosa para o local onde a procriação ocorreu "foram expostos à poluição dos pesticidas", afirmou ele. As larvas deformadas não teriam sobrevivido mais de 48 horas.



Conforme apresentado nas Figuras 155 e 156, o lixo, direta ou indiretamente, pode trazer uma série de problemas à saúde humana.



Figura 155 - Efeitos diretos do lixo sobre a saúde do homem.

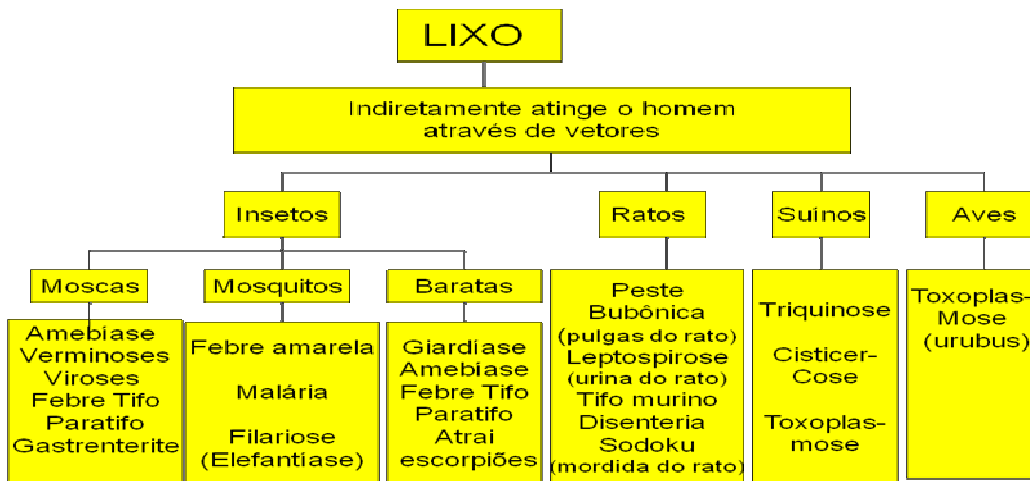


Figura 156- Efeitos indiretos do lixo a saúde do homem.

Fonte: Cortesia Professora Maeli Estrela Borges (2004)

As deficiências no abastecimento de água podem causar também uma série de doenças conforme mostrado no Quadro 16.

**Quadro 16 – Classificação ambiental das infecções relacionadas com a água.**

Categoria	Infecção
1 – Feco-orais (Transmissão hídrica ou relacionada com a higiene): - Ingestão do agente causador; - Água contaminada com o parasito.  Solução: melhorar a qualidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diarréias e disenterias: disenteria amebiana, Cólera, Diarréia por <i>E. coli</i>, Giardíase, diarréia por rotavírus;</li> <li>• Febres entéricas: febre tifóide, febre paratifóide;</li> <li>• Poliomielite;</li> <li>• Hepatite A;</li> <li>• Leptospirose;</li> <li>• Ascaridíase;</li> </ul>
2 – Relacionadas com a higiene.  Solução: aumentar a quantidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doenças infecciosas da pele;</li> <li>• Doenças infecciosas dos olhos - tracoma;</li> <li>• Doenças transmitidas por pulgas.</li> </ul>
3 – Baseadas na água.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esquistossomose</li> </ul>
4 - Transmissões através de inseto (vetor que procria na água).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filariose (<i>Culex</i>);</li> <li>• Malária (<i>Anopheles</i>);</li> <li>• Arboviroses febre amarela (<i>Aedes</i>) e dengue.</li> </ul>

O professor Leo Heller da UFMG em pesquisa no município de Betim – MG chegou aos resultados apresentados na Tabela 110, relacionados ao abastecimento de água e esgotamento sanitário e sua influência sobre a saúde humana.

**Tabela 110 - Medidas de abastecimento de água e esgotamento sanitário como redutoras de doenças**

Doenças	Percentual de Redução (%)
Morbidade por diarréia	26
Ascaridíase	29
Tracoma	27
Ancilostomíase	NR
Esquistossomose	77
Mortalidade Infantil	55

Fonte: Esrey *et al* por Heller, Leo (1997)

Os metais pesados e organo-tóxicos são classificados na Portaria 518 do MS como substâncias químicas que representam risco à saúde. Um aspecto importante relativo à ingestão dessas substâncias é que elas têm a propriedade de se fixarem no tecido adiposo do organismo, sendo cumulativas. A ingestão em pequenas quantidades pode não apresentar danos perceptíveis por longo período, mas quando as perturbações no metabolismo começam a ser percebidas, praticamente não há tratamento disponível.

Algumas atividades industriais são potenciais geradoras de resíduos tóxicos. A literatura informa que existem possivelmente 100.000 compostos organo-tóxicos, dos quais só existe metodologia de análise (cromatografia) para 30.000. Destes, apenas cerca de 3.000 tem os efeitos deletérios no organismo humano conhecidos, dentre eles, merecem destaque as cianotoxinas geradas pela floração de algas (cianobactérias) conforme comentado a seguir.

O aumento da carga de fósforo vem levando à rápida eutrofização dos cursos d'água. O fenômeno encontra condições propícias em regimes lênticos (barragens, açudes e reservatórios de hidrelétricas), e temperaturas elevadas. No entanto já há exemplos de

episódios em regimes lóticos, como o ocorrido nos rios das Velhas e São Francisco, em 2007 e 2008 que obrigaram o IEF a proibir a pesca nos trechos afetados. A proliferação de cianobactérias eleva à concentração de cianotoxinas (neurotoxinas e hepatotoxinas) que podem passar incólumes pelo sistema convencional de tratamento da água e são cumulativos no organismo humano. O contato direto da pele com estas águas, no banho ou em atividades de recreação, pode resultar na irritação ou erupções da pele, inchaço dos lábios, irritação dos olhos e ouvidos, dor de garganta, inflamações nos seios da face e asma. Beber água com cianobactérias pode causar náuseas, vômitos, dores abdominais, diarreia, complicações no fígado e fraqueza muscular. (Manual da COPASA – O que você precisa saber sobre cianobactérias 2005).

O potencial de impacto de maior gravidade das cianotoxinas refere-se aos tratamentos de hemodiálise. Este tipo de tratamento equivale à ingestão pelo paciente de cerca de 500 litros de água por semana, enquanto que a ingestão normal é de 14 litros. Desta maneira o limite de 1 µg/l de cianotoxinas, apesar de pequeno, exige um processamento adicional da água dentro da clínica. Um exemplo emblemático desse risco ocorreu na Clínica de Hemodiálise de Caruaru – PE em 1996, que era abastecida com água de uma lagoa sem controle sanitário. Ocorreram 74 óbitos de pacientes até que o problema pudesse ser detectado.

Outra consequência da eutrofização é que a massa algal, presente na água bruta em sistemas de tratamento, reage com o cloro da pré-cloração e mesmo na desinfecção, gerando trihalometanos. Esta massa de matéria orgânica é designada pela OMS (Organização Mundial da Saúde) como precursora da formação destes compostos. Os vários tipos de trihalometanos são absorvidos pelo trato gastrointestinal e a exposição prolongada causa lesões hepáticas, renais e na tireóide.

Experiências em laboratórios têm mostrado também a ocorrência de tumores cancerígenos. Para se controlar os trihalometanos devem ser agregadas várias fases ao tratamento convencional para reduzir os precursores, entre elas a flotação e a ozonização. Deve-se também cuidar para que o cloro da desinfecção não fique residual no sistema distribuidor. (*Guias para La calidad del agua potable* – OMS 2006).

O assunto cianobactérias (Figura 157) e cianotoxinas, não obstante sua gravidade só recentemente passou a merecer a atenção das autoridades sanitárias e ambientais. O Ministério da Saúde somente incorporou as exigências sobre seu controle a partir do ano de 2000, na Portaria nº 1469, de potabilidade da água (atual Portaria nº 518/2004).

#### 4.4.14.2. CASOS CONFIRMADOS NOTIFICADOS NOS SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO DO MINISTÉRIO DA SAÚDE (SINAN-MS) NA BACIA DO RIO VERDE QUE TÊM RELAÇÃO COM A FALTA DE SANEAMENTO

Os registros disponíveis referem-se às seguintes doenças:

- Esquistossomose (fonte SINAN-MS - 2008): Há 2.992 casos notificados em Minas Gerais no ano de 2008, nenhum na bacia;
- Hepatite (fonte SINAN-MS - 2008): No Estado de Minas Gerais, em 2008, ocorreram 3194 notificações, sendo 144 na bacia, nos municípios relatados na Tabela 111;

- Cólera e Difteria (fonte SINAN-MS - 2008): Não há nenhum registro selecionado destas doenças no estado de Minas Gerais;
- Febre Tifóide (fonte SINAN-MS - 2008): No estado de Minas Gerais há 5 registros, nenhum na bacia do rio Verde;
- Leptospirose (fonte SINAN-MS - 2008): No estado de Minas Gerais há 66 notificações, sendo 2 na bacia, 1 no município de São Lourenço e 1 no município de Varginha.

**Tabela 111 – Municípios na bacia do rio Verde com incidência de hepatite**

Municípios	Notificações	Notificações (por 1.000 hab)
Aiuruoca	3	
Baependi	10	0,56
Carmo de Minas	36	2,65
Caxambu	7	0,33
Conceição do Rio Verde	2	0,16
Cruzília	4	0,30
Itamonte	3	0,24
Itanhandu	3	0,21
Lambari	23	1,32
Olimpio Noronha	3	1,20
Pouso Alto	1	0,16
São Lourenço	13	0,32
Três Corações	5	0,07
Varginha	31	0,27
Total	144	

Fonte: SINAN-MS – 2008

Deve-se registrar que em 20/11/2009 “a Fundação Ezequiel Dias (FUNED) divulgou os resultados das análises da água encanada em Cambuquira e constatou a presença de uma bactéria que pode ter causado um surto de diarreia na cidade. Cinco amostras coletadas no sistema de captação do município revelaram que a água é imprópria para o consumo.” (Jornal Estado de Minas, 21/11/2009)

#### 4.4.14.3. RESULTADOS DO MONITORAMENTO E PESQUISAS SOBRE CIANOBACTÉRIAS E CIANOTOXINAS NA BACIA DO RIO VERDE

Em consulta feita ao laboratório central da COPASA, o biólogo Fernando Jardim, responsável pelas análises do monitoramento dos mananciais da empresa, informou que não há registro de contagem de cianobactérias em nível superior a 10.000 células/ml (1mm<sup>3</sup>/l de biovolume) em todos os 9 municípios operados pela COPASA na bacia do rio Verde, até julho de 2009. O número de 10.000 células/ml é o limite a partir do qual a Portaria 518 recomenda providências especiais quanto à frequência de amostragem e adequações no sistema de tratamento

A Portaria 518 de 23/6/2004 - Padrão de potabilidade de água para o consumo humano - estabelece:

“Art. 18 §5º - Sempre que o número de cianobactérias na água do manancial, no ponto de captação, exceder 20.000 células/ml (2mm<sup>3</sup>/l de biovolume), durante o

*monitoramento de que trata o § 1º do artigo 19, será exigida a análise semanal de cianotoxinas na água na saída do tratamento e nas entradas (hidrômetros) das clínicas de hemodiálise e indústrias de injetáveis, sendo que esta análise pode ser dispensada quando não houver comprovação de toxicidade na água bruta por meio da realização semanal de bioensaios em camundongos.*

*Art. 19 §1º O monitoramento de cianobactérias na água do manancial, no ponto de captação, deve obedecer frequência mensal, quando o número de cianobactérias não exceder 10.000 células/ml (ou 1mm<sup>3</sup>/l de biovolume), e semanal, quando o número de cianobactérias exceder este valor.”*

O monitoramento das cianobactérias (análise hidrobiológica) e das cianotoxinas (análise cromatográfica) exige equipamentos de alto custo, e pessoal muito especializado, o que torna este tipo de controle ainda indisponível para a maioria dos sistemas de abastecimento público. No entanto, problema não pode ser negligenciado porque já afeta muitos corpos d'água.

No nordeste e no semi-árido brasileiro grande parte dos açudes está eutrofrizada. Para citar exemplos na região sudeste há o caso dos reservatórios de Billings e Guarapiranga, que produzem 14 m<sup>3</sup>/s, e são responsáveis pelo abastecimento da zona sul de São Paulo (Figura 157). A empresa SABESP usou durante muitos anos, algicidas para prevenir a floração de cianobactérias, o que foi proibido pelas autoridades ambientais. A solução encontrada foi mudar o tipo de tratamento com a injeção de carvão ativado para a adsorção das cianotoxinas.



**Figura 157 - Represas Billings, Taquacetuba e Guarapiranga em São Paulo - Captação flutuante para reduzir o aporte de cianobactérias na água a ser tratada.**

No ano de 1980 por causa da presença excessiva da alga *Anabaena*, a COPASA desativou a ETA que usava água da lagoa da Pampulha em Belo Horizonte. A ETA tinha apenas quatro anos de funcionamento. Outro caso é a lagoa cárstica na cidade de Confins, na bacia do rio das Velhas, que apresenta episódios constantes de mortandade de peixes.

A solução para este problema, em sistemas de abastecimento, pode passar basicamente por dois níveis, quais sejam:

- Preventivo: Reduzir o aporte de fósforo para o reservatório. O lago de Bodensee que faz fronteira da Alemanha com a Suíça, França e Áustria, nos anos 1970 estava apresentando teores alarmantes de cianobactérias. Este lago serve de captação de água para 19 serviços de abastecimento. Os quatro países limítrofes ao mesmo decidiram, em conjunto, fazer o tratamento de todos os efluentes até o nível quaternário. O aporte de fósforo que era de 40 µg/l caiu para 10 µg/l e o lago retornou à sua condição de oligotrófico. Trabalho semelhante está sendo feito na lagoa Rodrigo de Freitas no Rio de Janeiro. O biólogo Mário Moscatelli, do movimento SOS Mata Atlântica, afirma que “...*esse sistema lagunar ainda é uma grande latrina. Cianobactérias, chigogas e tudo o mais vem a reboque da falta de saneamento. E não adianta o Estado fazer o dever de casa e o município não fazer política de habitação na região, onde favelas se proliferam*” (Jornal O Globo 31/05/2009). A professora Sandra Azevedo da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ afirma que “*A expectativa é que o ecossistema melhore em cerca de uma década, se houver um processo de retirada total dos efluentes, melhoria da circulação e remoção do lodo*” (Jornal O Globo 31/05/2009); e
- Corretivo: Utilizar processos avançados de tratamento da água captada – Devem ser utilizadas tecnologias de flotação, ozonização, carvão ativado (granular ou em pó) e eventualmente osmose reversa. É de se ressaltar que o uso de carvão ativado aumenta significativamente a quantidade de resíduos da ETA.

A solução preventiva é a mais eficaz e mais adequada ambientalmente, porém é a que demanda mais investimentos e tem resultados mais lentos. Em sistemas de menor porte a solução pode ser a substituição do manancial, solução esta extremamente onerosa e praticamente impossível para pequenos municípios.

No que se refere aos aproveitamentos hidrelétricos, na bacia hidrográfica do rio Verde, conforme IPT (2008) há 2 pequenas centrais hidrelétricas (Cristina e Congonhal I); e 3 centrais geradoras hidrelétricas (Lamins, Congonhal II, Ribeirão e Pirambeira), todas em operação, exceto Cristina em fase de outorga. As concessionárias são Eletroriver S/A (Cristina) e AES Minas PCH. O monitoramento de qualidade da água não é uma necessidade em sua operação nem tem sido exigida pelos órgãos ambientais licenciadores. A professora Alessandra Giani, do Instituto de Ciências Biológicas da UFMG, realizou um estudo do lago de Furnas com o apoio de fotos de satélite e análises dos locais que evidenciam o alto grau de eutrofização do mesmo. A COPASA capta água do lago de Furnas para as cidades de Alfenas e Carmo do Rio Claro e teve que adequar as respectivas estações de tratamento para esta característica.

#### 4.4.14.4. GESTÃO DA SAÚDE PÚBLICA, QUALIDADE DE VIDA E EXPECTATIVA DE VIDA

No ano de 2006 o *British Medical Journal*, uma das mais conceituadas publicações mundiais na área, completou 150 anos e fez uma pesquisa junto a seus assinantes sobre qual foi a ação de maior impacto positivo na melhoria da saúde da humanidade naquele período de sua história. Cerca de 1.140 profissionais da medicina de vários países elegeram, em primeiro lugar, o avanço na qualidade e na cobertura dos serviços de saneamento. Na avaliação desses profissionais, mesmo os considerados grandes avanços da medicina como vacinas, anestesia e antibióticos tiveram pontuação inferior.

No Brasil, é reconhecido que cada real investido nos serviços de saneamento resulta na economia de quatro reais no custeio dos serviços de assistência à saúde. Não obstante este fato, o quadro de gravidade de filas em hospitais e unidades de saúde faz com que as autoridades sanitárias priorizem a medicina assistencial, gerando um círculo vicioso. A população por sua vez não dá a devida importância à necessidade de um serviço público de abastecimento de qualidade, e menos ainda às questões ambientais envolvendo os resíduos. Há uma crença generalizada nas pessoas de que, mesmo em sistemas públicos de abastecimento de má qualidade, a ingestão de água mineral resolve os riscos de saúde. Não é lembrado que a qualidade assegurada da água é fundamental para outros usos como a higienização de hortaliças, limpeza dos utensílios de cozinha e banho.

Tanto a gestão de recursos hídricos proposta pela Lei das Águas, como a gestão do Sistema Único de Saúde - SUS são modelos, em construção, que valorizam a descentralização e garantem a autonomia aos conselhos locais. Constituem exemplos de exercício pleno da democracia, nos quais o debate das idéias e das diferentes visões conduz ao aprimoramento dos modelos, e se cria a tão falada “vontade política” dos governantes, propiciando os desejados avanços

De todos os municípios da bacia do rio Verde apenas Lambari afirma que cumpre integralmente a Portaria 518 do Ministério da Saúde. Todos os vinculados à COPASA, num total de nove, e mais São Lourenço afirmam cumprir parcialmente. Sobre os demais não há informação disponível. Tal fato deve ser verificado pelas autoridades sanitárias quanto aos riscos envolvidos devido à ausência quase total de tratamento dos esgotos na bacia. A falta de controle sobre a água distribuída e de adequados sistemas de esgotamento sanitário e de disposição de lixo urbano, são fatores que causam a perenização de doenças gastrointestinais, como o surto ocorrido em Cambuquira.

Os levantamentos feitos pelo IBGE sobre expectativa de vida ao nascer mostraram uma média para o país, no ano de 2000, de 71,9 anos. Para o Estado de Minas Gerais os resultados são apresentados na Tabela 112.

**Tabela 112 - Esperança de vida ao nascer no Estado de Minas Gerais**

Esperança de vida (anos) - Minas Gerais			
1991	2000	2005	2010
68,97	72,73	74,10	75,37

Fonte: IBGE (2000)

Na bacia do rio Verde (Tabela 113) a esperança de vida ao nascer evoluiu significativamente no período de 1991 a 2000, e é ligeiramente superior à média do Brasil, no entanto esta constatação não diminui a necessidade de adoção das medidas sanitárias citadas anteriormente.

**Tabela 113 – Evolução dos indicadores de esperança de vida ao nascer e mortalidade infantil na bacia do rio Verde**

Municípios da bacia do rio Verde					
Esperança de vida ao nascer (anos)			Mortalidade infantil até o primeiro ano de vida (anos)		
1980	1991	2000	1980	1991	2000
59,04	68,32	73,01	56,21	28,78	20,36

Fonte: PNUD e Fundação João Pinheiro

As Tabelas 114 e 115 apresentam a esperança de vida ao nascer e a mortalidade infantil na bacia do rio Verde, no ano de 2000, relacionados no ANEXO J.



**Tabela 114 - Esperança de vida ao nascer e mortalidade infantil na bacia do rio Verde – Ano de 2000**

Municípios	Esperança de vida ao nascer em anos	Mortalidade infantil por 1.000 nascidos vivos
Aiuruoca	70,64	26,76
Alagoa	71,53	24,22
Baependi	72,07	22,75
Cambuquira	74,61	16,35
Campanha	73,18	19,83
Carmo da Cachoeira	72,25	22,25
Carmo de Minas	72,07	22,75
Caxambu	73,78	18,33
Conceição do Rio Verde	71,53	24,24
Cristina	69,77	29,37
Cruzília	70,78	26,36
Dom Viçoso	69,77	29,37
Elói Mendes	72,75	20,95
Itamonte	75,17	15,06
Itanhandu	72,83	20,74
Jesuânia	71,53	24,22
Lambari	72,83	20,74
Monsenhor Paulo	72,25	22,25
Olímpio Noronha	72,83	20,74
Passa Quatro	72,83	20,74
Pedralva	70,90	26,01
Pouso Alto	71,63	23,95
São Gonçalo do Sapucaí	72,12	22,61
São Lourenço	76,90	11,34
São Sebastião do Rio Verde	72,07	22,75
São Thomé das Letras	68,42	33,66
Soledade de Minas	75,17	15,06
Três Corações	71,00	25,74
Três Pontas	72,22	22,34
Varginha	74,00	17,81
Virgínia	70,71	26,57
<b>Bacia do Rio Verde</b>	<b>73,07</b>	<b>20,36</b>

Fonte: PNUD - Fundação João Pinheiro

**Tabela 115 - Esperança de vida ao nascer e mortalidade infantil na bacia do rio Verde – ano 2000 – comparativo**

Esperança de vida ao nascer em anos			Mortalidade infantil até o primeiro ano de vida		
Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima
Município		Município	Município		Município
68,42	72,26	76,90	11,34	22,45	33,66
São Thomé das Letras		São Lourenço	São Lourenço		São Thomé das Letras

Fonte: IBGE (2000) PNUD - Fundação João Pinheiro

O município de São Thomé das Letras, com 3.434 habitantes urbanos, apresenta os piores indicadores do conjunto de municípios da bacia. Já o Município de São Lourenço se destaca com os melhores resultados

Ao longo do período analisado, o País experimentou ganhos significativos sobre a mortalidade, e assim continuará transpondo barreiras para assegurar aumentos na esperança de vida ao nascer e reduções na mortalidade de crianças. Por considerável período de tempo, os indicadores sócio-demográficos do Brasil ainda refletirão desigualdades regionais e sociais, o que não constitui um justo cenário para as gerações futuras. Neste caso, o mínimo estabelecido como meta continuará retratando um país extremamente desigual, no tocante aos riscos de morte nos primeiros anos da vida. Apenas para citar duas situações específicas, atenções especiais deveriam estar voltadas para as regiões mais carentes em termos de infra-estrutura sanitária; e para aquelas onde sequer existe posto de saúde com possibilidade de internação para o atendimento à população (IBGE, 2000).

A mortalidade no primeiro ano de vida, e a dos menores de cinco anos de idade continuarão em suas trajetórias de declínio, atingindo níveis abaixo de 10% dos nascidos vivos, no Sudeste, Sul e Centro-Oeste brasileiros, e patamares superiores a este no Norte e Nordeste. Para o total do País, a taxa de mortalidade infantil, bem como a probabilidade de um recém-nascido falecer, antes de completar o quinto ano de vida, alcançarão, em 2030, 11,53 e 15,98% respectivamente, cifras que garantem ao menos se considerada a média nacional, o cumprimento do quarto objetivo do milênio, que diz respeito à redução da mortalidade na infância. Mas, se houver garantias de melhorias no acesso da população aos serviços de saúde; de cobertura plena dos programas de imunização; do aumento do número de atendimentos pré-natais; bem como do acompanhamento clínico do recém-nascido; de continuidade do incentivo ao aleitamento materno; de elevação da escolaridade da população; e de investimentos maciços na infra-estrutura de saneamento básico, certamente a mortalidade infantil diminuirá com maior velocidade (IBGE, 2000).

## 5. RECURSOS HÍDRICOS

---

### 5.1. DISPONIBILIDADES ATUAIS

No âmbito do gerenciamento integrado de recursos hídricos, que corresponde às ações destinadas a regular o uso, controlar e proteger os recursos hídricos conforme os princípios estabelecidos nas políticas federal e estaduais de recursos hídricos, o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Verde surge como um instrumento de planejamento para essa bacia hidrográfica.

Com base em um diagnóstico da bacia hidrográfica, produzido a partir de dados secundários disponíveis, o Plano deve considerar e compatibilizar os programas setoriais e demais instrumentos de gestão. No âmbito do Plano devem-se também identificar as necessidades de aquisição de informações (dados primários) ao longo de sua vigência, capazes de suprir as deficiências constatadas e possibilitar uma melhor compreensão da realidade da bacia por ocasião de revisões ou complementações subsequentes do plano.

Se o objetivo final de um Plano Diretor é propor metas e ações capazes de permitir o desenvolvimento sustentável de uma bacia, o diagnóstico tem papel fundamental uma vez que é a partir desse que se podem conhecer os principais problemas da bacia para que, em um momento seguinte, possam ser propostas metas e intervenções necessárias em horizontes de planejamentos definidos.

#### 5.1.1. DISPONIBILIDADE HÍDRICA

##### 5.1.1.1. DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL

As disponibilidades hídricas representam as parcelas dos recursos de água que podem ser aplicadas nas diversas utilizações das atividades de consumo, geralmente associadas aos indicadores de valores mínimos.

De fato, considerando a variabilidade dos estoques de água na natureza, ora com ocorrências em excesso, ora em regimes de escassez, o confronto com as demandas deve ser feito para as condições de eventos extremos mínimos, como forma de assegurar um atendimento pleno no restante do tempo.

As disponibilidades hídricas superficiais foram associadas às seguintes vazões ou variáveis características do regime dos cursos de água:

- Vazão média de longo termo ( $Q_{MLT}$ ), representando o limite superior de disponibilidade de um curso de água, teoricamente calculada como o valor de vazão que, se ocorresse de forma constante no tempo, produziria o mesmo volume que o regime fluvial variável escoou em um longo intervalo de tempo;
- Curva de permanência de vazões médias mensais, indicando a distribuição da frequência amostral das vazões registradas em uma dada seção fluvial, servindo para indicar o percentual de tempo em que o regime do curso de água sustenta vazões maiores ou iguais a um valor de referência;

- Vazão mínima com 7 dias de duração e 10 anos de período de retorno ( $Q_{7,10}$ ), sendo uma referência do regime de estiagem do curso de água, utilizada como índice do limite inferior da disponibilidade;
- Vazão mínima com 95% de permanência no tempo ( $Q_{95}$ ), também uma referência do regime de estiagem, indicando o valor que é excedido na curva de permanência em 95% do tempo;
- Vazão mínima com 90% de permanência no tempo ( $Q_{90}$ ), também uma referência do regime de estiagem, indicando o valor que é excedido na curva de permanência em 90% do tempo; e
- Curvas de Regionalização, com a transferência de informações de um local para outro de dentro de uma área com comportamento hidrológico semelhante.

A estimativa da disponibilidade hídrica, apesar de ser uma variável estável, foi atualizada a partir de dados mais recentes disponibilizados no banco de dados da Agência Nacional de Águas. Dessa forma, foi apresentado um inventário dos recursos hídricos nessa bacia a partir do levantamento de todos os dados de vazões monitorados pela ANA.

O diagnóstico aqui apresentado foi baseado exclusivamente em dados secundários disponibilizados por instituições de gestão ambiental e dos recursos hídricos. Os dados hidrológicos reunidos foram avaliados quanto à sua consistência para que se pudessem gerar dados coerentes em cada uma das 15 sub-bacias formadoras do rio Verde, identificadas como regiões homogêneas, com características relativamente semelhantes.

Contudo, as informações foram sintetizadas também nas três unidades de análise (trecho alto, médio e baixo rio Verde) definidas para o Plano Diretor do Rio Verde, buscando um tratamento mais regional para proposição de ações prioritárias de gerenciamento.

Destaca-se que adicionalmente, no âmbito da proposição de ações, deverá ser reavaliada e detalhada a proposta de adequação da rede hidrometeorológica na bacia evitando locais com deficiências de informações.

O diagnóstico da disponibilidade hídrica superficial da bacia do rio Verde permitiu a determinação de vazões – expressas por diferentes parâmetros - existentes nos exutórios das sub-bacias afluentes e em pontos notáveis selecionados ao longo da calha principal do rio Verde (trecho alto, médio e baixo rio Verde).

A Tabela 116 apresenta as sub-bacias definidas para o Plano Diretor do rio Verde e o Quadro 17 apresenta as estações fluviométricas utilizadas para a estimativa da disponibilidade hídrica superficial da bacia, cujas localizações podem ser visualizadas na Figura 158.

**Tabela 116 – Sub-bacias adotadas no Plano Diretor do rio Verde**

Sub-bacia	Área drenagem (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Rio Baependi	1136.692	16.49%
Ribeirão da Espera	403.654	5.86%
Rio Palmela	568.9923	8.26%
Rio São Bento	243.3772	3.53%
Rio do Peixe	910.2947	13.21%
Rio Lambari	942.5514	13.68%
Baixo Rio Verde	738.9459	10.72%
Ribeirão do Carmo	97.67925	1.42%
Ribeirão do Aterrado	213.3499	3.10%
Ribeirão Caeté	171.013	2.48%
Rio Passa Quatro	176.4578	2.56%
Rio Capivari	308.095	4.47%
Ribeirão Pouso Alto	95.00593	1.38%
Médio Rio Verde	579.531	8.41%
Alto Rio Verde	305.8259	4.44%
Bacia do rio Verde	6891.46	100%

**Quadro 17 – Estações fluviométricas usadas para estimativa de disponibilidade hídrica superficial**

Código	Estação	Curso d'água	Área (km <sup>2</sup> )	Coordenadas	
				Latitude	Longitude
61405000	Usina São Miguel	Ribeirão São Miguel	64.39	-22°00'00"	-45°00'00"
61429000	Itanhandu	Rio Verde	116	-22°17'40"	-44°56'12"
61434000	Itanhandu	Rio Passa Quatro	177	-22°17'00"	-45°00'00"
61443000	Conquista	Ribeirão da Conquista	19.69	-22°15'00"	-44°50'00"
61447000	Usina Pouso Alto	Ribeirão Pouso Alto	44.1	-22°12'00"	-44°58'00"
61460000	Conc. do Rio Verde	Rio Verde	1837	-21°53'14"	-45°04'45"
61470000	Faz. Severino Meireles	Ribeirão das Furnas	59.19	-21°55'00"	-44°49'00"
61470005	Cruzília	Ribeirão das Furnas	155	-21°55'00"	-44°49'00"
61473000	Baependi	Rio Baependi	599	-21°57'04"	-44°52'47"
61484000	Cristina - Montante	Rio Lambari	73	-22°12'37"	-45°15'57"
61485000	Cristina	Rio Lambari	72.8	-22°12'00"	-45°18'00"
61486000	Cristina	Ribeirão da Glória	26.6	-22°12'00"	-45°18'00"
61490000	Cachoeira Mandembo	Rio Lambari	166	-22°10'00"	-45°18'00"
61500000	Fazenda Juca Casimiro	Rio Lambari	707	-21°52'12"	-45°15'44"
61505000	Usina Bocaina	Rio Lambarizinho	70.5	-21°53'00"	-45°11'00"
61510000	Três Corações	Rio Verde	4172	-21°42'11"	-45°14'51"
61513000	Cachoeira Goulart	Rio São Bento	49.1	-21°51'00"	-45°18'00"
61520000	Chácara Santana	Rio do Peixe	851	-21°40'42"	-45°15'35"
61530000	Palmela dos Coelhos	Rio Palmela	358	-21°46'59"	-45°26'34"
61537000	Porto dos Buenos	Rio Verde	6271	-21°36'39"	-45°29'20"
61540000	Batista de Melo	Rio Verde	6551	-21°31'00"	-45°21'00"
61545000	Fazenda da Aroeira	Ribeirão Espera	300	-21°27'00"	-45°27'00"

De uma forma geral, os estudos hidrológicos para caracterizar a disponibilidade hídrica superficial na bacia do rio Verde seguiram as seguintes etapas metodológicas:

- Levantamento dos dados de vazão média mensal disponíveis no banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA) na internet, o *HidroWeb*;
- Elaboração do histograma de disponibilidade de dados apresentado no ANEXO K;
- Preenchimento de falhas e extensão temporal dos dados do monitoramento fluviométrico, visando obter um período homogêneo de dados. Nesta etapa foi obtido um período mínimo de 20 anos, entre 1946 e 1966;
- Análise de frequência das vazões mínimas mensais para cada estação fluviométrica estudada, possibilitando a estimativa indireta da vazão  $Q_{7,10}$ ;
- Determinação das curvas de permanência e das variáveis hidrológicas ( $Q_{MLT}$ ,  $Q_{7,10}$ ,  $Q_{95}$  e  $Q_{90}$ ) para cada estação fluviométrica estudada;
- Regionalização das variáveis hidrológicas por sub-bacia e trechos do rio Verde.

# 158 - Localização das estações fluviométricas da bacia do rio Verde

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

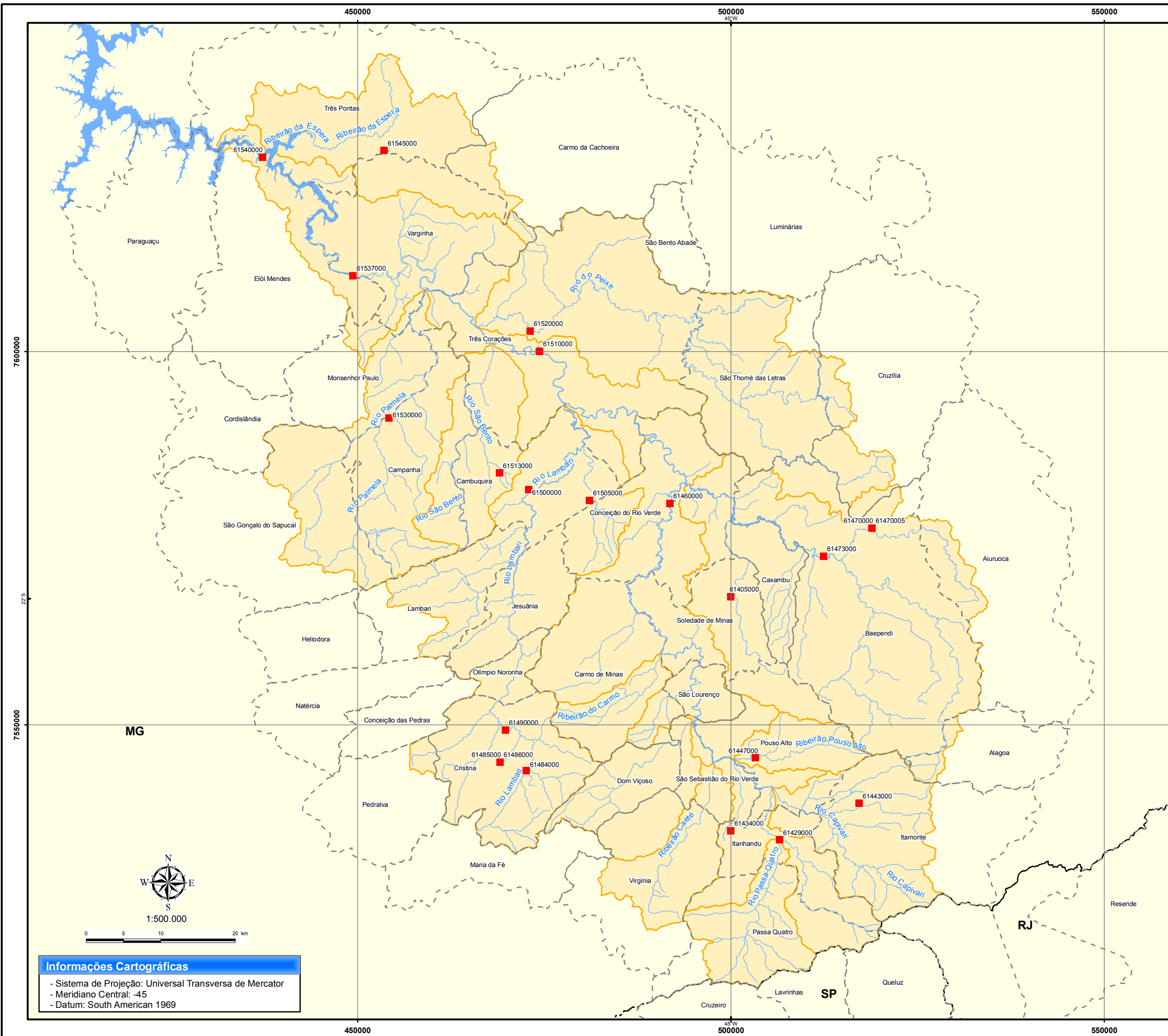
■ Estações fluviométricas

**Convenções:**

— Hidrografia      - - - Limite Estadual  
 - - - Limite Municipal      ■ Sub bacias

**Fontes dos Dados:**

- Estações fluviométricas: ANA  
 - Limite Bacia e Sub bacias: Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE  
 - Limite Municipal e Estadual: IBGE  
 - Hidrografia: FEAM



Para o estabelecimento das séries de vazões, foram inicialmente listadas 31 estações de responsabilidade da ANA, incluindo estações em operação e desativadas. Os dados de vazão média mensal de 22 destas estações foram utilizados como referência para realização de correlações ou preenchimentos de falhas.

Vale ressaltar que duas destas estações (a de código 61485000 e 61484000) correspondem a um mesmo posto fluviométrico e, portanto, tiveram suas séries somadas, totalizando 21 estações.

O comportamento hidrológico destas estações pode ser observado no ANEXO L, em termos de vazões médias mensais,  $Q_{MLT}$  e  $Q_{7,10}$ .

Para representação regional da disponibilidade hídrica da área em estudo definiram-se três critérios aplicados na ordem que se segue: i) caracterização por sub-bacia, utilizando os postos da própria sub-bacia, ii) caracterização por trecho (alto, médio e baixo rio Verde) e iii) caracterização global utilizando todas as estações.

Para a caracterização por sub-bacia eram necessários, no mínimo, dados de três estações fluviométricas para construção das curvas regionais. Assim, foi possível obter as variáveis hidrológicas por este critério apenas para as sub-bacias Baependi e Lambari.

Na caracterização por trechos foi preciso segmentar o rio Verde em três trechos: alto, médio e baixo. O trecho do alto rio Verde foi caracterizado pelas estações fluviométricas localizadas na cabeceira da bacia, conforme ilustrado na Figura 158.

Desta forma, foram adotadas para construção da curva regional denominada “Alto” as seguintes estações: 61429000; 61434000; 61443000; 61447000; 61470000; 61484000/61485000; 61486000 e 6149000.

Analogamente, para as curvas regionais do “Médio” e “Baixo” rio Verde foram utilizados as variáveis hidrológicas das seguintes estações localizadas, respectivamente, na região central e na foz da bacia: “Médio” (6140500; 61460000; 61470000; 61470005; 61473000; 61500000; 61505000 e 61513000), “Baixo” (61510000; 61520000; 61530000; 61537000; 61540000 e 61545000).

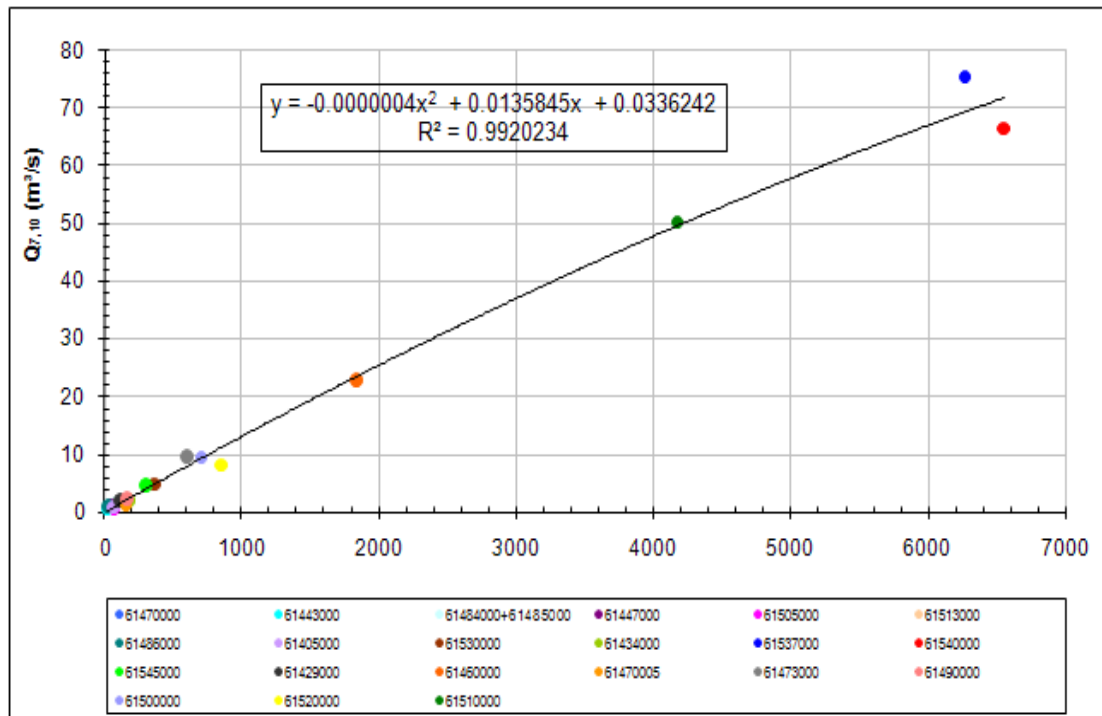
Por fim, para a caracterização global da bacia do rio Verde foram utilizadas as 21 estações para representar as curvas regionais das variáveis hidrológicas.

A Tabela 117 resume os coeficientes de determinação (“R-Quadrado”) resultantes dos ajustes de todas as curvas regionais com o auxílio da planilha de cálculo eletrônica *Microsoft Office Excel 2007*, tendo sempre como variável explicativa a área de drenagem. A título de ilustração, as Figuras 159 a 161 apresentam as curvas regionais “Global” representativas das vazões  $Q_{7,10}$ ,  $Q_{95}$  e  $Q_{90}$  da bacia do rio Verde.



**Tabela 117 – Coeficientes de determinação das curvas regionais de variáveis hidrológicas definidas para bacia do rio Verde**

Curvas	Coeficiente de Determinação - R <sup>2</sup>			
	Q <sub>MLT</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>7,10</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>90</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>95</sub> (m <sup>3</sup> /s)
Sub-Bacia Baependi	0.9996	0.9998	0.9963	0.9950
Sub-Bacia Lambari	0.9962	0.9950	0.9990	0.9994
Alto	0.9586	0.9153	0.9504	0.9381
Médio	0.9945	0.9864	0.9940	0.9940
Baixo	0.9978	0.9864	0.9989	0.9976
Global	0.9976	0.9920	0.9985	0.9994



**Figura 159 – Curva regional “global” para Q7,10 da bacia do rio Verde.**

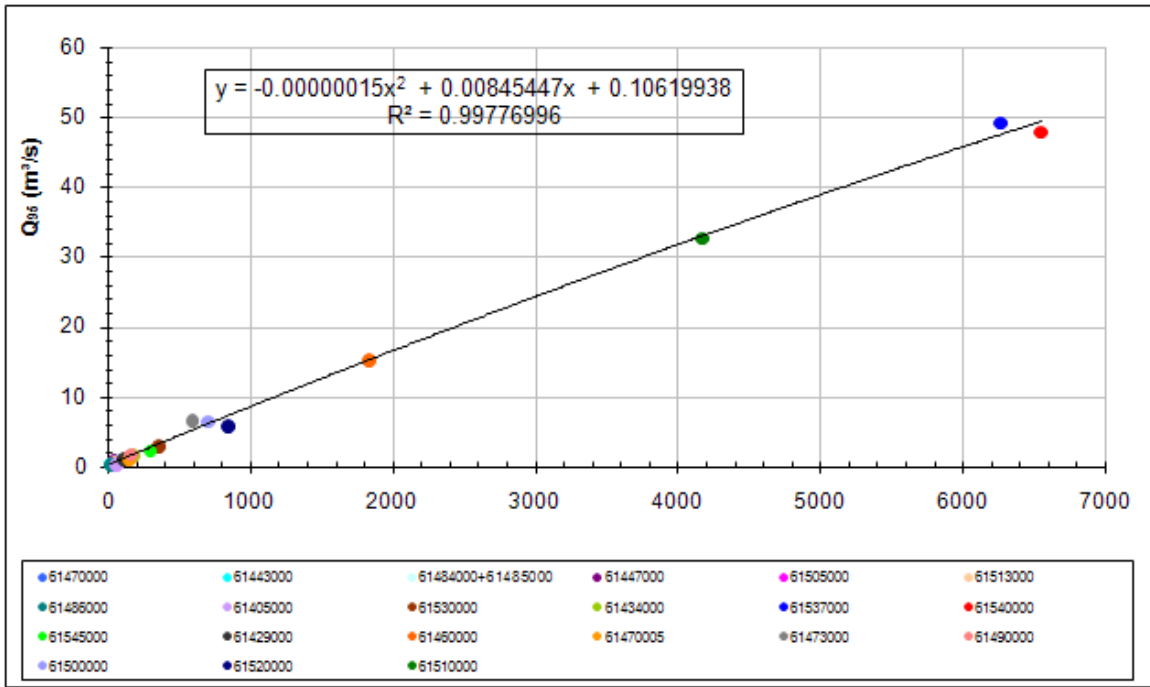


Figura 160 – Curva regional “global” para Q95 da bacia do rio Verde.

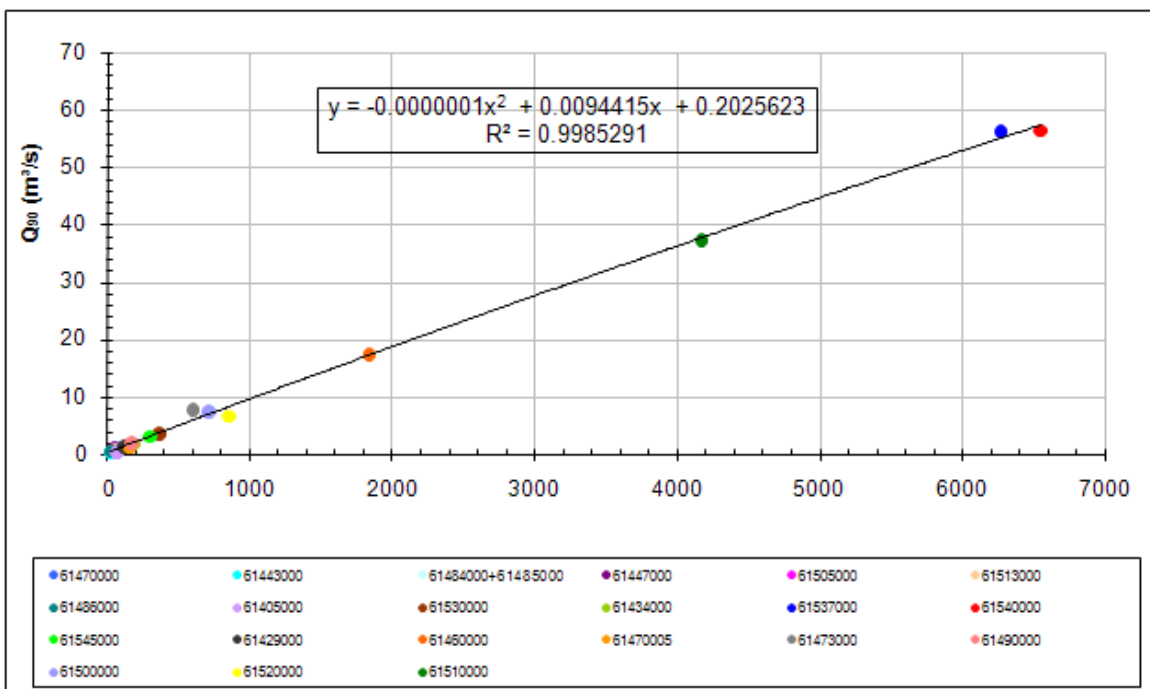


Figura 161 – Curva regional “global” para Q90 da bacia do rio Verde.

#### 5.1.1.1.1. VAZÕES CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS

Para efeito de outorga de uso da água, a disponibilidade hídrica é mensurada por meio de valores referenciais mínimos, sendo três as vazões utilizadas nestes estudos: (i) vazão mínima natural de dez anos de tempo de retorno e sete dias de duração ( $Q_{7,10}$ ); (ii) vazão com noventa e cinco por cento de permanência ao longo do tempo ( $Q_{95}$ ); (iii) vazão com noventa por cento de permanência ao longo do tempo ( $Q_{90}$ ).

### Curva de permanência, $Q_{90}$ e $Q_{95}$

Neste estudo foram adotadas as séries de vazão média mensal disponíveis no o *HidroWeb*, devido à possibilidade de preenchimento e homogeneização das séries por correlação entre as vazões em diferentes estações.

Os valores mínimos de  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  foram obtidos da curva de permanência das vazões médias mensais. Na Figura 162 é apresentada a curva de permanência de vazões médias mensais das estações localizadas na bacia hidrográfica do rio Verde.

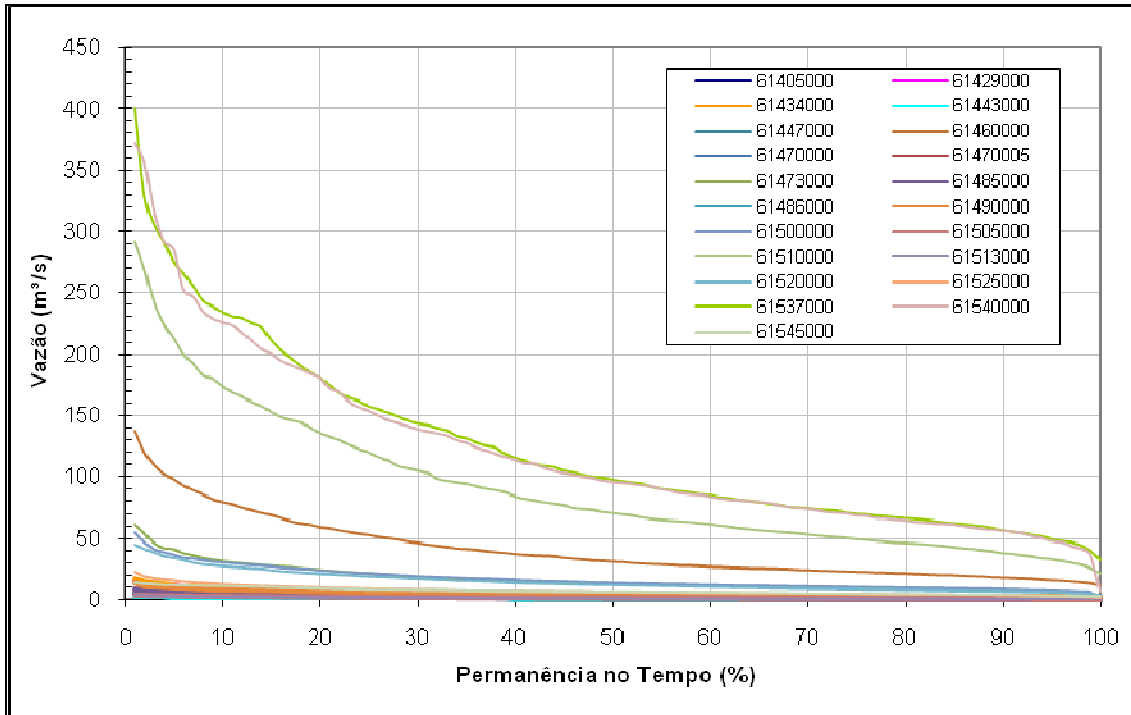


Figura 162 - Curvas de permanência das vazões médias mensais das estações fluviométricas localizadas na bacia hidrográfica do rio Verde.

### Determinação das Vazões $Q_{7,10}$

O cálculo da  $Q_{7,10}$  foi realizado em duas etapas. Inicialmente, foram calculados os valores mínimos mensais com tempo de retorno de 10 anos ( $Q_{30,10}$ ), e posteriormente estes valores foram transformados em valores de  $Q_{7,10}$  por meio da utilização de um fator de proporção para eventos mínimos.

Foram preparadas amostras com os valores de vazão mínima mensal de cada ano, e realizados os ajustes dos valores para a distribuição de probabilidades de *Weibull* para eventos extremos mínimos. A distribuição de probabilidades também é conhecida como Distribuição de Valores Extremos Tipo III. Os parâmetros da distribuição de probabilidades foram estimados pelo Método dos Momentos. Após a determinação dos valores mínimos, as vazões  $Q_{30,10}$  foram multiplicadas por um fator de proporção para eventos mínimos, transformando os valores mensais em valores estimados de  $Q_{7,10}$ .

No estudo Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais, de 1993, elaborado por Sérgio Menin Teixeira de Souza, foi feito o estudo dos valores de  $Q_{7,10}$  a partir de dados mensais, e os resultados indicaram que para o período de retorno de dez anos e duração de sete dias, os fatores de proporção de 0,8888 e 0,9108 são os mais recorrentes, e as variações são sempre inferiores a 5%, independente do tipo de pluviosidade, relevo, ou capacidade de infiltração do solo. Desta forma, os valores adotados no presente estudo, para o fator de proporção para eventos mínimos, foram os de 0,8888 e 0,9108, ou seja, a vazão de referência  $Q_{7,10}$  nas sub-bacias estudadas foi considerada como sendo 90% do valor da  $Q_{30,10}$ .

Portanto, os valores obtidos para a  $Q_{7,10}$  são valores estimados a partir das séries de vazões mínimas mensais, que, apesar de não ser um cálculo direto, permitiu a utilização de um período homogêneo de dados para as estações da bacia hidrográfica do rio Verde, além de possibilitar a obtenção de uma vazão que é menos influenciada pelo efeito da utilização da água nas sub-bacias.

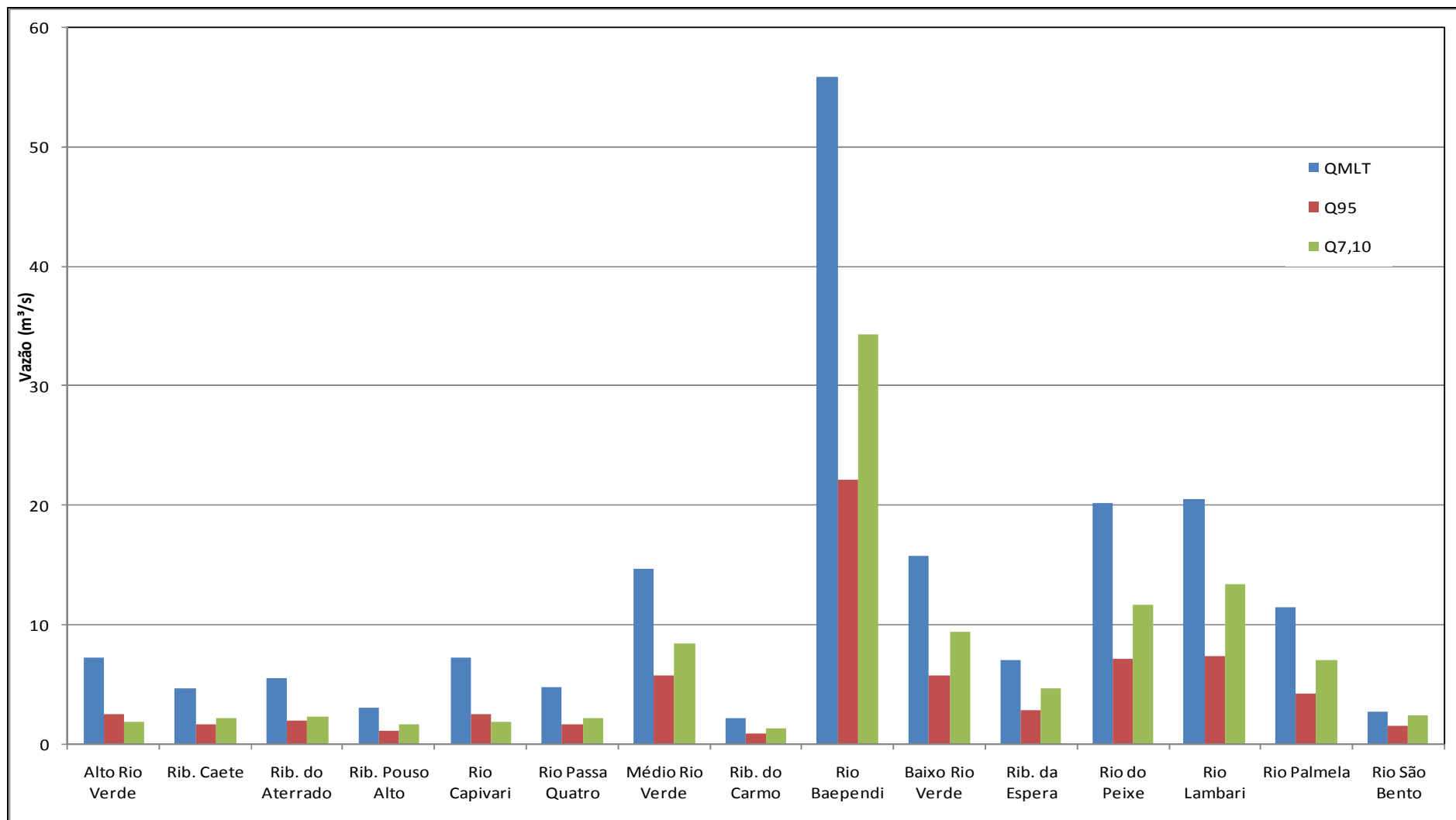
#### 5.1.1.1.2. RESUMO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL

A partir das curvas regionais obtidas das séries de vazões médias mensais homogeneizadas das 21 estações fluviométricas utilizadas nos estudos hidrológicos foram definidas as disponibilidades hídricas de cada uma das 15 sub-bacias e em pontos de controle ao longo da calha principal do rio Verde.

Os valores referenciais de vazões médias e mínimas ( $Q_{MLT}$ ,  $Q_{90}$ ,  $Q_{95}$  e  $Q_{7,10}$ ) são apresentados na Tabela 118 enquanto a Figura 163 ilustra a disponibilidade hídrica do rio Verde por sub-bacia.

**Tabela 118- Disponibilidade hídrica superficial das sub-bacias do rio Verde**

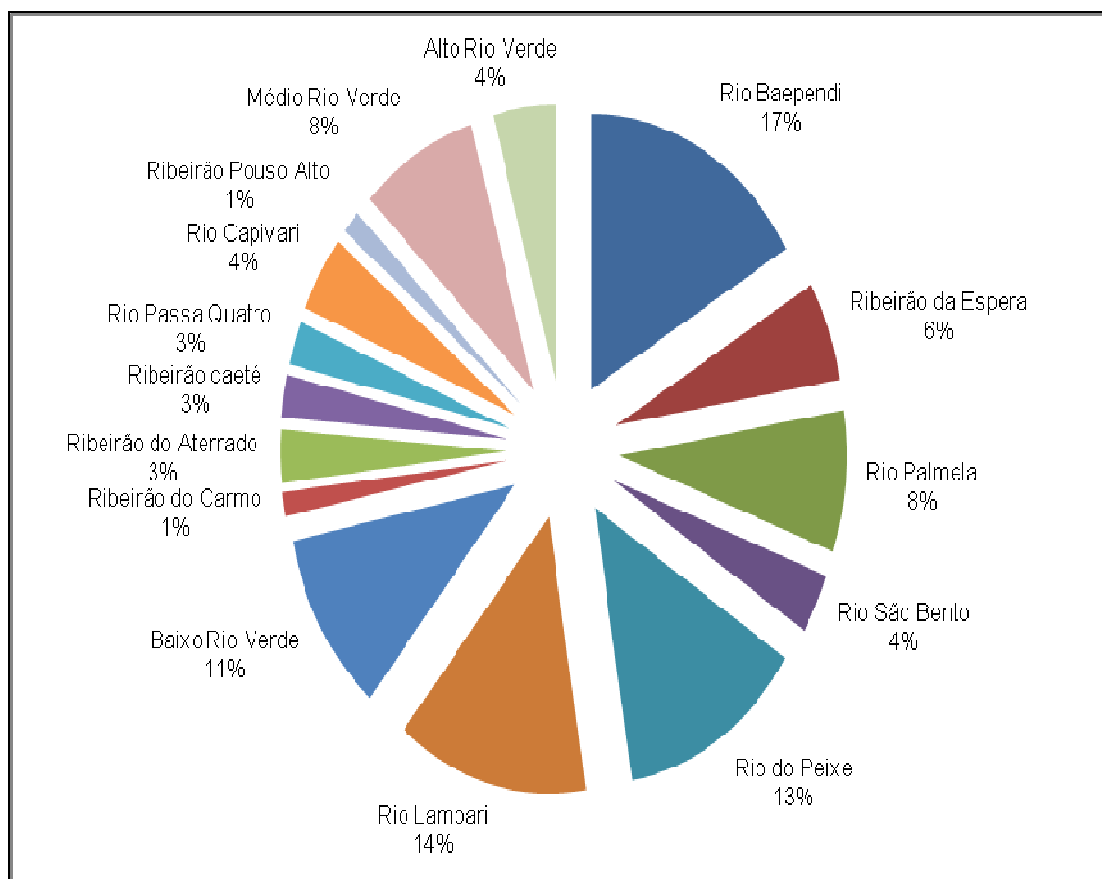
Sub-bacia	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)	Vazão específica (l/s/km <sup>2</sup> )				Vazão (m <sup>3</sup> /s)			
			$Q_{MLT}$	$Q_{7,10}$	$Q_{90}$	$Q_{95}$	$Q_{MLT}$	$Q_{7,10}$	$Q_{90}$	$Q_{95}$
Alto Rio Verde	305.83	4.44	23.67	5.96	8.18	7.95	7.24	1.82	2.50	2.43
Rib. Caeté	171.01	2.48	27.18	12.76	10.61	9.42	4.65	2.18	1.81	1.61
Rib. do Aterrado	213.35	3.10	25.78	10.53	9.77	8.88	5.50	2.25	2.08	1.90
Rib. Pouso Alto	95.01	1.38	31.25	17.43	12.65	10.91	2.97	1.66	1.20	1.04
Rio Capivari	308.10	4.47	23.63	5.85	8.14	7.93	7.28	1.80	2.51	2.44
Rio Passa Quatro	176.46	2.56	26.98	12.47	10.49	9.34	4.76	2.20	1.85	1.65
Médio Rio Verde	579.53	8.41	25.24	14.58	11.49	9.93	14.63	8.45	6.66	5.75
Rib. do Carmo	97.68	1.42	22.61	13.10	10.38	9.19	2.21	1.28	1.01	0.90
Rio Baependi	1136.69	16.49	49.18	30.16	22.31	19.46	55.91	34.28	25.36	22.12
Baixo Rio Verde	738.95	10.72	21.39	12.64	8.89	7.68	15.81	9.34	6.57	5.68
Rib. da Espera	403.65	5.86	17.38	11.59	8.67	7.06	7.02	4.68	3.50	2.85
Rio do Peixe	910.29	13.21	22.19	12.83	8.93	7.81	20.20	11.68	8.13	7.11
Rio Lambari	942.55	13.68	21.73	14.20	10.43	7.83	20.48	13.39	9.83	7.38
Rio Palmela	568.99	8.26	20.01	12.29	8.81	7.47	11.39	6.99	5.01	4.25
Rio São Bento	243.38	3.53	11.18	9.89	8.33	6.11	2.72	2.41	2.03	1.49
<b>Bacia do Rio Verde</b>	<b>6891.46</b>	<b>100.00</b>	<b>19.08</b>	<b>10.83</b>	<b>8.78</b>	<b>7.44</b>	<b>131.50</b>	<b>74.65</b>	<b>60.52</b>	<b>51.25</b>



**Figura 163 - Disponibilidade hídrica superficial por sub-bacia.**

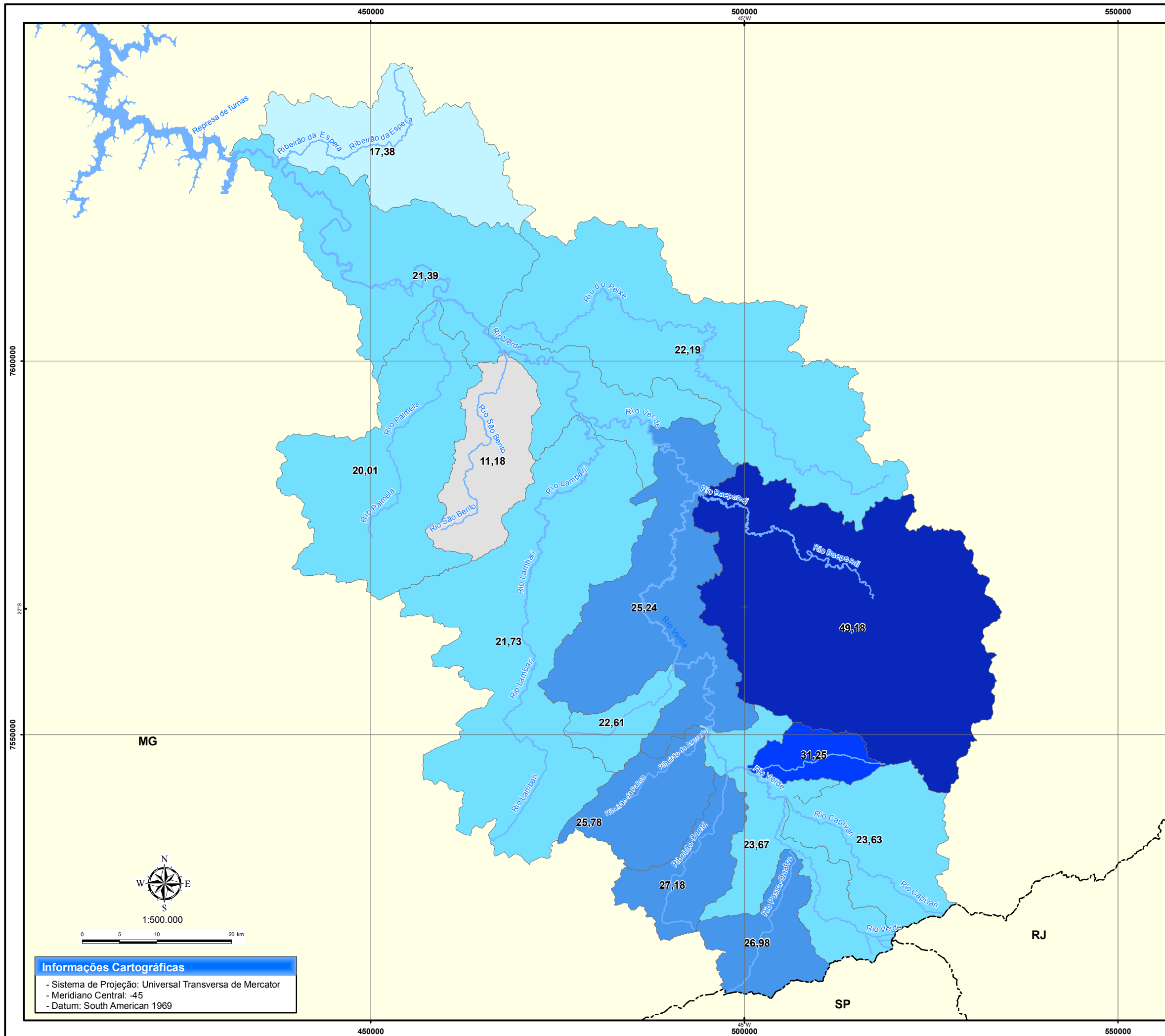
Observa-se que as maiores vazões específicas não estão associadas às maiores áreas de drenagem e sim a um conjunto de características relacionadas, entre outros fatores, ao tipo de solo da bacia e ao regime de chuvas. Em geral, as bacias hidrográficas localizadas sob formações sedimentares com maiores áreas de drenagem e/ou com regularidade das chuvas, apresentam vazões de estiagem entre 15 e 20% da vazão média. Por outro lado, as bacias localizadas em terrenos cristalinos, com regime de chuva irregular possuem vazões de estiagem muito baixas, em geral, inferiores a 10% da vazão média. (PNRH, ANA, 2005).

Na Figura 164 pode-se verificar que a sub-bacia do rio Baependi é a que possui maior disponibilidade hídrica, representando cerca de 17% dos recursos hídricos superficiais da bacia do rio Verde. A segunda maior região, em termos de disponibilidade, é a sub-bacia do rio Lambari (14%), seguida pela sub-bacia do rio do Peixe (13%). Ressalta-se que o cálculo das vazões de estiagem foi baseado nos dados observados das estações fluviométricas e pode, portanto, estar influenciado pelas eventuais regularizações e usos consultivos existentes.



**Figura 164 - Contribuição das vazões médias das sub-bacias (em porcentagem).**

As Figuras 165 a 168 apresentadas a seguir ilustram a distribuição espacial da disponibilidade hídrica da bacia do rio Verde, em termos de vazões específicas médias e de estiagem nas 15 sub-bacias estudadas. A vazão específica indica as regiões mais e menos produtoras de água. Na bacia do rio Verde, a vazão específica média de longo termo varia de 11 l/s.km<sup>2</sup>, na sub-bacia do rio São Bento até 49 l/s.km<sup>2</sup> na sub-bacia do rio Baependi, sendo a média da bacia igual a 19 l/s.km<sup>2</sup>.



**165 - Vazão específica média - qMLT (l/s.Km²) nas sub-bacias do rio Verde**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

**qMLT (l/s.Km²) nas sub-bacias**

- <12
- 12,01 - 18,00
- 18,01 - 24,00
- 24,01 - 30,00
- 30,01 - 40,00
- >40

**Convenções:**

- Hidrografia
- Limite Estadual

Fontes dos Dados:

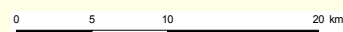
- Vazões: Calculado a partir dos dados das estações fluviométricas da ANA
- Limite Bacia: Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Estadual: IBGE
- Hidrografia: FEAM

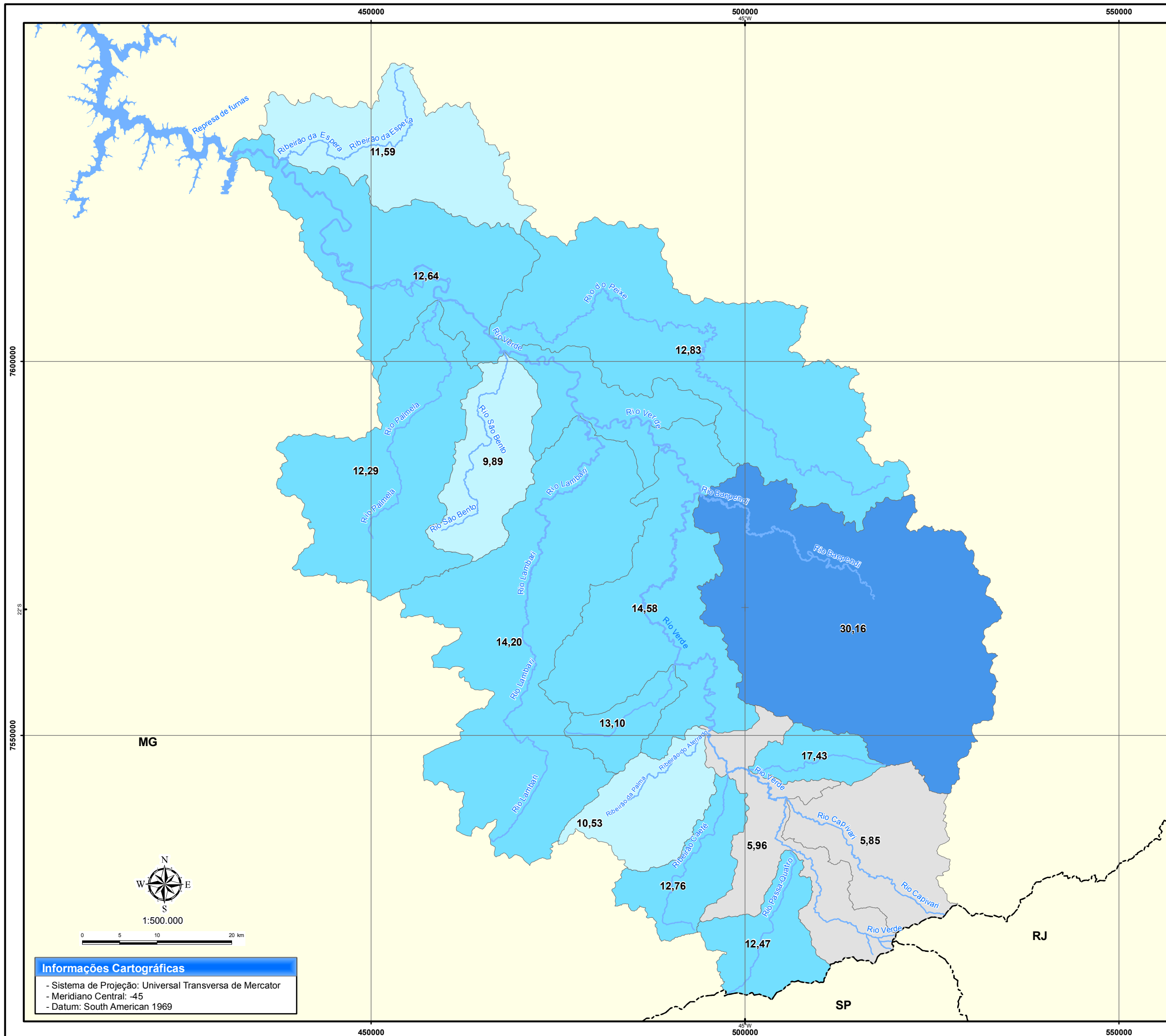
**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969



1:500.000





**166 - Vazão específica referente à q<sub>7,10</sub> (l/s.Km<sup>2</sup>) nas sub-bacias do rio Verde**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

**q<sub>7,10</sub> (l/s.Km<sup>2</sup>) nas sub-bacias**

- < 6,00
- 6,01 - 12,00
- 12,01 - 18,00
- > 18,00

**Convenções:**

- Hidrografia
- Limite Estadual

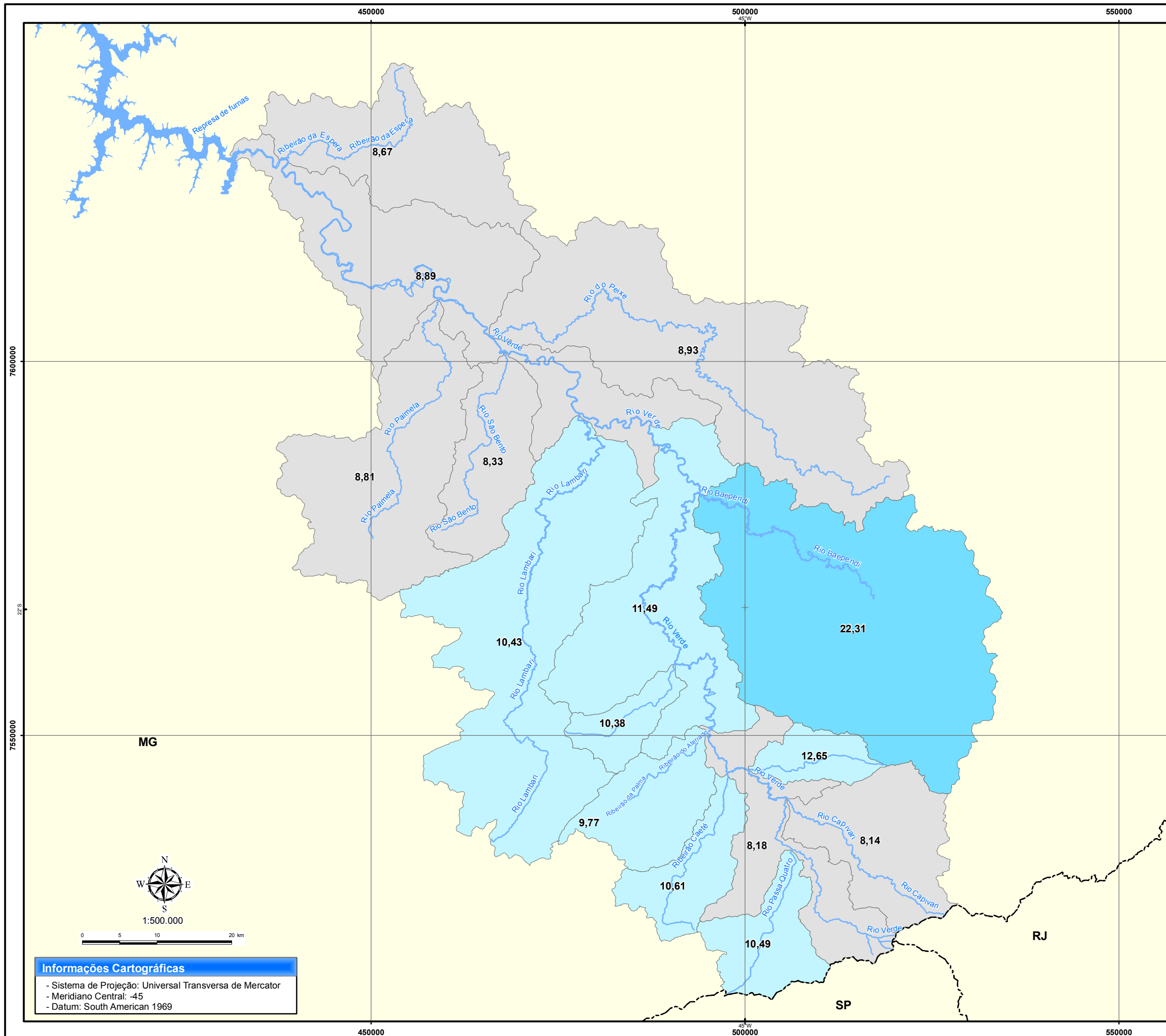
Fontes dos Dados:

- Vazões: Calculado a partir dos dados das estações fluviométricas da ANA
- Limite Bacia :Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Estadual:IBGE
- Hidrografia: FEAM

**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969





**167 - Vazão específica referente à  $q_{90}$  (l/s.Km<sup>2</sup>) nas sub-bacias do rio Verde**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



**Legenda:**

**q90 (l/s.Km<sup>2</sup>) nas sub-bacias**

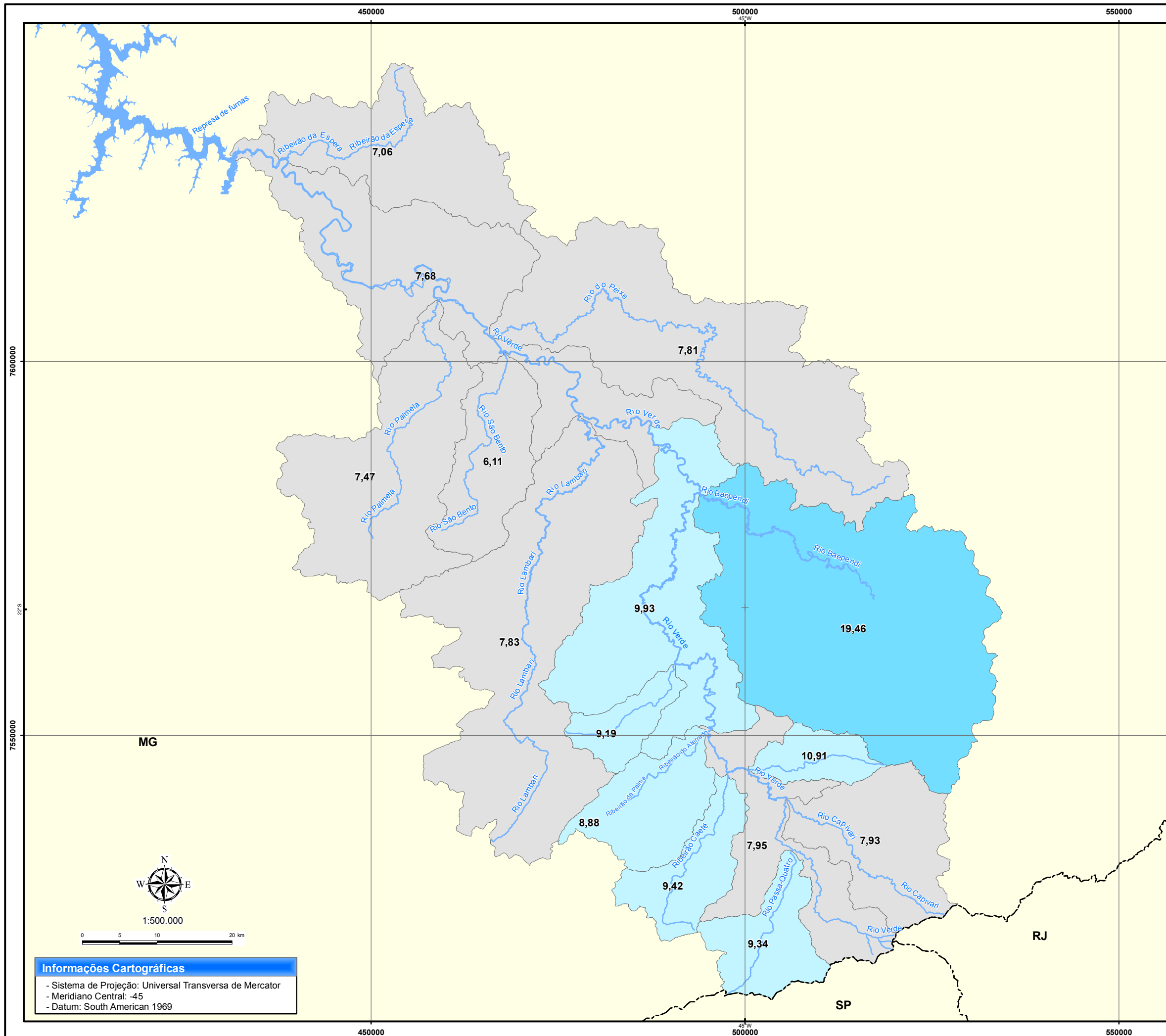
Light Blue	<9
Medium Blue	9,01 - 13,00
Dark Blue	> 13,00

- Convenções:**
- Hidrografia
  - - - Limite Estadual

- Fontes dos Dados:**
- Vazões: Calculado a partir dos dados das estações fluviométricas da ANA
  - Limite Bacia: Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
  - Limite Municipal e Estadual: IBGE
  - Hidrografia: FEAM

**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969



**168 - Vazão específica referente a  $q_{95}$  (l/s.Km<sup>2</sup>) nas sub-bacias do rio Verde**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

**q95 (l/s.Km<sup>2</sup>) nas sub-bacias**

6,11 - 8,00
8,01 - 11,00
> 11,00

**Convenções:**

- Hidrografia
- - - Limite Estadual

Fontes dos Dados:

- Vazões: Calculado a partir dos dados das estações fluviométricas da ANA
- Limite Bacia :Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Estadual:IBGE
- Hidrografia: FEAM

**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969

#### 5.1.1.2. DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUBTERRÂNEA

Os estudos da hidrologia subterrânea constituem uma importante ferramenta de planejamento, para a definição de alternativas de aproveitamento das águas subterrâneas de forma racional e por meio de sistemas de captação, estes adequados às condições de ocorrência e aos volumes explotáveis. Para viabilizar a aplicação e regionalização, o potencial e a disponibilidade hídrica subterrânea foram calculados por dois métodos: o da capacidade de produção dos poços, expressa pela vazão específica; e o da capacidade de armazenamento das sub-bacias, representativa dos diversos sistemas aquíferos, determinadas por meio do estudo do regime de recessão ou de esgotamento do escoamento superficial.

A capacidade de armazenamento foi obtida nos hidrogramas com as curvas de recessão ou esgotamento do escoamento superficial. Este parâmetro reflete o volume das descargas subterrâneas aos rios (escoamento de base) e, conseqüentemente, indica as reservas renováveis de águas subterrâneas, das quais uma parcela constitui os recursos explotáveis.

A capacidade de produção representa o potencial de exploração de água subterrânea por meio de poços. Esse parâmetro está intimamente ligado às características hidráulicas dos sistemas aquíferos, ou seja, à permeabilidade, transmissividade e porosidade efetiva. Para essa análise foi considerada a massa de dados inventariados sem distinção das unidades captadas. Posteriormente, para as unidades que dispunham de certo número de dados, foi feita a análise estatística para o aquífero, com o objetivo de identificar o potencial de produção dos aquíferos mapeados na bacia do rio Verde. De toda forma deve-se ressaltar que a estimativa da capacidade de produção baseada na análise estatística dos poços existentes, para a bacia do rio Verde, mostra um grau de incerteza devido a duas situações: a massa de dados levantada é considerada pequena (180 poços) para uma análise estatística; segundo, não é possível identificar quais poços foram locados com critérios geológicos ou mesmo projetados e construídos de acordo com as normas técnicas adequadas.

##### 5.1.1.2.1. METODOLOGIA

Para a estimativa do potencial e das disponibilidades hídricas subterrâneas utilizou-se a seguinte metodologia:

- Tratamento estatístico dos dados de produção dos poços, parâmetro que mantém uma íntima relação com os parâmetros hidráulicos dos sistemas aquíferos, ou seja, permeabilidade, transmissividade e porosidade efetiva;
- Determinação da capacidade de armazenamento subterrâneo a partir da análise dos hidrogramas de vazões diárias, compiladas no banco de dados da ANA, referentes a postos fluviométricos representativos de cada uma das quinze unidades de análise consideradas neste trabalho. Com a determinação dos volumes de escoamento subterrâneo anuais, foram feitas estimativas das reservas renováveis e dos recursos hídricos subterrâneos explotáveis;

- Definição das áreas mais favoráveis à captação com base nas informações referentes à vazão dos poços inventariados e qualidade das águas subterrâneas. Para tal, definiram-se as áreas mais favoráveis à captação de águas subterrâneas por meio de poços tubulares, deixando claro que essas estimativas são de caráter probabilístico, que a localização de poços tubulares deve ser precedida de um estudo de detalhe.

#### 5.1.1.2.2. POTENCIALIDADE E DISPONIBILIDADE HÍDRICA – CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DOS POÇOS

O conceito de reserva de água subterrânea é um tema contraditório que envolve a quantificação de um recurso renovável que está intimamente associado aos volumes de recarga natural de longo prazo. Esse conceito mantém uma ligação com a potencialidade e a disponibilidade hídrica no sistema aquífero.

Neste sentido, define-se potencialidade como o volume total de água acumulada na zona de saturação do sistema aquífero que está sujeito a exploração. Na prática, potencialidade equivale às reservas totais. A disponibilidade refere-se ao volume que pode ser extraído, sem risco de exaustão ou dano ao sistema aquífero. Assim, num estudo de planejamento sobre o uso futuro da água é importante associar os conceitos de reservas e disponibilidade das águas.

A partir da análise realizada nos dados disponíveis, observou-se um número de poços com a informação de vazão específica que permite a análise de produtividade, com base nesse parâmetro. Portanto, a abordagem da produtividade tem a vazão específica como principal elemento de análise. Complementam este estudo os dados de vazão e rebaixamento. Esta metodologia é válida, pois, a vazão específica é o parâmetro que melhor representa a produtividade de um poço.

No inventário estão incluídas as captações por meio de poço tubulares, poços escavados (cacimbas/cisternas) e fontes naturais. Assim, foram catalogadas 72 captações do SIAGAS/CPRM, 75 captações do cadastro de outorga do IGAM/MG, 88 inventariados no projeto da Fundação Gorceix (2001), e 16 captações no banco de dados da COPASA, perfazendo um total de 250 captações de águas subterrâneas.

Entretanto para análise estatística os poços tubulares apresentam dados mais consistentes. Deste conjunto apenas 65 dos poços tubulares inventariados registram vazão específica, que representa o parâmetro hidrodinâmico que melhor reflete a produtividade de uma captação. A Figura 169 apresenta a frequência da vazão específica na massa de dados.

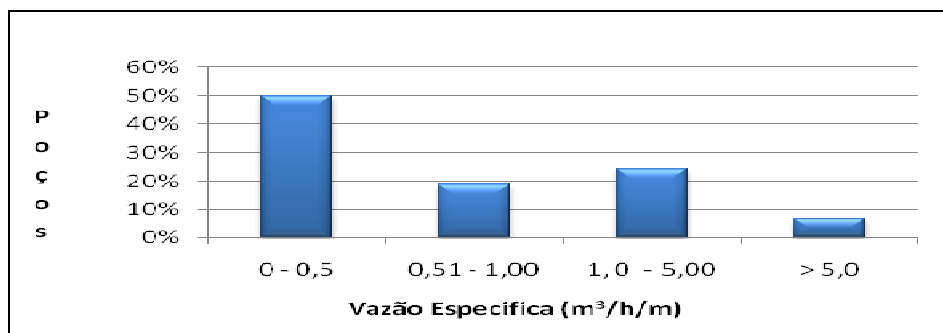


Figura 169 – Distribuição da vazão específica dos poços inventariados.

No gráfico anterior observa-se que a grande maioria dos poços apresenta baixa produtividade. Na amostra considerada, cerca de 70% dos poços apresentam vazão específica menor do que 1,0 m<sup>3</sup>/h/m, indicando que de maneira geral os sistemas aquíferos da bacia apresentam uma baixa favorabilidade hidrogeológica.

Ao observar o parâmetro vazão após estabilização (m<sup>3</sup>/h), medida em testes de bombeamentos os dados mostram que a 36% dos poços cadastrados tem vazão inferior a 0,5 m<sup>3</sup>/h e que apenas 16% dos poços inventariados apresentam vazão superior a 10 m<sup>3</sup>/h. Figura 170.

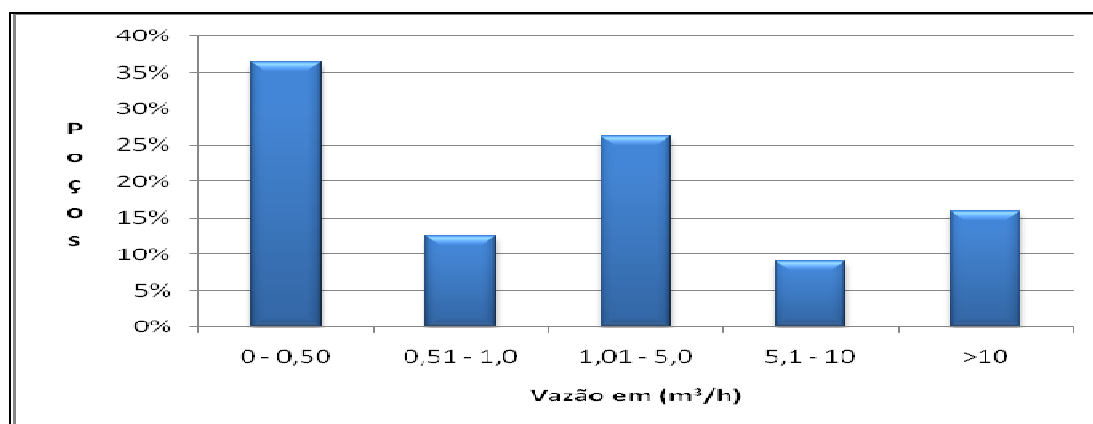


Figura 170 – Distribuição da vazão estabilizada dos poços inventariados

Analisando os dois gráficos anteriores observa-se que os valores de vazão específica (m<sup>3</sup>/h/m) e após estabilização (m<sup>3</sup>/h) mostram uma amplitude acentuada na distribuição dos dados. Esta dispersão dos dados, além de refletir a heterogeneidade do aquífero, também pode indicar a falta de critérios adequados para a locação das captações, o que gera uma alta margem de poços secos ou de baixa produtividade.

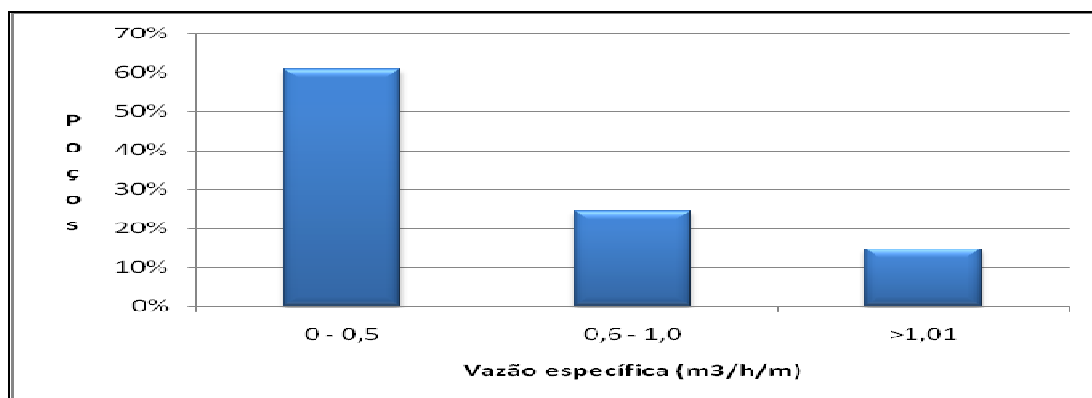
Para a análise da produtividade dos poços tubulares num mesmo sistema aquífero é necessário tratar os dados de cada um dos meios aquíferos. Porém, como já foi ressaltado anteriormente o número de dados hidrodinâmicos e construtivos de poços na bacia do rio Verde é muito baixo, com isso a análise fica prejudicada e deve ser tratada como um indicativo da produtividade dos sistemas aquíferos.

No aquífero fissurado, a subunidade desenvolvida no domínio das rochas graníticas - gnáissicas, mostra vazões específicas variando entre 0,002 e 0,655 m<sup>3</sup>/h/m, com média

de 0,0237 m<sup>3</sup>/h/m. Para esse mesmo conjunto de poços, a vazão após estabilização, medidas em testes de bombeamento de 24 horas, varia entre 0,018 a 12 m<sup>3</sup>/h, atingindo uma média de 1,37 m<sup>3</sup>/h.

Para o sistema aquífero desenvolvido em rochas quartzíticas e xistosas a vazão varia entre 0,52 e 29,99 m<sup>3</sup>/h, com a média ficando em 7,42.

O gráfico da Figura 171 mostra a distribuição da vazão específica para esta unidade aquífera. No gráfico observa-se que a grande maioria dos dados apresenta vazão específica menor do que 1 m<sup>3</sup>/h/m, indicando um meio de baixa produtividade.



**Figura 171 – Distribuição da vazão específica dos poços inventariados.**

De forma geral, os dados do sistema aquífero fissurado permitem algumas considerações a respeito dos poços:

- A produtividade dos poços, retratada pelos dados de vazão específica, indica, para o conjunto da área, um potencial hidrogeológico baixo a médio, como reflexo da ocorrência predominante de aquíferos pobres, nos quais 80% dos poços apresentam produtividade inferior a 1,0 m<sup>3</sup>/h/m e 62% deles têm produtividade de até 0,5 m<sup>3</sup>/h/m;
- Os níveis d'água (NA), no conjunto dos poços inventariados, encontram-se em geral a profundidades pequenas (menores que 5m). Esse fato está relacionado à locação dos poços em áreas de depressões do relevo, com o objetivo de buscar zonas fraturadas em conexão com a rede de drenagem, ou procurar uma maior penetração no aquífero para aumentar a produtividade;
- Ao analisar as captações no aquífero fissurado, sem distinguir o tipo de rocha, observa-se que os valores de capacidade específica vão de baixo a muito baixo, ou seja, os dados indicam a baixa favorabilidade hidrogeológica. Porém, ao incorporar na análise o aspecto geológico é possível afirmar que a porção oeste da bacia, sub-bacia do rio do Peixe, principalmente no município de São Thomé das Letras, oferece boas condições de captação de águas subterrâneas, desde que as locações dos poços sigam critérios geológicos e hidrogeológicos;

- Os aquíferos em rochas granito – gnáissicas cristalinas também mostram baixa produtividade com base nos poços tubulares cadastrados. Entretanto, esse aquífero tem potencial para atender propriedades da zona rural, indústria de baixo consumo de águas ou mesmo pequenos aglomerados populacionais.

No sistema aquífero granular, que ocupa cerca de 5 % da área total da bacia, os dados estão restritos a captações por meio de poços manuais (cisternas) ou nascentes, localizados no meio aluvionar. Neste aquífero não existe registro de poços tubulares. Normalmente, os poços que estão nesse domínio captam água de mais de um aquífero, ou seja, a perfuração é iniciada nas aluviões e penetram nas rochas granito-gnáissicas ou quartzíticas.

No cadastro de outorga do IGAM–MG constam 23 captações, sendo que 12 são do tipo nascente e as outras 11 são poços manuais. Neste cadastro não estão contabilizadas as captações para águas minerais do Circuito das Águas. A Tabela 119 sintetiza os dados das captações no sistema granular:

**Tabela 119 – Dados de captações com outorga de direito de uso**

Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Poços Manuais	Nascentes
Mínima	0,41	0,007
Média	3,52	1,49
Máxima	6,4	7,56

No que se refere aos dados hidrodinâmicos para o sistema aquífero granular em aluvião, pode-se citar valores de condutividade hidráulica (k) entre  $10^{-4}$  e  $10^{-2}$  cm/s (FG, 2001). Esses valores, segundo Custódio & Llamas (1983), caracterizam aquíferos de baixa a média produtividade.

#### 5.1.1.2.3. RELAÇÃO ENTRE ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS

A relação entre as águas superficiais e subterrâneas é definida pelos fenômenos que ocorrem na interface rio/aquífero. Os aquíferos fissurados, que apresentam a maior expressão territorial, também são responsáveis pelo maior volume de água que flui pelos rios durante todo o período seco do ano hidrológico. Os pontos de descarga subterrânea (surgências pontuais ou difusas) são situados em cotas mais elevadas em relação ao leito natural das drenagens e, praticamente não ocorrem situações de comunicação direta entre o rio e o aquífero. As descargas do aquífero para o rio são efetivas durante todo o ano.

Os aquíferos granulares, constituídos pelas coberturas detríticas têm seus pontos de descarga na mesma situação descrita para os aquíferos fissurados. Assim, a reposição dos aquíferos pode ser muito mais rápida, com um grande aporte de água desses sistemas para os rios através de nascentes.

Os aquíferos aluviais, que ocorrem em áreas restritas da bacia, área de aproximadamente 300 km<sup>2</sup>, equivalente pouco mais de 4% da área total, representam a exceção nesse quadro, pois, mantêm uma interação direta com os cursos d'água, que os alimentam no período de águas altas. Tal situação é invertida nos períodos de seca.



estimativa do deflúvio subterrâneo aos rios foi efetuada por meio da análise dos hidrogramas e determinação das curvas de esgotamento.

#### 5.1.1.2.3.1. SEPARAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEO

Os hidrogramas representam o escoamento ou deflúvio total medido em uma estação fluviométrica. Com a decomposição do escoamento total, determinam-se os componentes do escoamento superficial, hipodérmico e subterrâneo. A separação dos componentes superficial e subterrânea do escoamento nem sempre é fácil de estabelecer. Nesse trabalho, a decomposição do escoamento total foi feita pelo método de Barnes, descrito por Custódio e Llamas (1976). Nos hidrogramas, apresentados no ANEXO M, encontram-se curvas do deflúvio total e do escoamento subterrâneo. Também, foi considerado que em todo o ano hidrológico existe o escoamento subterrâneo mesmo no período de cheias. Essa premissa pode ser aplicada, visto que na maioria das situações as surgências estão localizadas acima da cota máxima do rio. Esta situação só não ocorre no aquífero aluvionar onde o fluxo subterrâneo no sentido aquífero/rio é interrompido no período de cheias devido à inversão do gradiente hidráulico.

Os dados usados nos hidrogramas representam as vazões médias mensais superficiais coletadas junto a Agência Nacional de Águas (ANA), diretamente do Sistema de Informações Hidrológicas – HIDROWEB. Na Figura 172 apresenta-se um mapa com a localização das estações fluviométricas. O Quadro 18 mostra a relação das estações selecionadas nas unidades de análise, com algumas de suas características. Essas estações foram escolhidas por apresentarem séries de dados hidrológicos que cobrem períodos longos de tempo.

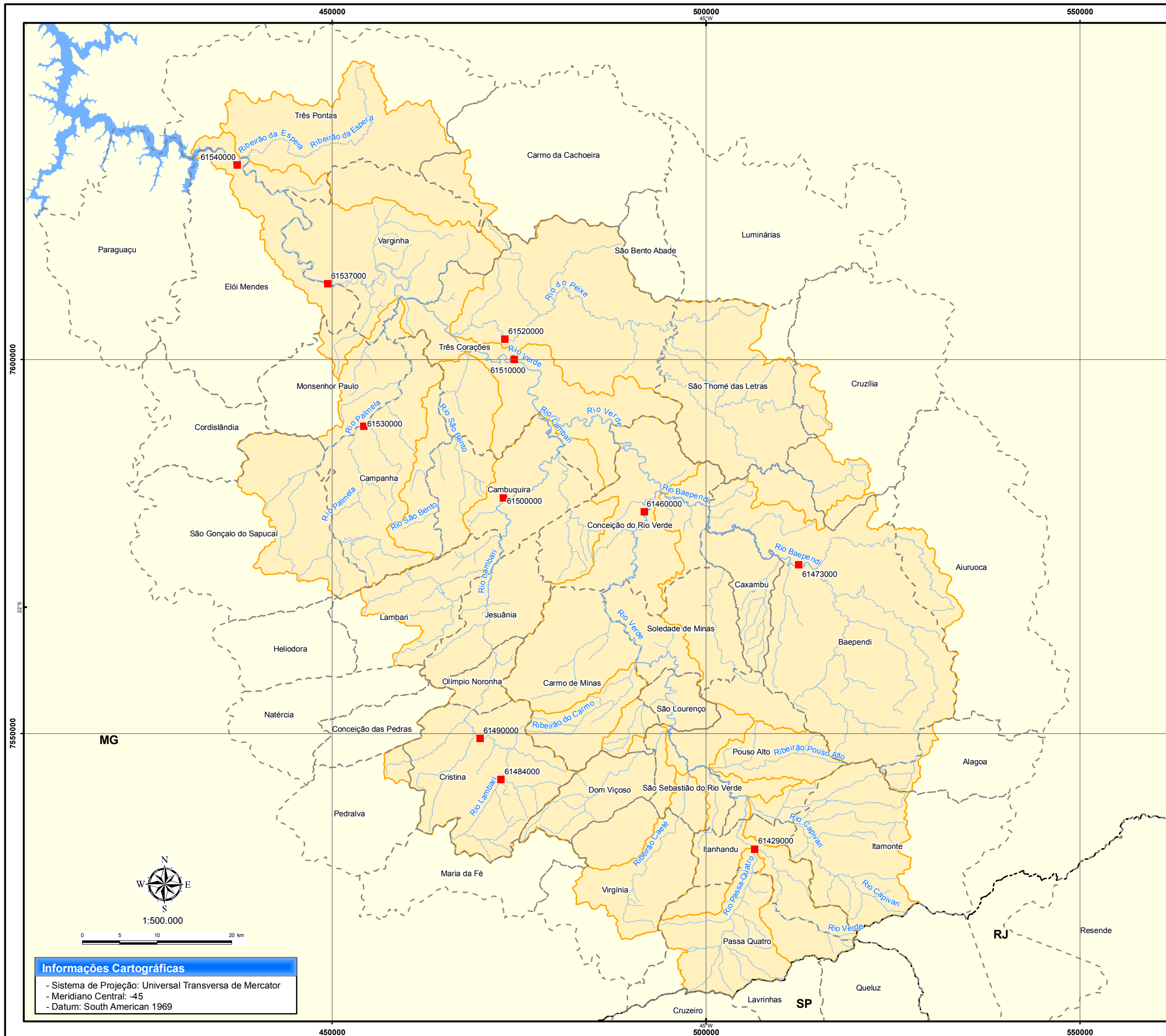
**Quadro 18 - Relação das estações fluviométricas**

Estação fluviométrica		Rio	Coordenadas		Série utilizada
Identificação	Nome		Latitude	Longitude	
61429000	Itanhandu	Verde	-22:17:40	-44:56:12	Set/57 a Ago/58
61460000	Conceição do Verde	Verde	-21:53:14	-45:4:45	Set/57 a Ago/58
61473000	Baependi	Baependi	-21:57:4	-44:52:47	Set/57 a Ago/58
61484000	Cristina – Montante	Lambari	-22:12:37	-45:15:57	Set/57 a Ago/58
61490000	Cachoeira Mandembo	do Peixe	-21:40:42	-45:15:35	Set/57 a Ago/58
61500000	Fazenda Juca Casimiro	Lambari	-21:52:12	-45:15:44	Set/57 a Ago/58
61510000	Três Corações	Verde	-21:42:11	-45:14:51	Set/57 a Ago/58
61520000	Chácara Santana	do Peixe	-21:40:42	-45:15:35	Set/57 a Ago/58
61530000	Palmela dos Coelho	Palmela	-21:46:59	-45:26:34	Set/57 a Ago/58
61537000	Porto dos Buenos	Verde	-21:36:39	-45:29:20	Set/57 a Ago/58
61540000	Batista de Melo	Verde	-21:31:0	-45:21:0	Set/57 a Ago/58



Os hidrogramas foram construídos, considerando o período 1957/1958 que representa um ano de intensidade de chuva mediana, dentre as séries disponíveis. Com estas considerações os dados de vazão, em cada uma das estações fluviométricas, foram plotados e montados gráficos no ambiente do software “Excel” da Microsoft, usando a escala semi-logarítmica. A descarga total foi plotada, em m<sup>3</sup>/s, no eixo “Y”, e o tempo, em dias, no eixo “X”.

Os resultados obtidos na análise dos hidrogramas das 11 estações consideradas são apresentados no ANEXO M e se aplicam à área a montante de cada uma das estações fluviométricas. É importante ressaltar que a distribuição das estações fluviométricas na bacia não coincide com as sub-bacias (unidades de planejamento) adotadas neste trabalho, assim para a determinação da disponibilidade hídrica, por sub-bacia, foram feitas algumas extrapolações dos valores determinados na área de influência das estações fluviométricas.



**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969

**172 - Estações fluviométricas selecionadas para o estudo**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



**Legenda:**

- Estações fluviométricas

**Convenções:**

- Hidrografia
- - - Limite Estadual
- - - Limite Municipal
- ▭ Limite da Bacia

**Fontes dos Dados:**

- Estações Fluviométricas: ANA
- Limite Bacia e Sub bacias: Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Estadual: IBGE
- Hidrografia: FEAM

#### 5.1.1.2.3.2. COEFICIENTE DE ESGOTAMENTO

A forma gráfica dos hidrogramas permite visualizar nesta região os períodos de recessão e de recarga. A recarga ocorre de setembro de um ano, a abril do ano seguinte, enquanto que de abril a setembro, de um mesmo ano, ocorre o período de águas baixas, onde toda a água que circula pela rede de drenagem é produto da contribuição dos sistemas aquíferos a elas direta ou indiretamente associados. A porção da curva referente ao período seco representa a curva de esgotamento ou de depleção do aquífero. Com base nesta porção da curva, foi calculado o coeficiente de esgotamento ou de recessão, com uso da equação de Maillet, que pode ser representada por uma função exponencial decrescente (CASTANY, 1971).

A equação de Maillet se escreve:

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t}$$

Em que:

$Q_t$  = Vazão em um instante qualquer do esgotamento, em  $m^3 / s$ ;

$Q_0$  = Vazão do início do esgotamento, em  $m^3/s$ ;

$\alpha$  = Coeficiente de esgotamento do aquífero, que representa a descarga do aquífero num regime natural;

$t$  = Período desde o início do esgotamento até o tempo  $t$ , em dias; e

$e = 2,71828$ .

Desenvolvendo a equação, tem-se que:

$$\log Q_t = \log Q_0 - (\alpha \log e) t$$

Como  $\log e$  é igual a 0,4343, a expressão do coeficiente de esgotamento fica reduzida à equação:

$$\alpha = (\log Q_0 - \log Q_t) / 0,4343 t$$

A equação de Maillet apresenta algumas premissas para sua utilização, sendo considerada como a que bem se aplica para obtenção do coeficiente de esgotamento nos aquíferos instalados em rochas pouco permeáveis, ou seja, as condições encontradas na bacia do rio Verde.

Da resolução da equação, observa-se que o coeficiente de esgotamento ( $\alpha$ ) é fortemente influenciado pelas características dimensionais e hidrodinâmicas (porosidade eficaz e coeficiente de permeabilidade de Darcy) do(s) aquífero(s) relacionado(s) a cada unidade. Ainda, que o coeficiente de esgotamento é inversamente proporcional às dimensões e às características hidráulicas (porosidade eficaz e permeabilidade de Darcy), do conjunto de aquíferos que compõem a bacia.

Dessa maneira, é de se esperar que os aquíferos granulares, que apresentam permeabilidade elevada em bacias de conformação estrutural favorável à restituição de água aos rios, apresentem valores para o coeficiente de esgotamento menor do que aqueles encontrados em regiões de rocha fraturada, mesmo quando o material de preenchimento das fraturas ou do manto de intemperismo tenha permeabilidade elevada. Isso porque se pressupõe uma maior homogeneidade para os aquíferos granulares.

Uma última condição dessa expressão que define o coeficiente de esgotamento ( $\alpha$ ) é que a bacia hidrográfica seja bem individualizada, isto é, que não tenha alimentação por transposição ou ganho ou perdas de água para bacias contíguas. Os valores encontrados para os coeficientes de esgotamento são vistos na Tabela 120.

Ainda, na análise dos valores determinados para os coeficientes de esgotamento ( $\alpha$ ) é possível comentar:

- Os valores dos coeficientes de esgotamento determinados ficaram entre 0,0034 e 0,0059, que podem ser comparados a valores encontrados em bacias hidrográficas onde predominam aquíferos porosos o que não ocorre na bacia em estudo. Esses baixos valores são indicativos de que as áreas contribuintes têm capacidade de armazenamento apreciável, não obstante, a ausência de coberturas sedimentares importantes. Uma interpretação que pode ser aplicada é que as áreas de contribuição estão sujeitas a índices pluviométricos elevados, cuja média anual supera os 1400 mm; além da presença de um manto de decomposição de rochas metamórfica, bem desenvolvido que apresenta uma composição onde a relação areia/argila favorável à infiltração e ao armazenamento das águas subterrâneas;
- As estações fluviométrica Itanhandu, Cristina Montante e Cachoeira do Mandembo, que têm respectivamente 80, 100 e 100% de suas áreas de influência em aquíferos fissurados, apresentam o valor de alfa de 0,0053, 0,036 e 0,0041, respectivamente. Isto representa uma restituição do aquífero em níveis acima da média para o tipo de aquífero regional. Nesse caso, o deflúvio subterrâneo nas sub-bacias apresenta uma contribuição significativa na manutenção das vazões de base dos rios no período da estiagem;
- As estações Baependi, Cristina Montante e Chácara Santana localizadas respectivamente nos rios Baependi, Lambari e do Peixe, apresentaram os menores valores de ( $\alpha$ ). Isso representa uma restituição do aquífero muito acima da média quando comparada com bacias onde o aquífero fraturado é largamente predominante. Neste caso pode justificar os números uma camada de regolito com alta capacidade de armazenamento;
- São compatíveis os valores do coeficiente de esgotamento, 0,058 e 0,059, calculados para as estações Porto dos Buenos e Batista de Melo, para a dominância de aquíferos fissurados. Ou seja, os valores altos de “ $\alpha$ ” indicam que o sistema aquífero regional mostra produtividade que pode ser classificada entre média e baixa, pois o coeficiente de esgotamento é inversamente proporcional às dimensões e as características hidráulicas, porosidade eficaz e permeabilidade de Darcy, do aquífero.

**Tabela 120 – Características hidrogeológicas da bacia do rio Verde**

Nome da estação	Rio	Município	Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	Distribuição dos sistemas aquíferos (%)			Período	Coeficiente de esgotamento ( $\alpha$ ) (dia <sup>-1</sup> )
				AG	Afg	AFqx		
Itanhandu	Verde	Itanhandu	116	8	80	12	Set/57 a Ago/58	0,0053
Conceição do Rio Verde	Verde	Conceição do Rio Verde	1837	6	76	18	Set/57 a Ago/58	0,0042
Baependi	Baependi	Baependi	599	-	89	11	Set/57 a Ago/58	0,0034
Cristina - Montante	Lambari	Cristina	73	-	100	-	Set/57 a Ago/58	0,0036
Cachoeira Mandembo	do Peixe	Cristina	166	-	100	-	Set/57 a Ago/58	0,0041
Fazenda Juca Casimiro	Lambari	Camбуquira	707	7	38	55	Set/57 a Ago/58	0,0044
Três Corações	Verde	Três Corações	4172	11	43	46	Set/57 a Ago/58	0,0044
Chácara Santana	do Peixe	Três Corações	851	2	31	67	Set/57 a Ago/58	0,0037
Palmela dos Coelhos	Palmela	Campanha	358	4	67	29	Set/57 a Ago/58	0,0040
Porto do Buenos	Verde	Varginha	6271	5	46	49	Set/57 a Ago/58	0,0058
Batista de Melo	Verde	Campos Gerais	6551	0,5	77,5	22	Set/57 a Ago/58	0,0059

AG = Aquífero granular engloba as aluviões, coberturas detriticas e regolito das rochas cristalinas – AFqx = Aquífero fissurado em rochas xistosas e quartzíticas –

AFg = Aquífero fissurado em rochas granito-gnáissicas

### 5.1.1.2.3.3. CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO SUBTERRÂNEO

A capacidade de armazenamento subterrâneo ( $V_0$ ) de uma bacia é equivalente às suas reservas reguladoras. Segundo Castany (1975),  $V_0$  corresponde ao volume de água livre armazenado em uma seção do aquífero, limitada por dois níveis piezométricos extremos, mínimo e máximo, ao longo de um período considerado. Essa conceituação considera que, nos sistemas aluviais, as principais áreas de descarga se situem em cotas próximas ao nível de base. Por outro lado, nos demais sistemas aquíferos, as áreas de descarga estão situadas em cotas superiores aos rios, e o escoamento não é influenciado pela altura dos níveis d'água nas drenagens superficiais e ocorre durante todo o ano hidrológico. Nesse caso, o quantitativo do escoamento subterrâneo total, aqui denominado de deflúvio subterrâneo, aproxima-se das reservas reguladoras.

A determinação da capacidade de armazenamento (reservas reguladoras) foi calculada com base no estudo das curvas de esgotamento, também segundo uma equação devida a Maillet (CASTANY, 1971), que pode ser expressa da seguinte forma:

$$V_0 = 86.400 (Q_0/\alpha)$$

Em que:

$V_0$  = Capacidade de armazenamento, em  $m^3$ ;

$Q_0$  = Vazão do rio no início do esgotamento em  $m^3$ /dia; e

$\alpha$  = Coeficiente de esgotamento.

Na Tabela 121 estão discriminados os valores calculados para a capacidade de armazenamento ( $V_0$ ), do coeficiente de esgotamento ( $\alpha$ ), e as áreas de drenagens das unidades de análise consideradas nos 11 hidrogramas estudados. Os escoamentos subterrâneos específicos referem-se ao volume anual de contribuição de água subterrânea ao fluxo de base dos rios, relacionado com a respectiva área de drenagem da bacia considerada, expressos em  $l/s.km^2$ . Nesta tabela, apresenta-se também o percentual da contribuição de água subterrânea em relação ao escoamento total, medido nas respectivas estações fluviométricas.

Nas áreas de influência das estações fluviométricas de Baependi, Cristina Montante e Chácara Santana, onde o sistema aquífero fissurado representa cerca de 90% da área total, os valores de  $\alpha$  variam entre 0,0034 e 0,0037  $dia^{-1}$  e o escoamento subterrâneo específico fica entre 8 e 16  $l/s.km^2$ , mais uma vez evidenciando que o manto de alteração das rochas cristalinas apresenta um bom potencial hidrogeológico, portanto deve ser considerado como uma alternativa de abastecimentos de pequenos núcleos urbanos ou indústria que não possuem uma demanda muito alta.

Em resumo, o estudo do esgotamento da bacia do rio Verde, veio demonstrar uma alta produtividade e capacidade de armazenamento do conjunto dos sistemas aquíferos que ocupam suas áreas de drenagem, não obstante a predominância absoluta, nesse conjunto, de aquíferos fissurados. Essas condições se revelam, sobretudo, nos baixos valores dos coeficientes de esgotamento (Tabela 120) e nos altos percentuais de águas subterrâneas na composição do deflúvio total dos rios estudados Tabela 121. Tudo isso decorre dos altos índices pluviométricos da região, superiores a 1200 mm/ano, com a média de 1450 mm/ano; e da existência de um manto de intemperismo bem desenvolvido e de ocorrência generalizada em toda a área.

**Tabela 121 – Deflúvios, coeficiente de esgotamento e capacidade de armazenamento**

Estação	Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	Período	Deflúvios					Coeficiente de esgotamento (dia <sup>-1</sup> )	Capacidade de armazenamento (m <sup>3</sup> )
			Escoamento total (m <sup>3</sup> /ano)	Escoamento subterrâneo em (m <sup>3</sup> /ano)	Escoamento superficial em (m <sup>3</sup> /ano)	Escoamento subterrâneo/total (%)	Escoamento subterrâneo específico (L/s/km <sup>3</sup> )		
Itanhandu	116	Set/57- Ago/58	1,426x10 <sup>8</sup>	8,174x10 <sup>7</sup>	6,084x10 <sup>7</sup>	57,33%	22,34	0,0053	6,49 x10 <sup>7</sup>
Conceição do Rio Verde	1837	Set/57- Ago/58	1,475x10 <sup>9</sup>	8,376x10 <sup>8</sup>	6,374x10 <sup>8</sup>	56,79%	14,46	0,0042	9,56 x10 <sup>8</sup>
Baependi	599	Set/57- Ago/58	5,904x10 <sup>8</sup>	3,067x10 <sup>8</sup>	2,836x10 <sup>8</sup>	51,96%	16,24	0,0034	4,30 x10 <sup>8</sup>
Cristina - Montante	73	Set/57- Ago/58	5,060x10 <sup>7</sup>	1,952x10 <sup>7</sup>	3,108x10 <sup>7</sup>	38,57%	8,48	0,0036	1,09 x10 <sup>8</sup>
Cachoeira Mandembo	166	Set/57- Ago/58	1,470x10 <sup>8</sup>	8,109x10 <sup>7</sup>	6,595x10 <sup>7</sup>	55,15%	15,49	0,0041	4,49 x10 <sup>8</sup>
Fazenda Juca Casimiro	707	Set/57- Ago/58	5,996x10 <sup>8</sup>	3,315x10 <sup>8</sup>	2,681x10 <sup>8</sup>	55,29%	14,87	0,0044	1,92 x10 <sup>9</sup>
Três Corações	4172	Set/57- Ago/58	3,190x10 <sup>9</sup>	1,950x10 <sup>9</sup>	1,241x10 <sup>9</sup>	61,11%	14,82	0,0044	2,43 x10 <sup>8</sup>
Chácara Santana	851	Set/57- Ago/58	3,581x10 <sup>8</sup>	2,184x10 <sup>8</sup>	1,397x10 <sup>8</sup>	60,99%	8,14	0,0037	2,20 x10 <sup>8</sup>
Palmela dos Coelho	358	Set/57- Ago/58	2,345x10 <sup>8</sup>	1,165x10 <sup>8</sup>	1,180x10 <sup>8</sup>	49,68%	10,32	0,004	3,06 x10 <sup>9</sup>
Porto dos Buenos	6271	Set/57- Ago/58	4,494x10 <sup>9</sup>	2,185x10 <sup>9</sup>	2,309x10 <sup>9</sup>	48,63%	11,05	0,0058	2,35 x10 <sup>9</sup>
Batista de Melo	6551	Set/57- Ago/58	4,365x10 <sup>9</sup>	2,140x10 <sup>9</sup>	2,225x10 <sup>9</sup>	49,03%	10,36	0,0059	3,66 x10 <sup>7</sup>

#### 5.1.1.2.3.4. RESERVAS REGULADORAS E RECURSOS EXPLOTÁVEIS

A determinação e a estimativa das reservas e recursos hídricos subterrâneos exploráveis são conceitos ainda controversos entre os hidrogeológicos, principalmente quando se associam reservas exploráveis à potencialidade e à disponibilidade, devido à imprecisão das suas definições, sua complexidade e à dificuldade de identificar os diferentes aspectos envolvidos com a situação real (CUSTÓDIO E LLAMAS, 1976). Assim, é importante apresentar alguns conceitos específicos utilizados neste trabalho:

- Reservas reguladoras - Representam a quantidade de água livre armazenada no aquífero ao longo de um período de recarga natural. Essas reservas são as que mantêm relação com o balanço das águas subterrâneas, e que são avaliadas a partir das variações piezométricas ou das curvas de esgotamento do escoamento superficial. Em geral, parte destas reservas reguladoras é que constitui os recursos exploráveis;
- Reservas permanentes ou seculares - Constituem as águas subterrâneas acumuladas que não variam em função das precipitações. Formam uma parcela que se situa abaixo dos níveis de descarga locais ou regionais e permitem uma exploração mais importante, regularizadas em períodos de vários anos;
- Reserva acumulada - É a totalidade da água acumulada e mobilizável em um sistema aquífero. O termo mobilizável se refere à capacidade do sistema de permitir o movimento da água sob a ação de forças gravitacionais, contrapondo-se à parcela de água retida ou à umidade do solo. Desse modo, a quantidade de água acumulada é o produto do volume de rocha saturado pela porosidade eficaz em sistemas livres, ou pelo coeficiente de armazenamento, em sistemas sob pressão; e
- Reservas exploráveis ou recursos exploráveis - Constituem a quantidade máxima de água que poderia ser explorada de um aquífero sem impacto ao sistema aquífero. Essas reservas são constituídas pelas reservas reguladoras e parte das reservas permanentes.

Diante da metodologia de trabalho empregada, que enfoca um diagnóstico com base em dados secundários, torna-se necessário adotar uma visão mais simplificada para determinação das reservas reguladoras e exploráveis da bacia hidrográfica do rio Verde. Entretanto, os valores calculados com base nos dados de fluviometria são confiáveis tendo em vista o objetivo do Plano.

Antes de analisar os dados de reserva é necessário, todavia, atentar para algumas condicionantes que podem interferir nos resultados alcançados:

- Em aquíferos profundos e confinados, é comum reservas permanentes consideráveis inexistirem ou serem reduzidas no retorno aos rios, ou mesmo ocorrer águas subterrâneas com tempo de residência muito longos (dezenas de milhares de anos);



- As condições e variações dos níveis piezométricos entre sistemas aquíferos podem alterar substancialmente as condições de recarga e alimentação entre sistemas; e
- Como as reservas reguladoras anuais mostram em geral grande variação em função de anos secos e úmidos, admite-se que parte das reservas permanentes pode ser explorada em anos críticos, no pressuposto que serão repostas em anos úmidos. Acrescente-se também a grande capacidade de regularização dos mananciais subterrâneos e de sua grande dispersão espacial quando comparados às disponibilidades nas calhas fluviais.

A capacidade de armazenamento foi determinada pela análise do fluxo de base nos hidrogramas e possibilitou estimar as reservas reguladoras e os recursos exploráveis tomando este parâmetro como base.

Assim para a obtenção de uma estimativa das reservas renováveis, foram determinados os valores da capacidade de armazenamento ( $V_0$ ) de cada uma das áreas mensuradas pelas respectivas estações fluviométricas, conforme apresentado na coluna 5 da Tabela 122. Em seguida, tomou-se o valor correspondente a área de cada sub-bacia inserida na respectiva unidade de planejamento, que multiplicado pelo  $V_0$  específico forneceu o  $V_0$  daquela fração da área da bacia. O somatório das parcelas corresponde ao coeficiente de armazenamento ( $V_0$ ) da unidade de planejamento. Ressalta-se que os cálculos efetuados tiveram com princípio a equivalência entre reserva renovável e capacidade de armazenamento.

Em seguida foram definidos os recursos subterrâneos exploráveis, para isso foi necessário estabelecer alguns critérios que visavam garantir qual o percentual das reservas renováveis poderia ser utilizado sem prejuízo, à manutenção de uma vazão no escoamento superficial. Nesse tema, mesmo não havendo um consenso entre os técnicos da área, admite-se que a sua definição está relacionada à disponibilidade hídrica superficial, à descarga mínima estabelecida para os cursos de água, e a outros aspectos como: o uso e ocupação do solo; relevo; fatores econômicos, geotécnicos e hidrometeorológicos.

Diante destas considerações, neste relatório optou-se por considerar como recursos exploráveis o volume correspondente a 30% das reservas reguladoras, com isso fica então assegurada à manutenção de um fluxo de base de 70 % da vazão reguladora. No caso da bacia do rio Verde este número fica muito acima do volume de água subterrânea outorgado na bacia até a data de consulta ao banco de dados do IGAM/MG. A Tabela 122 apresenta os valores estimados dos recursos exploráveis para cada uma das unidades de planejamento adotadas no PDRH Rio Verde.

Finalmente, é importante observar que os valores calculados para os recursos hídricos subterrâneos exploráveis, tomando por base a capacidade de armazenamento (reserva reguladora), encontram uma boa consistência tendo em vista que a recarga natural aparenta ser suficiente e ocorre em boas quantidades. Esta afirmação encontra suporte nos estudos climatológicos, que compõem esse trabalho, onde os dados de pluviometria indicam que a distribuição espacial da precipitação média anual é homogênea, e varia entre 1200 e 1800 mm com um índice médio de longo prazo de 1450 mm.

**Tabela 122 - Reservas explotáveis na unidade de planejamento**

<b>Unidade de planejamento</b>	<b>Estação fluviométrica</b>	<b>Capacidade de armazenamento específica p/ estação fluviométrica (m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/ano)</b>	<b>Área de contribuição da estação na unidade de planejamento (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Capacidade de armazenamento nas unidades de planejamento (m<sup>3</sup>/ano)</b>	<b>Reserva explotável p/ unidade de planejamento (m<sup>3</sup>/ano)</b>
Rio Baependi	Três Corações	58.245,45	528,00	3,08x10 <sup>7</sup>	1,40 x10 <sup>8</sup>
	Baependi	717.863,11	609,00	4,37x10 <sup>8</sup>	
Ribeirão da Espera	Batista de Melo	5.586,93	403,00	2,25x10 <sup>6</sup>	6,75 x10 <sup>5</sup>
Rio Palmela	Palmela dos Coelhos	8.547.486,03	356,00	3,04x10 <sup>9</sup>	9,37 x10 <sup>8</sup>
	Porto dos Bueno	374.740,87	213,00	7,98x10 <sup>7</sup>	
Rio São Bento	Porto dos Buenos	374.740,87	243,00	9,11x10 <sup>7</sup>	2,73 x10 <sup>7</sup>
Rio do Peixe	Porto dos Buenos	374.740,87	57,00	2,14x10 <sup>7</sup>	7,26 x10 <sup>7</sup>
	Chácara Santana	258.519,39	853,00	2,21x10 <sup>8</sup>	
Rio Lambari	Três Corações	58.245,45	205,00	1,19x10 <sup>7</sup>	5,77 x10 <sup>8</sup>
	Cristina Montante	1.493.150,68	74,00	1,10x10 <sup>8</sup>	
	Cachoeira Mandembo	270.4819,28	96,00	2,60x10 <sup>8</sup>	
	Faz Juca Casimiro	271.5700,14	567,00	1,54x10 <sup>9</sup>	
Baixo Rio Verde	Juca Casimiro	271.5700,14	162,00	4,40x10 <sup>8</sup>	1,76 x10 <sup>8</sup>
	Porto dos Buenos	374.740,87	391,00	1,47x10 <sup>8</sup>	
	Batista de Melo	5.586,93	186,00	1,04x10 <sup>6</sup>	
Ribeirão do Carmo	Conceição do rio Verde	520.413,72	97,47	5,07x10 <sup>7</sup>	1,52 x10 <sup>7</sup>
Ribeirão do Aterrado	Conceição do Rio Verde	520.413,72	213,98	1,11x10 <sup>8</sup>	3,34 x10 <sup>7</sup>
Ribeirão Caeté	Conceição do rio Verde	520.413,72	171,24	8,91x10 <sup>7</sup>	2,67 x10 <sup>7</sup>
Ribeirão Passa Quatro	Itanhandu	559.482,76	175,45	9,82x10 <sup>7</sup>	2,94 x10 <sup>7</sup>
Ribeirão Capivari	Conceição do rio Verde	520.413,72	308,27	1,60x10 <sup>8</sup>	4,81 x10 <sup>7</sup>
Ribeirão Pouso Alto	Conceição do rio Verde	520.413,72	95,15	4,95x10 <sup>7</sup>	1,49 x10 <sup>7</sup>
Médio rio Verde	Três Corações	58245,45	112,00	6,52x10 <sup>6</sup>	7,49 x10 <sup>7</sup>
	Conceição do rio Verde	520413,72	467,00	2,43x10 <sup>8</sup>	
Alto Rio Verde	Itanhandu	559482,76	116,00	6,49x10 <sup>7</sup>	4,91 x10 <sup>7</sup>
	Conceição do rio Verde	520413,72	189,50	9,86x10 <sup>7</sup>	

#### 5.1.1.2.4. MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL

O modelo hidrogeológico conceitual elaborado para a bacia hidrográfica do rio Verde está sintetizado no perfil hidrogeológico da Figura 173. Nesse perfil estão representados o fluxo subterrâneo e as relações entre os sistemas aquíferos que ocorrem na área em estudo. No geral, é possível afirmar que a hidrogeologia da região possibilita uma interpretação relativamente simples, onde as unidades aquíferas interagem diferencialmente com o sistema hidrológico. Tais aquíferos podem ser agrupados em dois grupos, conforme se segue.

##### **Aquíferos Superiores**

São limitados e constituídos por rochas inconsistentes do manto de decomposição das rochas metamórficas ou por material coluvial e aluvial. Este material apresenta uma grande variação faciológica. No geral, mostra uma composição areno-argilosa e baixa transmissividade e permeabilidade, o que resulta em um aquífero heterogêneo e anisotrópico.

A espessura do aquífero granular é muito variável, desde a completa ausência até valores que alcançam 30 metros. Esse sistema possui características de um aquífero livre ou semi-livre, cuja recarga se dá pelas águas pluviais que se infiltram diretamente, por descenso. O fluxo na zona granular é função de sua permeabilidade e da porosidade primária, ou seja, tende a apresentar uma alta transmissividade, quando aumenta o percentual de fragmentos de rocha mais competentes ou de areia.

O fluxo das águas subterrâneas, na zona não saturada dos aquíferos porosos, é vertical descendente e tende a se horizontalizar, na medida em que penetra na zona saturada. No contato de uma camada saturada com um nível impermeável é comum o desenvolvimento de um lençol freático suspenso. Nas aluviões, a direção do fluxo subterrâneo pode sofrer alterações em função do perfil litológico dos sedimentos e do regime pluviométrico. Durante as cheias, o rio tende a alimentar a aluvião (rio influente), direcionando o fluxo sub - perpendicular às suas margens. Durante as secas, quando o aquífero alimenta o rio (rio efluente), o fluxo tende a ser mais perpendicular ao leito do rio.

No caso do manto de alteração das rochas cristalinas, as águas infiltradas contribuem para recarga do sistema fraturado abaixo, por filtração vertical, e outra parte aflora nas encostas, devido a componentes horizontais de fluxo para as áreas de menor carga hidráulica. Os divisores de águas superficiais são coincidentes, no geral, com os limites físicos da bacia hidrogeológica.

##### **Aquíferos Profundos**

Os aquíferos profundos são desenvolvidos ao longo das discontinuidades estruturais, e a circulação das águas subterrâneas é feita através das discontinuidades (NS-NW) geradas nos eventos tectônicos. Essa característica torna esse meio hidrogeológico fortemente anisotrópico, heterogêneo e descontínuo.

Na região, os eventos tectônicos geraram um sistema de falhamentos e fraturas de compressão, segundo as direções de xistosidade das rochas (NE); e um sistema de

fraturas de alívio e distensão nas direções NW. Em geral, as primeiras são “regeladas” e mais fechadas, enquanto as transversais são abertas e apresentam maior importância com relação à ocorrência das águas subterrâneas. Esta conformação estrutural é marcante nas proximidades da cidade de Caxambu, onde várias das surgências de águas minerais encontram-se associadas a estas duas direções de fraturamentos, especialmente à de direção NW.

No aquífero desenvolvido sobre as rochas metamórficas, não existe um estudo geostatístico que permita concluir sobre a profundidade das descontinuidades abertas. Esses dados são importantes para projetar captações por poços tubulares na região. Os dados inventariados apontam que os poços existentes estão construídos com uma profundidade máxima em torno de 150m, e que na grande maioria dos poços inventariados não ultrapassa 80 metros.

No que se refere ao fluxo das águas subterrâneas, neste sistema aquífero as linhas são congruentes com os fluxos das águas superficiais segundo um traçado perpendicular às curvas de nível do terreno natural. Ainda, de forma geral é possível afirmar que o nível de base da descarga subterrânea regional fica definido pela calha do rio Verde.

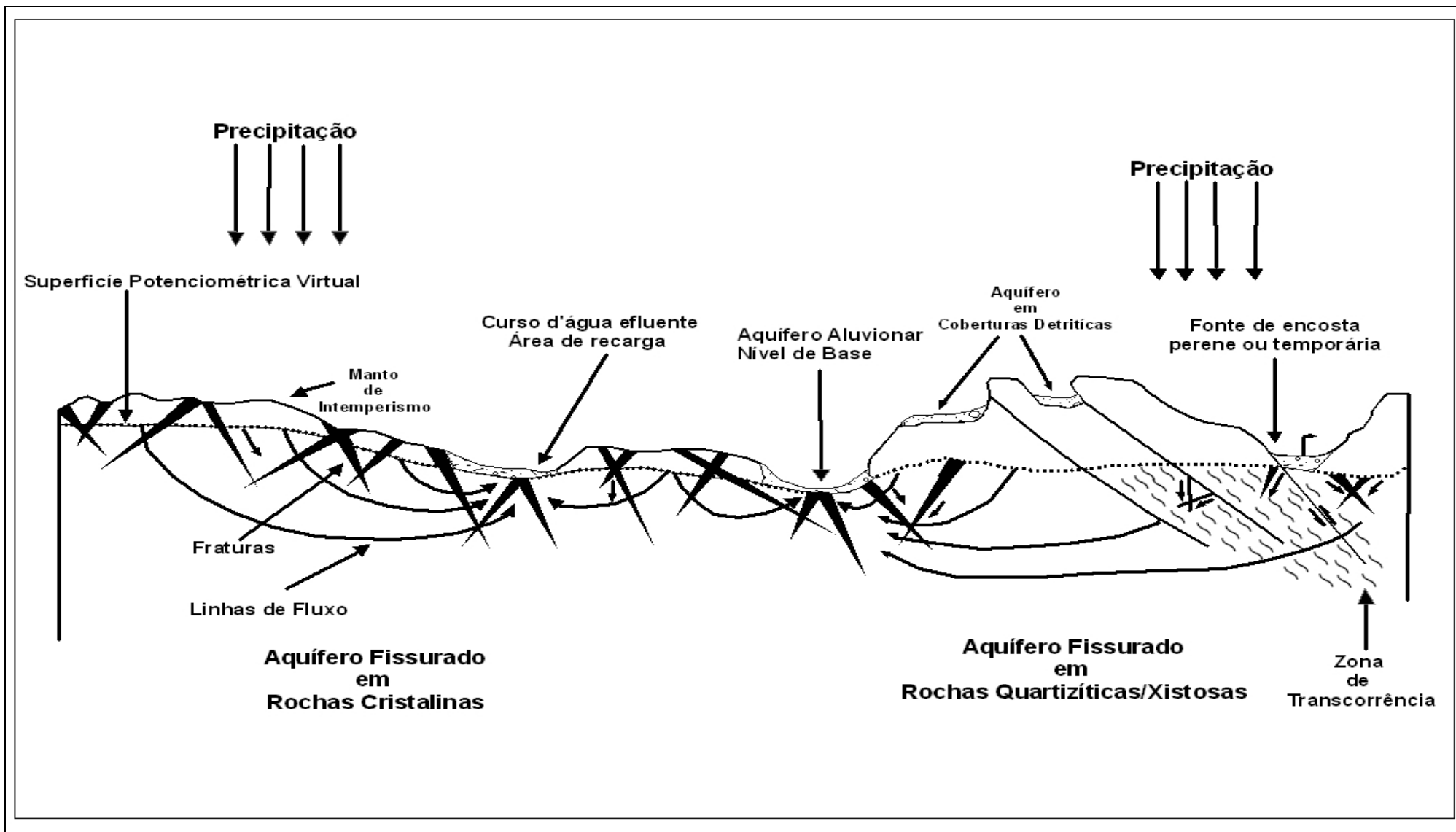


Figura 173 – Perfil hidrogeológico

## 5.2. QUALIDADE DA ÁGUA E ENQUADRAMENTO

### 5.2.1. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

A caracterização das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Verde fundamentou-se nos dados da rede básica de qualidade da água de Minas Gerais, operada sistematicamente desde 1997 por meio do projeto Águas de Minas, iniciado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM e sucedido pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM. No desenho original, essa rede incluía 11 estações de amostragem na bacia em estudo, das quais 6 localizadas no rio Verde e 5 nos afluentes, rios Baependi, Lambari, do Peixe e Palmela. Em 2000, foi acrescentada uma estação no rio do Peixe; em novembro de 2007 foi implantado um ponto de coleta no ribeirão da Espera; e a partir da terceira campanha de 2008 foram incluídas 4 estações, uma em cada um dos seguintes rios: Verde, Baependi, Lambari e do Peixe. Assim, no segundo semestre de 2008 a rede básica implantada na bacia do rio Verde totalizava 17 estações amostragem localizadas em águas correntes, ou seja, ambiente lótico.

Cabe registrar que entre 1987 e 1993 a Superintendência de Meio Ambiente – SMA e sua sucessora FEAM realizaram a caracterização anual das águas superficiais da bacia do rio Verde, por meio de uma rede de 26 estações de amostragem, sendo 9 no rio Verde e 17 em afluentes. No presente diagnóstico essa caracterização será utilizada para enriquecer a abordagem temporal da qualidade das águas, especialmente quanto à sua tendência de evolução.

Salienta-se que as águas superficiais da bacia do rio Verde foram enquadradas por meio da Deliberação Normativa COPAM nº33, de 18 de dezembro de 1998, a qual fundamentará as análises comparativas dos resultados laboratoriais frente ao atendimento aos padrões de qualidade estabelecidos na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1, de 13 de maio de 2008, complementada com a Deliberação Normativa COPAM nº 10, de 16 de dezembro de 1986.

Com relação às águas subterrâneas, não foram obtidas informações nas pesquisas de dados de qualidade das águas realizadas junto à COPASA e às prefeituras municipais. Assim, esse aspecto constitui uma lacuna do conhecimento no diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas no âmbito da bacia em estudo.

#### 5.2.1.1. METODOLOGIA

##### 5.2.1.1.1. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

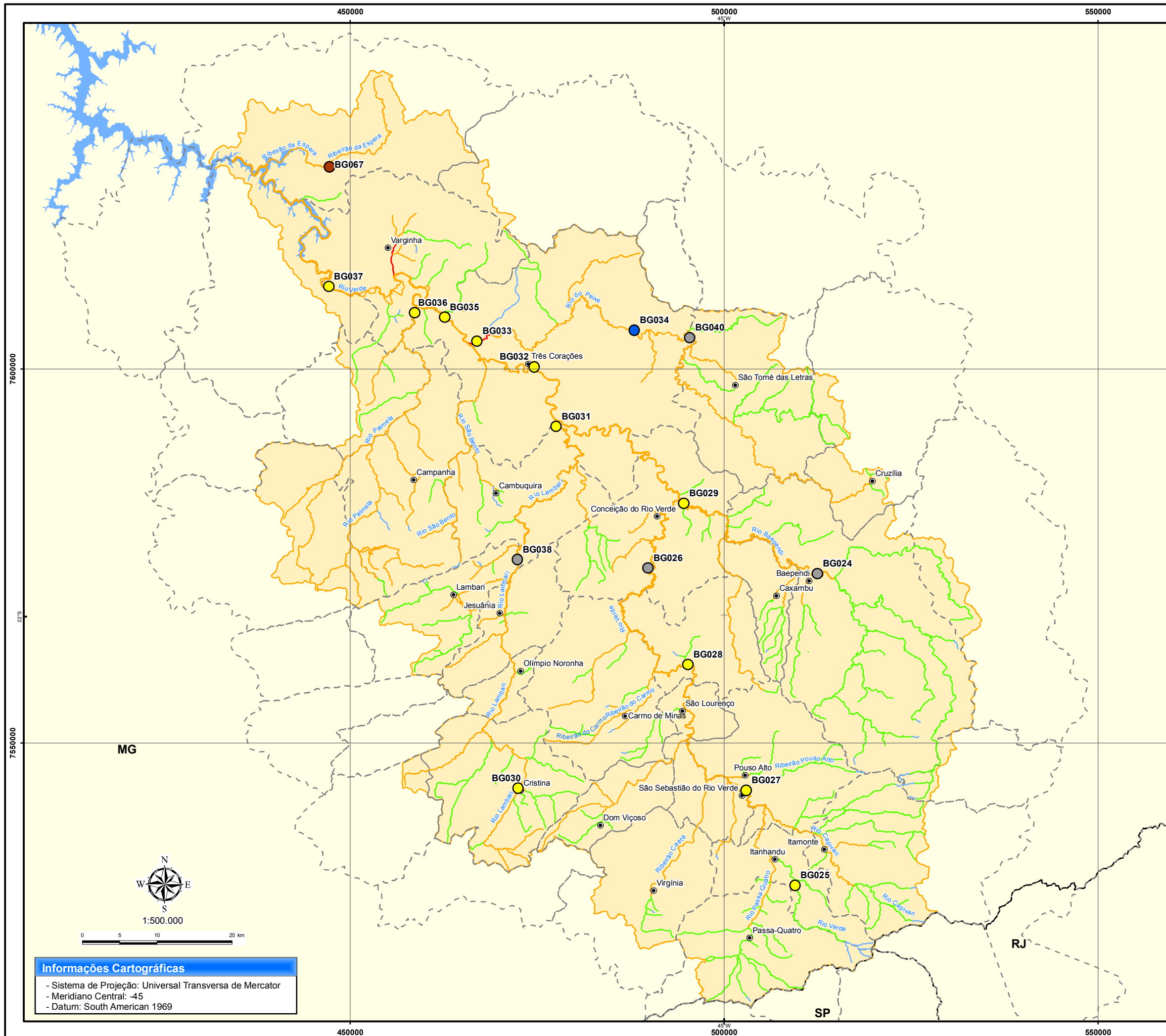
As principais informações das 17 estações de amostragem, da rede básica do Projeto Águas de Minas, instaladas na bacia do rio Verde são relacionadas na Tabela 123. Na Figura 174, é indicada a localização e especificado o respectivo período de operação de cada uma dessas estações, além de apresentar o enquadramento dos cursos de água, conforme Deliberação Normativa COPAM nº 33/1998. Nos trechos amostrados predomina a classe 2. Apenas na estação BG025, implantada no rio Verde na região das nascentes, a montante da cidade de Itanhandu, as águas são enquadradas na classe 1, enquanto o trecho do rio do Peixe próximo à confluência com o rio Verde (BG033) apresenta objetivo de qualidade na classe 3.

Conforme especificado na Tabela 123, em 8 sub-bacias estão distribuídas estações de amostragem. Nas 7 demais sub-bacias, quais sejam, Rio Passa Quatro, Rio Capivari, Ribeirão Pouso Alto, Ribeirão Caeté, Ribeirão do Aterrado, Ribeirão do Carmo e Rio São Bento não há caracterização sistemática da qualidade das águas superficiais.

**Tabela 123 - Estações de amostragem de qualidade das águas superficiais operadas pelo igam na bacia do rio Verde**

<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>Enquadramento</b>	<b>Sub-bacia</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
BG025	Rio Verde a montante da cidade de Itanhandu.	Classe 1	Alto Rio Verde	22°19'36,3"	44°54'19"
BG027	Rio Verde a jusante da confluência com o rio Capivari.	Classe 2	Alto Rio Verde	22°12'50,1"	44°58'31,3"
BG028	Rio Verde na cidade de Soledade de Minas.	Classe 2	Médio Rio Verde	22°03'37,2"	45°02'42,6"
BG026	Rio Verde no município de Conceição do Rio Verde.	Classe 2	Médio Rio Verde	21°56'42,2"	45°05'32,5"
BG024	Rio Baependi a montante da cidade de Baependi.	Classe 2	Rio Baependi	21°57'3,6"	44°52'48,7"
BG029	Rio Baependi a montante da confluência com o rio Verde	Classe 2	Rio Baependi	21°51'54,2"	45°03'15,7"
BG030	Rio Lambari na cidade de Cristina.	Classe 2	Rio Lambari	22°12'36,7"	45°15'55,5"
BG038	Rio Lambari a montante do rio Verde.	Classe 2	Rio Lambari	21°56'01,8"	45°15'43,6"
BG031	Rio Lambari a montante da confluência com o rio Verde.	Classe 2	Rio Lambari	21°46'04,5"	45°12'56,7"
BG032	Rio Verde na cidade de Três Corações.	Classe 2	Baixo Rio Verde	21°42'12,2"	45°14'52,1"
BG040	Rio do Peixe a jusante de São Thomé das Letras.	Classe 2	Rio do Peixe	21°39'27,3"	45°02'39,8"
BG034	Rio do Peixe a jusante da foz do ribeirão Vermelho.	Classe 2	Rio do Peixe	21°39'19,9"	45°06'54,9"
BG033	Rio do Peixe a montante da confluência com o rio Verde.	Classe 3	Rio do Peixe	21°40'18,9"	45°19'51,8"
BG035	Rio Verde na localidade de Flora.	Classe 2	Baixo Rio Verde	21°38'28,9"	45°21'49,5"
BG036	Rio Palmela a montante da confluência com o rio Verde.	Classe 2	Rio Palmela	21°37'47,5"	45°23'43,5"
BG037	Rio Verde a jusante da cidade de Varginha.	Classe 2	Baixo Rio Verde	21°36'25,1"	45°30'32,4"
BG067	Ribeirão da Espera a montante do lago de Furnas.	Classe 2	Ribeirão da Espera	21°27'25"	45°3'56"

Fonte: IGAM, 2009



**174 - Estações da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Verde**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

- Estações de qualidade**
- 46 campanhas (Out/1997 - Nov/2008)
  - 36 campanhas (Mar/2000 - Nov/2008)
  - 5 campanhas (Nov/2007 - Nov/2008)
  - 2 campanhas (Ago/2008 - Nov/2008)

- Simbologia da hidrografia para o enquadramento atual:**
- Classe Especial
  - Classe 1
  - Classe 2
  - Classe 3

- Convenções:**
- Limite Municipal
  - Limite da Bacia
  - Limite Estadual

Fontes dos Dados:

- Estações : IGAM - Projeto Água de Minas
- Limite Bacia e Sub bacias: Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Estadual: IBGE
- Hidrografia: FEAM

**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969



Dessa forma, a avaliação das condições dos recursos hídricos da bacia do rio Verde foi efetuada nas seguintes sub-bacias: Alto Rio Verde, Médio Rio Verde, Rio Baependi, Baixo Rio Verde, Rio Lambari, Rio do Peixe, Rio Palmela e Ribeirão da Espera.

A base de dados de qualidade das águas superficiais utilizada na presente avaliação, disponibilizada pelo IGAM, incluiu resultados de ensaios físicos, químicos e biológicos referentes ao período de outubro de 1997 a novembro de 2008, com campanhas de amostragem trimestrais. Tratam-se de informações de 46 campanhas de amostragem, exceto para as estações BG033, com 44 campanhas, BG034, com 36 campanhas, BG067, com 5 campanhas, e BG026, BG024, BG038, BG040, com 2 amostragens cada.

Vale enfatizar que o IGAM estabeleceu como meta da macro-rede em operação no Estado de Minas Gerais, a razão de 1 estação de monitoramento por 1.000 km<sup>2</sup>, densidade adotada pelos países membros da união européia para gestão da qualidade da água. Na bacia do rio Verde a densidade é equivalente a 2,5 estações/1.000 km<sup>2</sup>, significativamente maior que a meta definida, possibilitando uma análise mais particularizada das condições das águas.

As amostragens e ensaios laboratoriais são realizados por laboratório público terceirizado, da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC. As amostras são do tipo simples, de superfície, colhidas preferencialmente no perfil principal do curso de água. 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 Wastewater* APHA-AWWA-WEF, última edição.

Nas coletas do primeiro e terceiro trimestres de cada ano, representativas do período de chuva e de estiagem, respectivamente, são realizadas caracterizações completas em todas as estações, incluindo ensaios de quarenta e nove parâmetros físicos, químicos e biológicos, relacionados no ANEXO N (Quadro N1).

Registra-se que as determinações dos parâmetros alumínio total, cobre dissolvido, cromo III e cromo IV foram realizadas apenas no período de 1998 a 2005. Em adequação à Resolução CONAMA nº 357/2005, foram inseridos, na caracterização, cromo total, cobre dissolvido e alumínio dissolvido a partir de 2005, enquanto a variável clorofila *a* foi introduzida na primeira campanha de 2007.

No segundo e quarto trimestres, as campanhas são intituladas intermediárias, e compreendem um grupo de 17 parâmetros comuns a todos os pontos, quais sejam: cloreto total, clorofila *a*, coliformes termotolerantes, coliformes totais, condutividade elétrica *in loco*, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, fósforo total, nitrato, nitrogênio amoniacal total, oxigênio dissolvido, pH *in loco*, sólidos em suspensão totais, sólidos totais, temperatura da água, temperatura do ar e turbidez. Adicionalmente são realizados ensaios específicos por estação, vinculados aos impactos provenientes da sua área montante subjacente, com reflexos na qualidade das águas, especificados no ANEXO N (Quadro N1).

O teste de ecotoxicidade crônica com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia* foi realizado no rio Verde a jusante da confluência com o rio Capivari (BG027), e a jusante da cidade de Varginha (BG037) entre agosto de 2001 a maio de 2003. A partir do

terceiro trimestre de 2003 houve remanejamento dos pontos de amostragem, de forma que esses testes no rio Verde foram transferidos para as estações BG028 e BG035, na cidade de Soledade de Minas e na localidade de Flora, respectivamente, além da inclusão nos afluentes rios Baependi (BG029), Lambari (BG031) e Palmela (BG036). Em 2007, com a implantação no terceiro trimestre da estação BG067, ribeirão da Espera, a montante de sua foz no lago de Furnas, esse teste também foi incluído na relação de parâmetros avaliados nesse curso de água.

No terceiro trimestre de 2008 foi iniciada a determinação de densidade de cianobactérias e de agrotóxicos, incluindo 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) e metoxicloro, nos seguintes pontos: rio Verde no município de Conceição do Rio Verde (BG026); rio Baependi a montante da cidade de Baependi (BG024); rio Lambari a montante do rio Verde (BG038); e rio do Peixe a jusante de São Thomé das Letras (BG040).

Os métodos analíticos empregados constam do ANEXO N (Quadro N3). Salienta-se que os limites de quantificação de cianeto e sulfeto são superiores aos padrões legais devido às dificuldades metodológicas de identificação desses parâmetros, de forma que a sua avaliação ficou prejudicada. Situação similar esteve relacionada aos agrotóxicos hexaclorobenzeno, aldrin + dieldrin, endrin e DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD), uma vez que esses compostos organoclorados são pouco solúveis em água e altamente solúveis em hidrocarbonetos e gorduras, podendo estar adsorvido ao sólidos em suspensão ou depositado no sedimento de fundo.

Complementarmente à abordagem por parâmetro, foram considerados neste diagnóstico os indicadores empregados pelo IGAM, índice de qualidade de água – IQA e contaminação por tóxicos – CT, e o índice do estado trófico – IET.

O IQA, desenvolvido em 1970 pela “*National Sanitation Foundation (NSF)*” dos Estados Unidos, é amplamente utilizado no Brasil na gestão dos recursos hídricos. Congrega os seguintes nove parâmetros: oxigênio dissolvido, coliformes fecais/termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, fosfato total, nitrato, temperatura, turbidez e sólidos totais.

O IQA varia de 0 a 100 e quanto menor seu valor, pior a qualidade da água relacionada à degradação por despejos orgânicos e microbiológicos, 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 –  $25 < IQA \leq 50$ ; e
- Muito Ruim –  $0 \leq IQA \leq 25$ .

A CT possibilita estimar a presença de componentes prejudiciais por meio das 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 no período de estudo considerado.

No cálculo do IET foi adotada a metodologia da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB para rios (CETESB, 2008). Esse índice permite classificar as águas segundo seu grau de trofia, ou seja, avaliar a qualidade das águas devido ao enriquecimento por nutrientes, e a resposta do corpo hídrico pelo crescimento exagerado de algas e aumento da infestação por macrófitas aquáticas. Nesse cálculo foram considerados os resultados das variáveis fósforo total e clorofila a, caracterizadas a partir de 2007, de forma que o IET foi computado somente para 2007 e 2008.

As classes de trofia variam de Ultraoligotrófico, com muito baixa produtividade, a Hipereutrófico, com produtividade elevadíssima em comparação com o nível natural. Em função dos valores do IET, as categorias de trofia são as seguintes (Tabela 124):

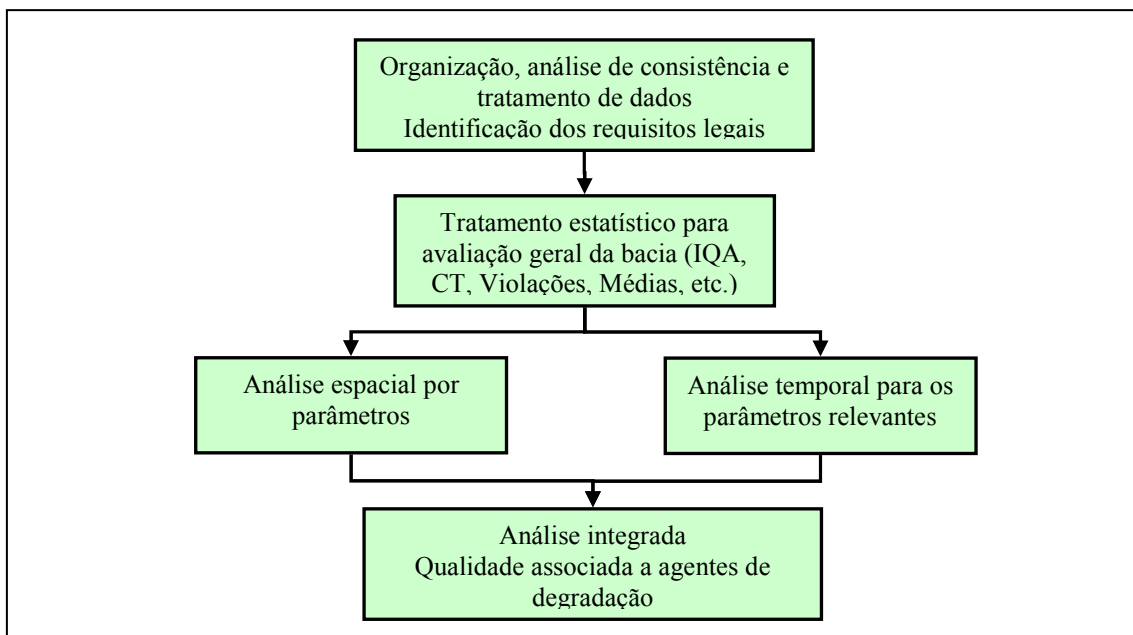
**Tabela 124 – Classificação do estado trófico**

Estado Trófico	Ponderação	P Total (mg/l)	Clorofila a (mg/l)
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	$P \leq 13$	$CL \leq 0,74$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	$13 < P \leq 35$	$0,74 < CL \leq 1,31$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	$35 < P \leq 137$	$1,31 < CL \leq 2,96$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	$137 < P \leq 296$	$2,96 < CL \leq 4,70$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	$296 < P \leq 640$	$4,70 < CL \leq 7,46$
Hipereutrófico	$IET > 67$	$640 < P$	$7,46 < CL$

Fonte: CETESB,2008.

As etapas metodológicas seguidas na avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Verde estão sintetizadas na Figura 175. Nesse contexto, os dados do período de outubro de 1997 a novembro de 2008 foram organizados, tratados e apresentados em forma gráfica, e espacializados em mapas.

Os resultados das estações BG026, BG024, BG038 e BG40, implantadas no segundo semestre de 2008, com resultados de duas campanhas, foram avaliados apenas na forma descritiva, uma vez que não possuem representatividade estatística para reprodução em gráficos e mapas.



**Figura 175 - Etapas metodológicas da avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Verde.**

Em função das mudanças ocorridas em 2005 na legislação pertinente à qualidade de água, seja na listagem de variáveis ou nas suas 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 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, sendo duas vezes mais restritivo que o padrão estabelecido na Deliberação Normativa COPAM nº 10/1986 para cianeto total.

Quanto à sazonalidade, o histórico de observações das médias mensais de precipitações da estação localizada em São Lourenço, conforme consulta ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)) permitiram inferir que período de estiagem na região abrange abril a setembro, e o chuvoso ocorre entre outubro a março. Assim, os dados da primeira e quarta campanhas representaram o período chuvoso, enquanto que a estiagem referiu-se a segunda e terceira campanhas.

Nesse contexto, a distribuição dos valores ao IQA e CT foi considerada por estação de amostragem para a base histórica, e separadamente para o período de chuva e de estiagem. Salienta-se que, a partir da publicação da Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que repercutiu na alteração da norma estadual, concretizada com a publicação da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1/2008, 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 restritivos. De forma a homogeneizar a análise, nos cálculos de CT foram considerados os limites legais atuais, para todo o período avaliado, e incorporado 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 especificados neste trabalho podem mostrar divergências com aqueles indicados nos relatórios publicados pelo IGAM.

Os índices do estado trófico foram apresentados por estação de amostragem para os anos de 2007 e 2008. Foram utilizadas as médias geométricas das concentrações de fósforo total e clorofila para cálculo dos índices anuais relativos a cada variável, IET (fósforo total) e IET (clorofila *a*), respectivamente. O IET resultou da média aritmética desses índices anuais (CETESB, 2008).

Para cada ponto de amostragem foi realizado o confronto dos resultados analíticos da série histórica de 1997 a 2008, com os padrões de qualidade da classe de enquadramento, computando-se por variável os percentuais de não atendimento, apresentados em gráficos. Para cor verdadeira, cujo padrão de qualidade da classe 1 é o nível de cor natural do corpo de água, para critério de comparação foi adotado para classe 1 o valor de 75 mg Pt/l, que é o limite legal da classe 2.

A análise espacial de um corpo de água permite visualizar os trechos mais críticos em termos de deteriorização. Esta, aliada ao conhecimento da tendência da evolução da sua qualidade ao longo do tempo, possibilita planejar e implementar medidas preventivas e corretivas para manutenção e melhoria das características do meio hídrico.

Na consecução do estudo espacial foram adotados os principais indicadores da degradação dos recursos hídricos da bacia do rio Verde acrescidos de variáveis básicas em estudos de qualidade de água, que foram apreciadas sazonalmente por meio dos registros médios dos períodos de chuva e estiagem por estação de amostragem, e ilustrados graficamente. Para coliformes termotolerantes adotou-se a média geométrica e para os demais parâmetros a média aritmética. No caso de resultados inferiores ao limite de quantificação analítico foi adotado esse valor para o cálculo da média.

Enriquecendo a análise desses parâmetros relevantes, de modo a visualizar a tendência central e 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%), que são definidos como os valores abaixo dos quais estão um quarto e três quartos, respectivamente, dos dados. Em relação ao metal alumínio, nesse tratamento foi considerada a forma total, que compõe uma série temporal de dados mais representativa que a forma dissolvida avaliada a partir de 2005.

Na avaliação temporal também foram preparados gráficos por parâmetro relevante indicando, para o conjunto das estações de amostragem, as médias dos registros do intervalo de 1998 a 2003, e anualmente entre 2004 e 2008. Quanto ao alumínio dissolvido as médias referem-se ao intervalo de 2005 a 2008.

Consolidando este diagnóstico, a visão regionalizada da qualidade das águas é mostrada em mapas que permitem identificar, por estação de amostragem, a condição média frente às classes de qualidade relacionada às variáveis mais características da degradação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Verde. No cálculo da média foi empregada a série de dados de 2004 a 2008 para os seguintes indicadores: turbidez, cor verdadeira, demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, fósforo total, coliformes termotolerantes, alumínio dissolvido, ferro dissolvido, manganês total, cádmio total, chumbo total, cromo total e fenóis totais.

Foram elaborados quadros síntese da avaliação da qualidade das águas das sub-bacias caracterizadas, indicando as interferências ou características que possam estar influenciando as condições das águas, evidenciadas por meio de indicadores não conformes com os limites legais, ou com resultados considerados relevantes. Buscou-se correlacionar, mesmo que de forma genérica, os efeitos dos múltiplos usos do solo e das águas na alteração da qualidade dos recursos hídricos.

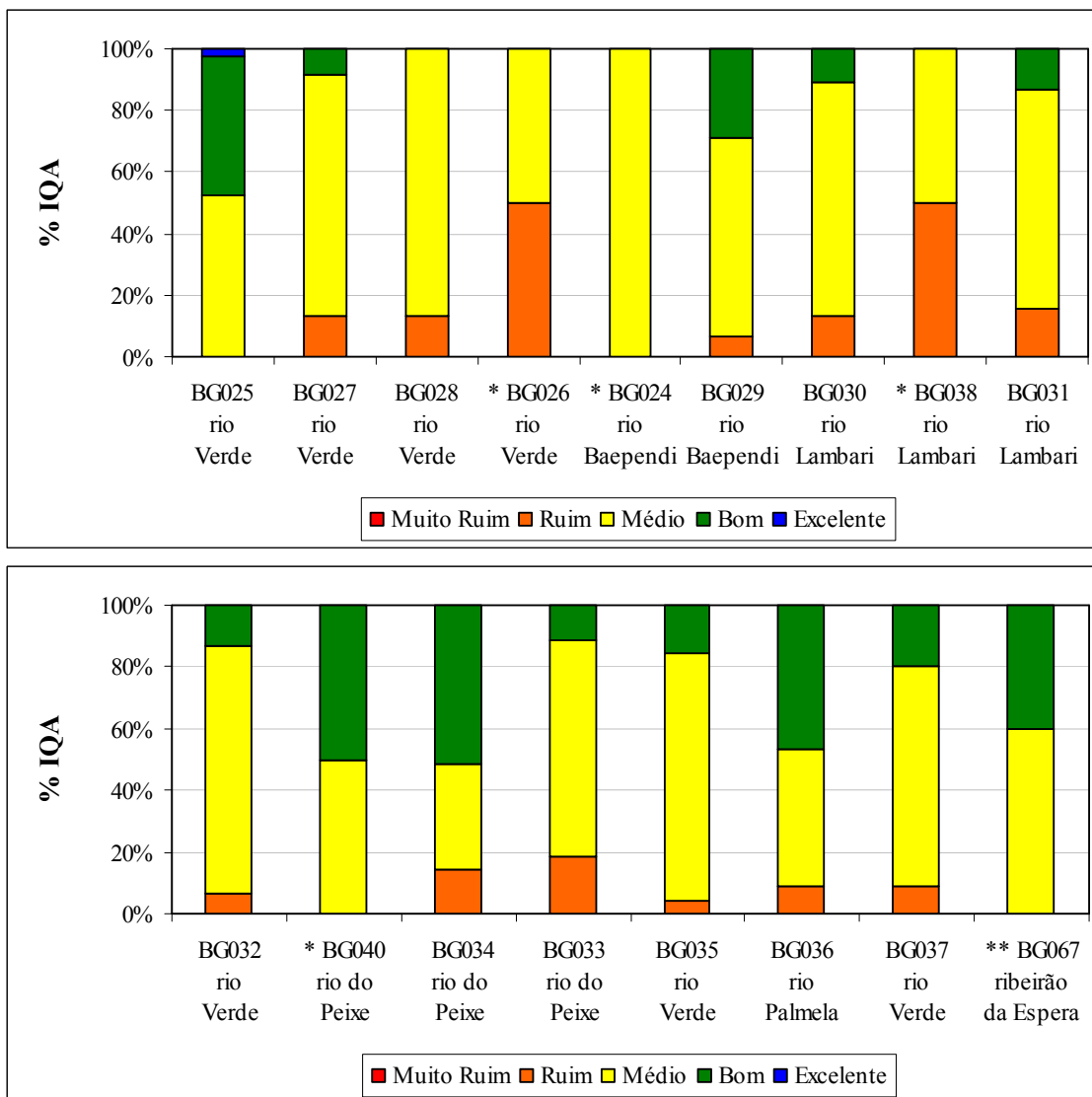
#### 5.2.1.1.2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 5.2.1.1.2.1. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

A distribuição percentual das faixas do IQA, por estação de amostragem operada pelo IGAM na bacia hidrográfica do rio Verde entre outubro de 1997 e novembro de 2008, é apresentada na Figura 176.

Predominou IQA Médio na maioria das estações de amostragem, exceto no rio do Peixe a jusante da foz do ribeirão Vermelho (BG034), e rio Palmela a montante da confluência com o rio Verde (BG036) com prevalência do IQA Bom. Foi observado apenas um resultado na faixa de IQA Excelente no rio Verde a montante da cidade de Itanhandu (BG025), na segunda campanha de 2006, e em nenhuma estação ocorreu IQA Muito Ruim. Nos trechos inferiores dos rios Lambari e do Peixe, os percentuais de IQA Ruim, comparativamente às demais estações, foram representativos, 16% e 19%, respectivamente.

Nos trechos do rio Verde, o IQA indicou aumento da degradação das águas ao longo dos cursos Alto e Médio, com sensível recuperação no segmento inferior, na cidade de Três Corações (BG032), e a jusante da cidade de Varginha (BG037), mas sem atingir os níveis da região próxima das nascentes (BG025). As piores condições ocorreram no rio Verde no município de Conceição do rio Verde (BG026) e no rio Lambari a montante do rio Verde (BG038), com distribuição equitativa entre as categorias Ruim e Média, ressalvando-se que nessas estações houve apenas duas campanhas de amostragem.



**Figura 176 - Distribuição percentual das faixas do IQA por estação de amostragem no período de outubro de 1997 a novembro de 2008.**

(\*) estações com resultados de duas coletas realizadas no terceiro e quarto trimestres de 2008

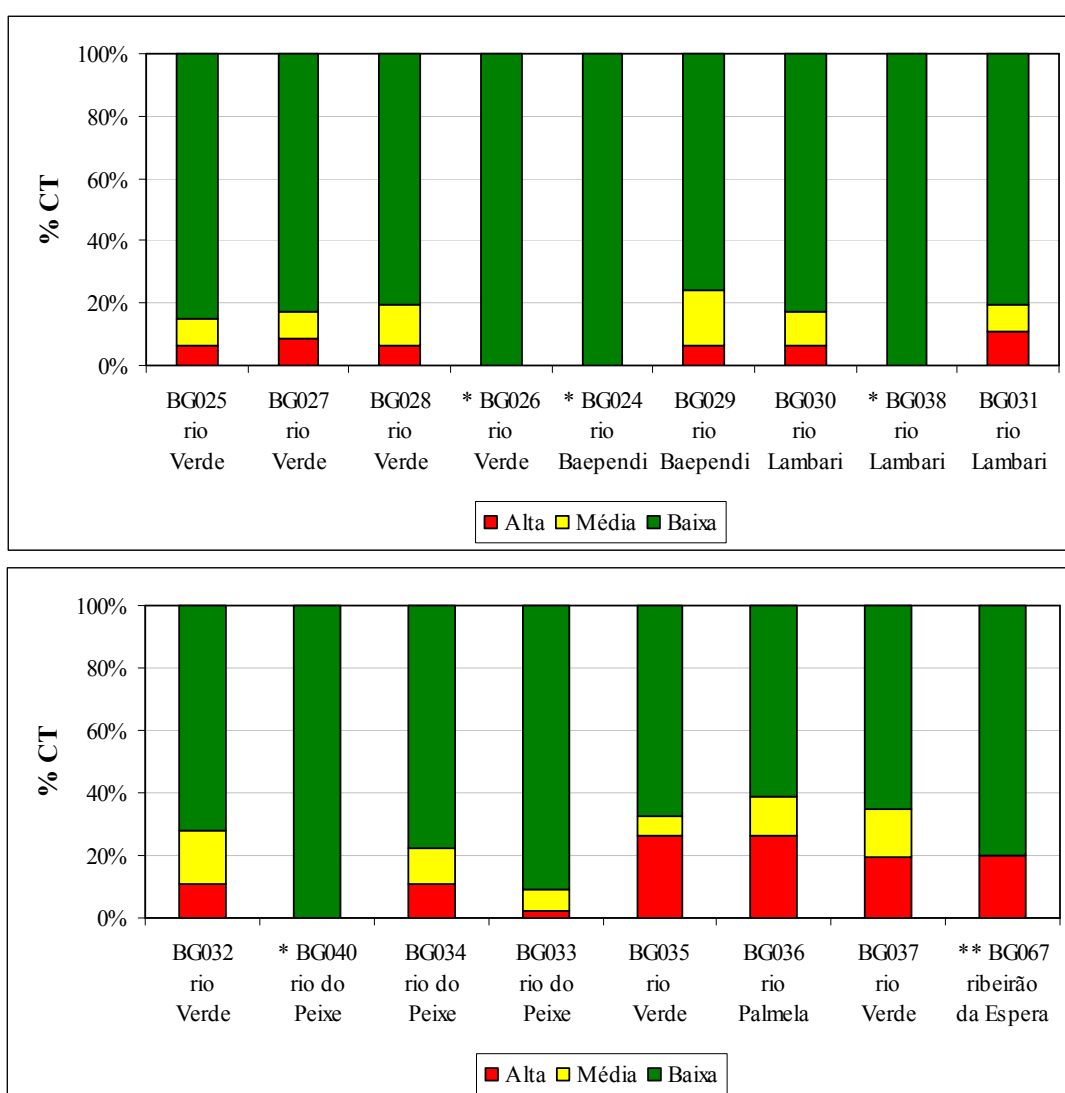
(\*\*) estação com resultados de cinco coletas realizadas trimestralmente a partir de novembro de 2007

A distribuição sazonal do IQA nessas estações é apresentada no ANEXO N (Figura N1 e Figura N2), integrando-se os dados dos períodos de chuva e estiagem, respectivamente. O quadro mostrou-se mais crítico nas chuvas em todas as estações, observando-se de maneira geral aumento dos percentuais do IQA Ruim, notadamente devido aos resultados de turbidez e coliformes termotolerantes, que sugeriram uso e manejo inadequados dos solos na agropecuária, assim como carência de coleta e de disposição adequada de esgotos sanitários.

Em relação à contaminação por tóxicos, a Figura 177 apresenta a distribuição percentual das faixas de CT por estação de amostragem entre outubro de 1997 a novembro de 2008. Predominou CT Baixa, com percentuais superiores a 70% na maioria das estações. A categoria Alta foi mais significativa no segmento inferior da bacia, em

especial no rio Verde, com 26% de ocorrências nas estações BG035 e BG037, e 20% no rio Palmela, BG036, relacionadas, sobretudo às concentrações das seguintes variáveis: cádmio, cobre, chumbo, cromo e mercúrio. A presença dos citados metais pesados nas águas desse trecho do rio Verde e do rio Palmela reflete em particular o impacto das atividades industriais do ramo metalúrgico.

A agregação dos dados de CT associada à sazonalidade, por estação de amostragem indicou predominância de pior condição no período de chuva em comparação à época de estiagem, conforme ilustrado no ANEXO N (Figura N3 e Figura N4). Merece destacar o percentual da CT Alta no período de chuva nos afluentes, rios Lambari (BG031) e do Peixe (BG034), igual a 22% em ambas as estações. Observa-se ainda o incremento dos valores dessa faixa no rio Verde entre as estações BG032 (22%) e BG035 (35%), respectivamente, condição que remete para a influência de cargas difusas.



**Figura 177 - Distribuição percentual das faixas de CT por Estação de Amostragem no Período de Outubro de 1997 a novembro de 2008.**

(\*) estações com resultados de duas coletas realizadas no terceiro e quarto trimestres de 2008

(\*\*) estação com resultados de cinco coletas realizadas trimestralmente a partir de novembro de 2007



Quanto ao índice de estado trófico, os valores anuais de 2007 e 2008 por estação de amostragem, calculados a partir dos registros de fósforo total e clorofila *a* estão relacionados na Tabela 125. Observou-se predominância do estado mesotrófico. No entanto, constatou-se condição de trofia mais favorável no rio do Peixe a jusante da foz do ribeirão Vermelho (BG034) próximo das nascentes, classificado na categoria ultraoligotrófica em 2007 e oligotrófica em 2008, e ainda no rio Verde nas estações BG025 e BG027, em 2007, no rio Baependi a montante da confluência com o rio Verde (BG029), em 2008, e no rio Palmela (BG036), em 2007, todos em nível de trofia oligotrófico. Exceto no segmento a montante da cidade de Itanhandu, os demais trechos monitorados do rio Verde mostraram-se impactados por esgotos domésticos, com indicação de ambiente eutrófico, assim como os segmentos inferiores dos rios Lambari e do Peixe.

Os valores de IET calculados para as campanhas trimestrais estão apresentados na Quadro N4, inserido no ANEXO N. Prevaleceu o estado mesotrófico no primeiro trimestre e eutrófico no quarto trimestre, ambos no período chuvoso. No período de estiagem foi registrado grau de trofia menos favorável, essencialmente na terceira campanha, com a maioria dos resultados classificados como eutróficos, e ainda registros que definiram condição de ambientes supereutrófico e hipertrófico.

**Tabela 125 - Média anual do índice do estado trófico por estação de amostragem**

Pontos	Corpo de água	Média 2007	Média 2008
BG025	Rio Verde	52	56
BG027	Rio Verde	50	60
BG028	Rio Verde	54	60
BG029	Rio Baependi	57	51
BG030	Rio Lambari	56	57
BG031	Rio Lambari	60	53
BG032	Rio Verde	60	58
BG034	Rio do Peixe	46	49
BG033	Rio do Peixe	56	53
BG035	Rio Verde	61	59
BG036	Rio Palmela	52	55
BG037	Rio Verde	61	58

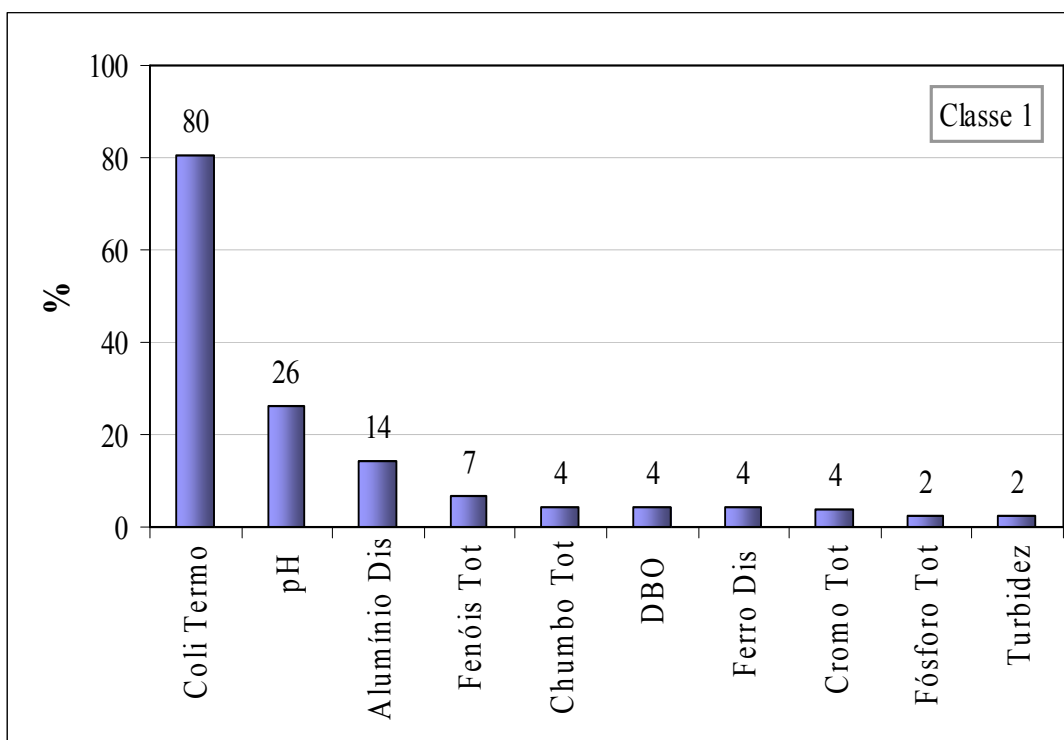
Legenda de Classificação

Ultraoligotrófico
  Oligotrófico
  Mesotrófico
  Eutrófico
  Supereutrófico
  Hipertrófico

Os percentuais de resultados não conformes em relação aos padrões de qualidade da classe de enquadramento, por ponto de amostragem, estão especificados nas Figuras 178 a 189. Em geral os indicadores coliformes termotolerantes e fósforo total mostraram-se superiores aos padrões de qualidade em percentuais bastante significativos, reforçando a presença de esgotos domésticos nos cursos de água caracterizados. As taxas elevadas constatadas para alumínio e ferro na forma dissolvida e manganês total sugeriram influência de carga difusa, sobretudo em relação à atividade agropecuária desenvolvida na região. O histórico de observações permitiu verificar que a presença de componentes tóxicos em teores acima do padrão de qualidade da classe de enquadramento mostrou-se mais freqüente no início da série de determinações, mantendo-se, contudo, ocorrências não conformes eventuais principalmente relacionadas ao chumbo total, cádmio total e cromo total.

Adicionalmente, cabe salientar que não foram detectadas violações dos padrões legais em relação aos agrotóxicos, embora a avaliação tenha ficado prejudicada para os parâmetros hexaclorobenzeno, aldrin + dieldrin, endrin e DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD), uma vez que o limite de quantificação analítico, igual a 0,1 µg/l, é superior ao limite da legislação, respectivamente, 0,0065 µg/l, 0,005 µg/l, 0,004 µg/l e 0,002 µg/l. Essa situação pode ser justificada pela grande velocidade de degradação desses compostos orgânicos em outros compostos e ainda pela pouca afinidade com a água, devendo ser levado em consideração que a melhor maneira de avaliá-los é realizando a análise do sedimento de fundo.

A densidade de cianobactérias apontou baixos números de células, com pleno atendimento à legislação. Os registros históricos de óleos e graxas apontaram eventuais ocorrências acima do limite de quantificação analítico (1,0 mg/l) em todas as estações de amostragem, ressaltando-se que os valores mais representativos, com máximo 10 mg/l, foram observados entre 1998 e 2002.



**Figura 178 - Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a nov/2008 – rio Verde a montante da cidade de Itanhandu – BG025.**

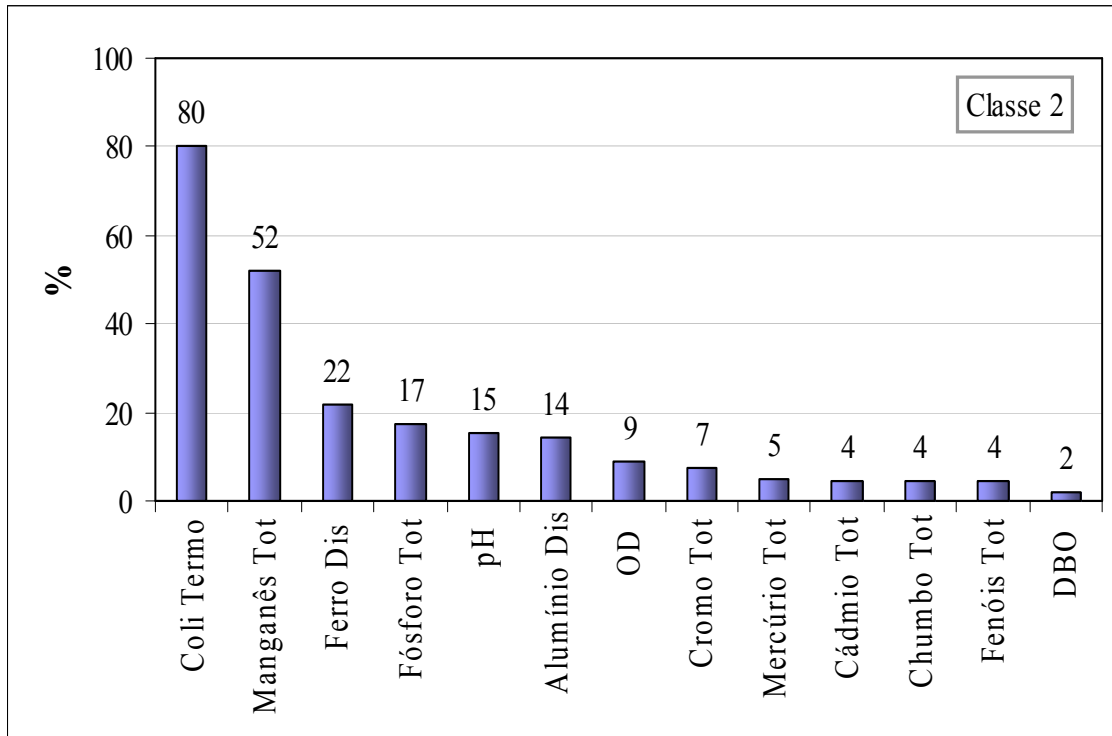


Figura 179 - Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a nov/2008 – rio Verde na jusante da confluência com o rio Capivari – BG027.

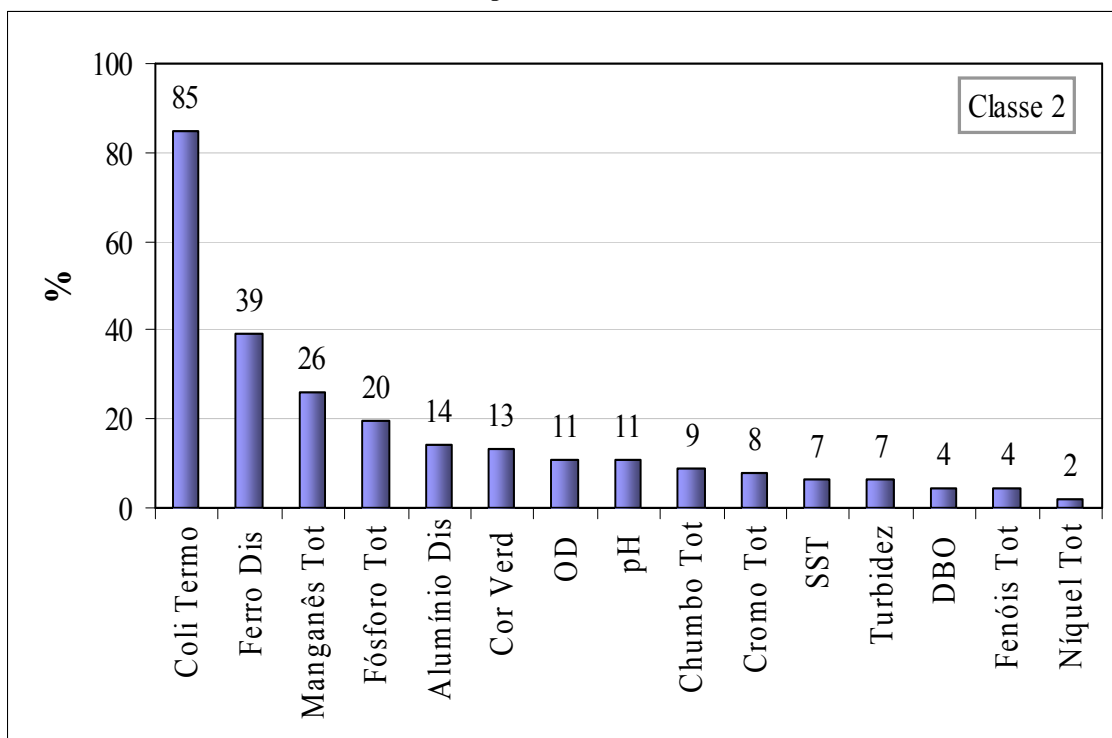


Figura 180 - Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a nov/2008 – rio Verde na cidade de Soledade de Minas – BG028.

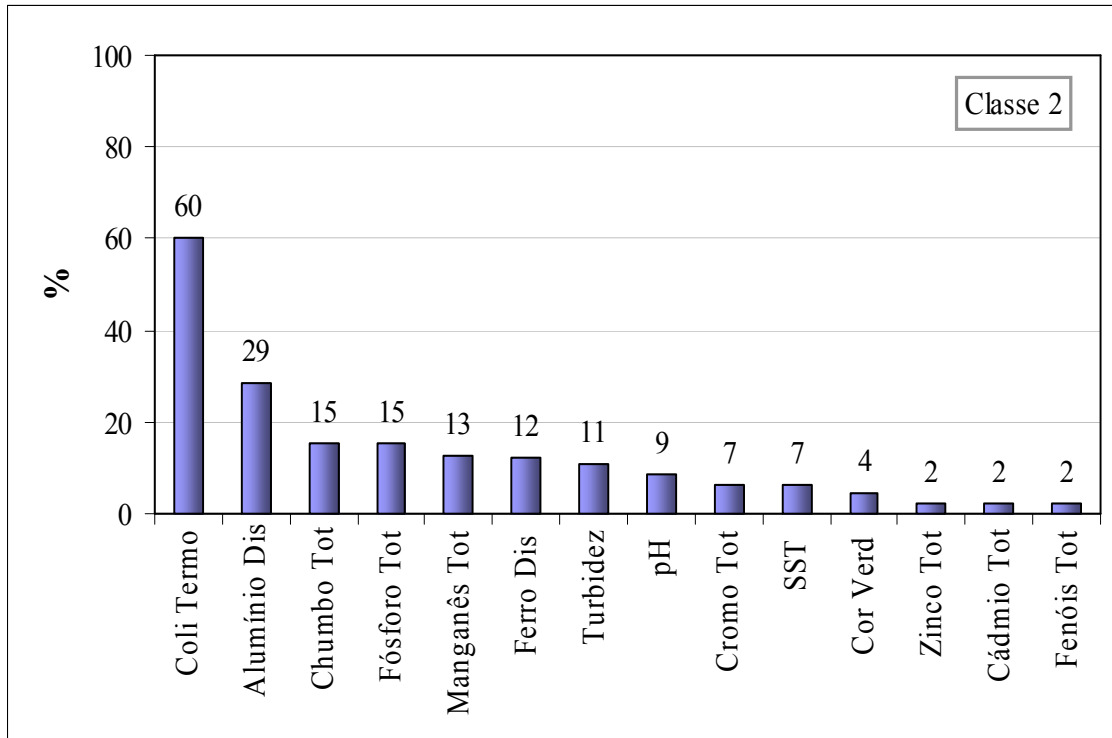


Figura 181 - Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a nov/2008 – rio Baependi a montante da confluência com rio Verde – BG029.

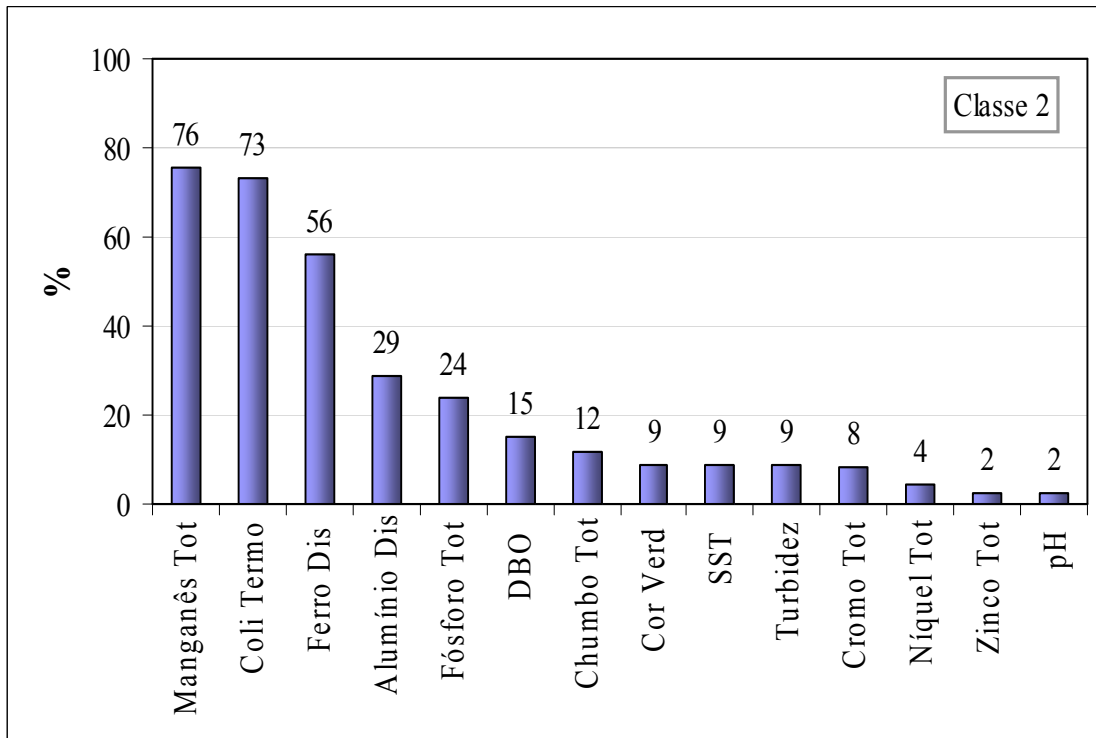
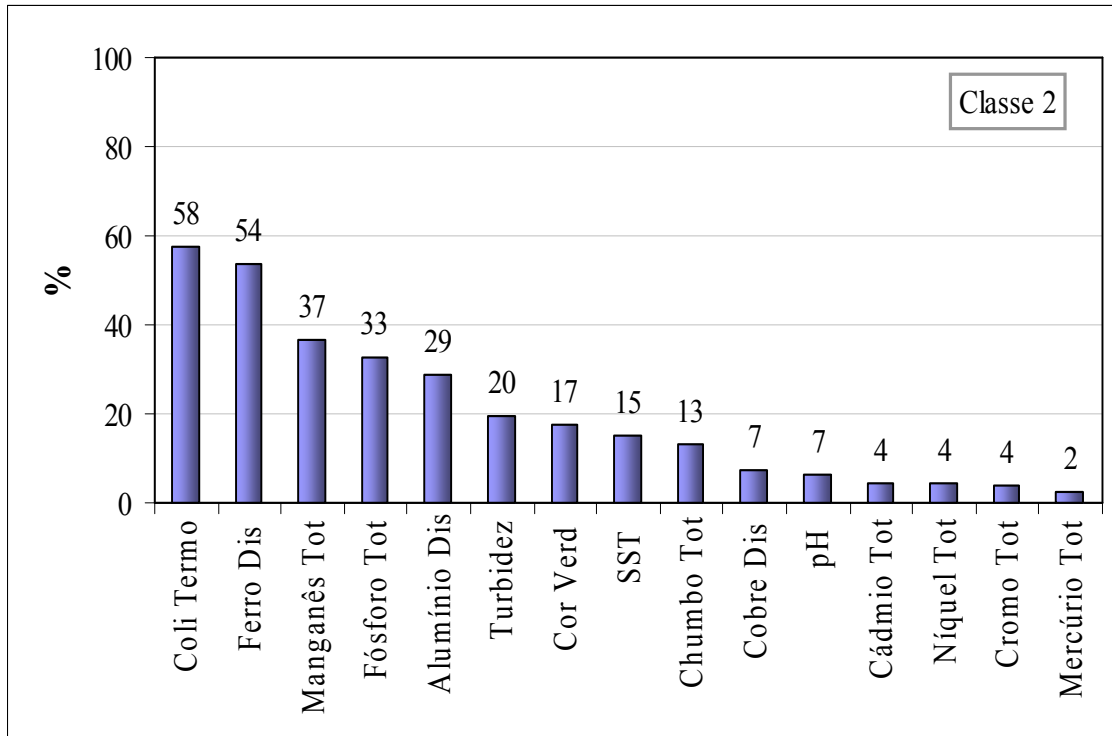
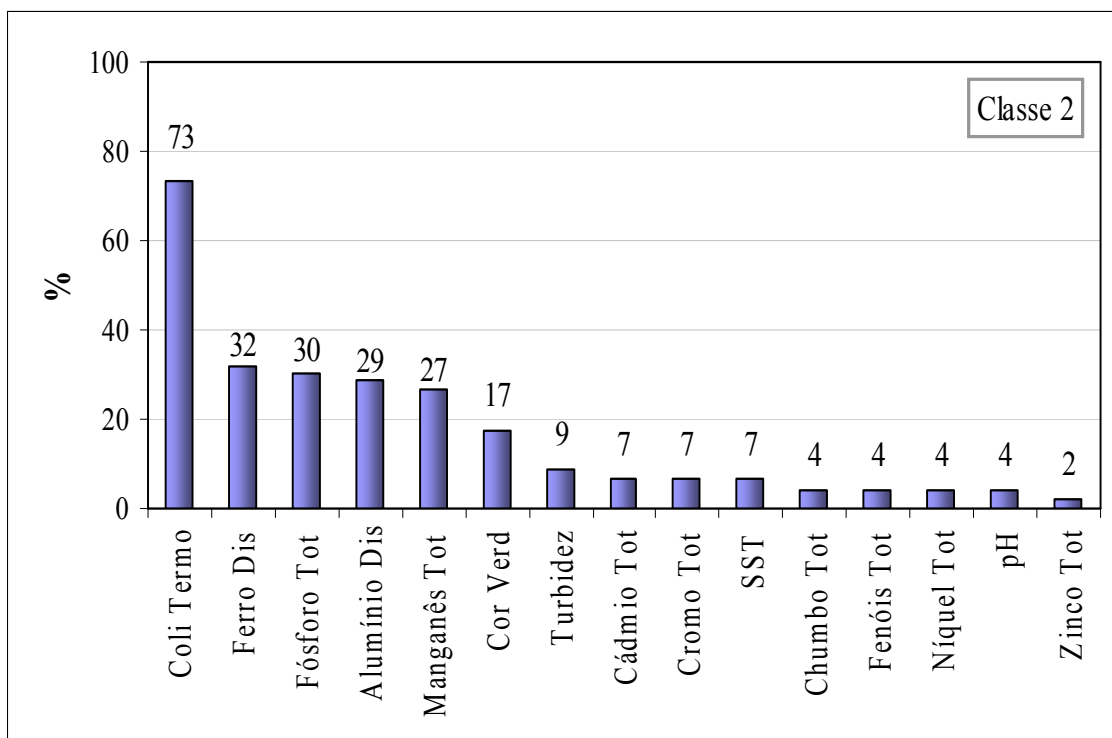


Figura 182 - Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a nov/2008 – rio Lambari na cidade de Cristina – BG030.



**Figura 183 - percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a nov/2008 – rio Lambari a montante da confluência com o rio Verde – BG031.**



**Figura 184 - Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a nov/2008 – rio Verde na cidade de Três Corações – BG032.**

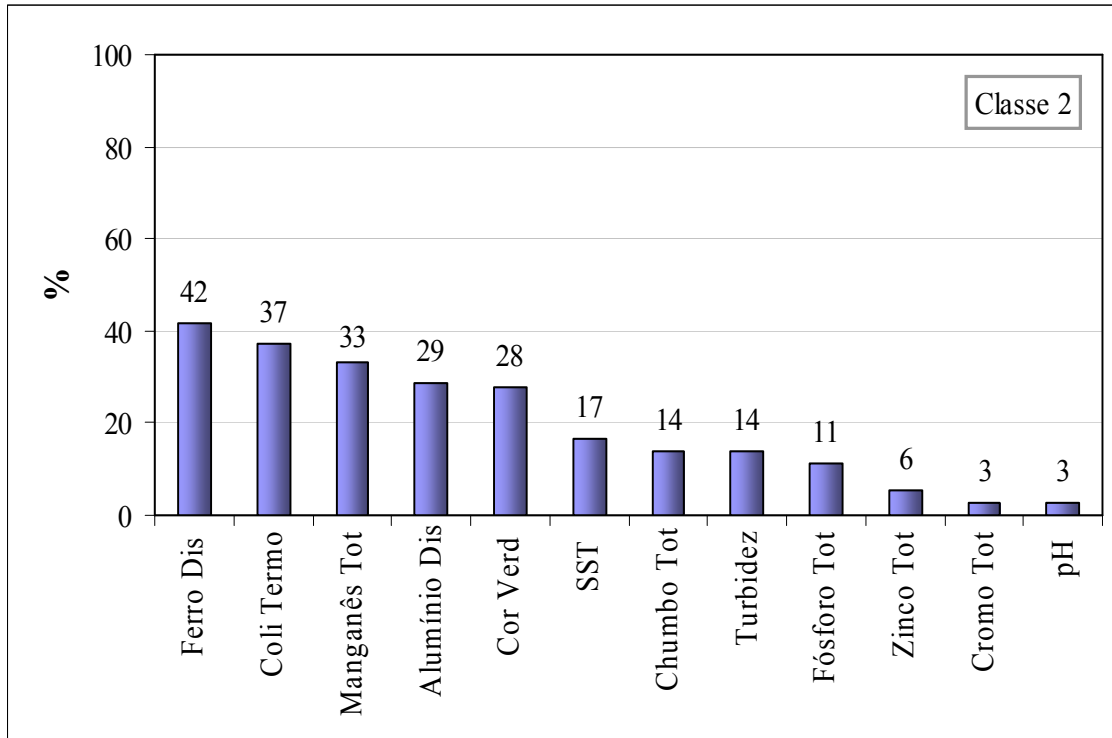


Figura 185 - Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de mar/2000 a nov/2008 – rio do Peixe a jusante da foz do ribeirão Vermelho – BG034.

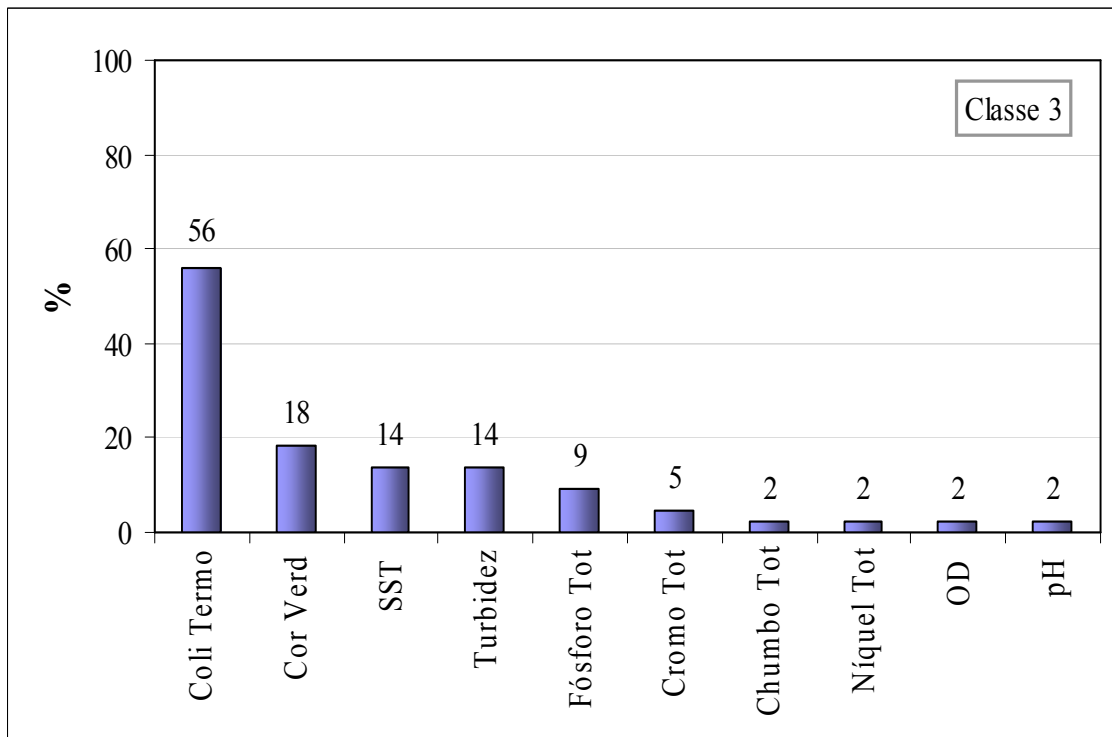


Figura 186 - percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a nov/2008 – rio do Peixe a montante da confluência com o rio Verde – BG033.

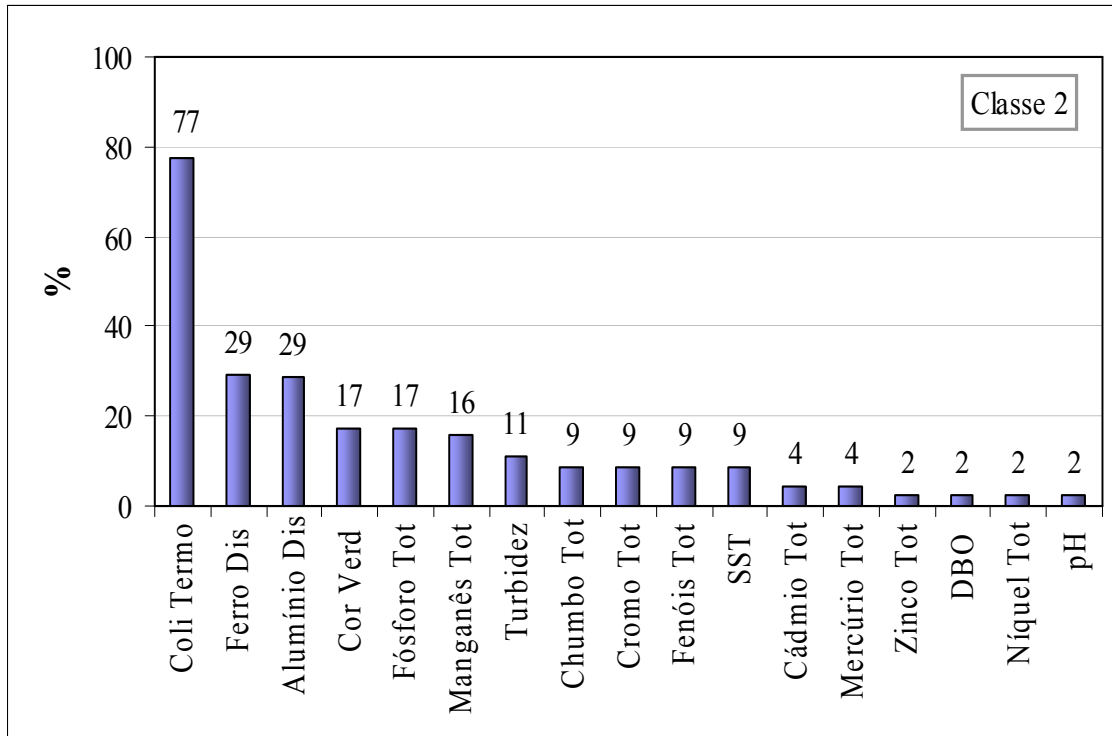


Figura 187 - Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a nov/2008 – rio Verde na localidade de Flora – BG035.

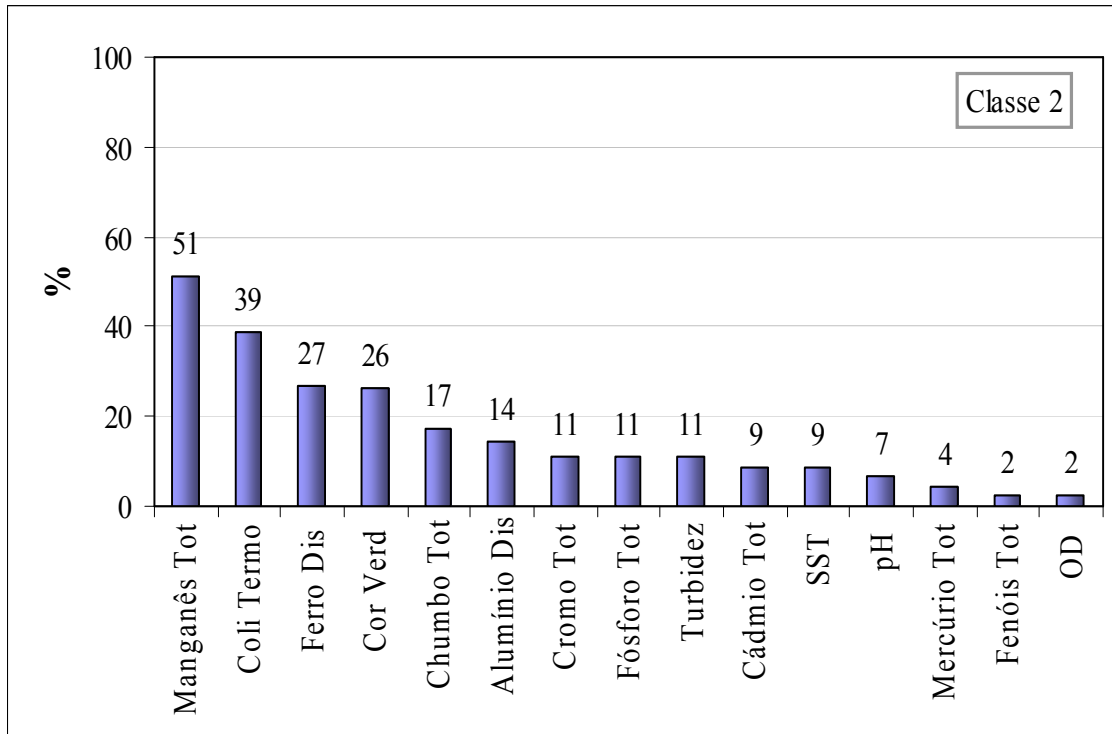
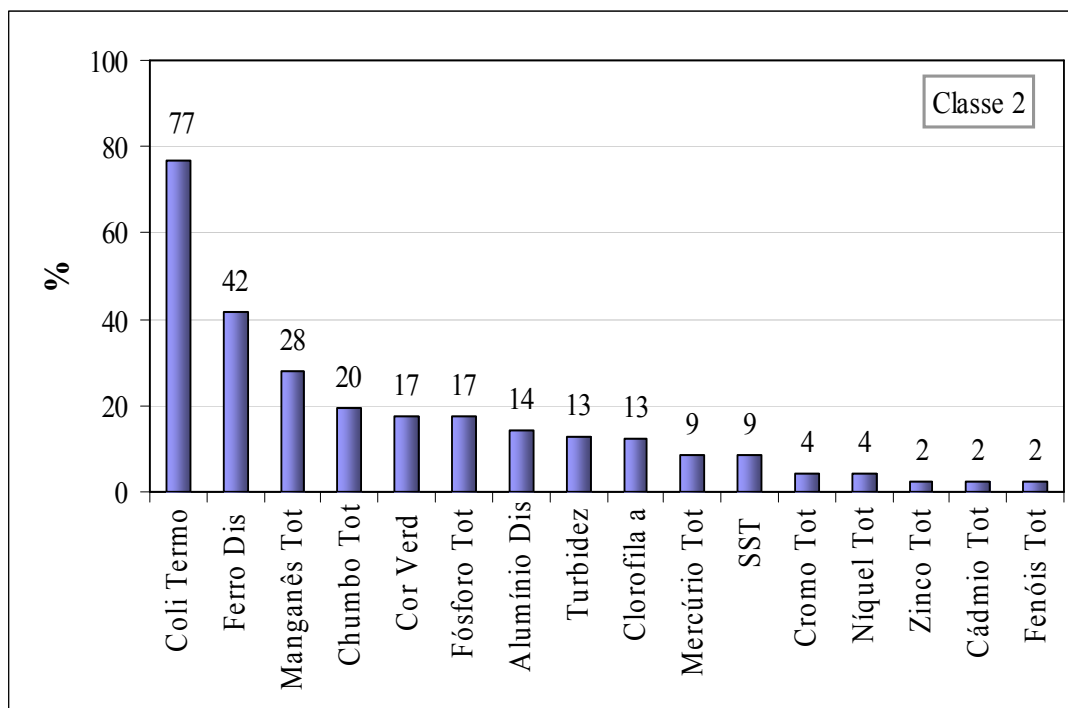


Figura 188 - Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a nov/2008 – rio Palmeira a montante da confluência com o rio Verde – BG036.



**Figura 189 - Percentual de resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento no período de out/1997 a nov/2008 – rio Verde a jusante da cidade de Varginha – BG037.**

Enriquecendo o enfoque por estação de amostragem, o comportamento espacial do conjunto de estações de amostragem foi tratado por meio dos valores médios da série histórica dos parâmetros representativos da degradação das águas da bacia. Foram preparados gráficos avaliando-se separadamente os registros dos períodos de chuva e estiagem, incluídos no ANEXO N (Figura N5 a Figura N22), para as seguintes variáveis: pH, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, sólidos em suspensão totais, turbidez, cor verdadeira, demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, fósforo total, nitrogênio amoniacal total, coliformes termotolerantes, alumínio dissolvido, ferro dissolvido, manganês total, cádmio total, chumbo total, cromo total e fenóis totais. Complementarmente, a visualização da tendência central e da variabilidade dos resultados dessas variáveis consta do ANEXO N (Figura N23 a N40), empregando-se gráficos Box Plot.

A análise temporal pode ser visualizada nas Figuras 190 a 196, em relação às variáveis típicas da degradação das águas da bacia do rio Verde, quais sejam: turbidez, cor verdadeira, fósforo total, coliformes termotolerantes, alumínio dissolvido, ferro dissolvido e manganês total.

A avaliação da condição ecotoxicológica é utilizada para verificação da qualidade das águas quanto à proteção das comunidades aquáticas, uma vez que aprimora as informações sobre a presença de substâncias prejudiciais nos cursos de água. 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 oito estações de amostragem estão relacionados no ANEXO N (Quadro N5).



Nas estações localizadas no rio Verde (BG027, BG028, BG035 e BG037), embora tenha predominado ausência de efeito tóxico, na cidade de Soledade de Minas (BG028) e na localidade de Flora (BG035), o efeito tóxico crônico foi bastante expressivo, representando 45% das determinações. Foi detectado um resultado positivo para efeito tóxico agudo nas estações BG027, a jusante da cidade de São Sebastião do rio Verde, e BG037, a jusante da cidade de Varginha.

Dentre os afluentes, o rio Baependi (BG029) apresentou o maior percentual de efeito tóxico crônico, igual a 64%. Nos rios Lambari (BG031) e Palmela (BG036) ocorreu uma detecção de efeito tóxico agudo, sendo verificada ausência de efeito tóxico em 50% e 41% dos resultados, respectivamente.

Cabe salientar que as informações do período de 1987 a 1993, em vista da frequência anual dos levantamentos, não se constituíram em monitoramento sistemático, muito embora representem um banco de dados valioso sobre o histórico das características das águas superficiais dessa bacia. Os parâmetros analisados abrangeram variáveis, físicas, químicas, incluindo diversos metais e pesticidas organoclorados e bacteriológicas, e já à época caracterizaram águas bastante comprometidas.

Nesse sentido, foram verificados de forma generalizada, altos teores de fenóis totais, em desconformidade com a legislação. Ressalte-se que a mudança da legislação pertinente à qualidade de água em 2005 flexibilizou sobremaneira o padrão de qualidade desse indicador, de 0,001 mg/l para 0,003 mg/l, de forma que atualmente há pequeno percentual de não conformidade em relação aos fenóis totais. À época, o quadro de degradação foi associado à intensa atividade agropecuária desenvolvida na bacia. Também foi frequente a detecção de valores acima do padrão de qualidade em relação a cianetos, cádmio, zinco, cromo, chumbo e cobre, vinculados aos efluentes gerados na atividade metalúrgica, situação que se mantém na atualidade no trecho inferior da bacia.

A presença de matéria orgânica mostrou-se mais relevante nas amostras coletadas em afluentes, e inexpressiva nas águas do rio Verde indicando boa capacidade suporte, muito embora as condições sanitárias mostraram-se precárias na grande maioria dos cursos de água em vista das elevadas contagens de coliformes termotolerantes. Ressalte-se que a condição atual das águas do rio Verde já demonstra tendência a agravamento no que se relaciona à presença de matéria orgânica e nutrientes, e à contaminação microbiológica. Acrescente-se que a ocorrência de pesticidas organoclorados em desconformidade com a legislação foi observada apenas em 1988 e 1989.

Com base nesses tratamentos de dados da série histórica de 1997 a 2008, apresenta-se na seqüência o detalhamento da caracterização das águas para oito sub-bacias.

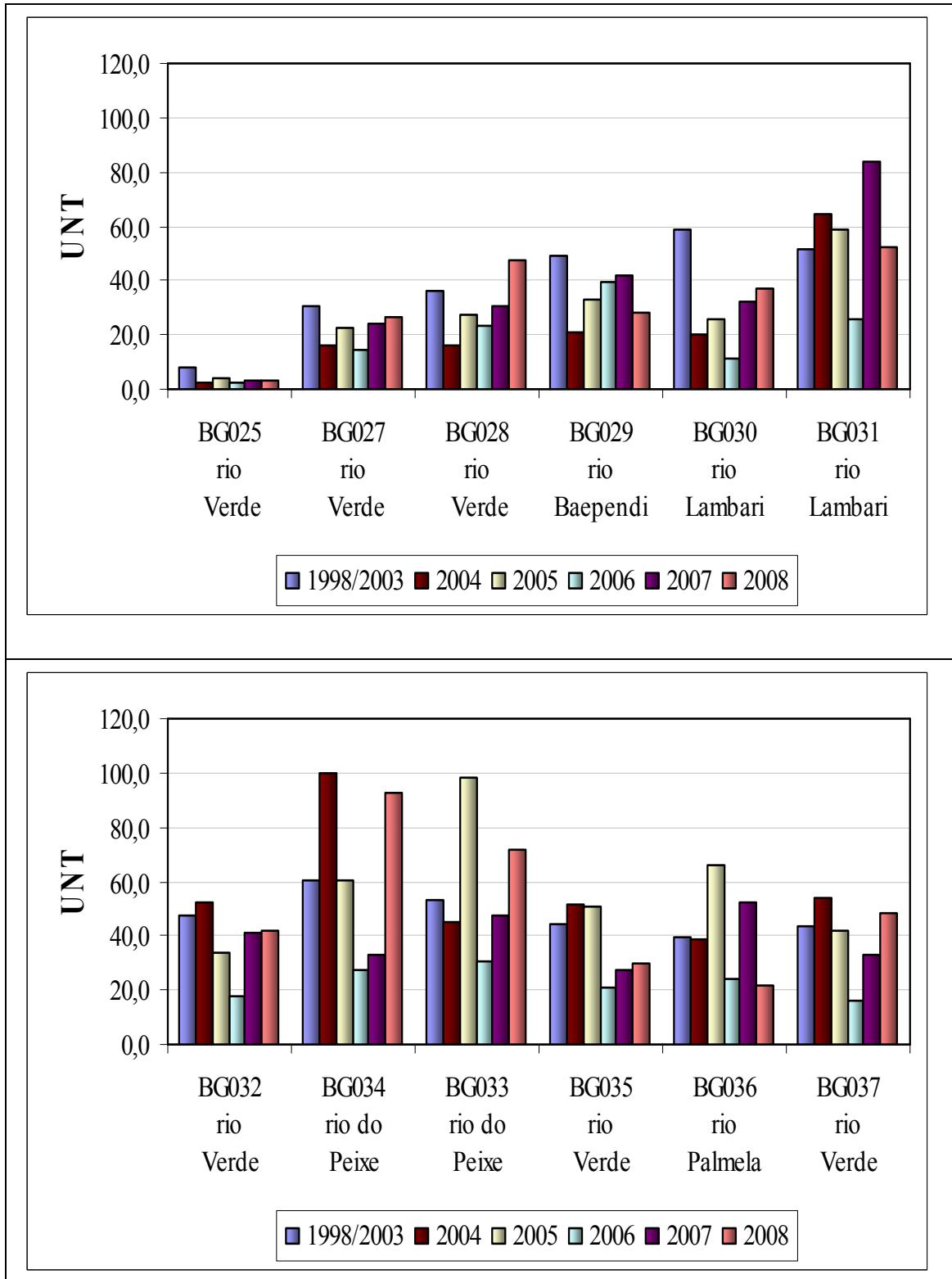


Figura 190 - Resultados de médias anuais para turbidez nos pontos do rio Verde e seus afluentes no período de 1998 a 2008.

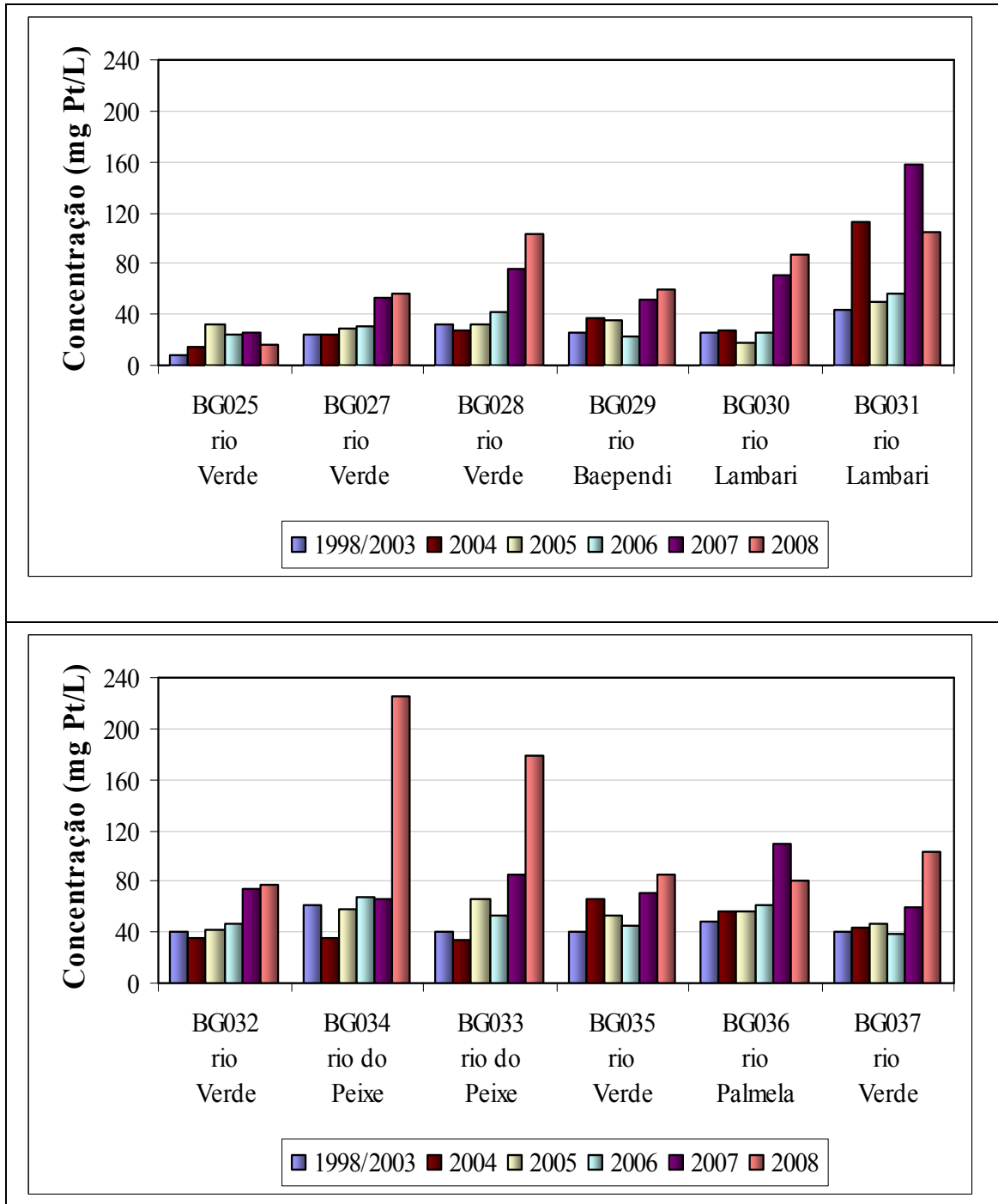


Figura 191 - Resultados de médias anuais para cor verdadeira nos pontos do rio Verde e seus afluentes no período de 1998 a 2008.

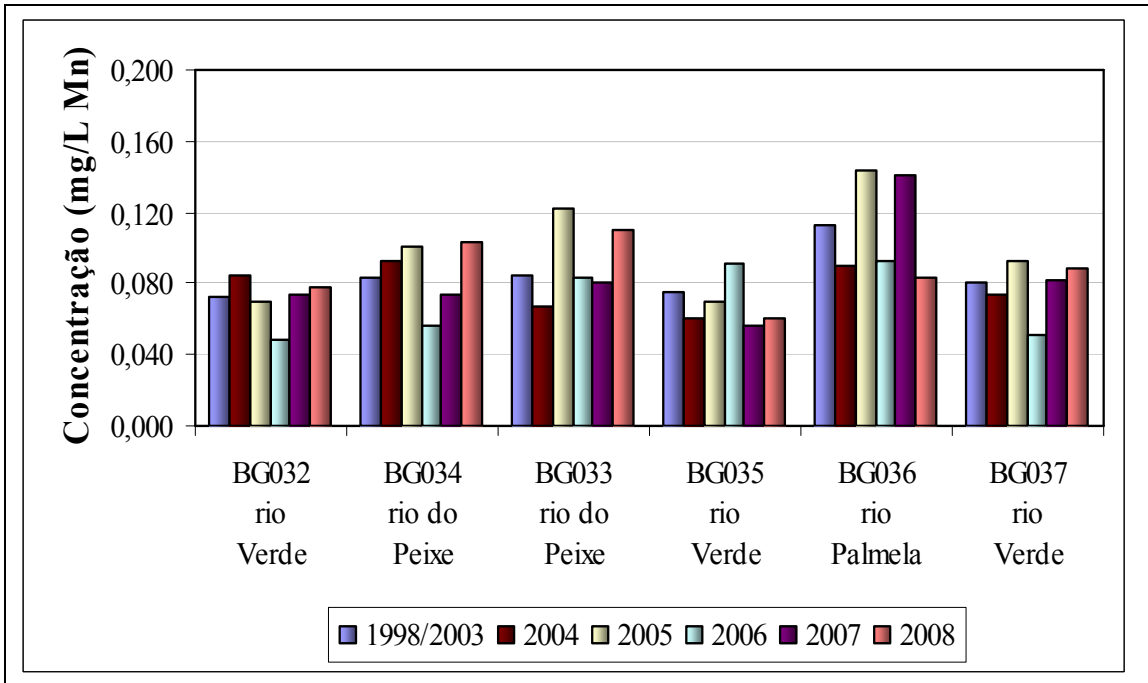
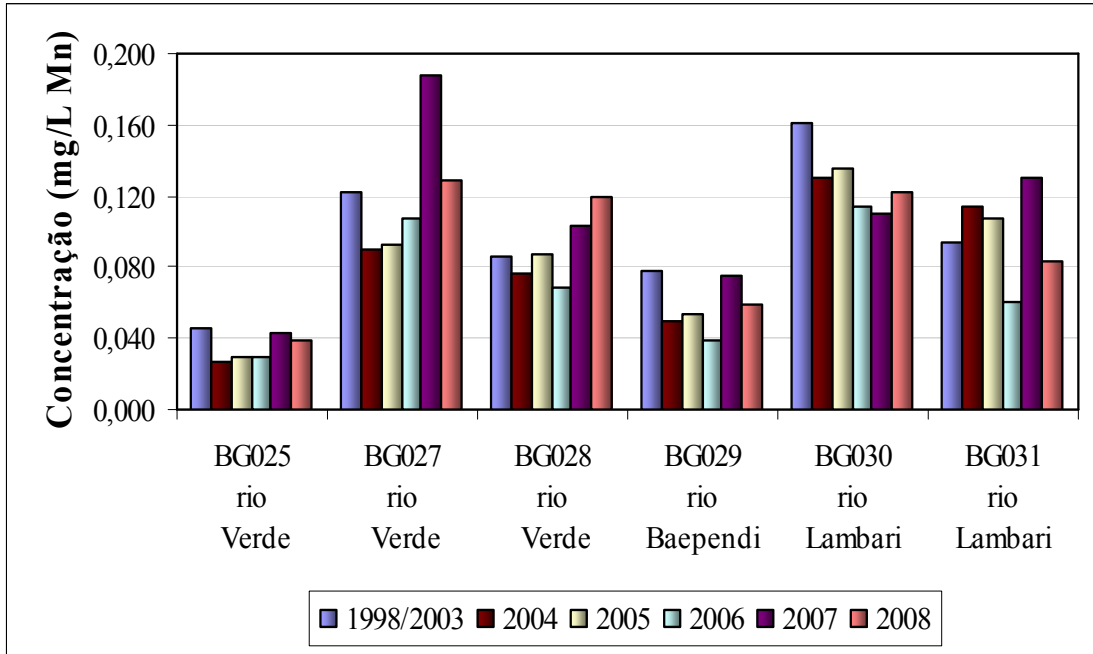


Figura 192 - Resultados de médias anuais para manganês total nos pontos do rio Verde e de seus afluentes no período de 1998 a 2008.

## Alto Rio Verde

Nas duas estações monitoradas na calha do rio Verde em seu alto curso, ao longo do período histórico predominou IQA Médio, sendo que na estação localizada a montante da cidade de Itanhandu (BG025), na região próxima às nascentes, foi registrado IQA Bom (46%), não ocorreu IQA Ruim e foi determinado IQA Excelente (2%). A jusante da confluência com o rio Capivari (BG027), ocorreu IQA Ruim (13%). No período de chuva houve discreta piora na estação BG025 e agravamento nas condições de qualidade na estação BG027, com acréscimo no percentual de IQA Ruim e redução do IQA Bom.

Com relação aos constituintes tóxicos, prevaleceu CT Baixa, com percentuais superiores a 80%. Ocorreu piora generalizada na estação chuvosa, com aumento nos valores de CT Alta, principalmente no segmento do rio Verde a jusante da confluência com o rio Capivari (BG027).

Segundo o IET, as condições de trofia foram mais favoráveis no rio Verde a montante da cidade de Itanhandu (BG025), variando entre a categoria oligotrófica a mesotrófica. Esse índice caracterizou ambiente mesotrófico a eutrófico na estação BG027. A análise temporal mostrou piora no nível de trofia de 2007 para 2008.

Os parâmetros com resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento em relação às estações BG025 e BG027 são indicados, respectivamente, nas Figuras 178 e 179. No rio Verde a montante da cidade de Itanhandu (BG025) foram mais representativos os percentuais das variáveis coliformes termotolerantes, pH e alumínio dissolvido. Já a jusante da confluência com o rio Capivari (BG027) os indicadores coliformes termotolerantes, manganês total, ferro dissolvido e fósforo total apresentaram percentuais de não conformidade mais expressivos. Ressalta-se, quanto aos coliformes termotolerantes, à predominância de contagens acima do padrão de qualidade da classe de enquadramento, conferindo às águas do rio Verde características sanitárias desfavoráveis já em seu curso superior.

Eventualmente foram verificados resultados não conformes de variáveis tóxicas, em especial cromo total, chumbo total, cádmio total e fenóis totais, salientando-se que essas ocorrências concentraram-se principalmente entre 1997 e 2005. Complementarmente, os ensaios ecotoxicológicos com o organismo *Ceriodaphnia dubia*, realizados na estação BG027 entre 2001 e 2003, indicaram predominância de ausência de efeito tóxico, embora com resultados isolados positivos para efeito tóxico crônico e agudo.

O comportamento sazonal das águas do rio Verde a jusante da confluência com o rio Capivari (BG027) indicou médias históricas maiores no período de chuva para sólidos em suspensão totais, turbidez, cor verdadeira, fósforo total, coliformes termotolerantes e manganês total, denotando degradação por fontes difusas. As médias de ferro dissolvido também mostraram esse comportamento, embora com acréscimos menores. No rio Verde a montante da cidade de Itanhandu (BG025) o efeito sazonal em relação aos citados parâmetros foi inexpressivo. Ressalte-se, contudo, a elevada média dos teores de fenóis totais na época de chuva nesse trecho.

Relativamente às variáveis demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, e coliformes termotolerantes foi observado que o segmento do rio Verde a jusante da

confluência com o rio Capivari (BG027) apontou significativo comprometimento das características sanitárias, sobretudo quanto aos níveis de oxigenação na época de chuva.

A avaliação dos gráficos de *Box Plot*, mostrou prevalência de características levemente ácidas, com medianas de valores de pH inferiores a 6,5 (ANEXO N - Figura N23). As baixas concentrações de sólidos dissolvidos totais refletiram em medianas de condutividade elétrica inferiores a 40  $\mu\text{mho/cm}$  (ANEXO N- Figura N24). Igualmente, os resultados de sólidos em suspensão totais e turbidez foram pouco expressivos e mostraram discreta variabilidade (ANEXO N - Figuras N26 e N27). As medidas de cor verdadeira foram detectadas em faixa mais larga, mas com medianas em conformidade legal (ANEXO N - Figura N28).

A distribuição das concentrações de demanda bioquímica de oxigênio (ANEXO N - Figura N29), oxigênio dissolvido (ANEXO N - Figura N30) e coliformes termotolerantes (ANEXO N - Figura N33) ilustraram a sobrecarga de matéria orgânica e, principalmente, de contribuição fecal no alto curso do rio Verde.

Quanto aos metais, observou-se maior dispersão das concentrações de ferro dissolvido e de manganês total. Os teores dos metais tóxicos apresentaram pouca variabilidade embora com máximos significativos, sobressaindo-se o teor extremo de chumbo total na estação BG027, rio Verde a jusante da confluência com o rio Capivari. Com relação aos fenóis totais o máximo teor histórico, igual a 0,070 mg/l, ocorreu no trecho do rio Verde situado a montante da cidade de Itanhandu (BG025).

A variação temporal indicou tendência de acréscimo nas médias anuais de turbidez, cor verdadeira, fósforo total, ferro dissolvido e manganês total, e leve variação em relação ao alumínio dissolvido. As contagens médias anuais de coliformes termotolerantes sugeriram decréscimo até 2007, com aumento em 2008. No período de 2004 a 2006 foi verificada, em geral, redução das médias anuais de turbidez e ferro dissolvido. Já para cor verdadeira houve aumento das medidas ao longo dos anos e os teores médios anuais de fósforo total apontaram pouca variação no tempo.

Esses resultados permitiram verificar comprometimento sanitário das águas do rio Verde em decorrência do lançamento de esgotos domésticos brutos dos municípios de Itanhandu e São Sebastião do Rio Verde. Destacou-se a sensibilidade do alto curso quanto à presença de contaminação microbiológica, assim como de carga orgânica a jusante da confluência com o rio Capivari. Em relação à matéria orgânica, merece acrescentar o potencial impacto poluidor da avicultura e indústrias alimentícias instaladas nas sub-bacias que drenam para o rio Verde nessa região, que podem estar contribuindo para o aumento da demanda bioquímica de oxigênio e conseqüente redução dos níveis de oxigenação das águas.

### **Médio Rio Verde**

Nessa sub-bacia são monitorados dois trechos do rio Verde. Um na cidade de Soledade de Minas (BG028), com série de dados de 1997 a 2008, totalizando 46 campanhas de amostragem. O outro trecho situa-se no município de Conceição do rio Verde (BG026), caracterizado a partir do segundo semestre de 2008, com apenas duas campanhas. Dessa forma, os resultados da estação BG026 foram avaliados apenas na forma descritiva, uma vez que não possuem representatividade para tratamento estatístico.

Nas águas do rio Verde na cidade de Soledade de Minas (BG028) predominou IQA Médio, sem registro de IQA Bom e com relevante ocorrência de IQA Ruim, igual a 13%. No período de chuva houve agravamento nas condições de qualidade, com acréscimo nos percentuais de IQA Ruim e redução do IQA Médio. No trecho monitorado no município de Conceição do rio Verde (BG026), houve distribuição equitativa das faixas de IQA Médio e Ruim.

Quanto aos constituintes tóxicos, prevaleceu CT Baixa na estação BG028, com percentual superior a 80%, e piora no período chuvoso. As águas na estação BG026 reportaram CT Baixa nas duas campanhas.

Segundo o IET, no segmento do rio Verde na cidade de Soledade de Minas (BG028) as condições de trofia caracterizaram ambiente mesotrófico em 2007 e eutrófico em 2008, apontando piora no tempo.

Os parâmetros com resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe 2 em relação à estação BG028 são indicados na Figura 180. As variáveis coliformes termotolerantes, ferro dissolvido, manganês total e fósforo total apresentaram percentuais não conformes mais expressivos. Ressalta-se, quanto aos coliformes termotolerantes, a detecção de 85% dos registros acima do padrão legal, conferiu às águas do rio Verde características sanitárias desfavoráveis.

Eventualmente foram verificados registros não conformes de variáveis tóxicas, em especial chumbo total e cromo total, salientando-se que essas ocorrências concentraram-se principalmente entre 1997 e 2005. Os ensaios ecotoxicológicos com o organismo *Ceriodaphnia dubia* detectaram ausência de efeito tóxico em 55% dos resultados e efeito tóxico crônico nos 45% restantes.

O comportamento sazonal das águas do rio Verde na cidade de Soledade de Minas (BG028) indicou médias históricas maiores no período de chuva para sólidos em suspensão totais, turbidez, cor verdadeira, fósforo total, coliformes termotolerantes e manganês total, denotando degradação por fontes difusas. As médias de ferro dissolvido também mostraram esse comportamento, embora com acréscimos menores.

Relativamente às variáveis demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes foi observado significativo comprometimento das características sanitárias, sobretudo quanto aos níveis de oxigenação na época de chuva.

A avaliação dos gráficos de *Box Plot* da estação BG028 mostrou prevalência de características levemente ácidas, com mediana de valores de pH inferior a 6,5 (ANEXO N - Figura N23). As baixas concentrações de sólidos dissolvidos totais refletiram em mediana de condutividade elétrica inferior a 40  $\mu\text{mho/cm}$  (ANEXO N - Figura N24). Igualmente, os resultados de sólidos em suspensão totais (ANEXO N - Figura N26) e turbidez (ANEXO N - Figura N27) foram pouco expressivos e mostraram discreta variabilidade, embora com detecção de máximos relevantes. As medidas de cor verdadeira (ANEXO N - Figura N28) foram detectadas em faixa mais larga, mas com mediana em conformidade legal.

A distribuição das concentrações de demanda bioquímica de oxigênio (ANEXO N - Figura N29), oxigênio dissolvido (ANEXO N - Figura N30) e coliformes

termotolerantes (ANEXO N - Figura N33) ilustraram a sobrecarga de matéria orgânica e de contribuição fecal. Ressalte-se a ocorrência de máximo histórico de demanda bioquímica de oxigênio (20 mg/l O<sub>2</sub>), além de teor máximo de nitrogênio amoniacal total destacável, comparativamente aos demais resultados da base de dados (ANEXO N - Figura N32).

Dentre os metais, os registros de ferro dissolvido (ANEXO N - Figura N35) indicaram maior dispersão. Além disso, ocorreu valor máximo de concentração do componente tóxico fenóis totais bastante significativo – 0,017 mg/l C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH (ANEXO N - Figura N40).

A variação temporal da série de dados da estação BG028 indicou tendência de acréscimo nas médias anuais de turbidez, cor verdadeira, fósforo total, ferro dissolvido e manganês total, e leve variação em relação ao alumínio dissolvido. As contagens médias anuais de coliformes termotolerantes sugeriram decréscimo até 2007, com aumento em 2008.

Esses resultados apontaram sensibilidade das águas do rio Verde, relacionada à presença de carga orgânica e de contaminação fecal em decorrência do lançamento de esgotos domésticos brutos dos municípios de São Lourenço, Soledade de Minas e Conceição do Rio Verde, este último apresenta ainda intensa atividade pecuária, contribuindo para a alta contagem de coliformes termotolerantes. Quanto à matéria orgânica merece acrescentar o potencial impacto poluidor da avicultura e indústrias alimentícias instaladas nas sub-bacias que drenam para o médio rio Verde, que podem estar contribuindo para o aumento da demanda bioquímica de oxigênio e conseqüente redução dos níveis de oxigenação das águas do rio Verde nesse segmento.

### **Rio Baependi**

Relativamente ao rio Baependi, no trecho próximo à confluência com o rio Verde (BG029) predominou IQA Médio (64%), sendo registrado também IQA Bom (29%) e Ruim (7%). Houve piora no período de chuva, com aumento do percentual do IQA Médio (87%) e redução do IQA Bom (9%). Foi observada CT Baixa em 76% das amostragens, com aumento da categoria Alta no período de chuva. O IET caracterizou ambiente mesotrófico tanto em 2007 quanto em 2008.

Dentre os parâmetros que não atenderam aos padrões legais na estação BG029, conforme Figura 181, destacaram-se os percentuais de coliformes termotolerantes (60%); alumínio dissolvido (29%), chumbo total (15%), fósforo total (15%), manganês total (13%), ferro dissolvido (12%) e turbidez (11%). Eventualmente ocorreram teores não conformes das variáveis tóxicas cromo, zinco e cádmio na forma total, e fenóis totais. Os testes ecotoxicológicos com o organismo *Ceriodaphnia dubia* indicaram predominância de efeito tóxico crônico. No trecho a montante da cidade de Baependi (BG024), amostrado a partir do terceiro trimestre 2008, apenas os coliformes termotolerantes superaram o padrão de qualidade da classe 2, ressaltando-se que os resultados de agrotóxicos atenderam à legislação.

Os valores médios de turbidez, sólidos em suspensão totais, coliformes termotolerantes e fósforo total apresentaram-se significativamente maiores no período de chuva, assim como de ferro dissolvido e manganês total, próximo à confluência com o rio Verde, apontando para interferência de fontes difusas. Acrescenta-se, ainda, que as águas desse



trecho mostraram-se levemente ácidas, predominando pH na faixa de 6,2 a 6,8, com baixo conteúdo de sólidos dissolvidos totais, reproduzido em medidas de condutividade elétrica em geral inferiores a 50 µmho/cm e níveis de oxigenação satisfatórios, comumente na faixa de 6,6 mg/l a 8,0 mg/l de oxigênio dissolvido.

A análise temporal no segmento inferior do rio Baependi denotou ligeiro aumento nos valores médios anuais de turbidez, cor verdadeira, coliformes termotolerantes, fósforo total, ferro dissolvido e manganês total, os quais tenderam a decréscimo em 2008.

Os resultados refletiram condições sanitárias inadequadas das águas do rio Baependi, devido ao aporte de esgotos domésticos brutos do município de Baependi, refletidos nos valores de fósforo total e coliformes termotolerantes, este último também relacionado à pecuária, atividade de grande relevância na região. Ressalte-se, contudo, que as águas apresentaram boa capacidade de assimilação da carga orgânica lançada, seja por esgotos domésticos ou efluentes industriais, em vista das baixas concentrações de demanda bioquímica de oxigênio e níveis de oxigenação satisfatórios.

A interferência de fontes difusas pode ser associada à agropecuária e a fenômenos de erosão. Ademais, a detecção de teores elevados de variáveis tóxicas próximo de sua foz no rio Verde, em especial chumbo total, e da predominância de efeito tóxico crônico, podem refletir o impacto do uso e manejo do solo na agropecuária e na disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos. Ressalte-se que na área de drenagem do rio Baependi, as atividades industriais desenvolvidas possuem baixo potencial de geração de contaminantes tóxicos.

### **Baixo Rio Verde**

Predominou IQA Médio nas três estações monitoradas na calha do rio Verde nesta sub-bacia, quais sejam, BG032, BG035 e BG037, respectivamente, na cidade de Três Corações, na localidade de Flora e a jusante da cidade de Varginha. Foi observada significativa recuperação da qualidade das águas do rio Verde em termos do IQA ao longo do seu curso. No período de chuva houve agravamento nas condições de qualidade, com acréscimo nos percentuais de IQA Ruim e redução do IQA Bom.

Com relação aos constituintes tóxicos, prevaleceu em todas as estações CT Baixa, com ocorrências variando entre 65% e 72%. Houve aumento dos percentuais da categoria Alta na cidade de Três Corações (BG032) e na localidade de Flora (BG035) e redução a jusante da cidade de Varginha (BG037). O período de chuva promoveu agravamento generalizado das condições de qualidade, com aumento nos valores de CT Alta, principalmente na cidade de Três Corações (BG032).

Segundo o IET, as condições de trofia caracterizaram ambiente mesotrófico a eutrófico. A análise temporal mostrou melhora no nível de trofia de 2007 para 2008.

Os parâmetros com resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento em relação às estações BG032, BG035 e BG037 são indicados, respectivamente, na Figura 184, Figura 187 e Figura 189. Um conjunto de cinco indicadores, coliformes termotolerantes, fósforo total, alumínio dissolvido, ferro dissolvido e manganês total, apresentaram ocorrências mais expressivas. Na estação BG037 destacaram-se também as variáveis chumbo total e cor verdadeira. A detecção de valores maiores do que 70% para contagens de coliformes termotolerantes, além de

teores expressivos do nutriente fósforo total, mantiveram as características sanitárias desfavoráveis nas águas no segmento inferior do rio Verde.

Eventualmente foram verificados resultados não conformes de variáveis tóxicas nos trechos monitorados, em especial chumbo total, cromo total, cádmio total e fenóis totais, salientando-se que essas ocorrências concentraram-se principalmente entre 1997 e 2005. Os ensaios ecotoxicológicos com o organismo *Ceriodaphnia dubia* detectaram efeito tóxico crônico em 45% dos resultados da estação BG035. A jusante da cidade de Varginha (BG037), embora não tenha ocorrido efeito tóxico em 63% das determinações, foram observados resultados positivos para efeito tóxico crônico e agudo. Esse ensaio não é realizado na estação BG032.

O comportamento sazonal indicou em geral médias históricas maiores no período de chuva para sólidos em suspensão totais, turbidez, cor verdadeira, fósforo total, coliformes termotolerantes e manganês total, denotando degradação por fontes difusas. As médias de ferro dissolvido também mostraram esse comportamento, embora com acréscimos menores.

Salienta-se, em relação à cor verdadeira e alumínio dissolvido, a possível interferência das águas do rio Lambari no rio Verde, promovendo aumento considerável nas médias históricas do período chuvoso no segmento localizado na cidade de Três Corações (BG032). A variação espacial de cádmio total nesse período também permitiu inferir que a calha do rio Lambari pode ter transportado esse metal para o rio Verde, com reflexo nas estações localizadas na cidade de Três Corações (BG032) e na localidade de Flora (BG035).

As médias dos teores de chumbo total também sofreram efeito sazonal, sendo maiores nas chuvas, exceto no rio Verde a jusante da cidade de Varginha (BG037), sugerindo contribuição de fontes pontuais nesse trecho. Relativamente ao cromo total foi observado um discreto aumento das concentrações médias no período chuvoso a partir da cidade de Três Corações (BG032). A média da estiagem de fenóis totais foi pouco superior no rio Verde na cidade de Três Corações (BG032) e a jusante da cidade de Varginha (BG037).

A avaliação dos gráficos de *Box Plot*, mostrou prevalência de características levemente ácidas, com medianas de valores de pH inferiores a 7,0. As baixas concentrações de sólidos dissolvidos totais refletiram em medianas de condutividade elétricas inferiores a 40 µmho/cm. Igualmente, os resultados de sólidos em suspensão totais e turbidez foram pouco expressivos e mostraram discreta variabilidade, embora com detecção de máximos relevantes. As medidas de cor verdadeira foram detectadas em faixa mais larga, mas com medianas em conformidade legal.

A distribuição das concentrações de demanda bioquímica de oxigênio (ANEXO N - Figura N29), oxigênio dissolvido (ANEXO N - Figura N30) e coliformes termotolerantes (ANEXO N - Figura N33) apontaram recuperação no curso inferior do rio Verde, comparativamente aos segmentos superior e médio. Com relação aos nutrientes, observou-se máximo histórico da concentração de fósforo total (ANEXO N - Figura N31) no rio Verde a jusante da cidade de Varginha (BG037), igual a 0,44 mg/l P.

Quanto aos metais, foi verificado leve aumento espacial dos teores de alumínio e ferro, na forma dissolvida, e de manganês total, esse último com maior dispersão dos resultados. Os metais tóxicos apresentaram pouca variabilidade embora com máximos significativos. Nesse sentido sobressaíram-se os teores extremos de cádmio total nas estações BG032 e BG035.

O comportamento temporal foi bastante diversificado no baixo rio Verde. No período de 2004 a 2006 foi observada, em geral, redução das médias anuais de turbidez e ferro dissolvido. Já para cor verdadeira houve aumento ao longo dos anos. Os teores médios anuais de fósforo total apontaram pouca variação, excetuando-se os máximos registrados nos trechos da cidade de Três Corações, em 2006, e da localidade de Flora (BG035), em 2008, além de discreta sobrecarga desse nutriente a jusante da cidade de Varginha. As alterações relacionadas aos metais alumínio dissolvido e manganês total foram pouco expressivas.

Esses resultados permitiram verificar o comprometimento sanitário das águas do rio Verde em decorrência do lançamento de esgotos domésticos brutos, essencialmente da sede de Três Corações. Além disso, essa condição pode estar associada à contribuição de dejetos animais, devido à intensa atividade pecuária na sub-bacia. Com relação à carga orgânica e microbiológica, ocorreu leve sinal de recuperação ao longo do percurso do rio Verde. Contudo, a distribuição espacial dos teores de fósforo total sugeriu concentração desse nutriente a jusante da cidade de Varginha, foco de preocupação associada ao potencial de contribuição para o aumento da produtividade das águas no reservatório de Furnas, onde deságua o rio Verde.

O uso e manejo inadequados do solo nas atividades agropecuárias podem ser associados à degradação das águas do rio Verde, principalmente pelo aporte do rio Lambari, refletidas nas variáveis cor verdadeira, alumínio dissolvido e cádmio total. Quanto à presença de componentes tóxicos, destacaram-se os teores de chumbo total, cromo total e fenóis totais, com indicativos de prevalência de contribuição de fontes pontuais, decorrente do impacto do parque industrial de Varginha e Três Corações.

### **Rio Lambari**

No trecho do rio Lambari localizado na cidade de Cristina (BG030) prevaleceu IQA Médio (76%), com ocorrência de IQA Ruim (13%) e IQA Bom (11%), assim como a montante da confluência com o rio Verde (BG031), onde foram observados 73% dos resultados de IQA no nível Médio, 16% Ruim e 13% Bom. Constatou-se piora na chuva, com o aumento dos percentuais do IQA Ruim, 26% em ambas as estações, relacionada principalmente com os resultados de coliformes termotolerantes, fósforo total e demanda bioquímica de oxigênio na estação BG030, e de coliformes termotolerantes, fósforo total, turbidez na estação BG031. Quanto às faixas de CT, houve predominância da categoria Baixa, com acréscimo da CT Alta no período chuvoso nos dois pontos. O índice do estado trófico caracterizou ambiente mesotrófico e eutrófico, respectivamente nas estações BG030 e BG031.

Diversos parâmetros mostraram resultados não conformes com os padrões de qualidade da classe de enquadramento. Como ilustrado na Figura 182, no rio Lambari na cidade de Cristina (BG030) destacaram-se: manganês total (76%), coliformes termotolerantes (73%), ferro dissolvido (56%), alumínio dissolvido (29%), fósforo total (24%), demanda bioquímica de oxigênio (15%) e chumbo total (12%). Próximo da confluência

com o rio Verde (BG031) os indicadores de degradação mais relevantes, conforme Figura 183, foram os seguintes: coliformes termotolerantes (53%), ferro dissolvido (54%), manganês total (37%), fósforo total (33%), alumínio dissolvido (29%), turbidez (20%), cor verdadeira (17%), sólidos em suspensão totais (15%) e chumbo total (13%). Adicionalmente, foram detectados teores isolados de variáveis tóxicas, tais como, cromo total, níquel total e zinco total, na estação BG030, e cobre dissolvido, cádmio total, níquel total, cromo total e mercúrio total, no ponto de amostragem BG031. Essa condição correlacionou-se aos resultados de ecotoxicidade, avaliada no trecho próximo à confluência com o rio Verde, os quais se mostraram positivos para efeito tóxico agudo (5%) e efeito tóxico crônico (45%).

Na estação BG038, inserida no segundo semestre de 2008 no rio Lambari a montante da confluência do rio Mumbuca, que drena a cidade de Lambari, foram registrados valores não conformes para pH, sólidos em suspensão totais, turbidez, coliformes termotolerantes, fósforo total, alumínio dissolvido e ferro dissolvido. Salienta-se que nessa estação foram avaliados agrotóxicos, sem, contudo ter sido detectado concentração em desconformidade legal.

A abordagem sazonal indicou pior condição na estação chuvosa, com valores médios maiores, comparativamente à estiagem, para sólidos em suspensão totais, turbidez, cor verdadeira, fósforo total, coliformes termotolerantes, manganês total e chumbo total, no segmento da cidade de Cristina (BG030). Mesmo efeito foi identificado próximo à foz no rio Verde (BG031), com médias mais expressivas na chuva para sólidos em suspensão totais, turbidez, cor verdadeira, fósforo total, coliformes termotolerantes, alumínio dissolvido, manganês total, cádmio total e chumbo total, revelando degradação das águas por fontes difusas na sub-bacia do rio Lambari.

A avaliação dos gráficos de *Box Plot*, relativamente ao parâmetro pH, mostrou prevalência da faixa de 6,3 a 6,9, conferindo às águas características levemente ácidas. As baixas concentrações de sólidos dissolvidos totais foram confirmadas pelas medianas de condutividade elétrica inferiores a 45 µmho/cm, embora na estação BG030 tenha ocorrido máximo atípico (114 µmho/cm). Nessa estação a presença de sólidos em suspensão totais foi expressiva, com detecção do maior valor de turbidez da série de dados (428 UNT).

Quanto ao conteúdo de matéria orgânica, no trecho situado na cidade de Cristina (BG030) foi observada a maior dispersão de teores de demanda bioquímica de oxigênio, dentre os pontos monitorados, e máximo representativo (14 mg/l), embora com mediana de 2 mg/l. Similarmente, nessa estação as condições sanitárias foram bastante adversas e as contagens de coliformes termotolerantes também apontaram a maior variabilidade entre as estações monitoradas. De maneira geral, as águas apresentaram níveis satisfatórios de oxigênio dissolvido predominando o intervalo de 6,6 mg/l a 7,8 mg/l. Quanto à presença de metais, no trecho inferior (BG031) foi detectado o teor máximo de alumínio dissolvido do período histórico da bacia (1,04 mg/l), e a maior variabilidade de resultados. As concentrações de manganês total foram mais representativas na estação BG030, também com máximo da base de dados (0,470 mg/l) e mediana superior ao limite de qualidade da classe 2. Também nessa estação foi detectado o maior teor de chumbo total, igual a 0,128 mg/l.

A análise temporal entre 2004 e 2008 apontou acréscimo nas médias anuais de turbidez, cor verdadeira e coliformes termotolerantes na estação situada na cidade de Cristina.

Próximo à confluência com o rio Verde, no período de 1998 a 2007 foi verificada elevação nas médias anuais dos parâmetros turbidez, cor verdadeira, alumínio dissolvido, ferro dissolvido e manganês total, predominando tendência de decréscimo em 2008.

Os resultados permitiram verificar que a qualidade das águas do rio Lambari mostrou-se comprometida em decorrência do lançamento de esgotos domésticos brutos dos municípios de Cristina, Olímpio Noronha, Jesuânia e Lambari, sendo que no trecho da cidade de Cristina as condições foram bastante adversas. Embora tenha ocorrido assimilação da carga orgânica ao longo do seu percurso, a condição eutrófica do trecho inferior denotou sobrecarga de nutrientes.

O uso e manejo inadequados do solo nas atividades agropecuárias também degradaram sobremaneira as águas do rio Lambari, com piora na estação chuvosa relacionada ao aumento dos teores de sólidos, turbidez, cor verdadeira e metais, alumínio dissolvido e manganês total, principalmente, além de chumbo total, com potencial tóxico. No trecho inferior, próximo ao deságüe no rio Verde, as interferências podem ainda ser correlacionadas às atividades industriais, em especial aos ramos metalúrgico e químico, desenvolvidas no município de Lambari.

### **Rio do Peixe**

Com relação ao rio do Peixe, na estação de amostragem a jusante do ribeirão Vermelho (BG034) dominou o IQA Bom (52%), apresentando também IQA Médio (34%) e IQA Ruim (14%). No trecho inferior, próximo à confluência com o rio Verde (BG033) foi observado piora na qualidade das águas, refletida na faixa preponderante do IQA Médio (70%), e ocorrência do IQA Ruim (18%) e IQA Bom (12%). No período de chuva registrou-se estado mais crítico, aumentando o percentual do IQA Ruim e reduzindo significativamente a ocorrência do IQA Bom, para ambas as estações. Nos resultados de CT prevaleceu a categoria Baixa nos dois trechos monitorados, com acréscimo da categoria Alta na época chuvosa. O IET classificou ambiente oligotrófico em 2007 e mesotrófico em 2008 no rio do Peixe a jusante do ribeirão Vermelho, e ainda ambiente mesotrófico em 2007 e eutrófico em 2008 nas proximidades da foz no Verde.

A estação BG034 apresentou resultados acima do limite legal (Figura 185) para ferro dissolvido (42%), coliformes termotolerantes (37%), manganês total (33%), alumínio dissolvido (29%), cor verdadeira (28%), sólidos em suspensão totais (17%), chumbo total (14%), turbidez (14%) e fósforo total (11%). Na estação BG033 (Figura 186) foi destacado um menor número de parâmetros não conformes, sendo os mais representativos coliformes termotolerantes (56%), cor verdadeira (18%), sólidos em suspensão totais (14%) e turbidez (14%). Ressalte-se que nesse trecho as águas são enquadradas na classe 3 e, portanto, os padrões de qualidade são menos restritivos.

Eventualmente foram verificados resultados não conformes de variáveis tóxicas, zinco total, a jusante do ribeirão Vermelho (BG034), e cromo, chumbo e níquel, na forma total, próximo à confluência com o rio Verde (BG033). O monitoramento realizado a partir do segundo semestre de 2008, na estação localizada a jusante da cidade de São Thomé das Letras (BG040) indicou não conformidade apenas em relação aos parâmetros pH, fósforo total e ferro dissolvido. Cabe salientar que os resultados de agrotóxicos avaliados nesse ponto atenderam aos limites previstos na legislação.

A contribuição da poluição difusa foi evidenciada nos pontos BG033 e BG034, cujas médias do período chuvoso foram maiores em comparação à estiagem para os indicadores sólidos em suspensão totais, turbidez, cor verdadeira, fósforo total e manganês total, além dos tóxicos chumbo total e cromo total. Em contraposição, no trecho inferior do rio do Peixe (BG033), a média histórica dos teores de demanda bioquímica de oxigênio e nitrogênio amoniacal total foram maiores na estiagem, refletindo impacto por poluição orgânica oriunda de esgotos sanitários.

As águas nas estações de amostragem do rio do Peixe mantiveram-se com valores de pH principalmente na faixa de 6,0 a 7,0, baixas medidas de condutividade elétrica, com medianas inferiores a 50 µmho/cm, associando-se ao baixo conteúdo de sólidos dissolvidos totais. Os resultados de sólidos em suspensão totais e turbidez apontaram variabilidade expressiva, embora as medianas sejam menores do que 50 mg/l e 50 UNT, respectivamente. Os resultados máximos de cor verdadeira ocorreram na estação BG034 (404 mg Pt/l) e estação BG033 (306 mg Pt/l), correlacionando-se às concentrações de alumínio dissolvido e manganês total que apontou grande variabilidade nessas estações.

O comprometimento sanitário do rio do Peixe pelo lançamento de esgotos sanitários brutos das cidades de Cruzília e São Thomé das Letras foi caracterizado pelas elevadas contagens de coliformes termotolerantes e, próximo ao deságüe no rio Verde, pela grande variabilidade de teores de nitrogênio amoniacal total. No entanto, as condições de oxigenação foram satisfatórias, prevalecendo valores na faixa de 6 mg/l a 7,8 mg/l de oxigênio dissolvido, no trecho a jusante da foz do ribeirão Vermelho (BG034), e entre 6,0 mg/l a 7,2 mg/l no segmento inferior, embora tenha ocorrido resultado fora do limite legal (3 mg/l). Dentre os tóxicos, foram destacáveis os máximos de chumbo total e cromo total, nas duas estações, e a dispersão dos dados de fenóis totais no ponto BG033.

A análise temporal indicou em geral para ambos os pontos, acréscimo nas médias anuais entre 1998 e 2005 para turbidez, fósforo total, coliformes termotolerantes e manganês total, seguida de redução em 2006 e 2007 e novamente aumento em 2008. O parâmetro cor verdadeira sofreu acréscimo ao longo dos anos, enquanto as concentrações médias anuais de ferro dissolvido atingiram máximo em 2007.

Tais observações indicaram sobrecarga de esgotos sanitários nas águas do rio do Peixe, principalmente em seu trecho inferior, que foi caracterizado como eutrófico em 2008 e mostrou teores destacáveis de nitrogênio amoniacal total. Ademais, as condições microbiológicas foram bastante adversas em todos os trechos monitorados, com resultados significativos de coliformes termotolerantes.

O impacto das atividades minerárias desenvolvidas na região de São Thomé das Letras, com geração de materiais sólidos transportados para os afluentes da margem direita do rio do Peixe, foi relacionado com os resultados diferenciados de turbidez, sólidos em suspensão totais e cor verdadeira, sobretudo na estação BG034. Esses indicadores, além das violações à legislação dos teores de ferro e alumínio, na forma dissolvida, e de manganês total, também podem ser associados ao uso e manejo inadequados do solo na atividade agropecuária e à erosão devido ao desmatamento.

A ocorrência de variáveis tóxicas, com destaque para chumbo total, cromo total e fenóis totais, pode ser vinculada ao lançamento de efluentes industriais principalmente no trecho inferior do rio do Peixe, em vista do expressivo parque industrial de Três Corações, em especial dos ramos metalúrgico e químico.

## Rio Palmela

Referente ao rio Palmela, monitorado próximo à confluência com o rio Verde (BG036), observou-se percentuais semelhantes para os níveis de IQA Bom (47%) e Médio (44%) e ocorrência em menor proporção de IQA Ruim (9%). No período chuvoso ocorreu significativa redução do IQA Bom (22%) e aumento tanto do IQA Médio (61%) quanto do IQA Ruim (17%). Quanto aos tóxicos, predominou CT Baixa (61%), com discreta piora na chuva. As condições de trofia apontaram estado oligotrófico em 2007 e mesotrófico em 2008.

No que se refere aos resultados em desconformidade com o padrão de qualidade, conforme indicado na Figura 188, destacaram-se as seguintes variáveis: manganês total (51%); coliformes termotolerantes (39%), ferro dissolvido (27%), cor verdadeira (26%), chumbo total (17%), alumínio dissolvido (14%), cromo total (11%), fósforo total (11%) e turbidez (11%). Adicionalmente, foi registrada ocorrência isolada dos componentes tóxicos cádmio total, mercúrio total e fenóis totais. Os ensaios ecotoxicológicos com o organismo *Ceriodaphnia dubia* mostrou prevalência de efeito tóxico crônico (55%), sendo também detectado um resultado com efeito tóxico agudo.

As alterações sazonais mais significativas relacionaram-se às variáveis sólidos em suspensão totais, turbidez, cor verdadeira, coliformes termotolerantes, fósforo total, ferro dissolvido, manganês total e cádmio total, que apresentaram médias históricas maiores no período de chuva. Já quanto à distribuição dos resultados, as medidas de pH indicaram caráter levemente ácido prevalecendo a faixa de 6,3 a 6,8 e baixo conteúdo de sólidos dissolvidos totais, reproduzido em medidas condutividade elétrica inferiores a 60 µmho/cm. Os teores de oxigênio dissolvido variaram no intervalo 6,4 mg/l a 7,6 mg/l, apontando níveis adequados de oxigenação. Salienta-se, ademais, que os máximos históricos da bacia relativos aos teores dos metais ferro dissolvido e cádmio total, tóxico, ocorreram no trecho inferior do rio Palmela.

O estudo temporal indicou discreta variação entre os valores médios anuais de coliformes termotolerantes, fósforo total e alumínio dissolvido. Ademais, os parâmetros turbidez, cor verdadeira, ferro dissolvido e manganês total tiveram maiores alterações, com ligeira tendência de acréscimos em 2005 e 2007, principalmente.

Tendo em vista os resultados avaliados, pode-se inferir que os principais agentes causadores da degradação das águas do rio Palmela relacionaram-se à poluição difusa, em decorrência do uso e manejo inadequados dos solos na agropecuária, potencializado pelo desmatamento.

Ademais, teores não conformes de variáveis tóxicas aliada à prevalência de efeito tóxico crônico nas águas, podem ser associados tanto ao lançamento de efluentes líquidos industriais do setor metalúrgico instalado em Campanha, quanto ao uso de agrotóxicos na agricultura desenvolvida na sub-bacia do rio Palmela.

A presença de contaminação bacteriológica, reforçada pela condição de trofia mesotrófica, refletiu a influência negativa do lançamento de esgotos sanitários brutos da sede de Campanha e do distrito de Ferreiras, município de São Gonçalo do Sapucaí, nas águas do rio Palmela.

## Ribeirão da Espera

No Ribeirão da Espera a montante do lago de Furnas (BG067) prevaleceu IQA Médio, ocorrendo também IQA Bom. No período chuvoso a totalidade dos valores de IQA apontou nível Médio, enquanto na estiagem ocorreu apenas nível Bom. Com relação à contaminação por tóxicos predominou a categoria Baixa, com aumento da categoria Alta na estação chuvosa.

Os indicadores que não atenderam aos padrões legais foram turbidez, cor verdadeira, alumínio dissolvido, ferro dissolvido, manganês total, fósforo total e coliformes termotolerantes, além dos metais tóxicos chumbo total e mercúrio total. Os testes ecotoxicológicos com o organismo *Ceriodaphnia dubia* indicaram ausência efeito tóxico.

Os resultados de turbidez, cor verdadeira, manganês total, coliformes termotolerantes, fósforo total, chumbo total e mercúrio total mostraram-se maiores no período de chuva. Condição oposta foi verificada para ferro dissolvido e alumínio dissolvido, detectados em teores elevados no período de estiagem. Observou-se valores de pH variando entre de 6,2 a 6,9, apontando águas ligeiramente ácidas, baixas concentrações de sólido dissolvidos totais, medidas de condutividade elétrica inferiores a 50 µmho/cm e bons níveis de oxigenação, na faixa de 7,1 mg/l a 8,6 mg/l de oxigênio dissolvido.

Ressaltando-se que a série de dados engloba apenas 5 campanhas, os resultados mostraram alterações na qualidade das águas por carga difusa, evidenciada principalmente pela detecção de teores não conformes de chumbo total e mercúrio total, que podem estar correlacionadas à disposição dos resíduos sólidos urbanos de Varginha em lixão localizado na área de drenagem do ribeirão da Espera.

### 5.2.1.1.3. SÍNTESE

Neste item estão sintetizados os aspectos relevantes, interferências e efeitos na qualidade das águas dos afluentes monitorados, rios Baependi, Lambari, do Peixe e Palmela e ribeirão da Espera, assim como do alto, médio e baixo rio Verde. No Quadro 19 encontram-se identificados os fatores de pressão e os indicadores de degradação da qualidade das águas, considerando as principais atividades antrópicas desenvolvidas na bacia. Já nos Quadros 20 a 27, são apresentadas de maneira sucinta para cada uma das sub-bacias, a avaliação dos efeitos sobre a qualidade das águas e a relação causal com as interferências sofridas pelos cursos de água.



**Quadro 19 – Principais fatores de pressão e os indicadores de degradação da qualidade das águas da bacia do rio Verde no período de outubro de 1997 a novembro de 2008**

Estação de amostragem	Principais fatores de pressão	Indicadores de degradação
BG025	Lançamento de esgotos sanitários Efluentes industriais Carga difusa Avicultura	Coliformes termotolerantes, pH, alumínio dissolvido, fenóis totais, chumbo total, DBO, ferro dissolvido, cromo total, fósforo total, turbidez.
BG027	Lançamento de esgotos sanitários Efluentes industriais Carga difusa Avicultura	Coliformes termotolerantes, manganês total, ferro dissolvido, fósforo total, pH, alumínio dissolvido, oxigênio dissolvido, cromo total, mercúrio total, cádmio total, chumbo total, fenóis totais, DBO.
BG028	Lançamento de esgotos sanitários Efluentes industriais Avicultura Carga difusa	Coliformes termotolerantes, ferro dissolvido, manganês total, fósforo total, alumínio dissolvido, cor verdadeira, oxigênio dissolvido, pH, chumbo total, cromo total, sólidos em suspensão totais, turbidez, DBO, fenóis totais, níquel total.
BG026	Lançamento de esgotos sanitários Agricultura Erosão	Fósforo total, coliformes termotolerantes, alumínio dissolvido, ferro dissolvido, turbidez, sólidos em suspensão totais.
BG024	Lançamento de esgotos sanitários	Coliformes termotolerantes.
BG029	Lançamento de esgotos sanitários Carga difusa Pecuária Agricultura Erosão Resíduos sólidos	Coliformes termotolerantes, alumínio dissolvido, chumbo total, fósforo total, manganês total, ferro dissolvido, turbidez, pH, cromo total, sólidos em suspensão totais, cor verdadeira, zinco total, cádmio total, fenóis totais.
BG030	Lançamento de esgotos sanitários Agricultura Pecuária Erosão	Manganês total, coliformes termotolerantes, ferro dissolvido, alumínio dissolvido, fósforo total DBO, chumbo total, cor verdadeira, sólidos em suspensão totais, turbidez, cromo total, níquel total, zinco total, pH.
BG038	Lançamento de esgotos sanitários Agricultura Pecuária Erosão Efluentes industriais	Coliformes termotolerantes, fósforo total, alumínio dissolvido, ferro dissolvido, pH, sólidos em suspensão totais, turbidez.
BG031	Lançamento de esgotos sanitários Pecuária Agricultura Erosão Efluentes industriais	Coliformes termotolerantes, ferro dissolvido, manganês total, fósforo total, alumínio dissolvido, turbidez, cor verdadeira, sólidos em suspensão totais, chumbo total, cobre dissolvido, pH, cádmio total, níquel total, cromo total, mercúrio total
BG032	Lançamento de esgotos sanitários Pecuária Agricultura Carga difusa Efluentes industriais	Coliformes termotolerantes, ferro dissolvido, fósforo total, alumínio dissolvido, manganês total, cor verdadeira, turbidez, cádmio total, cromo total, sólidos em suspensão totais, chumbo total, fenóis totais, níquel total, pH, zinco total.
BG040	Atividade minerária Pecuária Agricultura Erosão	Ferro dissolvido, fósforo total, pH.
BG034	Lançamento de esgotos sanitários Atividade minerária Pecuária Agricultura Erosão Efluentes industriais	Ferro dissolvido, coliformes termotolerantes, manganês total, alumínio dissolvido, cor verdadeira, sólidos em suspensão totais, chumbo total, turbidez, fósforo total, zinco total, cromo total, pH.
BG033	Lançamento de esgotos sanitários Pecuária Agricultura Erosão Efluentes industriais	Coliformes termotolerantes, cor verdadeira, sólidos em suspensão totais, turbidez, fósforo totais, cromo total, chumbo total, níquel total, oxigênio dissolvido, pH

Continua...

**Quadro 19 – Cont.**

BG035	Lançamento de esgotos sanitários Pecuária Agricultura Carga difusa Efluentes industriais	Coliformes termotolerantes, ferro dissolvido, alumínio dissolvido, cor verdadeira, fósforo total, manganês total, turbidez, chumbo total, cromo total, fenóis totais, sólidos em suspensão totais, cádmio total, mercúrio total, zinco total, DBO, níquel total, pH
BG036	Lançamento de esgotos sanitários Pecuária Agricultura Efluentes industriais	Manganês total, coliformes termotolerantes, ferro dissolvido, cor verdadeira, chumbo total, alumínio dissolvido, cromo total, fósforo total, turbidez cádmio total, sólidos em suspensão totais, pH, mercúrio total, fenóis totais, oxigênio dissolvido
BG037	Lançamento de esgotos sanitários Pecuária Agricultura Carga difusa Efluentes industriais	Coliformes termotolerantes, ferro dissolvido, manganês total, chumbo total, cor verdadeira, fósforo total, alumínio total, turbidez, clorofila a, mercúrio total, sólidos em suspensão totais, cromo total, níquel total, zinco total, cádmio total, fenóis totais
BG067	Carga difusa Resíduos sólidos	Cor verdadeira, alumínio dissolvido, manganês total, coliformes termotolerantes, ferro dissolvido, fósforo total, chumbo total, mercúrio total, turbidez

Adicionalmente, de forma a proporcionar uma visão regional, foi utilizada a espacialização das condições médias de qualidade das águas nas estações de amostragem frente às classes de qualidade, para variáveis mais características da degradação dos recursos hídricos superficiais da bacia do rio Verde.

Nessa abordagem foi avaliada a série de dados de 2004 a 2008 para os seguintes indicadores: turbidez, cor verdadeira, demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, fósforo total, coliformes termotolerantes, alumínio dissolvido, ferro dissolvido, manganês total, cádmio total, chumbo total, cromo total e fenóis totais, cujos mapas estão incluídos no ANEXO N (Figura N41 a Figura N53). Salienta-se que a base hidrográfica desses mapas apresenta o enquadramento das águas da bacia do rio Verde de acordo com a Deliberação Normativa COPAM nº 33/1998.

Em relação aos valores médios de turbidez (ANEXO N - Figura N41) predominou no rio Verde atendimento ao padrão de qualidade da classe 1, enquanto nas estações de amostragem dos afluentes as águas mostraram-se em conformidade com a classe 2, exceto no rio Baependi e no trecho superior do rio Lambari (BG030), que também atenderam ao padrão da classe 1. A condição observada para as médias de cor verdadeira (ANEXO N - Figura N42) indicaram conformidade com o padrão da classe 3 no trecho inferior do rio Lambari (BG031), no rio do Peixe (BG034 e BG033) e no ribeirão da Espera, enquanto nas demais estações localizadas em afluentes e no rio Verde os registros médios foram inferiores a 75 mg Pt/l, limite adotado nesse trabalho para a classe 1.

As concentrações médias de DBO (ANEXO N - Figura N43) e de oxigênio dissolvido (ANEXO N - Figura N44) atenderam ao limite legal da classe 1 em todas as estações, à exceção do rio Lambari na cidade de Cristina (BG030) cujas águas mostraram conformidade com o padrão de qualidade da classe 2. Os resultados médios de fósforo total (ANEXO N - Figura N45) atenderam à classe 1, exceto na estação BG030, no rio Lambari, e no trecho inferior do rio do Peixe (BG033), compatíveis com a classe 3. As contagens médias de coliformes termotolerantes (ANEXO N - Figura N46) apontaram conformidade com o padrão da classe 2 no rio Verde a montante da cidade de Itanhandu (BG025), nos rios Baependi e Palmela, no rio do Peixe a jusante da foz do ribeirão Vermelho (BG034) e no ribeirão da Espera. Já no rio Verde na cidade de Soledade de

Minas (BG028) e em trechos dos afluentes do rio Lambari (BG030) e rio do Peixe (BG033) foi observado o padrão da classe 4, ao passo que nas demais estações do rio Verde e no rio Lambari próximo de sua foz no rio Verde (BG031) houve atendimento ao padrão de qualidade da classe 3.

Dentre os metais, os teores médios de alumínio dissolvido (ANEXO N - Figura N47), estiveram em conformidade com o limite da classe 3, à exceção do trecho inferior do rio Lambari, em condição compatível com a classe 4. As concentrações de ferro dissolvido (ANEXO N - Figura N48) cumpriram o valor máximo da classe 1 na maioria das estações do rio Verde, exceto na cidade de Soledade de Minas (BG028) e a jusante da cidade de Varginha (BG037), onde foi retratado classe 3. Nos afluentes, observou-se média conforme com a classe 1 no rio Baependi e no rio do Peixe próximo à confluência do rio Verde (BG033), enquanto no rio Lambari, rio do Peixe a jusante da foz do ribeirão Vermelho (BG034), rio Palmela e ribeirão da Espera, foi detectada compatibilidade como padrão de qualidade da classe 3. Predominaram resultados médios de manganês total (ANEXO N - Figura N49) em conformidade com a classe 1, exceto no rio Verde a jusante da cidade de São Sebastião do Rio Verde (BG027), rio Lambari na cidade de Cristina (BG030), rio Palmela e ribeirão da Espera.

Quanto aos componentes tóxicos cádmio total, chumbo total, cromo total e fenóis totais, as concentrações médias atenderam plenamente à classe 1 na totalidade das estações de amostragem (ANEXO N - Figura N50 a Figura N53).

Com base nos resultados médios avaliados, pode-se inferir que o alumínio dissolvido e os coliformes termotolerantes e, em menor proporção, o ferro dissolvido, constituem os principais indicadores que inviabilizam o alcance dos objetivos de qualidade nos trechos monitorados da bacia do rio Verde. Acrescente-se a ocorrência de manganês total em afluentes, assim como as medidas de cor verdadeira, que se associam diretamente aos elevados conteúdos dos citados metais, que são constituintes essenciais do solo.

Sob o aspecto sanitário, foram registradas condições adversas generalizadas nos trechos amostrados no rio Verde e nos afluentes, rio Lambari e rio do Peixe em seu segmento inferior, sobressaindo-se o rio Lambari na cidade de Cristina, com excessiva carga de nutrientes.

As variáveis turbidez, demanda bioquímica de oxigênio e oxigênio dissolvido, além dos componentes tóxicos cádmio total, chumbo total, cromo total e fenóis totais, em termos médios, mostraram-se secundários no que se refere à contaminação sistemática das águas da bacia.

Nesse contexto, verificou-se que os fatores que mais interferiram negativamente na qualidade das águas da bacia do rio Verde foram a descarga de esgotos domésticos sem tratamento e o uso e manejo inadequados do solo, que favorece a ocorrência de fenômenos de erosão e o transporte de material sólido para os cursos de água.

**Quadro 20 - Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do alto rio Verde no período de outubro de 1997 a novembro de 2008**

<b>Efeitos na qualidade da água</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Nas duas estações monitoradas na calha do rio Verde em seu alto curso, ao longo do período histórico predominou IQA Médio, sendo que na estação localizada a montante da cidade de Itanhandu (BG025), na região próxima às nascentes, foi registrado IQA Bom (46%), não ocorreu IQA Ruim e foi determinado IQA Excelente (2%). A jusante da confluência com o rio Capivari (BG027), ocorreu IQA Ruim (13%).</li><li>• Pior condição no período de chuva, com aumento dos percentuais do IQA Ruim e redução do IQA Bom.</li><li>• Predominou CT Baixa, com percentuais superiores a 80%.</li><li>• Ocorreu piora generalizada na estação chuvosa, com aumento nos valores de CT Alta, principalmente no segmento do rio Verde a jusante da confluência com o rio Capivari (BG027).</li><li>• Condição de trofia, segundo IET anual de 2007 e 2008, mais favorável no rio Verde a montante da cidade de Itanhandu (BG025), variando entre a categoria oligotrófica a mesotrófica. Na estação BG027, esse índice caracterizou ambiente mesotrófico a eutrófico.</li><li>• Parâmetros coliformes termotolerantes, pH e alumínio dissolvido apresentaram resultados não conformes mais expressivos no rio Verde a montante da cidade de Itanhandu (BG025). A jusante da confluência com o rio Capivari (BG027) os indicadores coliformes termotolerantes, fósforo total, alumínio dissolvido, ferro dissolvido e manganês total, apresentaram resultados não conformes mais expressivos.</li><li>• Presença eventual de variáveis tóxicas em especial cromo total, chumbo total, cádmio total e fenóis totais, principalmente entre 1997 e 2005.</li><li>• Ensaios ecotoxicológicos com o organismo <i>Ceriodaphnia dubia</i> realizados na estação BG027 entre 2001 e 2003, indicaram predominância de ausência de efeito tóxico, embora com resultados isolados positivos para efeito tóxico crônico e agudo.</li><li>• Médias históricas maiores no período de chuva para sólidos em suspensão totais, turbidez, cor verdadeira, fósforo total, coliformes termotolerantes, manganês total e ferro dissolvido, na estação BG027. No rio Verde a montante da cidade de Itanhandu (BG025) o efeito sazonal em relação aos citados parâmetros foi inexpressivo, observando-se, contudo, elevada média dos teores de fenóis totais na época de chuva.</li><li>• Águas levemente ácidas, com medianas de valores de pH inferiores a 6,5.</li><li>• Baixas concentrações de sólidos dissolvidos totais refletindo em medianas de condutividade elétrica inferiores a 40 µmho/cm. Resultados de sólidos em suspensão totais e turbidez pouco expressivos.</li><li>• Teores diferenciados de demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes, principalmente, a jusante da confluência como rio Capivari.</li><li>• Pouca variabilidade dos teores dos metais tóxicos embora com máximos significativos, sobressaindo-se o teor extremo de chumbo total na estação BG027, rio Verde a jusante da confluência com o rio Capivari.</li><li>• Máximo teor histórico de fenóis totais no trecho situado a montante da cidade de Itanhandu.</li><li>• Análise temporal indicou tendência de acréscimo nas médias anuais de turbidez, cor verdadeira, fósforo total, ferro dissolvido, manganês total e alumínio dissolvido.</li></ul>
<b>Interferências / Características relevantes</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Comprometimento sanitário das águas do rio Verde no alto curso em decorrência do lançamento de esgotos domésticos brutos dos municípios de Itanhandu e São Sebastião do Rio Verde, destacando a sensibilidade do alto curso do rio Verde quanto à presença de contribuição fecal, assim como de carga orgânica a jusante da confluência com o rio Capivari.</li><li>• A avicultura e as indústrias alimentícias instaladas nas sub-bacias que drenam para o rio Verde nessa região podem estar contribuindo para o aumento da demanda bioquímica de oxigênio e conseqüente redução dos níveis de oxigenação das águas, assim como para a contaminação das águas pelo nutriente fósforo total e por coliformes termotolerantes.</li><li>• Degradação por fontes difusas no rio Verde a jusante da confluência com o rio Capivari, refletida em médias históricas maiores no período de chuva para sólidos em suspensão totais, turbidez, cor verdadeira, fósforo total, coliformes termotolerantes, manganês total e ferro dissolvido.</li></ul>

**Quadro 21 - Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do médio rio Verde no período de outubro de 1997 a novembro de 2008**

<b>Efeitos na qualidade da água</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Predominou IQA Médio nas águas do rio Verde na cidade de Soledade de Minas (BG028), sem registro de IQA Bom e com relevante ocorrência de IQA Ruim, igual a 13%. Ocorreu pior condição no período de chuva, com aumento dos percentuais do IQA Ruim e redução do IQA Bom.</li><li>• Houve distribuição equitativa das faixas de IQA Médio e Ruim no trecho monitorado no município de Conceição do rio Verde (BG026).</li><li>• Predominou CT Baixa, na estação BG028, com percentual superior a 80%, e piora no período chuvoso. Já na estação BG026 foi detectada CT baixa nas duas campanhas.</li><li>• Condição de trofia, segundo IET anual de 2007 e 2008, característica de ambiente mesotrófico a eutrófico no rio Verde na cidade de Soledade de Minas (BG028).</li><li>• Parâmetros coliformes termotolerantes, ferro dissolvido, manganês total e fósforo total apresentaram percentuais não conformes mais expressivos na estação BG028.</li><li>• Presença eventual de variáveis tóxicas em especial chumbo total e cromo total nessa estação.</li><li>• Ensaio ecotoxicológico com o organismo <i>Ceriodaphnia dubia</i> detectaram ausência de efeito tóxico em 55% dos resultados e efeito tóxico crônico nos 45% restantes (BG028).</li><li>• Médias históricas maiores no período de chuva no rio Verde na cidade de Soledade de Minas para sólidos em suspensão totais, turbidez, cor verdadeira, fósforo total, coliformes termotolerantes e manganês total e ferro dissolvido.</li><li>• Águas levemente ácidas, com mediana de valores de pH inferior a 6,5 (BG028).</li><li>• Baixas concentrações de sólidos dissolvidos totais refletindo em medianas de condutividade elétrica inferiores a 40 µmho/cm. Resultados de sólidos em suspensão totais e turbidez pouco expressivos embora com máximos relevantes (BG028).</li><li>• Teores diferenciados de demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes, indicando sobrecarga de matéria orgânica e de fecal (BG028).</li><li>• Ocorrência de teor máximo significativo do componente tóxico fenóis (BG028).</li><li>• Análise temporal no rio Verde na cidade de Soledade de Minas indicou tendência de acréscimo nas médias anuais de turbidez, cor verdadeira, fósforo total, ferro dissolvido, manganês total e alumínio dissolvido. As contagens médias anuais de coliformes termotolerantes sugeriram decréscimo até 2007, com aumento em 2008.</li></ul>
<b>Interferências / Características relevantes</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Comprometimento sanitário das águas do médio curso do rio Verde em decorrência do lançamento de esgotos domésticos brutos dos municípios de São Lourenço, Soledade de Minas e Conceição do Rio Verde, associada à presença de carga orgânica e de contribuição microbiológica.</li><li>• A avicultura e as indústrias alimentícias instaladas nas sub-bacias que drenam para o médio rio Verde, podem estar contribuindo para o aumento da demanda bioquímica de oxigênio e conseqüente redução dos níveis de oxigenação das águas do rio Verde nesse segmento, assim como para a contaminação das águas pelo nutriente fósforo total e por coliformes termotolerantes.</li><li>• Degradação por fontes difusas no rio Verde na cidade de Soledade de Minas, refletida em médias históricas maiores no período de chuva para sólidos em suspensão totais, turbidez, cor verdadeira, fósforo total, coliformes termotolerantes, manganês total e ferro dissolvido.</li></ul>

**Quadro 22 - Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio Baependi no período de outubro de 1997 a novembro de 2008**

<b>Efeitos na qualidade da água</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Predominou IQA Médio (64%), com ocorrência das faixas do IQA Bom (29%) e Ruim (7%) próximo à confluência com o rio Verde (BG029).</li><li>• Pior condição no período de chuva, com aumento do percentual do IQA Médio (87%) e redução do IQA Bom (9%).</li><li>• Predominou CT Baixa (76%), com aumento da CT Alta no período de chuva próximo à confluência com o rio Verde.</li><li>• IET, relativo a 2007 e a 2008, característico de ambiente mesotrófico (BG029).</li><li>• Parâmetros com resultados não conformes característicos da degradação das águas, próximo à confluência com o rio Verde: coliformes termotolerantes (60%); alumínio dissolvido (29%), chumbo total (15%), fósforo total (15%), manganês total (13%), ferro dissolvido (12%) e turbidez (11%).</li><li>• Ocorrências isoladas das variáveis tóxicas cromo total, zinco total, cádmio total e fenóis totais.</li><li>• Ensaios ecotoxicológicos com o organismo <i>Ceriodaphnia dubia</i> indicaram predominância de efeito tóxico crônico próximo à confluência com o rio Verde.</li><li>• Ensaios de agrotóxicos realizados no segundo semestre de 2008 na estação localizada a montante da cidade de Baependi (BG024) sem ocorrência de resultados não conformes com o padrão legal.</li><li>• Valores médios de turbidez, sólidos em suspensão totais, coliformes termotolerantes e fósforo total significativamente maiores no período de chuva, próximo à confluência com o rio Verde.</li><li>• Águas levemente ácidas com predomínio de pH na faixa de 6,2 a 6,8 (BG029).</li><li>• Baixo conteúdo de sólidos dissolvidos totais, reproduzido em medidas de condutividade elétrica predominantemente inferiores a 50 µmho/cm (BG029).</li><li>• Níveis de oxigenação satisfatórios com predomínio da faixa de 6,6 mg/l a 8,0 mg/l de oxigênio dissolvido (BG029).</li><li>• Análise temporal entre 1998 e 2007 indicou ligeiro aumento nos valores médios anuais de turbidez, cor verdadeira, coliformes termotolerantes, fósforo total, ferro dissolvido e manganês total, predominando tendência de decréscimo em 2008, próximo à confluência com o rio Verde.</li></ul>
<b>Interferências / Características relevantes</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Condições sanitárias inadequadas, retratadas na ocorrência de valores não conformes de coliformes termotolerantes e fósforo total, e no estado mesotrófico, conforme IET, sugerindo lançamento de esgoto doméstico bruto, do município de Baependi.</li><li>• Interferência de fontes difusas na degradação da qualidade das águas, que pode ser associada à atividade agropecuária e a fenômenos de erosão, refletida no aumento das médias anuais do período de chuva, principalmente para as variáveis turbidez, sólidos em suspensão totais, coliformes termotolerantes e fósforo total, assim como para ferro dissolvido e manganês total.</li><li>• Presença de chumbo e demais a variáveis tóxicas pode ser associada ao impacto do uso e manejo do solo na agropecuária e na disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos, uma vez que as atividades industriais desenvolvidas nessa bacia possuem baixo potencial de geração de contaminantes tóxicos.</li></ul>

**Quadro 23 - Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do baixo rio Verde no período de outubro de 1997 a novembro de 2008**

<b>Efeitos na qualidade da água</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Predominou IQA Médio nas três estações monitoradas baixo curso do rio Verde, ocorrendo recuperação da qualidade das águas em termos do IQA ao longo do seu curso.</li><li>• Pior condição no período de chuva, com aumento dos percentuais do IQA Ruim e redução do IQA Bom.</li><li>• Predominou CT Baixa, com ocorrências variando entre 65% e 72%, e aumento dos percentuais da categoria Alta em Três Corações (BG032) e Flora (BG035) e redução a jusante de Varginha (BG037).</li><li>• Condição de trofia, segundo IET anual de 2007 e 2008, característica de ambiente mesotrófico a eutrófico, e análise temporal mostrando melhora de trofia de 2007 para 2008.</li><li>• Parâmetros coliformes termotolerantes, fósforo total, alumínio dissolvido, ferro dissolvido e manganês total, apresentaram resultados não conformes mais expressivos em todos os trechos.</li><li>• Presença eventual de variáveis tóxicas em todos os trechos monitorados, em especial chumbo total, cromo total, cádmio total e fenóis totais.</li><li>• Ensaio ecotoxicológico com o organismo <i>Ceriodaphnia dubia</i> detectaram efeito tóxico crônico em 45% dos resultados da estação BG035 e a jusante da cidade de Varginha 37% dos resultados mostraram-se positivos para efeito tóxico crônico e agudo.</li><li>• Médias históricas maiores no período de chuva para sólidos em suspensão totais, turbidez, cor verdadeira, fósforo total, coliformes termotolerantes, manganês total e ferro dissolvido.</li><li>• Médias históricas maiores na estiagem para os componentes tóxicos chumbo total e fenóis totais no rio Verde a jusante da cidade de Varginha.</li><li>• Águas levemente ácidas, com medianas de valores de pH inferiores a 7,0.</li><li>• Baixas concentrações de sólidos dissolvidos totais refletindo em medianas de condutividade elétrica inferiores a 40 µmho/cm. Resultados de sólidos em suspensão totais e turbidez pouco expressivos.</li><li>• Distribuição das concentrações de demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes apontaram recuperação no curso inferior do rio Verde, comparativamente aos segmentos superior e médio.</li><li>• Máximo histórico da concentração do nutriente no rio Verde a jusante da cidade de Varginha (BG037).</li><li>• Aumento espacial dos teores de alumínio dissolvido, ferro dissolvido e manganês total.</li><li>• Pouca variabilidade dos resultados de metais tóxicos, embora com máximos significativos, em especial cádmio total nas estações BG032 e BG035.</li><li>• Comportamento temporal bastante diversificado nos segmentos monitorados do curso inferior.</li></ul>
<b>Interferências / Características relevantes</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Comprometimento sanitário das águas do rio Verde em decorrência do lançamento de esgotos domésticos brutos de Três Corações e de dejetos de animais, com leve sinal de recuperação ao longo do percurso do seu percurso.</li><li>• Potencial de contribuição das águas do rio Verde para o aumento da produtividade das águas no reservatório de Furnas, devido à distribuição espacial dos teores de fósforo total sugerir concentração desse nutriente a jusante da cidade de Varginha.</li><li>• O uso e manejo inadequados do solo nas atividades agropecuárias sentidas principalmente pelo aporte das águas do rio Lambari.</li><li>• Prevalência de contribuição de fontes pontuais no trecho inferior, associadas ao impacto do parque industrial dos municípios de Varginha e Três Corações, representados principalmente pelos ramos metalúrgico e químico, com aporte dos componentes tóxicos, chumbo total, cromo total e fenóis totais.</li><li>• Degradação por fontes difusas refletida em médias históricas maiores no período de chuva para sólidos em suspensão totais, turbidez, cor verdadeira, fósforo total, coliformes termotolerantes, manganês total e ferro dissolvido.</li></ul>

**Quadro 24 - Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio Lambari no período de outubro de 1997 a novembro de 2008**

<b>Efeitos na qualidade da água</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Predominou IQA Médio (76%) no rio Lambari na cidade de Cristina (BG030), com ocorrência de IQA Ruim (13%) e IQA Bom (11%). Assim como a montante da confluência com o rio Verde (BG031), com ocorrência de IQA Médio (73%), IQA Ruim (16%) e IQA Bom (13%).</li><li>• Pior condição no período de chuva, com aumento dos percentuais do IQA Ruim, devido principalmente aos resultados de coliformes termotolerantes, fósforo total e demanda bioquímica de oxigênio para o trecho superior do rio Lambari (BG030), e de coliformes termotolerantes, fósforo total, turbidez a montante do rio Verde (BG031).</li><li>• Predominou CT Baixa com ocorrência de CT Média e Alta nas estações BG030 e BG031. Para ambos os trechos, houve aumento da CT Alta no período de chuva.</li><li>• IET relativo a 2007 e 2008 característico de ambiente mesotrófico na estação BG030, e de ambiente eutrófico a montante da confluência com o rio Verde (BG031).</li><li>• Resultados não conformes mais representativos no rio Lambari na cidade de Cristina (BG030): manganês total (76%), coliformes termotolerantes (73%), ferro dissolvido (56%), alumínio dissolvido (29%), fósforo total (24%), DBO (15%) e chumbo total (12%).</li><li>• Resultados não conformes mais representativos próximo à confluência com o rio Verde (BG031): coliformes termotolerantes (53%), ferro dissolvido (54%), manganês total (37%), fósforo total (33%), alumínio dissolvido (29%), turbidez (20%), cor verdadeira (17%), sólidos em suspensão totais (15%) e chumbo total (13%).</li><li>• Ocorrências isoladas das variáveis tóxicas cromo total, níquel total e zinco total no trecho situado na cidade de Cristina (BG030) e de cobre dissolvido, cádmio total, níquel total, cromo total e mercúrio total no trecho inferior (BG031).</li><li>• Ensaio ecotoxicológico com o organismo <i>Ceriodaphnia dubia</i> na estação BG031 mostraram-se positivos para efeito tóxico agudo (5%) e efeito tóxico crônico (45%).</li><li>• Ensaio de agrotóxicos na estação localizada a montante do rio Verde (BG038) sem ocorrência de resultados não conformes com o padrão legal.</li><li>• Pior condição na estação chuvosa no segmento da cidade de Cristina (BG030), com valores médios maiores, comparativamente à estiagem, para sólidos em suspensão totais, turbidez, cor verdadeira, fósforo total, coliformes termotolerantes, manganês total e chumbo total.</li><li>• Pior condição na estação chuvosa próximo à foz no rio Verde (BG031), com médias mais expressivas para sólidos em suspensão totais, turbidez, cor verdadeira, fósforo total, coliformes termotolerantes, alumínio dissolvido, manganês total, cádmio total e chumbo total.</li><li>• Águas levemente ácidas com predomínio da faixa de pH de 6,3 a 6,9.</li><li>• Medianas de resultados de condutividade elétrica inferiores a 45 µmho/cm, apontando baixos conteúdos de sólidos dissolvidos totais, e expressivas concentrações de sólidos em suspensão totais na estação BG030, com detecção do maior valor de turbidez da série de dados (428 UNT).</li><li>• Maior dispersão de teores de demanda bioquímica de oxigênio no trecho situado na cidade de Cristina (BG030), dentre os pontos monitorados, além de condições sanitárias adversas.</li><li>• Níveis de oxigenação satisfatórios com predomínio da faixa de 6,6 mg/l a 7,8 mg/l de oxigênio dissolvido nos dois trechos monitorados.</li><li>• Teor máximo da série histórica da bacia para alumínio dissolvido (1,04 mg/l) no trecho inferior (BG031) e para manganês total (0,470 mg/l) e chumbo total (0,128 mg/l) na estação BG030.</li><li>• A análise temporal entre 2004 e 2008 na estação BG030 apontou acréscimo nas médias anuais de turbidez, cor verdadeira e coliformes termotolerantes.</li><li>• A análise temporal entre 1998 e 2007 próximo à confluência com o rio Verde, verificou elevação nas médias anuais de turbidez, cor verdadeira, alumínio dissolvido, ferro dissolvido e manganês total, predominando tendência de decréscimo em 2008.</li></ul>
<b>Interferências / Características relevantes</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Condições sanitárias inadequadas, em decorrência do lançamento de esgotos domésticos brutos, sendo que no trecho da cidade de Cristina as condições foram bastante adversas. Embora tenha ocorrido assimilação da carga orgânica ao longo do seu percurso, a condição eutrófica do trecho inferior denotou sobrecarga de nutrientes.</li><li>• Degradação das águas do rio Lambari associada ao uso e manejo inadequados do solo nas atividades agropecuárias, com piora na estação chuvosa relacionada ao aumento dos teores de sólidos, turbidez, cor verdadeira e metais, alumínio dissolvido e manganês total, principalmente, além de chumbo total, com potencial tóxico. No trecho inferior, próximo ao deságüe no rio Verde, as interferências podem ainda ser correlacionadas às atividades industriais, em especial aos ramos metalúrgico e químico, desenvolvidas no município de Lambari.</li></ul>



**Quadro 25 - Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio do Peixe no período de outubro de 1997 a novembro de 2008**

<b>Efeitos na qualidade da água</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Predominou o IQA Bom (52%) no rio do Peixe a jusante da foz do ribeirão Vermelho (BG034), com ocorrência de IQA Médio (34%) e IQA Ruim (14%). No trecho a montante da confluência com o rio Verde (BG033), predominou IQA Médio (70%), ocorrendo IQA Bom (12%) e IQA Ruim (18%).</li><li>• Pior condição no período de chuva, com redução significativa do IQA Bom, principalmente no trecho a jusante do ribeirão Vermelho (BG034), e aumento do IQA Ruim (38%) no rio do Peixe a montante do rio Verde (BG033).</li><li>• Predominou CT Baixa, com ocorrência de CT Média e Alta nas estações BG034 e BG033. Para ambos os trechos, houve aumento da CT Alta no período de chuva.</li><li>• IET indicou ambiente oligotrófico em 2007 e mesotrófico em 2008 a jusante do ribeirão Vermelho (BG034) e ambiente mesotrófico em 2007 e eutrófico em 2008 a montante da confluência com o rio Verde (BG033).</li><li>• Resultados não conformes mais representativos no rio do Peixe a jusante da foz do ribeirão Vermelho (BG034) foram: ferro dissolvido (42%), coliformes termotolerantes (37%); manganês total (33%), alumínio dissolvido (29%), cor verdadeira (28%), sólidos em suspensão totais (17%), chumbo total (14%), turbidez (14%) e fósforo total (11%).</li><li>• Resultados não conformes mais representativos no rio do Peixe a montante da confluência com o rio Verde (BG033) foram: coliformes termotolerantes (56%), cor verdadeira (18%), sólidos em suspensão totais (14%) e turbidez (14%).</li><li>• Ocorrências isoladas de variáveis tóxicas, zinco total a jusante do ribeirão Vermelho (BG034), e cromo, chumbo e níquel, na forma total, a montante da confluência com o rio Verde (BG033).</li><li>• Ensaios de agrotóxicos realizados no segundo semestre de 2008, na estação localizada a jusante da cidade de São Thomé das Letras (BG040) sem ocorrência de resultados não conformes com o padrão legal.</li><li>• Pior condição no período chuvoso nas duas estações com médias maiores, em comparação à estiagem, para os indicadores sólidos em suspensão totais, turbidez, cor verdadeira, fósforo total e manganês total, além dos tóxicos chumbo total e cromo total.</li><li>• No trecho inferior do rio do Peixe (BG033) a média histórica dos teores de DBO e nitrogênio amoniacal total foram maiores na estiagem.</li><li>• Prevaleram valores de pH na faixa de 6,0 a 7,0 nas duas estações de amostragem.</li><li>• Medianas de resultados de condutividade elétrica inferiores a 50 µmho/cm para as duas estações de amostragem, apontando baixos conteúdos de sólidos dissolvidos totais.</li><li>• Resultados de sólidos em suspensão totais e turbidez apontaram variabilidade expressiva, embora as medianas sejam menores do que 50 mg/l e 50 UNT, respectivamente.</li><li>• Resultados máximos de cor verdadeira na estação BG034 (404 mg Pt/l) e estação BG033 (306 mg Pt/l), correlacionando-se às concentrações de alumínio dissolvido e manganês total que apontou grande variabilidade nessas estações.</li><li>• Elevadas contagens de coliformes termotolerantes no rio do Peixe e, próximo ao deságüe no rio Verde, grande variabilidade de teores de nitrogênio amoniacal total.</li><li>• Níveis de oxigenação satisfatórios nos trechos monitorados.</li><li>• Teores máximos destacáveis para as variáveis tóxicas, chumbo total e cromo total, nas duas estações, e dispersão dos dados de fenóis totais no ponto BG033.</li><li>• A análise temporal indicou nas estações BG034 e BG033 acréscimo nas médias anuais entre 1998 e 2005 para turbidez, fósforo total, coliformes termotolerantes e manganês total, seguida de redução em 2006 e 2007 e novamente aumento em 2008.</li></ul>
<b>Interferências / Características relevantes</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Interferência nas águas do rio do Peixe pelos lançamentos de esgotos sanitários brutos das cidades de Cruzília e São Thomé das Letras, com condições microbiológicas adversas, sendo que no trecho inferior foi caracterizado ambiente eutrófico em 2008 além de apresentar teores destacáveis de nitrogênio amoniacal total.</li><li>• Impacto das atividades minerárias desenvolvidas na região de São Thomé das Letras, relacionado com os resultados diferenciados de turbidez, sólidos em suspensão totais e cor verdadeira, sobretudo na estação BG034.</li><li>• Interferência do uso e manejo inadequados do solo na atividade agropecuária e à erosão devido ao desmatamento, associada aos teores não conformes de ferro e alumínio, na forma dissolvida, e de manganês total.</li><li>• Degradação das águas do rio do Peixe por lançamento de efluentes industriais, principalmente no seu trecho inferior, em vista do expressivo parque industrial de Três Corações, em especial dos ramos metalúrgico e químico, associada à ocorrência de variáveis tóxicas, com destaque para chumbo total, cromo total e fenóis totais.</li></ul>

**Quadro 26 - Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio Palmela no período de outubro de 1997 a novembro de 2008**

<b>Efeitos na qualidade da água</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Predominou IQA Bom (47%), com ocorrência de IQA Médio (44%) e IQA Ruim (9%).</li><li>• Pior condição no período de chuva, com redução significativa do IQA Bom (22%) e aumento do IQA Ruim (17%).</li><li>• Predominou CT Baixa (61%), com discreta piora no período de chuva.</li><li>• IET indicou ambiente oligotrófico em 2007 e mesotrófico em 2008.</li><li>• Resultados não conformes mais representativos: manganês total (51%); coliformes termotolerantes (39%), ferro dissolvido (27%), cor verdadeira (26%), chumbo total (17%), alumínio dissolvido (14%), cromo total (11%), fósforo total (11%) e turbidez (11%).</li><li>• Ocorrências isoladas das variáveis tóxicas cádmio total, mercúrio total e fenóis totais.</li><li>• Ensaio ecotoxicológico com o organismo <i>Ceriodaphnia dubia</i> indicaram predominância de efeito tóxico crônico (55%), sendo também detectado um resultado com efeito tóxico agudo.</li><li>• Médias históricas maiores no período de chuva em relação a sólidos em suspensão totais, turbidez, cor verdadeira, coliformes termotolerantes, fósforo total, ferro dissolvido e manganês total.</li><li>• Águas levemente ácidas com predomínio de pH na faixa 6,3 a 6,8.</li><li>• Baixo conteúdo de sólidos dissolvidos, reproduzido em medidas condutividade elétrica predominantemente inferiores a 60 µmho/cm.</li><li>• Níveis de oxigenação satisfatórios com predomínio da faixa de 6,4 mg/l a 7,6 mg/l de oxigênio dissolvido.</li><li>• Ocorrência de máximos históricos da bacia relativos aos teores dos metais ferro dissolvido e cádmio total, tóxico.</li><li>• Análise temporal indicou discreta variação entre os valores médios anuais de coliformes termotolerantes, fósforo total e alumínio dissolvido, enquanto os parâmetros turbidez, cor verdadeira, ferro dissolvido e manganês total tiveram maiores alterações, com ligeira tendência de acréscimos em 2005 e 2007, principalmente.</li></ul>
<b>Interferências / Características relevantes</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Influência negativa do lançamento de esgotos sanitários brutos da sede de Campanha e do distrito de Ferreiras, município de São Gonçalo do Sapucaí, nas águas do rio Palmela, refletida na presença de contaminação bacteriológica e ambiente mesotrófico.</li><li>• Interferência de fontes difusas decorrente do uso e manejo inadequados dos solos na agropecuária, potencializado pelo desmatamento, associada ao aumento das médias anuais no período de chuva, principalmente para as variáveis sólidos em suspensão totais, turbidez, cor verdadeira, coliformes termotolerantes, ferro dissolvido, manganês total e fósforo total.</li><li>• Degradação das águas devido ao lançamento de efluentes líquidos industriais do setor metalúrgico, instalado em Campanha, e ao uso de agrotóxicos na agricultura desenvolvida na sub-bacia do rio Palmela, retratada nos resultados não conformes de variáveis tóxicas e na predominância de efeito tóxico crônico.</li></ul>

**Quadro 27 - Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do ribeirão da Espera no período de novembro de 2007 a novembro de 2008**

<b>Efeitos na qualidade da águas</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Predominou IQA Médio, ocorrendo também IQA Bom.</li><li>• Pior condição no período de chuva, com a totalidade dos valores de IQA no nível Médio.</li><li>• Predominou CT Baixa, com piora no período de chuva.</li><li>• IET indicou ambiente oligotrófico em 2007 e mesotrófico em 2008.</li><li>• Ensaio ecotoxicológico com o organismo <i>Ceriodaphnia dubia</i> mostraram ausência de efeito tóxico.</li><li>• Resultados não conformes foram observados para turbidez, cor verdadeira, alumínio dissolvido, ferro dissolvido, manganês total, fósforo total, coliformes termotolerantes, chumbo total e mercúrio total.</li><li>• Valores de turbidez, cor verdadeira, manganês total, coliformes termotolerantes, fósforo total, chumbo total e mercúrio total mostraram-se maiores no período de chuva. Condição oposta foi verificada para ferro dissolvido e alumínio dissolvido, detectados em teores elevados no período de estiagem.</li><li>• Medidas de pH variaram entre de 6,2 a 6,9, apontando águas ligeiramente ácidas.</li><li>• Baixas concentrações de sólido dissolvidos totais, medidas de condutividade elétrica inferiores a 50 µmho/cm e bons níveis de oxigenação, na faixa de 7,1 mg/l a 8,6 mg/l de oxigênio dissolvido.</li></ul>
<b>Interferências / Características relevantes</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Alterações na qualidade das águas por carga difusa, evidenciada principalmente pela detecção de teores não conformes de chumbo total e mercúrio total, metais tóxicos, que podem estar correlacionadas à disposição dos resíduos sólidos urbanos de Varginha em lixão localizado na área de drenagem do ribeirão da Espera.</li></ul>

## 5.2.2. FONTES DE POLUIÇÃO MINERÁRIA E INDUSTRIAL

### 5.2.2.1. METODOLOGIA

Com o objetivo de traçar o perfil das tipologias minerárias e industriais desenvolvidas nos municípios inseridos na bacia do rio Verde foi utilizado o banco de dados eletrônico do Sistema Estadual do Meio Ambiente – SISEMA. Para tanto foi consultado o Sistema Integrado de Informação Ambiental – SIAM ([www.siam.mg.gov.br](http://www.siam.mg.gov.br)), onde estão registradas informações administrativas de acompanhamento de processos de regularização ambiental e autuação de empreendimentos; a relação de outorgas concedidas pelo IGAM ([www.igam.mg.gov.br](http://www.igam.mg.gov.br)) com finalidade para extração mineral ou uso industrial; e a planilha de acompanhamento de automonitoramento de empresas desenvolvida pela Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM. Adicionalmente foram avaliados os perfis municipais disponibilizados pelo Instituto de Desenvolvimento Integrado de Minas Gerais – INDI ([www.indi.mg.gov.br](http://www.indi.mg.gov.br)), que apresenta o nome e ramo industrial de empresas. Salienta-se que o levantamento englobou os 31 municípios com área na bacia. Contudo, como as indústrias localizam-se geralmente em perímetros urbanos, os dados apresentados para os 8 municípios cujo distrito sede está fora dos limites da bacia devem ser avaliados considerando-se essa restrição.

O conjunto de informações obtido foi analisado qualitativamente, sendo consistido por grupo de atividade baseado na listagem da Deliberação Normativa COPAM nº 74, de 9 de setembro de 2004, “*que estabelece critérios de classificação para empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de regularização ambiental, e dá outras providências*”. Foram contemplados quatro grupos, quais sejam, extração de minerais, indústria metalúrgica e outras, indústria química e indústria alimentícia, que foram divididos em sub-atividades ou tipologias, conforme indicado no Quadro 28.

A partir da consolidação dessas informações foram identificadas as tipologias desenvolvidas na região, sendo que aquelas mais freqüentes e típicas foram detalhadas quanto aos seus aspectos e impactos ambientais. Concluindo a abordagem, foi delineado o panorama do controle ambiental a partir das informações contidas no SIAM e obtidas de projetos com participação da FEAM.

### 5.2.2.2. PERFIL INDUSTRIAL E MINERÁRIO

A distribuição qualitativa de tipologias minerárias e industriais por município na bacia do rio Verde é mostrada na Tabela 126. Nas bases de dados utilizadas não constam empreendimentos em Alagoa, Dom Viçoso, Jesuânia, São Sebastião do Rio Verde e Virgínia. Nos municípios de Varginha e Três Corações computou-se a maior diversidade de tipologias, merecendo destacar também os municípios de Passa Quatro, Itamonte e Conceição do Rio Verde, além de São Gonçalo do Sapucaí, cuja sede municipal está fora dos limites da bacia.

As indústrias de produtos alimentares (D-1), representadas em especial pela preparação de leite e fabricação de produtos de laticínio, seguida pelo abate, industrialização da carne e processamento de subprodutos animais, estão difundidas na grande maioria dos municípios.

**Quadro 28 – Atividades e sub-atividades minerárias e industriais identificadas na bacia do rio Verde**

Atividade	Sub-atividade ou Tipologia	Código
Extração de Minerais (A)	Extração de Rochas Ornamentais e de Revestimento (Granito, Mármore, Ardósias, Quartzito e outras)	A-1
	Extração de Minerais Metálicos	A-2
	Extração de Minerais não Metálicos	A-3
	Extração de Areia, Cascalho e Argila	A-4
	Extração de Água Mineral ou Potável de Mesa	A-5
	Pesquisa Mineral	A-6
Indústria Metalúrgica e Outras (B)	Indústria de Produtos Minerais Não Metálicos	B-1
	Indústria Metalúrgica	B-2
	Indústria Mecânica	B-3
	Indústria de Material Eletro-eletrônico	B-4
	Indústria da Madeira	B-5
Indústria Química (C)	Indústria de Papel e Papelão	C-1
	Indústria da Borracha	C-2
	Indústria de Couros e Peles e Produtos Similares	C-3
	Indústria de Produtos Químicos	C-4
	Indústria de Produtos Farmacêuticos e Veterinários	C-5
	Indústria de Perfumaria e Velas	C-6
	Indústria de Produtos de Matérias Plásticas	C-7
	Indústria Têxtil, Vestuários, Calçados e Artefato de Tecidos e Couros	C-8
	Indústrias Diversas	C-9
Indústria Alimentícia (D)	Indústria de Produtos Alimentares	D-1
	Indústria de Bebidas e Alcool	D-2
	Indústria de Fumo	D-3

Foi também expressiva a ocorrência do ramo metalúrgico e outras, quanto às indústrias de produtos minerais não metálicos (B-1) e metalúrgica (B-2). Na mineração, sobressaiu-se a extração de minerais não metálicos (A-3), de areia, cascalho e argila (A-4) e de água mineral ou potável de mesa (A-5). No setor químico realçaram as indústrias de produtos de matéria plástica (C-7) e têxtil, vestuários, calçados e artefatos de tecidos e couros (C-8).

Essa mesma avaliação por sub-bacia do rio Verde é apresentada na Tabela 127. Foi detectada expressiva variedade de tipologias minerárias e industriais nas seguintes sub-bacias: Baixo Rio Verde, Rio do Peixe, Rio Palmela, Rio Capivari, Médio Rio Verde, Rio Passa Quatro, Rio Baependi e Rio Lambari.

Em relação à extração de minerais, destaca-se no cenário nacional a exploração de quartzito plaqueados e folheados na região de São Thomé das Letras, utilizados como material de ornamentação e revestimento. A mineração constitui a principal atividade econômica regional, concentrando um grande número de extratores em área relativamente pequena, que emprega a maior parte da população local além de centenas de moradores de cidades vizinhas.

**Tabela 126 – Distribuição qualitativa da ocorrência de tipologias minerárias e industriais por município na bacia do rio Verde**

Município	Código das tipologias minerárias e industriais																							
	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9	D-1	D-2	D-3	
Aiuruoca*																						X		
Baependi	X			X		X	X	X			X											X		
Cambuquira	X			X	X			X											X		X	X		
Campanha								X	X	X	X								X	X	X	X		
Carmo da Cachoeira*							X													X		X		
Carmo de Minas							X		X				X									X		
Caxambu				X	X		X	X							X					X	X			
Conceição do Rio Verde	X		X	X	X	X	X		X		X				X					X		X		
Cristina			X												X							X		
Cruzília							X	X			X											X		
Elói Mendes*				X			X		X		X	X				X				X	X			
Itamonte			X		X		X	X			X				X	X	X		X	X	X	X	X	X
Itanhandu								X	X								X			X	X	X		
Lambari					X			X								X	X			X		X		
Monsenhor Paulo*									X											X				
Olimpio Noronha				X			X															X		
Passa Quatro		X	X		X			X	X	X		X								X	X		X	X
Pedralva*			X																			X		X
Pouso Alto				X	X															X		X		
São Gonçalo do Sapucaí*		X	X	X			X	X	X			X	X		X					X	X		X	
São Lourenço				X	X		X		X								X					X		
São Thomé das Letras	X		X			X	X	X														X		
Soledade de Minas			X	X																				
Três Corações			X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Três Pontas*							X	X		X					X				X	X		X		
Varginha			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

(\*) municípios cuja sede municipal encontra-se fora dos limites da bacia do rio Verde

Fonte: SIAM, 2009; IGAM, 2009 e INDI, 2009

**Tabela 127 – Distribuição qualitativa da ocorrência de tipologias minerárias e industriais por sub-bacia do rio Verde**

Sub-bacia	Código das tipologias minerárias e industriais																						
	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9	D-1	D-2	D-3
Alto Rio Verde								X	X							X			X	X	X		
Rio Passa Quatro		X	X		X			X	X	X		X							X	X		X	X
Rio Capivari			X		X		X	X			X			X	X	X		X	X	X	X	X	X
Ribeirão Pouso Alto				X	X														X			X	
Ribeirão Caeté																							
Ribeirão do Aterrado																							
Médio Rio Verde	X		X	X	X	X	X		X		X		X		X		X		X		X		
Ribeirão do Carmo							X		X				X								X		
Rio Baependi	X			X	X	X	X	X			X				X				X	X	X		
Baixo Rio Verde			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Rio Lambari			X	X	X		X	X						X	X				X		X	X	X
Rio São Bento	X			X	X			X											X		X	X	
Rio do Peixe	X		X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Rio Palmela		X	X	X			X	X	X	X	X	X	X		X				X	X	X	X	
Ribeirão da Espera							X	X		X					X				X	X		X	

Fonte: SIAM, 2009; IGAM, 2009 e INDI, 2009

A lavra de quartzito da região, desenvolvida há várias décadas, traz visíveis danos ambientais, com grande geração de resíduos dispostos de forma desordenada, ação que favoreceu o transporte dos sólidos para os cursos de água e baixadas a jusante dos empreendimentos, causando assoreamento das drenagens ou até mesmo a sua obstrução, além de suprimir a vegetação (Figura 193 e Figura 194). A posição geográfica das jazidas, na encosta superior da serra de São Thomé, com fortes gradientes na topografia, o que contribui para o transporte de material por água pluvial. As várias frentes de trabalho minerário estão inseridas na sub-bacia do rio do Peixe, especialmente nos seus tributários da margem direita, ribeirões Passa Quatro, Vermelho, Goiabeira ou Engenho e do Prata ou Cervo.



**Figura 193 - Assoreamento da calha do ribeirão Passa Quatro por resíduos sólidos da extração de quartzito.**



**Figura 194 - Deposição de material sólido fino na calha do ribeirão Passa Quatro proveniente da extração de quartzito.**



### 5.2.2.3. ASPECTOS E DANOS AMBIENTAIS DAS PRINCIPAIS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NA BACIA

A seguir estão apontados os aspectos e danos ambientais derivados das principais atividades minerárias e industriais desenvolvidas na bacia, com ênfase na geração de efluentes líquidos e resíduos sólidos.

#### 5.2.2.3.1. EXTRAÇÃO DE MINERAIS

Os depósitos de areia, cascalho e argila são formados no leito dos cursos de água ou nas áreas onde houve grande deposição e sedimentação dos materiais transportados pela calha fluvial. Esses minerais são a base da edificação de obras civis de qualquer natureza, de forma que o progresso está diretamente associado a sua utilização. Em geral, as áreas de extração localizam-se nas proximidades dos perímetros urbanos e, em vista da peculiaridade da localização dos jazimentos, ocasionam danos ao meio ambiente, sendo os principais relacionados a seguir:

- Intervenção em áreas de preservação permanente, com supressão da vegetação e degradação dos ecossistemas e do solo;
- Alteração do relevo e da paisagem, incluindo desbarrancamento das margens, alteração na calha e assoreamento dos cursos de água;
- Degradação da qualidade das águas superficiais por material sólido, óleos e graxas, e alteração do nível do lençol freático e da qualidade das águas subterrâneas, principalmente por esgotos sanitários e óleos e graxas;
- Aumento do índice de risco à estabilidade das estruturas de pontes e residências;
- Geração de ruídos, poeira e poluição visual, além de problemas de segurança de trânsito; e
- Geração de conflitos de uso de solo e da água.

Independente do método extrativo utilizado, existem diversas medidas para minimização dos danos causados pela atividade, destacando-se as seguintes: proteção das áreas de preservação permanente; manejo da fauna; preparação de viveiro de mudas, estocagem do solo e revegetação da área lavrada; minimização de solos desnudos; acondicionamento e manuseio adequado de óleos e graxas; manutenção periódica dos motores dos equipamentos; implantação de sistemas de drenagem; tratamento de efluentes; disposição adequada de resíduos sólidos; e determinação de rotas de tráfego de veículos.

As jazidas de rocha quartzítica são lavradas a céu aberto com uso de explosivo, basicamente em três fases: no decapeamento do manto de alteração; na remoção do quartzito alterado; e no desmonte da rocha e recuperação final das placas.

A lavra de quartzito gera grande quantidade de estéril, com aproveitamento quase sempre abaixo de 20% do minério, de maneira que a disposição desses materiais representa um dos pontos mais impactantes, potencializando o carreamento de sólidos

para as drenagens naturais, além de produzir grande efeito visual de degradação ambiental. Tal quadro relaciona-se principalmente ao fato das técnicas de lavra e transformação, atualmente empregadas, necessitarem de significativos avanços visando à otimização do processo produtivo e do controle de qualidade do produto final.

Cabe mencionar a peculiaridade dessa atividade em que é comum os titulares dos direitos minerários operarem as minas sob forma de arrendamento, ou seja, cada frente de lavra é repassada a terceiros. Esse procedimento dificulta um planejamento geral da extração, gerando danos em grande parte da área da poligonal de extração, e sem controle, na maioria das vezes, no que se refere à disposição do estéril.

Nesse sentido, as medidas de controle ambiental da atividade vinculam-se ao aprimoramento do planejamento de lavra, de modo a propiciar uma extração mais racional do bem mineral, assim como a adequação das operações de produção de maneira a aumentar a recuperação na lavra e, por conseqüência, reduzir a geração de resíduos. Ademais, devem ser buscadas alternativas de uso para os materiais das pilhas de estéril.

#### 5.2.2.3.2. INDÚSTRIAS METALÚRGICAS E OUTRAS

No Estado de Minas Gerais, a metalurgia ocupa lugar de destaque e possui um parque industrial consolidado no processamento de uma grande variedade de minerais e metais. Os processos produtivos abrangem um conjunto de procedimentos e técnicas que incluem fundição e tratamento de metais e de suas ligas. As emissões e contaminantes típicos incluem efluentes atmosféricos, com presença de material particulado, gases e névoas; efluentes líquidos contendo metais, óleos, graxas e detergentes, e resíduos sólidos perigosos e não perigosos.

Há que se ressaltar no ramo metalúrgico, a atividade de tratamento superficial, predominante em indústrias do setor metal-mecânico, principalmente na fabricação de peças automotivas, maquinários, equipamentos agrícolas e motores em geral. Os danos ambientais dessa atividade são significativos, gerando efluentes líquidos constituídos de soluções ácidas com diferentes metais, vários tóxicos tais como zinco, cromo e níquel, conforme o tipo de material processado. Adicionalmente são originadas emissões atmosféricas e resíduos perigosos. As empresas com plantas modernas para tratamento de superfície adotam tecnologias que minimizam a geração de resíduos na fonte, especialmente o reaproveitamento de banhos, de forma a maximizar as unidades de tratamento.

As indústrias de produtos de minerais não metálicos possuem um leque variado de setores, sendo que na bacia do rio Verde há predominância da tipologia de aparelhamento, beneficiamento, preparação e transformação de minerais não metálicos, não associados à extração. Nessa tipologia predominam operações associadas à corte, desbaste, aplainamento e polimento, dentre outras. A principal característica dos efluentes líquidos industriais é a elevada concentração de sólidos em suspensão, que devem ser removidos por decantação antes de seu lançamento no ambiente. O material oriundo do polimento e as aparas de cortes de peças são exemplos dos resíduos sólidos gerados, com potencial de carreamento da parcela de menor granulometria pelas águas pluviais para os cursos de água e redes coletoras. A geração de ruído por máquinas e equipamentos de transporte é característica da atividade.

#### 5.2.2.3.3. INDÚSTRIAS QUÍMICAS

A indústria de produtos de matérias plásticas é bastante diversificada. A mistura composta por resina polimérica e diferentes aditivos é trabalhada para adquirir a forma do objeto desejado, adotando-se os seguintes processos de moldagem: vazamento, fiação por fusão, compressão, calandragem, injeção, extrusão, sopro, dentre outros. Na grande maioria dos casos, a mistura passa por um estado fluido pela ação do calor, com ou sem pressão, ou pela adição de um veículo líquido. Cabe acrescentar o ramo de reciclagem de plásticos pós-consumo, que se mantém em franca expansão há anos, adotando-se principalmente os processos mecânicos que consistem na conversão de plásticos descartados em grânulos destinados à produção de artigos diversos.

Quanto à geração de efluentes líquidos industriais, tem sido amplamente aplicada a reutilização de águas e dos efluentes tratados, minimizando os descartes para o ambiente. No caso da reciclagem, como há lavagem do material antes do processamento, os efluentes brutos podem apresentar características diversas, inclusive tóxicas, e dessa forma devem ser tratados adequadamente antes do reuso ou lançamento nos corpos receptores.

A cadeia produtiva têxtil pode ser dividida nas seguintes etapas: fiação, beneficiamento, tecelagem e malharia, enobrecimento, que inclui alvejamento, tingimento e estamparia, e confecção. Não se pode deixar de mencionar os diversos tipos de corantes contendo metais, além de auxiliares químicos utilizados nessa tipologia, bem como as lavanderias acopladas às atividades produtivas.

Deste modo, os efluentes líquidos gerados possuem elevadas concentrações de matéria orgânica e inorgânica, incluindo metais tóxicos tais como cromo e cobre, com características específicas de acordo com os processos produtivos e corantes empregados, necessitando tratamento específico para atender à legislação ambiental. Grande percentual das indústrias têxteis não implanta o ciclo completo das etapas de produção. As confecções se enquadram nesse perfil, e em geral acoplam as lavanderias ao fluxo produtivo, de forma que embora gerem danos ambientais esses são de menor intensidade.

Merecem destaque os resíduos perigosos oriundos das embalagens e da perda de produtos químicos no processo e a geração de lodos biológicos de tratamento em geral enquadrados como resíduos perigosos.

#### 5.2.2.3.4. INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

A atividade de preparação de leite e fabricação de produtos de laticínios é amplamente desenvolvida em todas as regiões do Estado de Minas Gerais, constituindo-se em uma parcela importante da indústria alimentícia. As indústrias produzem uma gama variada de itens, a partir das mais diversas formas de processamento, abrangendo desde o leite pasteurizado e a manteiga, até uma complexa industrialização, que resulta em creme, queijo, ricota, requeijão, iogurte, leite condensado, leite em pó, etc.

A atividade gera uma considerável quantidade de efluentes líquidos industriais, assim como emissões atmosféricas e resíduos sólidos. Os efluentes líquidos possuem elevada carga poluidora em termos de matéria orgânica, gorduras e sólidos suspensos, de forma que necessitam de tratamento e disposição adequados antes de seu lançamento nos

corpos receptores. Os sistemas de tratamento empregados para a remoção da carga orgânica são constituídos geralmente de processos físico-químicos e biológicos, selecionados em função de diversos fatores, tais como: volume e carga do despejo, tamanho da unidade industrial, localização e tipo de produtos elaborados. Convém ressaltar que, qualquer que seja o tipo de tratamento implantado, é sempre importante cuidar para que o soro da fabricação de queijos tenha destinação a parte, devido ao alto teor de proteínas solúveis, lactose, vitaminas e minerais.

As emissões atmosféricas são oriundas principalmente da queima de combustíveis em caldeiras para produção de vapor, e contêm material particulado, gases e odores característicos. Já os resíduos sólidos são constituídos pelo lodo produzido nos sistemas de tratamento de efluentes líquidos, por restos de embalagem do envase de produtos e cinzas de caldeira.

O abate de bovinos e suínos, assim como de outras espécies animais, é realizado para obtenção de carne e de seus derivados, destinados ao consumo humano. Como conseqüências das operações de abate para obtenção de carne e derivados originam-se vários subprodutos e resíduos que devem sofrer processamentos específicos, quais sejam: couros, sangue, ossos, gorduras, aparas de carne, tripas, animais ou suas partes condenadas pela inspeção sanitária, etc. Essas operações são desenvolvidas em abatedouros ou matadouros, frigoríficos e graxarias.

Assim como em várias indústrias do setor alimentício, os principais aspectos e danos ambientais da indústria de carne e derivados estão ligados ao grande consumo de água; à geração de efluentes líquidos com alta carga poluidora; e ao expressivo consumo de energia. Odor, resíduos sólidos e ruído são significativos em algumas empresas do setor. Muitos resíduos podem causar problemas ambientais graves se não forem gerenciados adequadamente. A maioria é altamente putrescível e pode causar odores se não for processada rapidamente.

Os despejos líquidos possuem altos valores de DBO e DQO, sólidos em suspensão, graxas e material flotável. Juntamente com sangue, há material altamente putrescível nestes efluentes, que entram em decomposição poucas horas depois de sua geração. Dessa forma, tecnologias de controle interno são de importância fundamental para a redução da carga poluidora a ser enviada aos sistemas de tratamento, destacando-se a redução do consumo de água e reuso, e a segregação a seco dos conteúdos ruminais antes da lavagem e do sangue.

#### 5.2.2.4. PANORAMA DO CONTROLE AMBIENTAL

Do ponto de vista do histórico da evolução da gestão ambiental em Minas Gerais, cabe registrar que desde 2003 a regularização ambiental é feita de forma descentralizada buscando respeitar as particularidades regionais. Nesse sentido, foram criadas Unidades Regionais Colegiadas – URCs, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM, e Superintendências Regionais de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SUPRAMs, braços executivos e técnicos do COPAM, localizadas em cidades-pólo de diversas regiões do Estado.

Em seqüência, a publicação da Deliberação Normativa COPAM nº 74, em 9 de setembro de 2004, criou a Autorização Ambiental de Funcionamento - AAF, mecanismo que isenta o pequeno empreendedor do processo de licenciamento pleno

para atividades enquadradas nas classes 1e 2, consideradas de pequeno/médio porte e pequeno potencial poluidor. Essas alterações promoveram expressiva ampliação na regularização ambiental de empreendimentos instalados em Minas Gerais.

Na cidade de Varginha localiza-se a SUPRAM Sul de Minas, que presta apoio técnico e executivo à URC Sul de Minas, entidades responsáveis pela regularização ambiental no âmbito estadual na área da bacia do rio Verde.

A avaliação das informações contidas no SIAM ,em abril de 2009, mostrou que, seguindo o comportamento do Estado, as Autorizações Ambientais de Funcionamento quase se equivalem aos quantitativos de Licenças de Operação (LOs) concedidas na bacia do rio Verde, ressaltando que seus primeiros processos de licenciamento dataram do final da década de 80. Dentre as AAFs predominou o segmento metalúrgico, seguido do químico, extração de minerais e alimentício. Quanto às LOs, o setor de extração de minerais mostrou o menor percentual de ocorrência, enquanto as demais tipologias tiveram distribuição equitativa.

Os processos de revalidação de LO, observados para todos os 4 grupos de atividades, referem-se a empreendimentos localizados principalmente em Varginha, Três Corações e São Thomé da Letras, mostrando que nesses municípios o parque industrial e minerário é mais sólido. Foram também identificados processos dessa natureza em Baependi, Cambuquira, Itamonte, Itanhandu, Passa Quatro, Pouso Alto, São Gonçalo do Sapucaí e São Lourenço.

Adicionalmente, cabe registrar que, com base em informações obtidas junto a FEAM, foi identificado um conjunto significativo de empreendimentos que realizam automonitoramento de seus efluentes e eventualmente do corpo receptor. A maior parte refere-se ao setor químico, sucedido pelo alimentício, metalúrgico e de extração de minerais. Esses empreendimentos localizam-se nos seguintes municípios: Aiuruoca, Cambuquira, Campanha, Conceição do Rio Verde, Cristina, Cruzília, Elói Mendes, Itamonte, Itanhandu, Passa Quatro, Pouso Alto, São Gonçalo do Sapucaí, São Lourenço, São Thomé da Letras, Três Corações, Três Pontas e Varginha.

Com base no exposto, não há como desconsiderar a difusão da regularização ambiental na bacia, relacionada à regionalização do sistema de meio ambiente estadual e, especialmente, à concessão de AAF. No entanto, deveriam ser mantidas regularmente vistorias com o objetivo de confirmar a implantação e eficiência dos sistemas de controle, procedimento que não vem ocorrendo sistematicamente na bacia.

Apenas para o setor de extração de quartzito foram identificadas algumas operações de fiscalização ambiental integrada, sendo a última realizada em novembro de 2008, coordenada pelo Comitê Gestor de Fiscalização Ambiental Integrada - CGFAI, com participação da FEAM, IGAM, IEF, Polícia Militar de Meio Ambiente, IBAMA e Polícia Federal. Essa operação visou, sobretudo, identificar pendências nos processos de licenciamento, e estabelecer prazos para a sua solução, tanto no âmbito dos empreendedores quanto dos órgãos ambientais.

Embora o processo de regularização ambiental desse setor tenha iniciado a partir de 1992, um número significativo de empreendimentos ainda opera de forma irregular perante a legislação ambiental e minerária. Na busca de soluções para ampliar o

atendimento à legislação, desde o final da década de 90, várias ações foram conduzidas na região de São Thomé das Letras. Dentre essas, cita-se a cooperação técnica entre Brasil e Alemanha, por meio do Projeto Minas Ambiente Mineração de Quartzito São Thomé no município de São Thomé das Letras, que objetivou identificar e propor alternativas que conduzissem não só à melhoria do processo de extração de quartzitos, mas em especial à melhoria da qualidade ambiental.

Outra iniciativa foi o projeto de pesquisa apoiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG, coordenado pelo Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais em 2006, visando criar condições para o aproveitamento racional dos recursos naturais de São Thomé das Letras, assim como a implementação do arranjo produtivo local de base mineral. Essas ações produziram resultados positivos que em alguns casos se perderam ao longo do tempo, de forma que ainda ocorre na região uma inadimplência significativa quanto às questões ambientais.

Em continuidade, a FEAM iniciou em 2008 o projeto Gestão de Passivos Ambientais na Mineração, com participação da Prefeitura Municipal, do Conselho de Desenvolvimento do Meio Ambiente – CODEMA de São Thomé das Letras e da Associação Mineira dos Mineradores e Beneficiadores de Quartzito em São Thomé das Letras - AMIST. Seu objetivo principal é a proposição de medidas de controle ambiental que assegurem o desenvolvimento sustentável da atividade mineradora de quartzito, de forma a promover a melhoria da qualidade de vida na cidade de São Thomé das Letras.

As etapas desenvolvidas pela FEAM, até junho de 2009, incluíram reunião com a AMIST e representantes dos empreendedores; seminário na região para promover o diálogo entre o poder público, mineradores e sociedade visando divulgar e discutir o projeto; e quatro conjuntos de reuniões agendadas com grupo de mineradores, CODEMA e Prefeitura para avaliar as pendências específicas de cada processo de regularização ambiental e fornecer esclarecimentos pertinentes.

Conforme dados parciais do projeto são 14 AAFs, 16 LOs e 10 revalidações de LOs concedidas, totalizando 40 áreas habilitadas a lavar quartzito, que englobam 28 empreendimentos, uma vez que alguns desses possuem mais de uma poligonal licenciada. A área degradada é cerca de 2% do total do município, e aproximadamente 1400 pessoas trabalham na atividade, números que não inclui arrendatários e clandestinos.

Quanto à regularidade minerária, constatou-se que 95 poligonais foram requeridas, licenciadas ou concedidas para rocha quartzítica no âmbito do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, das quais perto de 90% estão na posse dos empreendedores que já possuem áreas licenciadas. Portanto, há grande potencial de ampliação das áreas de mineração de quartzito no município de São Thomé das Letras.

### 5.3. DEMANDAS ATUAIS;

#### 5.3.1. USO DOS RECURSOS HÍDRICOS E DEMANDA DE ÁGUA

##### 5.3.1.1. USO ATUAL DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

A determinação das demandas atuais na bacia do rio Verde baseia-se na existência de duas grandes classes de usos da água: os usos consultivos e os usos não-consultivos, sendo que as estimativas das demandas hídricas foram baseadas nos diferentes usos consultivos identificados na bacia, a saber: abastecimento humano, dessedentação animal, irrigação e consumo industrial.

Neste contexto, é importante ressaltar a distinção entre demanda hídrica e consumo hídrico. Entende-se por demanda hídrica a quantidade de água necessária ou que é solicitada para a execução de uma determinada atividade; representa, assim, a quantidade de água que é extraída do manancial.

O conceito de consumo hídrico, por sua vez, é entendido como a parcela da demanda que é efetivamente utilizada (ou gasta) no desenvolvimento dessa atividade, seja por sua inclusão como matéria-prima no processo, seja por perdas como a evaporação e infiltração, ou mesmo a degradação da água demandada de tal forma que seja impossível sua utilização posterior.

A diferença quantitativa entre a demanda e o consumo é denominada de retorno, representando a parcela restante da demanda que volta ao manancial, através do sistema de drenagem e/ou sistemas de esgotamento sanitários, e em condições de ser utilizada a jusante, ainda que conte com perdas de qualidade significativas.

A quantificação dos usos consultivos utiliza ambos os conceitos. Quando o conceito utilizado for “demanda”, os valores apresentados referem-se à parcela retirada do manancial, independentemente do percentual que é efetivamente utilizado; já quando se fizer referência ao “consumo”, estar-se-á considerando o montante que realmente será consumido, excluindo-se do valor a parcela de água que retorna ao manancial.

Os usos consultivos, assim como as próprias disponibilidades hídricas, apresentam variação, em termos quantitativos, ao longo do ano. Essa variação é associada à sazonalidade, seja da atividade usuária, seja das condições em que se processa essa atividade. Neste estudo, as demandas e consumos associados aos usos consultivos foram determinados em termos anuais para os usos de abastecimento humano, dessedentação animal e consumo industrial. Nestes casos, a eventual sazonalidade do consumo não pode ser estimada com precisão suficiente ou não é relevante, considerando a variação climática e seu impacto sobre o consumo.

No caso da demanda para irrigação, a qual tende a se elevar justamente no período de escassez de água, a demanda é trabalhada anualmente, porém, a metodologia utilizada considerou a sazonalidade da demanda, uma vez que incluíram no cálculo os períodos dos cultivos e as precipitações, conforme será visto a diante.

##### 5.3.1.1.1. METODOLOGIA

O detalhamento da metodologia adotada no estudo das demandas e consumos hídricos associados aos usos consultivos é apresentado a seguir.

A estimativa das vazões para abastecimento urbano, rural, animal e industrial, bem como para a irrigação foi baseada, principalmente, na metodologia do estudo do ONS (2003) denominado Estimativas de Vazões para Atividades de Uso Consultivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional (SIN). Neste estudo foi desenvolvida uma extensa e detalhada discussão das possibilidades de produção de informações de demanda hídrica com base em fontes pré-existentes disponíveis para um conjunto amplo de municípios. Em relação às fontes utilizadas no referido estudo, poucas novidades foram acrescentadas desde então (novas fontes), sendo que foram realizadas atualizações sempre que as fontes utilizadas dispunham de informações mais atualizadas.

A estimativa das vazões de retirada pelos diversos segmentos analisados foi realizada para cada um dos municípios pertencentes à área de cada sub-bacia, sendo a vazão de retirada de cada tipo de usuário obtida pelo somatório das vazões relativas a todos os municípios pertencentes à área considerada.

No cálculo da vazão de retirada para o abastecimento urbano e industrial, considerou-se que, se a sede do município encontrava-se na área analisada, toda a vazão de retirada era computada nessa área. Para o cálculo da vazão retirada pela irrigação e para os abastecimentos animal foi considerado o critério de proporcionalidade da área do município localizada na área considerada.

A seguir são apresentados os resultados da quantificação hídrica para cada uso consultivo na bacia do rio Verde considerando o cenário atual, sendo detalhada a metodologia utilizada para a produção destes quantitativos. Por ser o uso prioritário da água, por força de lei, o abastecimento humano é o primeiro uso consultivo abordado, seguido pela dessedentação animal, pela agricultura irrigada e pelo uso industrial.

#### 5.3.1.1.2. ABASTECIMENTO HUMANO

A estimativa de demanda para o abastecimento urbano foi subdividida em: Demanda Urbana Atendida, que compreende a população urbana atendida pela rede geral; e a Demanda Urbana Não Atendida, correspondente ao restante da população urbana. Para a determinação da Demanda Urbana Atendida, foram utilizadas retiradas médias de água por habitante, obtidas a partir da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB (IBGE 2000). A Tabela 128 apresenta os coeficientes de retirada urbana *per capita* utilizados conforme a faixa de população do município.

**Tabela 128 - Coeficientes de retirada urbana *per capita***

Faixa populacional (habitantes)	Consumo <i>per capita</i> (l hab <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )
< 10.000	186
10.000 - 100.000	217
100.000 - 500.000	248
> 500.000	291

Fonte: ONS (2003)

Assim, a estimativa de retirada para o abastecimento urbano da população atendida pela rede geral, em cada município, foi determinada a partir do produtório da população urbana municipal (IBGE, 2000); pelo índice de atendimento da rede geral de



abastecimento público, identificado no âmbito dos estudos de saneamento realizados para a bacia do rio Verde; e pelo coeficiente de retirada urbana *per capita*, conforme ilustra a equação que se segue.

$$Q_{u,a} = \text{Pop}_u * I_a * CP_{(F \times N)}$$

Em que:

- $Q_{u,a}$  = vazão captada para o abastecimento da população urbana atendida pela rede geral, l.dia<sup>-1</sup>;  
 $\text{Pop}_u$  = população urbana municipal, hab;  
 $I_a$  = índice de atendimento da rede geral; e  
 $CP_{(F \times N)}$  = coeficiente de retirada urbana per capita da faixa na qual se enquadra o município, l.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>.

Para estimativa da vazão captada para abastecimento urbano que retorna aos cursos de água da bacia, foi considerada a recomendação da norma técnica da ABNT (NBR 9.649) de utilização de um valor de 0,8 para o coeficiente de retorno, na falta de valores obtidos em campo. A equação apresentada a seguir representa matematicamente a estimativa de vazão de retorno.

$$Q_{u,a,r} = 0,8 * Q_{u,a}$$

Em que:

- $Q_{u,a,r}$  = vazão de retorno para o abastecimento da população urbana atendida pela rede geral, l.dia<sup>-1</sup>; e  
 $Q_{u,a}$  = vazão captada para o abastecimento da população urbana atendida pela rede geral, l.dia<sup>-1</sup>.

A vazão efetivamente consumida no abastecimento urbano é dada pela diferença da vazão de captação e vazão de retorno.

$$Q_{u,a,c} = Q_{u,a} - Q_{u,a,r}$$

Em que:

- $Q_{u,a,c}$  = vazão de consumo para o abastecimento da população urbana atendida pela rede geral, l dia<sup>-1</sup>;  
 $Q_{u,a}$  = vazão captada para o abastecimento da população urbana atendida pela rede geral, l dia<sup>-1</sup>; e  
 $Q_{u,a,r}$  = vazão de retorno para o abastecimento da população urbana atendida pela rede geral, l dia<sup>-1</sup>.

A estimativa da Demanda Urbana Não Atendida, ou seja, da população não abastecida pela rede geral de água, foi realizada a partir da diferença entre a população urbana total e a população atendida por rede geral, multiplicada pelo índice de retirada *per capita* usado no cálculo da demanda rural. Considerou-se, portanto, que as duas parcelas têm o mesmo perfil de uso da água. A Tabela 129 apresenta os coeficientes de retirada para população urbana não atendida pela rede geral.

**Tabela 129 - Coeficientes de retirada urbana *per capita* para abastecimento da população urbana não atendida pela rede geral**

Faixa populacional (habitantes)	Consumo <i>per capita</i> (l hab <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )
< 10.000	125
10.000 - 100.000	125
100.000 - 500.000	125
> 500.000	125

Fonte: ONS (2003)

A equação a seguir apresenta a formulação matemática para a estimativa da vazão retirada para abastecimento urbano da população não atendida pela rede geral.

$$Q_{u,n,a} = (Pop_{u,t} - Pop_{u,a}) * CP_{(E)}$$

Em que:

- $Q_{u,n,a}$  = vazão captada para o abastecimento da população urbana não atendida pela rede geral, l dia<sup>-1</sup>;
- $Pop_{u,t}$  = população urbana total do município, hab;
- $Pop_{u,a}$  = população urbana total atendida pela rede geral, hab; e
- $CP_{(E)}$  = coeficiente de retirada urbana per capita do estado, para abastecimento da população não atendida pela rede geral, l hab<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>.

A estimativa da vazão de retorno para a população não atendida pela rede geral, também segue a mesma formulação proposta para a população rural, sendo o coeficiente de retorno equivalente a 0,5, conforme metodologia utilizada pelo ONS (2003).

De acordo com esse estudo, a adoção desse coeficiente se deve à ausência de valor de referência na literatura científica. A seguir é representada matematicamente a estimativa de vazão de retorno para a população não atendida pela rede geral.

$$Q_{u,n,a,r} = 0,5 * Q_{u,n,a}$$

Em que:

- $Q_{u,n,a,r}$  = vazão de retorno para o abastecimento da população urbana não atendida pela rede geral, l dia<sup>-1</sup>; e  
 $Q_{u,a}$  = vazão de captada para o abastecimento da população urbana não atendida pela rede geral, l dia<sup>-1</sup>.

A estimativa de vazão efetivamente consumida no abastecimento da população não atendida pela rede geral, também é dada pela diferença entre a vazão retirada e a vazão que retorna aos cursos de água.

$$Q_{u,n,a,c} = Q_{u,n,a} - Q_{u,n,a,r}$$

Em que:

- $Q_{u,n,a,c}$  = vazão de consumo para o abastecimento da população urbana não atendida pela rede geral, l dia<sup>-1</sup>;  
 $Q_{u,n,a}$  = vazão de captada para o abastecimento da População urbana não atendida pela rede geral, l dia<sup>-1</sup>; e  
 $Q_{u,n,a,r}$  = vazão de retorno para o abastecimento da população urbana não atendida pela rede geral, l dia<sup>-1</sup>.

#### 5.3.1.1.3. ABASTECIMENTO RURAL

A demanda para o abastecimento rural refere-se exclusivamente ao consumo de água das comunidades rurais, não incluindo atendimento relativo à criação de animais e à irrigação, estimados separadamente. A retirada média *per capita* na área rural foi considerada inferior à do meio urbano, sendo que nos casos em que a população rural é atendida pela rede geral, utilizou-se o índice de retirada urbano. A Tabela 129 representa também o coeficiente de retirada rural *per capita*, conforme discutido anteriormente.

Para a estimativa da retirada rural utilizou-se a equação que se segue, que é semelhante à formulação utilizada para estimativa da vazão retirada para o abastecimento da população não atendida pela rede geral.

$$Q_r = \text{Pop}_{r,a} * CP_{(F \times N)} + (\text{Pop}_{r,t} - \text{Pop}_{r,a}) * CP_{(E)}$$

Em que:

- $Q_r$  = vazão de captada para o abastecimento da população rural, L dia<sup>-1</sup>;  
 $\text{Pop}_{r,t}$  = população rural total do município, hab;  
 $\text{Pop}_{r,a}$  = população rural atendida pela rede geral, hab;  
 $CP_{(F \times N)}$  = coeficiente de retirada urbana per capita da faixa na qual se enquadra o município, l hab<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>; e  
 $CP_{(e)}$  = coeficiente de retirada rural per capita do estado, l hab<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>.

Para a determinação da vazão de retorno e efetivamente consumida no abastecimento da população rural, adotou-se formulação idêntica àquela utilizada para o abastecimento da população urbana não atendida pela rede geral.

$$Q_{r,r} = 0,5 * Q_r$$

Em que:

- $Q_{r,r}$  = vazão de retorno para o abastecimento da população rural, l dia<sup>-1</sup>; e  
 $Q_r$  = vazão de captada para o abastecimento da população rural, l dia<sup>-1</sup>.

$$Q_{r,c} = Q_r - Q_{r,r}$$

Em que:

- $Q_{r,c}$  = vazão consumida no abastecimento da população rural, l dia<sup>-1</sup>;  
 $Q_r$  = vazão captada para o abastecimento da população rural, l dia<sup>-1</sup>; e  
 $Q_{r,r}$  = vazão de retorno para o abastecimento da população rural, l dia<sup>-1</sup>.

#### 5.3.1.1.4. DESSEDENTAÇÃO ANIMAL

A estimativa das vazões destinadas ao abastecimento dos rebanhos foi realizada a partir do efetivo pecuário, disponível no censo agropecuário do IBGE dos anos 1940, 1950, 1960, 1975, 1980, 1985 e 1995/1996. Nos anos posteriores a 1996, extrapolou-se a tendência observada entre 1985 e 1996. O rebanho de cada município (dados censitários) foi multiplicado pelos respectivos coeficientes *per capita* de retirada de água para criação de cada espécie animal (Tabela 130).

**Tabela 130 - Coeficientes *per capita*, para espécies animais**

Espécie animal	Coeficiente de retirada per capita (l dia <sup>-1</sup> )
Bovino	50
Suíno	12.5
Bubalino	50
Eqüino	50
Asinino	50
Muar	50
Ovino	10
Caprino	10
Aves	0.36

Fonte: ONS, 2003

A equação apresentada a seguir mostra formulação matemática para a estimativa de vazão de retirada para a dessedentação/criação animal.

$$Q_a = \sum (\text{Rebanho}_{(\text{espécie})} * q_{(\text{espécie})})$$

Em que:

- $Q_a$  = vazão retirada para dessedentação/criação animal por município,  $l\text{ dia}^{-1}$ ;  
 $Rebanho_{(espécie)}$  = rebanho do município para cada espécie animal, obtida nos censos do IBGE; e  
 $q_{(espécie)}$  = vazão per capita por espécie animal,  $l\text{ animal}^{-1}\text{ dia}^{-1}$ .

Na estimativa da vazão de retorno para o abastecimento animal foi considerado o coeficiente de retorno equivalente a 0,2, sendo, portanto correspondente a uma parcela da vazão retirada.

$$Q_{a,r} = 0,2 * Q_a$$

Em que:

- $Q_{a,r}$  = vazão de retorno para a dessedentação/criação animal,  $l\text{ dia}^{-1}$ ; e  
 $Q_a$  = vazão de captada para a dessedentação/criação animal,  $l\text{ dia}^{-1}$ .

Assim como foi realizado para a estimativa da vazão consumida nos demais setores, utilizou-se a diferença entre a vazão retirada e a vazão de retorno para sua determinação.

$$Q_{a,c} = Q_a - Q_{a,r}$$

Em que:

- $Q_{a,c}$  = vazão consumida na dessedentação/criação animal,  $L\text{ dia}^{-1}$ ;  
 $Q_a$  = vazão captada para a dessedentação/criação animal,  $L\text{ dia}^{-1}$ ; e  
 $Q_{a,r}$  = vazão de retorno para a dessedentação/criação animal,  $L\text{ dia}^{-1}$ .

#### 5.3.1.1.5. IRRIGAÇÃO

Os valores de retirada para irrigação correspondem àqueles apresentados para o estudo do ONS (2003) Estimativas de Vazões para Atividades de Uso Consultivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional (SIN). Neste estudo foi desenvolvida uma extensa e detalhada discussão das possibilidades de produção de informações de demanda hídrica para este uso com base em fontes pré-existentes disponíveis para um conjunto amplo de municípios.

Tal metodologia considera as culturas desenvolvidas nos municípios; os valores de evapotranspiração associados a valores de precipitação e sazonalidade das culturas; e a eficiência das práticas de manejo produtivo irrigado, relacionando-as à área irrigada nos municípios.

Confrontando-se a metodologia desenvolvida no referido estudo, com as fontes de informações disponíveis atualmente, verificou-se, em primeiro lugar, que não há novas fontes em condições de acrescentar precisão ou qualidade à metodologia utilizada. Assim, a metodologia apresentada no referido estudo foi adotada para este sem modificação. O detalhamento metodológico de todos os passos utilizados na elaboração

das estimativas encontra-se mais bem explicados no documento de origem (ONS, 2003).

Como fórmula final, considerando as estimativas intermediárias produzidas, a vazão de retirada pela irrigação foi estimada com base na irrigação total necessária, e na área irrigada de cada cultura em cada mês no município.

$$Q_{m,i} = \sum_{i=1}^{cn} \left[ \frac{ET_{o_m} K_s K_c - P_{ef,m,m}}{E_a} \right] A_{m,i,c,m} 10$$

Em que:

- $Q_{m,i}$  = vazão de retirada pela irrigação no município,  $m^3 \text{ mês}^{-1}$ ;  
 $ET_{o_m}$  = evapotranspiração de referência no município, para o mês (m),  $mm \text{ mês}^{-1}$ ;  
 $K_c$  = coeficiente da cultura para a cultura média no município, para o mês (m), adimensional;  
 $K_s$  = coeficiente de umidade do solo no município, para o mês (m), adimensional;  
 $P_{ef,m,m}$  = precipitação efetiva mensal no município,  $mm \text{ mês}^{-1}$ ;  
 $E_a$  = eficiência de aplicação, adimensional;  
 $A_{m,i,c,m}$  = área irrigada da cultura no município em cada mês, ha; e  
 $cn$  = número de culturas irrigadas no município.

Os coeficientes de cultura, em cada estágio de desenvolvimento das culturas, foram obtidos na publicação da FAO 56 (ALLEN *et al.*, 1998). A cada cultura foi associado o método de irrigação de uso mais freqüente, sendo o método de irrigação por aspersão associado às culturas temporárias e o de irrigação localizada às culturas permanentes. Tanto o coeficiente de umidade do solo como a eficiência de aplicação adotados foram obtidos dos resultados de ANA/GEF/PNUMA/OEA (2002), a saber: 0,81 e 0,88 para  $K_s$  e de 0,70 e 0,79 para  $E_a$  nas irrigações por aspersão e localizada, respectivamente.

Ao se estimar os dados de vazões para os municípios, seria necessário proceder à agregação desses valores para cada sub-bacia. Utilizou-se para isso o critério de proporcionalidade da área dos municípios localizada na área de drenagem considerada (obtido de arquivos digitais confeccionados), com base no limite municipal.

#### 5.3.1.1.6. INDÚSTRIA

A metodologia adotada para estimativa das séries de vazões relacionadas ao abastecimento industrial utilizada no estudo ONS (2003) considera o valor da produção industrial municipal, a quantidade produzida por tipo de indústria, e a relação entre essa quantidade e o volume de água necessário à produção de cada unidade – função do processo industrial adotado. Os índices utilizados para a estimativa das vazões para abastecimento industrial no referido estudo estão apresentados na Tabela 131.

Estes índices foram adaptados dos valores apresentados no Manual de Procedimentos para Outorga de Uso da Água na Indústria e Mineração – Bacia do Paraíba do Sul, elaborado pela Superintendência de Outorga da ANA (ANA, 2002). Em virtude dos

parâmetros fornecidos neste manual (vazões de retirada, de retorno e de consumo) apresentarem valores para um número muito grande de processos industriais. Com isso a agregação se tornou necessária, unificaram-se as unidades apresentadas pelos processos industriais do manual, uma vez que muitas delas eram específicas e diferiam entre os diversos tipos de indústria. Com base na Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE, a qual é utilizada pelo IBGE, o agrupamento das informações dos parâmetros foi realizado.

**Tabela 131 - Parâmetros utilizados na estimativa das vazões de retirada e retorno da indústria**

Produto	Parâmetros (m <sup>3</sup> /US)	
	Retirada	Retorno
Extrativa Mineral	0.13233	0.10586
Produtos Alimentares	0.02708	0.02166
Bebidas	0.00998	0.0087
Fumo	0.00564	0.00451
Têxtil	0.03064	0.02451
Vestuários, calçados e artefatos de tecidos	0.03052	0.02442
Couros e peles, artefatos para viagens	0.01474	0.01179
Madeira	0.05039	0.04031
Papel e papelão	0.08545	0.06836
Editorial e gráfica	0.00001	0.00001
Química	0.02304	0.01843
Produtos farmacêuticos e veterinários	0.0056	0.00448
Perfumaria, sabões e velas	0.00753	0.00602
Borracha	0.00134	0.00107
Produtos de matérias plásticas	0.00023	0.00018
Transformação de não metálicos	0.00492	0.00394
Metalúrgica	0.01013	0.00811
Mecânica	0.01132	0.00905
Material elétrico de comunicações	0.00001	0.00001
Material de transporte	0.00551	0.0044
Mobiliário	0.12274	0.09838
Genérica	0.02713	0.02176

Fonte: ONS (2003)

Como nas bases disponíveis para consulta alguns municípios dispunham apenas do valor da produção industrial total, sem discriminação por classe de indústria, o estudo do ONS (2003) criou uma classe “genérica” de indústria, na qual os parâmetros de retirada e retorno representam a média das demais classes.

Desta forma foram definidas 22 classes: uma classe extrativa, 20 de transformação e uma genérica. Assim, a estimativa da vazão de retirada para abastecimento industrial no município, dada pelo somatório das vazões demandadas por cada classe de indústria presente, foi feita pela seguinte equação:

$$Q_{ind} = \frac{\sum_{1}^{23} [VP_{(ProdutoY)} V_{retirada (Produto Y)}]}{31.536.000}$$

Em que:

$Q_{ind}$	=	vazão total de retirada para abastecimento industrial no município (m), $m^3 \cdot s^{-1}$ ;
$VP_{(ProdutoY)}$	=	valor da produção do produto Y, (convertido para) US\$;
$V_{retirada (ProdutoY)}$	=	volume captado por unidade monetária produzida do produto Y, $m^3 \cdot US\$^{-1}$ (Tabela 131); e
31.536.000	=	fator para correção de unidades.

A vazão de retorno do abastecimento industrial, para cada município, foi obtida com base nos princípios descritos anteriormente e foi estimada pela equação:

$$Q_{ind,r} = \frac{\sum_{1}^{23} [VP_{(ProdutoY)} V_{retorno (Produto Y)}]}{31.536.000}$$

Em que:

$Q_{ind,r}$	=	vazão de retorno do abastecimento industrial no município (m), $m^3 \cdot s^{-1}$ ;
$VP_{(ProdutoY)}$	=	valor da produção do produto Y, (convertido para) US\$;
$V_{retorno (ProdutoY)}$	=	volume efluente por unidade monetária produzida do produto Y, $m^3 \cdot US\$^{-1}$ (Tabela 131); e
31.536.000	=	fator para correção de unidades.

Do referido estudo, o consórcio ECOPLAN-LUME decidiu pela não utilização de dados relativos à estimativa da vazão retornada e consumida do abastecimento industrial para cada município, por falta de incerteza do real volume consumido em cada indústria. Assim, para simplificação, foram utilizados somente os valores da vazão retirada pelas indústrias.

### 5.3.1.2. USOS E DEMANDAS

A manipulação dos dados estimados para cada tipo de uso identificado na bacia do rio Verde foi focada somente na demanda retirada, possibilitando que houvesse um fator de segurança no balanço hídrico apresentado mais a frente nesse diagnóstico.



Nas sub-bacias do rio Verde os tipos (classes) de uso identificados foram: abastecimento público, dessedentação animal, irrigação e abastecimento industrial; e para as estimativas das demandas hídricas algumas considerações foram tomadas:

- Para a determinação da demanda do abastecimento público e industrial em cada sub-bacia não se considerou a mancha urbana, mas sim a sede, já que é nesta que tais demandas se concentram;
- Para a dessedentação animal e irrigação foram considerados uma distribuição uniforme sobre a área do município pertencente a cada sub-bacia.

A distribuição espacial das demandas de uso da água estimadas para as sub-bacias do rio Verde pode ser observada na Figura 195.

Na Tabela 132 é apresentada a vazão total retirada e o percentual desta em relação a  $Q_{7,10}$  de cada sub-bacia. Assim, verifica-se o quão distante o valor da demanda hídrica está da vazão outorgável (30%  $Q_{7,10}$ ), o que também pode ser visualizado na Figura 196.

**Tabela 132 – Vazão total retirada por sub-bacias em relação a  $Q_{7,10}$**

Sub-bacia	Vazão total retirada (m <sup>3</sup> /s)	% $Q_{7,10}$
Alto Rio Verde	0.0298	1.6
Ribeirão Caeté	0.0400	1.8
Ribeirão do Aterrado	0.0259	1.2
Ribeirão Pouso Alto	0.0293	1.8
Rio Capivari	0.0682	3.8
Rio Passa Quatro	0.1063	4.8
Médio Rio Verde	0.1899	2.2
Ribeirão do Carmo	0.0382	3.0
Rio Baependi	0.1676	0.5
Baixo Rio Verde	1.0526	11.3
Ribeirão da Espera	0.0128	0.3
Rio do Peixe	0.1451	1.2
Rio Lambari	0.1975	1.5
Rio Palmela	0.1331	1.9
Rio São Bento	0.0612	2.5
<b>Total</b>	<b>2.298</b>	<b>3.1</b>

A Tabela 133 apresenta a distribuição das estimativas de demanda (retiradas) por sub-bacias, classes de uso e municípios com áreas pertencentes a bacia do rio Verde.

**Tabela 133 – Síntese das estimativas de demanda de uso da água nas sub-bacias hidrográficas do rio Verde**

Sub-bacia	Municípios	Área do município nas sub-bacias (%)	Retiradas (m <sup>3</sup> /s) x classe de uso			
			Abastecimento público	Dessedentação de animais	Irrigação	Industrial
Rio Baependi	Conceição do Rio Verde	19.57		0.00254	0.00186	
	Soledade de Minas	59.35		0.00415	0.00101	0
	Pouso Alto	22.59		0.00294	0.00099	
	Caxambu	100	0.05500	0.00400	0.00260	0.03100
	Baependi	92.55	0.03800	0.01573	0.00213	0.00300
	Cruzília	2.38		0.00029	0.00004	
	Alagoa	13.93		0.00070	0.00001	
Ribeirão da Espera	Aiuruoca	8.98		0.00153	0.00008	
	Três Pontas	39.72		0.00636	0.00254	
	Varginha	23.97		0.00264	0.00019	
Rio Palmela	Carmo da Cachoeira	6.95		0.00083	0.00022	
	São Gonçalo do Sapucaí *	39.71	0.05100	0.00596	0.00683	
	Monsenhor Paulo	41.03		0.00287	0.00086	
	Varginha	2.03		0.00022	0.00002	
	Campanha	76.73	0.03200	0.00844	0.02010	0.00300
Rio São Bento	Três Corações	1.11		0.00029	0.00149	
	Campanha	23.27		0.00256	0.00610	
	Três Corações	9.58		0.00249	0.01288	
Rio do Peixe	Cambuquira	35.07	0.02900	0.00281	0.00235	0.00300
	Varginha	2.21		0.00024	0.00002	
	Três Corações	52.14		0.01356	0.07008	
	São Thomé das Letras	91.53	0.01200	0.00732	0.00037	0.00100
	Baependi	5.66		0.00096	0.00013	
	Cruzília	17.36	0.03300	0.00208	0.00030	0.00400

Continua...

Tabela 133 – Cont.

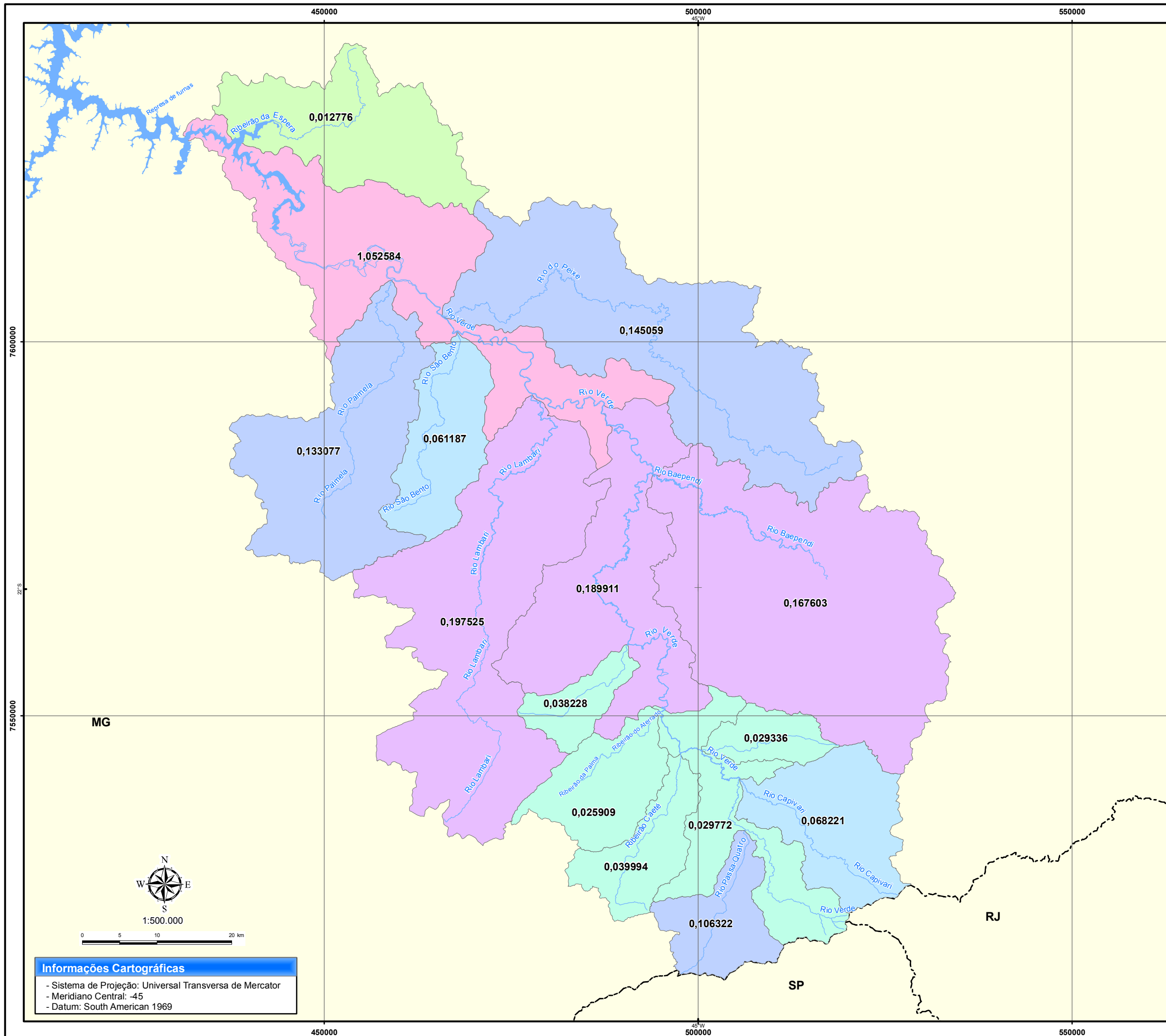
Sub-bacia	Municípios	Área do município nas sub-bacias (%)	Retiradas (m <sup>3</sup> /s) x classe de uso			
			Abastecimento público	Dessedentação de animais	Irrigação	Industrial
Rio Lambari	Pedralva	6.65		0.00060	0.00430	
	Lambari	69.72	0.04100	0.00418	0.00209	0.00500
	Cristina	100	0.02200	0.01300	0.05380	0.00200
	Três Corações	3.13		0.00081	0.00420	
	Jesuânia	100	0.00900	0.00600	0.00530	0
	Cambuquira	64.93		0.00519	0.00435	
	Olimpio Noronha	100	0.00500	0.00200	0.00310	0
	Conceição do Rio Verde	20.39		0.00265	0.00194	
Baixo Rio Verde	Elói Mendes	21.32		0.00043	0.00066	
	Três Pontas	6.57		0.00105	0.00042	
	Monsenhor Paulo	10.54		0.00074	0.00022	
	Varginha	71.79	0.30400	0.00790	0.00057	0.31900
	Três Corações	34.04	0.15600	0.00885	0.04575	0.20700
Ribeirão do Carmo	Carmo de Minas	30.23	0.02800	0.00363	0.00260	0.00400
Ribeirão do Aterrado	Carmo de Minas	1.49		0.00018	0.00013	
	Dom Viçoso	100	0.00600	0.00300	0.00200	0
	Virgínia	20.62		0.00247	0.00505	
	São Sebastião do Rio Verde	30.77		0.00092	0.00615	
Ribeirão Cacté	Virgínia	43.89	0.01500	0.00527	0.01075	0.00200
	São Sebastião do Rio Verde	30.32		0.00091	0.00606	
Rio Passa Quatro	Passa Quatro	61.07	0.03400	0.00611	0.00470	0.01100
	Itanhandu	5.34	0.03000	0.00048	0.00003	0.02000
Rio Capivari	Pouso Alto	11.15		0.00145	0.00049	
	Itanhandu	13.43		0.00121	0.00008	
	Itamonte	60.35	0.02600	0.00543	0.00356	0.03000
Rib. Pouso Alto	Pouso Alto	36.41	0.01200	0.00473	0.00160	0.01100

Continua...

Tabela 133 – Cont.

Sub-bacia	Municípios	Área do município nas sub-bacias (%)	Retiradas (m <sup>3</sup> /s) x classe de uso			
			Abastecimento público	Dessedentação de animais	Irrigação	Industrial
Médio Rio Verde	Carmo de Minas	68.27		0.00819	0.00587	
	Conceição do Rio Verde	60.04	0.02900	0.00781	0.00570	0.00500
	Soledade de Minas	40.65	0.01000	0.00285	0.00069	0
	São Lourenço	100	0.09100	0.00200	0.00180	0.02000
Alto Rio Verde	Passa Quatro	27.28		0.00273	0.00210	
	São Sebastião do Rio Verde	38.92	0.00300	0.00117	0.00778	0
	Pouso Alto	29.85		0.00388	0.00131	
	Itanhandu	81.24		0.00731	0.00049	
Total			1.07	0.22	0.33	0.68

(\*) O município de São Gonçalo do Sapucaí possui sua sede municipal fora da bacia hidrográfica do rio Verde, contudo sua captação para fins de abastecimento urbano está localizada na sub-bacia do rio Palmela.



**195 - Distribuição da vazão total retirada por sub bacias**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Legenda:

**vazão retirada (m³/s)**

- 0,013
- 0,025 - 0,040
- 0,060- 0,070
- 0,105 - 0,145
- 0,165 - 0,200
- 1,055

Convenções:

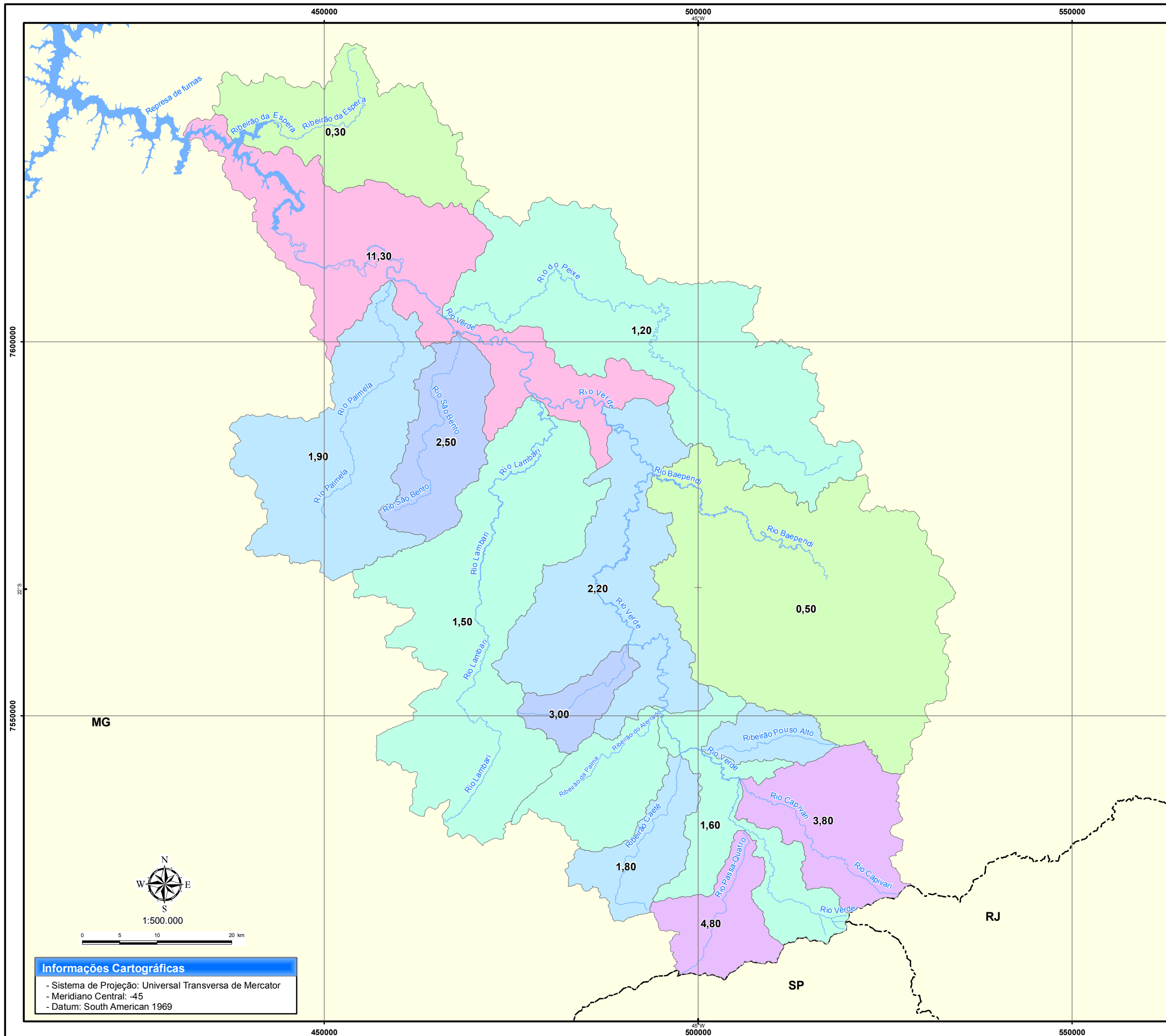
- Hidrografia
- - - Limite Estadual

Fontes dos Dados:

- Vazões retiradas: Calculado a partir dos dados da ANA/ONS
- Limite Bacia :Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Estadual:IBGE
- Hidrografia: FEAM

**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969



**196 - Vazão total retirada em relação à Q<sub>7,10</sub>**

Projeto:



Localização:



**Legenda:**

**vazão retirada % Q<sub>7,10</sub>**

0,30 - 0,50
1,20 - 1,60
1,80 - 2,20
2,50 - 3,00
3,80 - 4,80
11,30

**Convenções:**

- Hidrografia
- - - Limite Estadual

**Fontes dos Dados:**

- Vazões retiradas: Calculado a partir dos dados da ANA/ONS
- Limite Bacia :Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Estadual:IBGE
- Hidrografia: FEAM

**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969

### 5.3.1.2.1. ABASTECIMENTO PÚBLICO

Neste item há um aspecto relevante para o estudo, pois nele as demandas de abastecimento urbano de redes atendidas, não atendidas e rurais foram agrupadas em um só uso, o abastecimento público. E, como dito anteriormente, adotou-se a sede urbana como local de concentração da demanda total desta classe de uso.

A Figura 197 apresenta as estimativas de demanda total para o abastecimento público em cada uma das sub-bacias do rio Verde. Observa-se que grande parte da demanda para abastecimento público está localizada no baixo rio Verde com 43% ( $0,46 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), onde se localizam os dois maiores centros urbanos da bacia: Três Corações e Varginha. Em seguida tem-se a sub-bacia do médio rio Verde com 12% ( $0,13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), com destaque para o município de São Lourenço ( $0,09 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), e ainda a sub-bacia do rio Baependi com 9%, cujas captações de Baependi e Caxambu estão na ordem de  $0,09 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Com demandas inferiores, tem-se a sub-bacia do Ribeirão da Espera (0%), onde não se computaram captações; seguida da sub-bacia do alto rio Verde com 0,3% ( $0,003 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ).

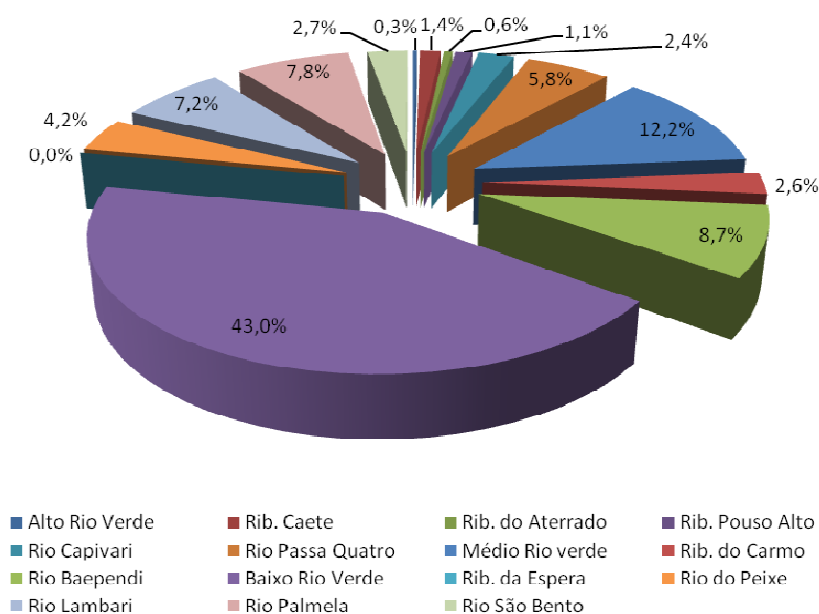
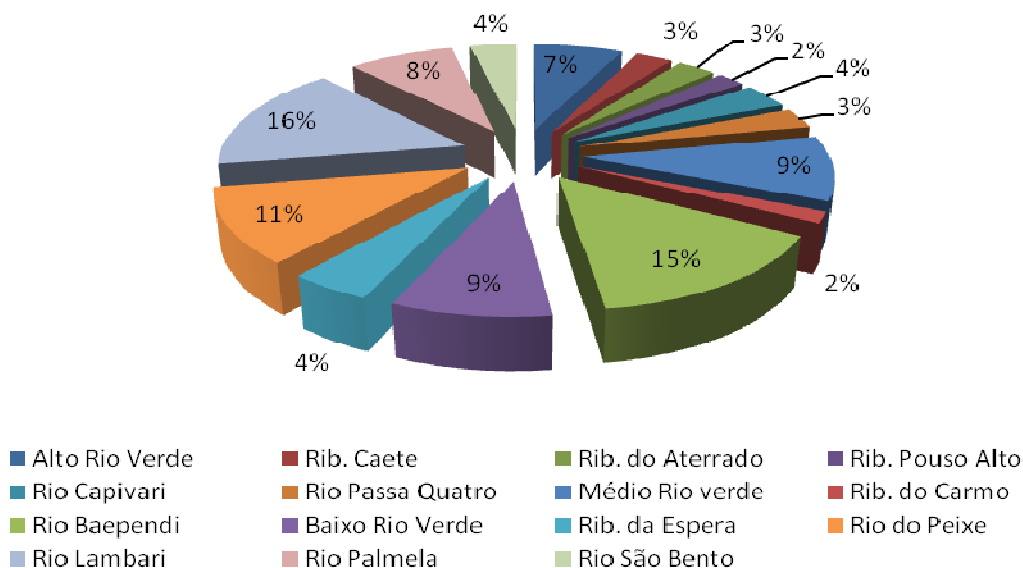


Figura 197 – Estimativa de demanda para abastecimento público (sub-bacias)

### 5.3.1.2.2. DESSEDENTAÇÃO ANIMAL

A dessedentação animal foi estimada considerando a demanda proporcional à área do município pertencente à bacia do rio Verde. Neste caso, a localização das sedes municipais não foi utilizada para se obter os resultados. Na Figura 198 é apresentada a estimativa de demanda para dessedentação animal nas principais sub-bacias hidrográficas do rio Verde.

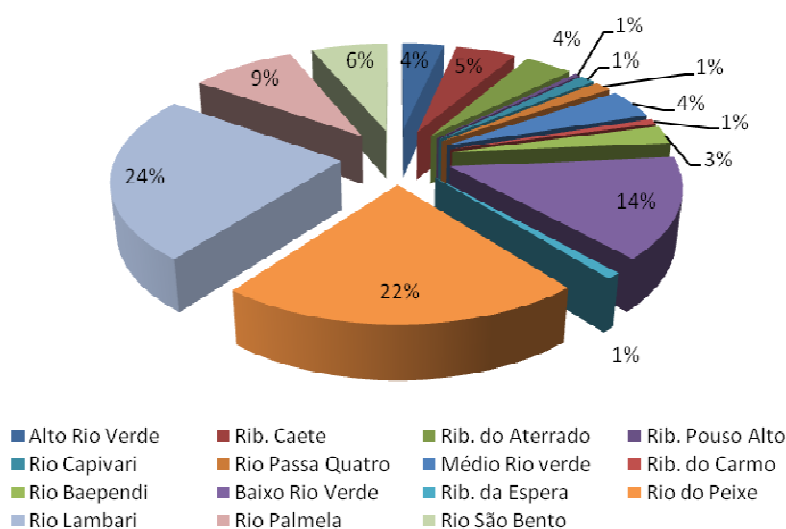


**Figura 198 – Estimativa de demanda para dessedentação animal (sub-bacias)**

Observa-se que as sub-bacias do rio Lambari, com 16% ( $0,034 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ), do rio Baependi, com 15% ( $0,032 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ), e do rio do Peixe, com 11% ( $0,024 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ) são as que demandam maior vazão, com destaque para o município de Cristina ( $0,013 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ) e Baependi ( $0,015 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ). Esses municípios estão inseridos 100% e 92% nas sub-bacias do rio Lambari e rio Baependi, respectivamente.

### 5.3.1.2.3. IRRIGAÇÃO

Com base nos dados do ONS (2003) e premissas anteriormente definidas, a Figura 199 apresenta as estimativas de demandas para uso na irrigação em cada uma das principais sub-bacias hidrográficas do rio Verde.



**Figura 199 – Estimativa de demanda para a irrigação (sub-bacias)**



Pode-se verificar que a maior demanda para irrigação está na sub-bacia do rio Lambari, com 24% ( $0,079 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ), com destaque para o município de Cristina, com  $0,053 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$  do montante demandado; em seguida tem-se a sub-bacia do rio do Peixe, com 22% ( $0,071 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ), onde Três Corações demanda  $0,07 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ .

#### 5.3.1.2.4. ABASTECIMENTO INDUSTRIAL

A discretização da demanda industrial por sub-bacia seguiu critério semelhante ao adotado para o abastecimento público. A Figura 200 apresenta a demanda para abastecimento industrial nas sub-bacias hidrográficas do rio Verde.

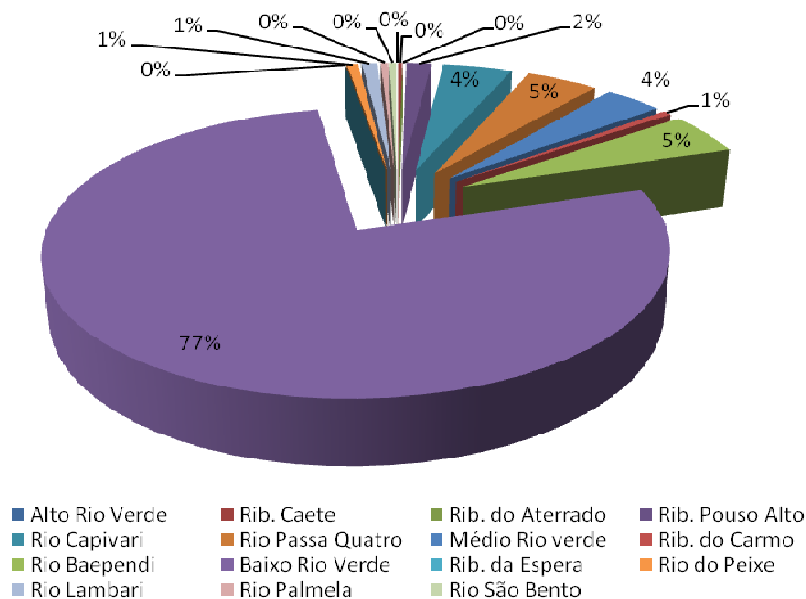


Figura 200 – Estimativa de demanda para abastecimento industrial (sub-bacias).

Ao observar a espacialização da demanda para o abastecimento industrial, verifica-se que a sub-bacia do baixo rio Verde apresenta uma retirada significativa de 77% ( $0,52 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ), seguida de 5% nas sub-bacias do rio Baependi ( $0,034 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ) e rio Passa Quatro ( $0,031 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ). Aqui, como já mencionado na demanda para abastecimento público, as cidades de Três Corações e Varginha também se destacam, mostrando a importância do pólo industrial localizado na região da sub-bacia do baixo rio Verde.

#### 5.3.1.2.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE AS DEMANDAS HÍDRICAS NA BACIA DO RIO VERDE

Segundo dados do ONS as demandas totais retiradas nos trechos Alto, Médio e Baixo rio Verde somam uma vazão de  $2,30 \text{ m}^3/\text{s}$ . Deste montante, o trecho do Baixo contribui com  $1,60 \text{ m}^3/\text{s}$ , sendo superior a 4 vezes a demanda do Médio e a 2,7 vezes a demanda do Alto trecho.

Em relação às sub-bacias, na sub-bacia do Baixo rio Verde concentra-se quase a metade de toda a vazão retirada na bacia, conforme demonstrado na Tabela 134. De acordo com a Tabela 135, o abastecimento público (47%) e o industrial (30%) se destacam como as principais classes de uso na bacia do rio Verde.

**Tabela 134 – Vazão retirada por sub-bacias**

Sub-bacia	Vazão retirada (m³/s)	Percentual da vazão total retirada (%)
Alto Rio Verde	0.0298	1.3
Ribeirão Caeté	0.0400	1.7
Ribeirão do Aterrado	0.0259	1.1
Ribeirão Pouso Alto	0.0293	1.3
Rio Capivari	0.0682	3.0
Rio Passa Quatro	0.1063	4.6
Médio Rio Verde	0.1899	8.3
Ribeirão do Carmo	0.0382	1.7
Rio Baependi	0.1676	7.3
Baixo Rio Verde	1.0526	45.8
Ribeirão da Espera	0.0128	0.6
Rio do Peixe	0.1451	6.3
Rio Lambari	0.1975	8.6
Rio Palmela	0.1331	5.8
Rio São Bento	0.0612	2.7
<b>Total</b>	<b>2.298</b>	<b>100</b>

**Tabela 135 – Vazão retirada por classes de uso**

Finalidade	Vazão retirada (m³/s)	Percentual da vazão total retirada (%)
Abastecimento público	1.071	46.6
Dessedentação de animal	0.217	9.4
Irrigação	0.329	14.3
Consumo industrial	0.681	29.6
<b>Total</b>	<b>2.298</b>	<b>100</b>

### 5.3.1.3. CARACTERIZAÇÃO DAS OUTORGAS NA BACIA DO RIO VERDE

Sendo a outorga um instrumento legal que assegura ao usuário o direito de utilizar os recursos hídricos, realizou-se um agrupamento de dados da base do IGAM, para se verificar as possíveis demandas localizadas na bacia hidrográfica do rio Verde.

Vale ressaltar que estes dados serviram como informação complementar ao estudo do ONS (2003) e não para efeito de substituição. O balanço hídrico a ser apresentado posteriormente, foi realizado a partir das vazões de retiradas aqui apresentadas.

Com os dados de outorga consistidos e com o georeferenciamento de todos os pontos de captação foi possível verificar quais os usuários situavam-se dentro da bacia do rio Verde, resultando em um universo de 104 usos outorgados e uma vazão total de 1,73 m³/s, englobando portarias e certidões de usos insignificantes, vencidas ou em vigência.

Estes 104 usuários foram subdivididos em classes de uso definidas para o presente estudo e, em seguida agrupados por município e sub-bacias. As classes de uso aqui adotadas correspondem às cinco classes: abastecimento público, consumo humano,

dessedentação de animais, irrigação e indústria (incluindo agroindústria, aqüicultura e extração mineral).

A classificação das outorgas fez-se necessária devido ao grande número de finalidades de uso existentes no banco de dados do IGAM. Assim, as outorgas que apresentavam mais de uma finalidade de uso foram associadas à classe de maior prioridade de atendimento no caso de escassez hídrica. Por exemplo: **Consumo humano e consumo industrial ⇒ Classe de Uso: Consumo Humano.**

O segundo critério para classificação foi de agrupar as outorgas conforme a finalidade de maior consumo. Por exemplo: **irrigação e consumo agroindustrial** foi enquadrada em irrigação, por ser este o uso que, em geral, demanda maior quantidade de água.

Para melhor exemplificar o critério utilizado a Tabela 136 apresenta a classificação das outorgas conforme as diferentes finalidades existentes no banco de dados do IGAM.

**Tabela 136 – Classificação das outorgas superficiais conforme finalidades de uso**

Finalidades	Classe de uso	Nº de outorgas	Vazão outorgada (m³/s)
Abastecimento público	Abastecimento público	12	0.7210
Aqüicultura	Industrial	8	0.0157
Consumo agroindustrial	Industrial	3	0.0141
Consumo agroindustrial, Dessedentação de animais	Dessedentação animal	1	0.0050
Consumo agroindustrial, Irrigação	Irrigação	1	0.0220
Consumo humano	Consumo humano	6	0.0064
Consumo humano, Consumo agroindustrial	Consumo humano	1	0.0125
Consumo humano, Consumo industrial	Consumo humano	2	0.0132
Consumo industrial	Industrial	7	0.2577
Consumo industrial, Abastecimento público	Abastecimento público	1	0.0519
Desempoeiramento, Ajuste de umidade	Industrial	3	0.0090
Dessedentação de animais	Dessedentação animal	6	0.0108
Dessedentação de animais, Consumo humano	Consumo humano	5	0.0043
Extração mineral	Industrial	4	0.0047
Extração mineral, Consumo industrial	Industrial	1	0.0150
Irrigação	Irrigação	36	05286
Irrigação, Aqüicultura	Irrigação	1	0.0004
Irrigação, Consumo industrial	Irrigação	1	0.0300
Lavagem de veículos	Industrial	1	0.0001
Lavagem de veículos, Consumo industrial	Industrial	1	0.0010
Limpeza	Industrial	1	0.0061
Umidificação das vias	Industrial	1	0.0022
Urbanização, Consumo industrial	Industrial	1	0.0020
<b>Total</b>		<b>104</b>	<b>1.7337</b>

Fonte: Banco de dados dos IGAM (Junho/2009)

5.3.1.3.1. SITUAÇÃO DOS USOS OUTORGADOS NA BACIA DO RIO VERDE

O banco de dados do IGAM utilizado para a caracterização dos usuários outorgados na bacia do rio Verde apresentava dados de outorgas superficiais de 1993 a Junho de 2009, divididas em: cadastro efetivado, outorgas deferidas e outorgas vencidas, conforme apresentado na Tabela 137.

**Tabela 137 – Situação das outorgas superficiais na bacia do rio Verde**

Situação	Nº de outorgas	Vazão outorgada (m³/s)	% da vazão total outorgada
Cadastro Efetivado	6	0.002574	0.1
Outorga Deferida	67	1.413189	81.5
Outorga Vencida	31	0.317943	18.3

Fonte: Banco de dados dos IGAM (Junho/2009)

5.3.1.3.1.1. VAZÕES OUTORGADAS POR CLASSE DE USO

Agrupando as outorgas para cada classe de uso, definida para o presente estudo, obteve-se o número total de outorgas superficiais exposto na Tabela 138, com destaque para o abastecimento público seguido da irrigação.

Observa-se que o número de outorgas solicitadas para irrigação é três vezes maior que para o abastecimento público, porém a vazão outorgada é 25 % menor.

**Tabela 138 – Vazões outorgadas por classe de uso**

Classe de uso	Nº de outorgas	Vazão outorgada (m³/s)	% da vazão total outorgada
Abastecimento público	13	0.772900	44.6
Consumo humano	14	0.036374	2.1
Dessedentação de animais	7	0.015843	0.9
Irrigação	39	0.580950	33.5
Indústria	31	0.327639	18.9

Fonte: Banco de dados dos IGAM (Junho/2009)

5.3.1.3.1.2. VAZÕES OUTORGADAS POR MUNICÍPIO

A partir da consistência dos dados do IGAM observou-se que dos 31 municípios que compõem a bacia do rio Verde, em 22 deles havia pelo menos um processo de outorga. Na Tabela 139 estas outorgas foram distribuídas de acordo com as classes de usos, e na Figura 201 é apresentado o percentual da vazão outorgada em cada município.

**Tabela 139 – Distribuição por usos, das vazões outorgadas nos municípios da bacia do rio Verde**

Município	Vazão (m³/s) x classe de uso					Total (m³/s)
	Abastecimento público	Consumo humano	Dessedentação de animais	Irrigação	Indústria	
Baependi					0.005600	0.005600
Cambuquira	0.005000			0.043000		0.048000
Campanha				0.034000		0.034000
Carmo da Cachoeira				0.001200		0.001200
Caxambu					0.000740	0.000740
Conceição do Rio Verde				0.008000	0.000139	0.008139
Elói Mendes				0.010800	0.011000	0.021800
Itamonte		0.000174			0.011200	0.011374
Itanhandu	0.059300	0.000100	0.010590			0.069990
Jesuânia				0.015750	0.006100	0.021850
Lambari	0.060300					0.060300
Monsenhor Paulo				0.027700		0.027700
Olímpio Noronha					0.015000	0.015000
Passa Quatro		0.000200			0.010600	0.010800
Pouso Alto		0.003800	0.000250		0.004100	0.008150
São Gonçalo do Sapucaí	0.068000			0.033000		0.101000
São Lourenço	0.240000					0.240000
São Thomé das Letras		0.001				0.001000
Três Corações	0.003500	0.0003		0.145300	0.251600	0.400700
Três Pontas		0.005000	0.005000	0.184100	0.006400	0.200500
Varginha	0.335100	0.0258	0.000003	0.078100	0.005160	0.444163
Virgínia	0.001700					0.001700

Fonte: Banco de dados dos IGAM (Junho/2009)

As maiores vazões totais outorgadas, não diferente do estudo da ONS (2003), concentram-se no município de Varginha (0,44 m³/s), Três Corações (0,40 m³/s) e São Lourenço (0,24 m³/s).

Segundo dados do IBGE (2007), os dois primeiros municípios são os maiores centros urbanos e pólos industriais, enquanto São Lourenço possui a quarta maior população da bacia do rio Verde.

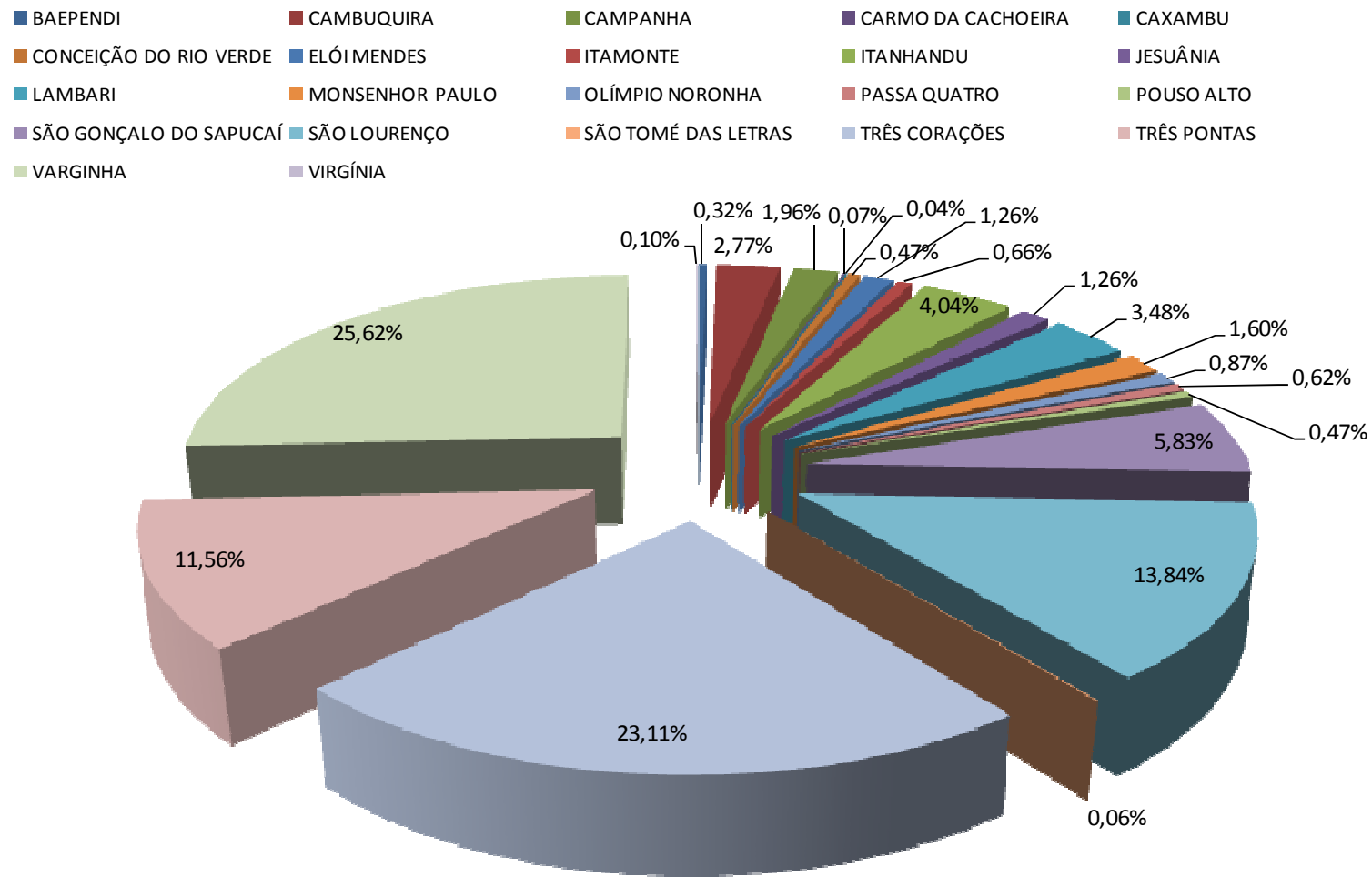


Figura 201 – Distribuição das vazões outorgadas por município da bacia do rio Verde.

### 5.3.1.3.1.3. VAZÕES OUTORGADAS POR SUB-BACIA

Após a classificação das outorgas superficiais por município, foi realizada a discretização por sub-bacia integrante da bacia do rio Verde.

A Tabela 140 apresenta o número de outorgas e as vazões outorgadas por sub-bacia e em comparação (percentual) com a vazão total outorgada na bacia do rio Verde, conforme ilustrado na Figura 202.

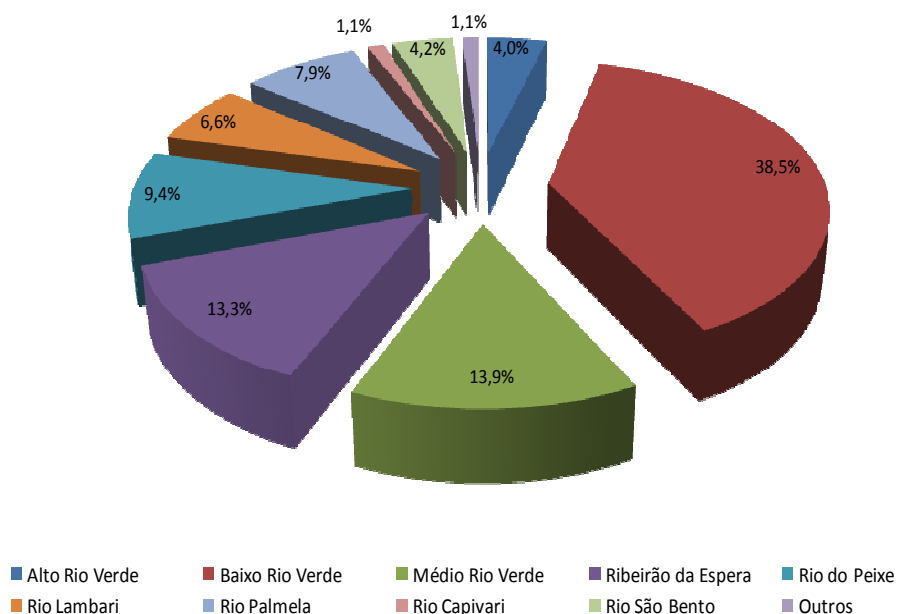
Observa-se que para as sub-bacias dos ribeirões do Aterrado e do Carmo não foram identificadas outorgas superficiais no banco de dados do IGAM.

Assim como já constatado anteriormente nas estimativas de vazões retiradas a partir de dados do ONS (2003), a sub-bacia do Baixo Rio Verde destaca-se com mais de 38% da vazão total atualmente outorgada na bacia do rio Verde, seguido do Médio Rio Verde e da sub-bacia do Ribeirão da Espera (neste caso, devido ao número significativo de outorgas para irrigação).

**Tabela 140– Distribuição por sub-bacias da vazão total outorgada**

Sub-bacia	Nº de outorgas	Vazão outorgada (m³/s)	% da vazão Total outorgada
Alto Rio Verde	8	0.069990	4.0
Ribeirão Caeté	1	0.001700	0.1
Ribeirão do Aterrado	0	0.000000	0.0
Ribeirão Pouso Alto	1	0.000250	0.0
Rio Capivari	7	0.019274	1.1
Rio Passa Quatro	2	0.010600	0.6
Médio Rio Verde	2	0.240139	13.9
Ribeirão do Carmo	0	0.000000	0.0
Rio Baependi	4	0.006340	0.4
Baixo Rio Verde	30	0.666963	38.5
Ribeirão da Espera	21	0.229900	13.3
Rio do Peixe	9	0.163800	9.4
Rio Lambari	7	0.115150	6.6
Rio Palmela	6	0.137300	7.9
Rio São Bento	6	0.072300	4.2

Fonte: Banco de dados dos IGAM (Junho/2009)

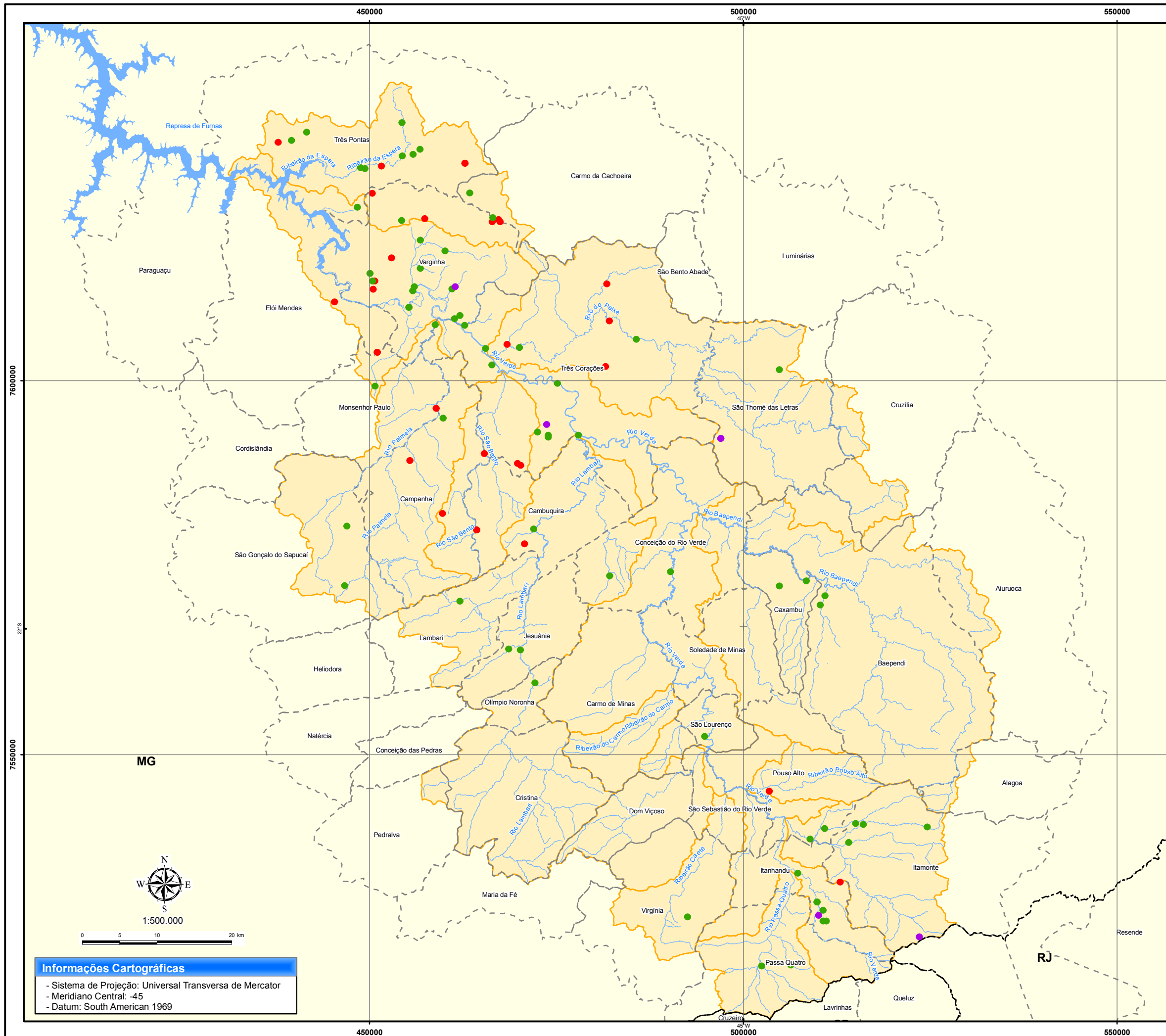


**Figura 202 – Distribuição das vazões outorgadas por sub-bacia do rio Verde.**

#### 5.3.1.3.1.4. MAPAS TEMÁTICOS DOS USUÁRIOS OUTORGADOS NA BACIA DO RIO VERDE

As Figuras 203 á 208 representam a distribuição espacial das outorgas por sub-bacias do rio Verde, de acordo com as finalidades e classes de usos, situação dos usos outorgados, intervalos de vazões outorgadas e percentual das vazões outorgadas em relação à vazão  $Q_{7,10}$ .





## 203 - Outorgas superficiais por situação do processo na bacia do rio Verde

Projeto:

PDRH Rio Verde



Localização:



Legenda:

### Situação

- Outorga deferida
- Cadastro efetivado
- Outorga vencida

### Convenções:

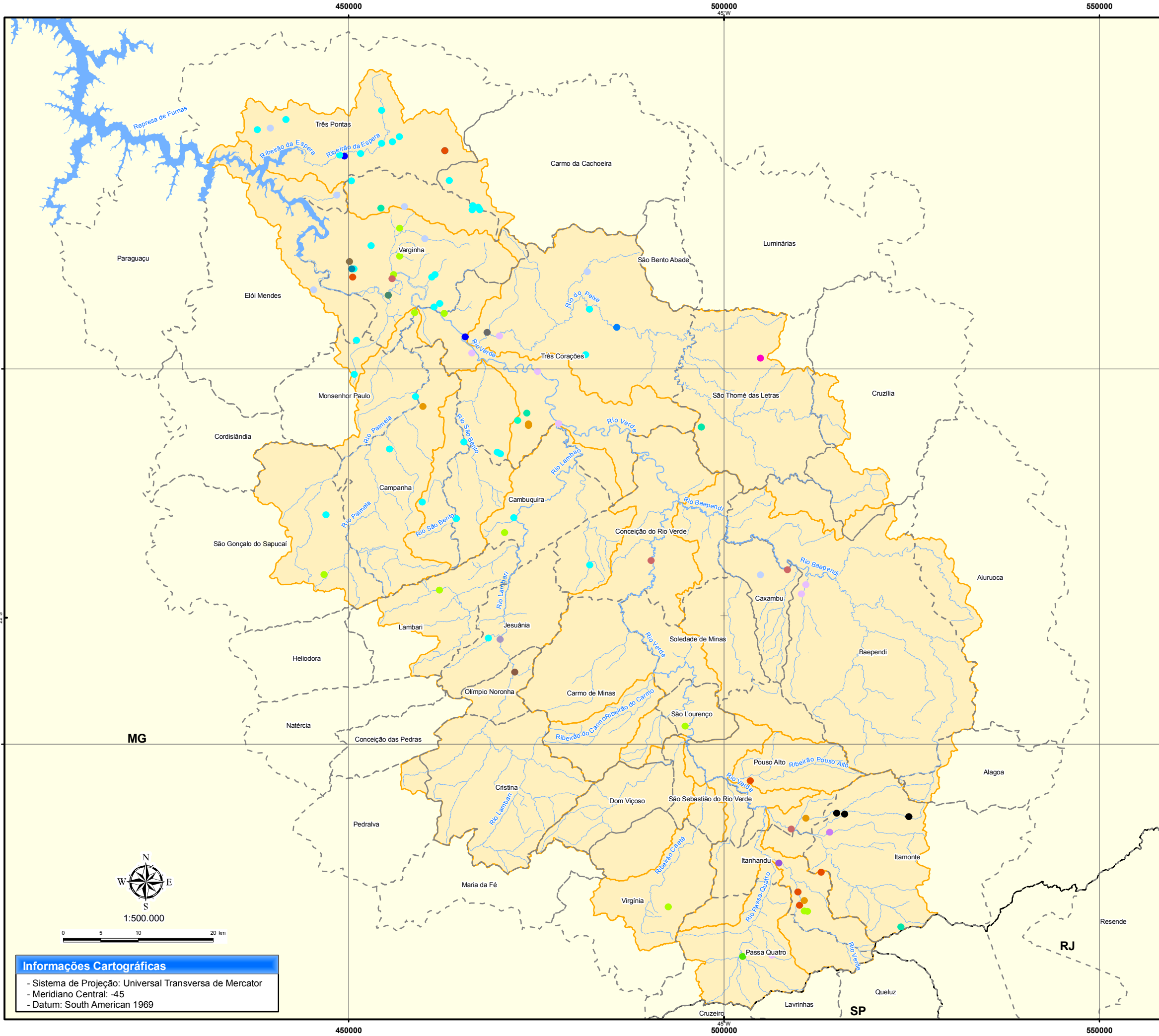
- Hidrografia
- Limite Municipal
- Limite Estadual
- Limite sub-bacias

Fontes dos Dados:

- Outorgas : IGAM - jun/2009
- Limite Bacia : Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Estadual: IBGE
- Hidrografia: FEAM

### Informações Cartográficas

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969



**204 - Outorgas superficiais por finalidades na bacia do rio Verde**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Legenda:

**Finalidades**

- Abastecimento público
- Consumo humano
- Consumo humano, Consumo industrial
- Consumo humano, Consumo agroindustrial
- Urbanização, Consumo industrial
- Consumo industrial, Abastecimento público
- Consumo industrial, Consumo humano
- Consumo industrial
- Consumo agroindustrial
- Consumo agroindustrial, Irrigação
- Consumo agroindustrial, Dessedentação de animais
- Dessedentacao de animais, Consumo humano
- Dessedentacao de animais
- Aquicultura
- Irrigação
- Irrigação, Aquicultura
- Irrigação, Consumo industrial
- Extração mineral
- Extração mineral, Consumo industrial
- Lavagem de veículos
- Lavagem de veículos, Consumo industrial
- Desempoeiramento, Ajuste de umidade
- Limpeza
- Umidificação das vias

**Convenções:**

- Hidrografia
- - - Limite Estadual
- - - Limite Municipal
- ▭ Limite sub-bacias

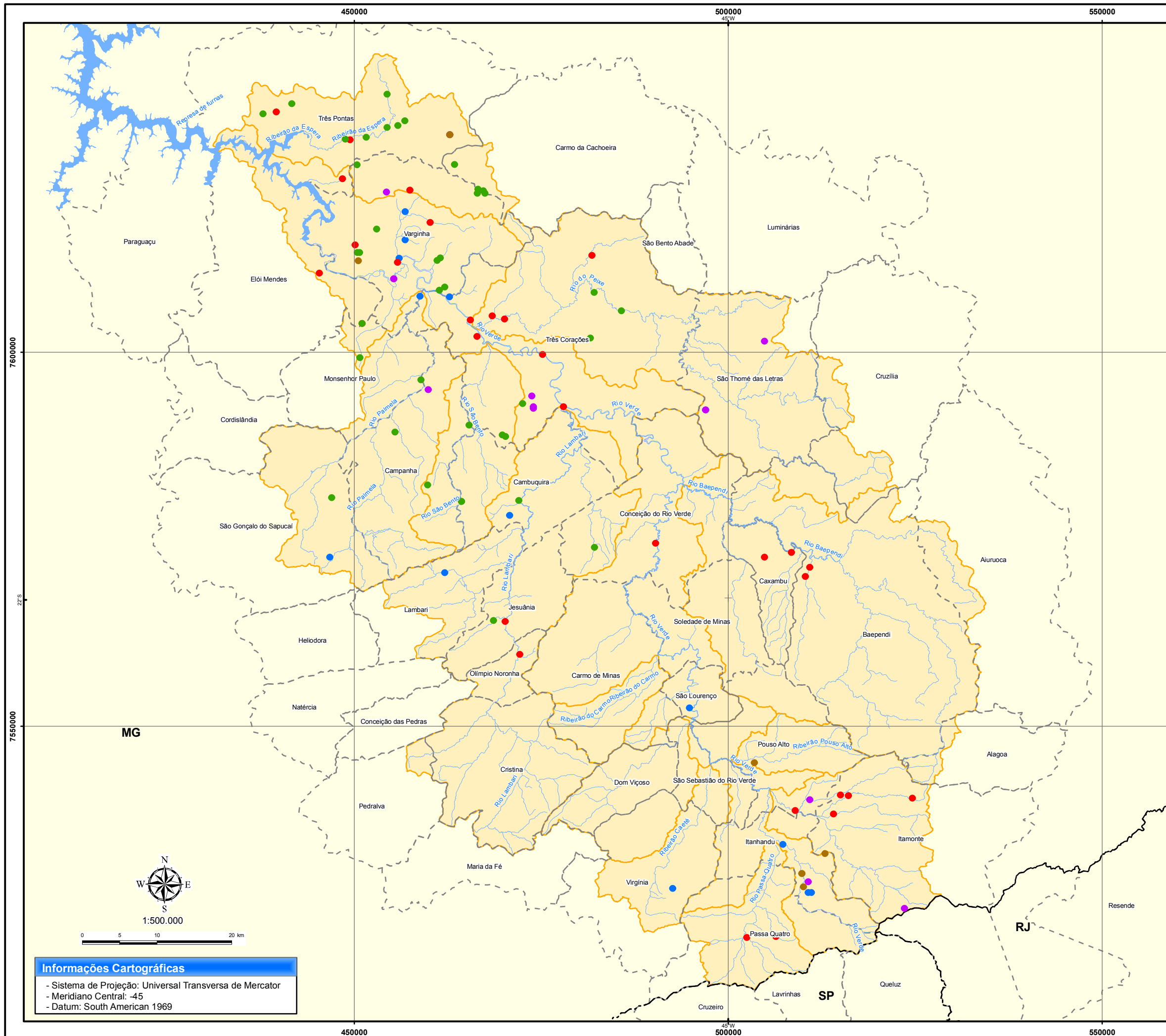
**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969

**Fontes dos Dados:**

- Outorgas : IGAM - jun/2009
- Limite Bacia : Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Estadual: IBGE
- Hidrografia: FEAM





## 205- Outorgas por classes de usos na bacia do rio Verde

Projeto:



Localização:



Legenda:

- Classes de usos**
- Abastecimento público
  - Consumo humano
  - Dessedentação de animais
  - Indústria
  - Irrigação

- Convenções:**
- Hidrografia
  - Limite Municipal
  - Limite Estadual
  - Limite sub bacias

Fontes dos Dados:

- Outorgas : IGAM - jun/2009
- Limite Bacia : Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Estadual: IBGE
- Hidrografia: FEAM

**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969

**206 - Outorgas superficiais por intervalo de vazão na bacia do rio Verde**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

**Intervalo de vazão em l/s**

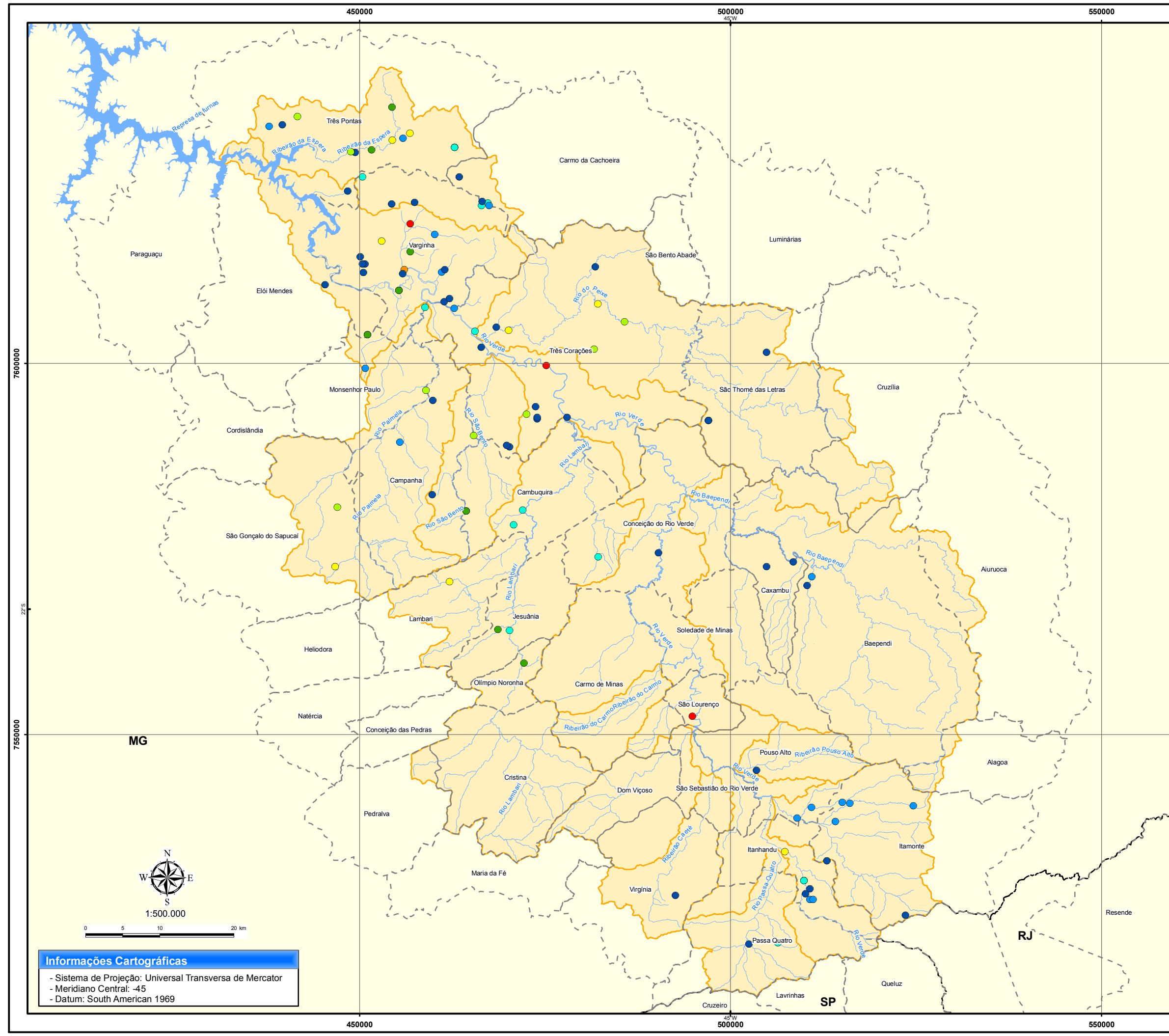
- 0,003 - 2,00
- 2,01 - 4,60
- 4,61 - 10,00
- 10,01 - 20,00
- 20,01 - 33,00
- 33,01 - 68,00
- 68,01 - 130,00
- 130,01 - 240,00

**Convenções:**

- Hidrografia
- Limite Estadual
- - - Limite Municipal
- ▭ Limite sub bacias

Fontes dos Dados:

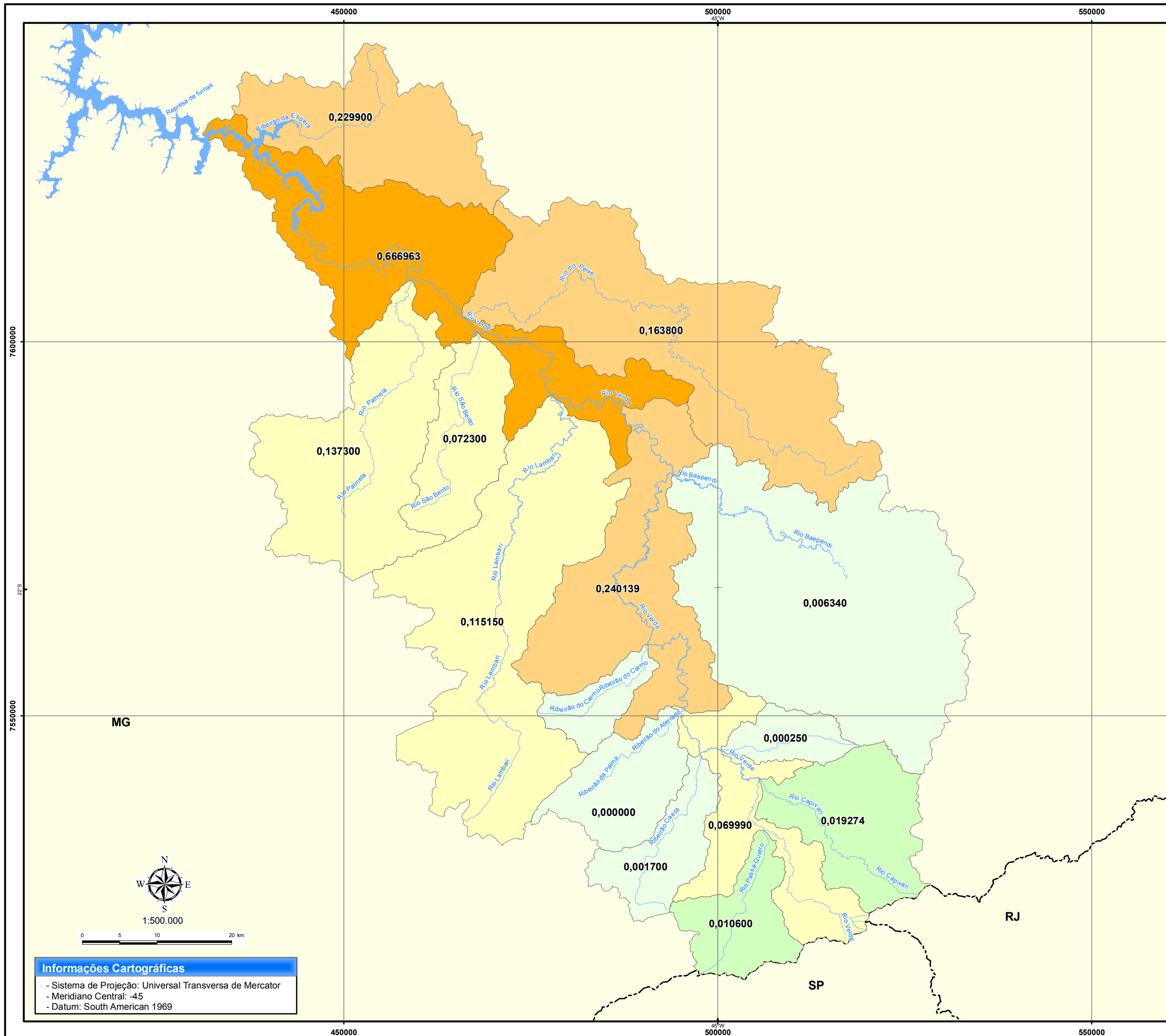
- Outorgas : IGAM - jun/2009
- Limite Bacia : Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Estadual: IBGE
- Hidrografia: FEAM



**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969





## 207 - Distribuição da vazão total outorgada por sub-bacias

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Legenda:

**Vazão outorgada por sub-bacia - m³/s**

- 0,000 - 0,006
- 0,011 - 0,020
- 0,070 - 0,140
- 0,164 - 0,240
- 0,670

Convenções:

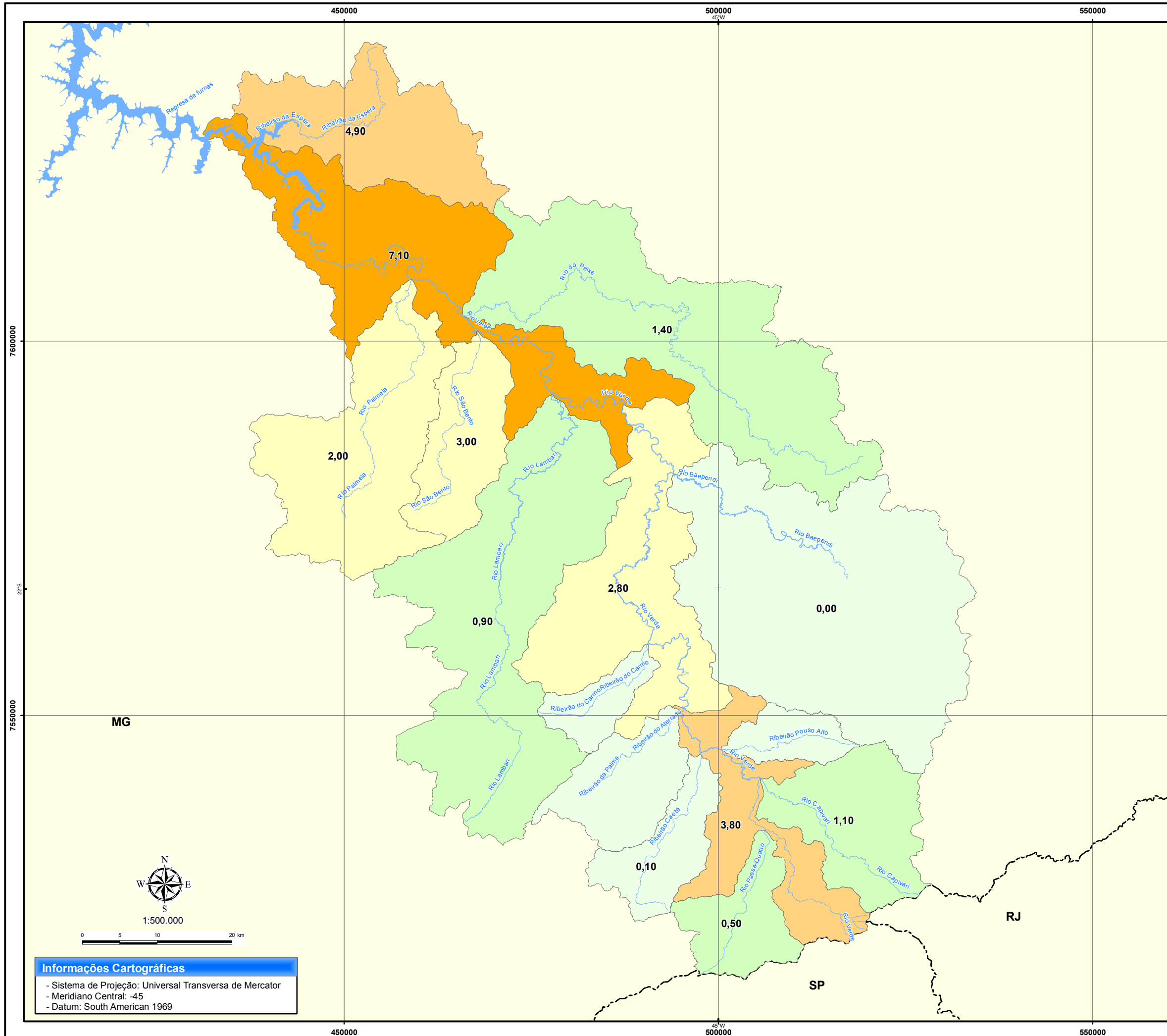
- Hidrografia
- - - Limite Estadual

Fontes dos Dados:

- Vazões Outorgadas: Calculado a partir dos dados de outorgas do IGAM
- Limite Bacia: Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Estadual: IBGE
- Hidrografia: FEAM

**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969



**208 - Vazão total outorgada em relação à % Q<sub>7,10</sub> por sub-bacias**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



**Legenda:**

**Vazão outorgada em relação à % - Q<sub>7,10</sub> - m³/s**

0,00 - 0,10
0,50 - 1,40
2,00 - 3,00
3,80 - 4,90
7,10

**Convenções:**

- Hidrografia
- - - Limite Estadual

**Fontes dos Dados:**

- Vazões Outorgadas: Calculado a partir dos dados de outorgas do IGAM
- Limite Bacia: Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Estadual: IBGE
- Hidrografia: FEAM

**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969

#### 5.3.1.4. USO ATUAL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O aproveitamento das águas subterrâneas na bacia do rio Verde é feito com fins múltiplos, servindo para o abastecimento público de pequenas a grandes cidades; abastecimento doméstico; industrial; agropecuário; e de lazer. No uso devem-se destacar as águas minerais das estâncias hidrominerais utilizadas para lazer, crenoterapia e envasamento.

O sistema de captação é variado e adaptado ao tipo de uso e volume captado. As captações levantadas são do tipo poços tubulares profundos, poços manuais (cisterna/cacimbas), e caixas coletoras ou pequenas barragens para as nascentes naturais.

As captações de nascentes ou surgências naturais são utilizadas em toda a bacia do rio Verde, principalmente na zona rural. A metodologia adotada é muito simples: o princípio básico é barrar o fluxo natural em um talvegue ou por meio de uma barragem ou caixa coletora construída no(s) local (is) onde aparecem a(s) surgência(s). Esse tipo de captação ocorre com maior frequência nas coberturas aluvionares ou no contato de alteração da rocha sã. Nas captações das nascentes de meia encosta observadas na região do circuito das águas usa-se uma metodologia simples e eficiente, construindo uma caixa coletora exatamente sobre a surgência. Esta caixa é cimentada nas partes lateral e superior. No fundo, por onde a água penetra na caixa, coloca-se uma camada de cascalho rolado ou de brita grossa, de mais ou menos 30 cm de espessura. Na parte superior, a caixa coletora tem uma tampa de inspeção para possibilitar a limpeza periódica.

As captações por meio de poços manuais escavados (cisternas), a exemplo das captações em surgências, são largamente utilizadas na zona rural com a finalidade do abastecimento doméstico ou mesmo para pequena irrigação ou dessedentação animal. Esse tipo de captação também é observado na periferia das cidades, onde os sistemas públicos de abastecimentos não alcançam, ou mesmo como uma opção para sair da tarifação da concessionária municipal. A construção dos poços manuais (cisternas/cacimbas) normalmente é feita com escavação manual, com diâmetro variando entre 0,90 e 1,50 metros em área onde o lençol freático é raso.

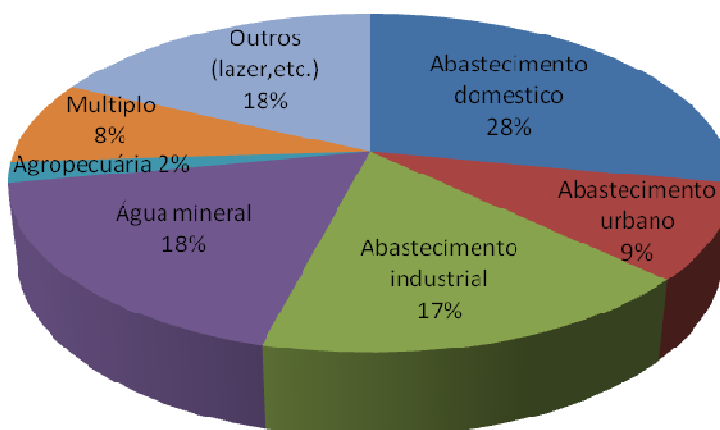
Outro tipo de captação de águas subterrâneas são os poços tubulares profundos. São captações que exigem tecnologia e equipamentos apropriados para construção e são utilizados para abastecimentos que exigem maiores volumes de água. A construção de poços tubulares deve passar necessariamente pelas seguintes fases: projeto, locação, perfuração, desenvolvimento, teste de produção, instalação do equipamento de bombeamento segundo projeto técnico, e construção da proteção sanitária do poço. Entretanto, nem sempre se observa a utilização desses procedimentos, o que traz como consequência, prejuízos financeiros enormes, com um elevado percentual de poços de baixa vazão ou mesmo secos.

Na bacia do rio Verde, começa a aparecer uma derivação desse tipo de captação, que vem sendo observada em quase todo o Brasil, são os poços tubulares rasos, popularmente conhecidos como poços “semi-artesianos”. Tais poços são perfurados em terrenos facilmente desagregáveis, com uso de equipamentos de pequeno porte, do tipo trados (manuais ou mecanizados), ou pequenas sondas que usam jatos de água como

elemento perfurador. O diâmetro de perfuração mais comum é 127 mm com revestimento de tubo de “PVC” com 101 mm.

Na bacia do rio Verde foram inventariadas 250 captações, sendo que 211 apresentam informação referente à sua natureza, destas, 26 são captações em nascentes, 37 são poços manuais e 148 poços tubulares. Ainda, foram inventariadas 103 captações no banco de dados de vazões insignificantes do IGAM/MG, porém não foram utilizadas no tratamento estatístico devido à falta de informações técnicas do cadastro.

No que se refere ao tipo de uso, as captações estão assim classificadas: 28% se prestam ao abastecimento doméstico, 9% para abastecimento urbano, 17% utilizadas por empreendimentos industriais, 2% poços são utilizados na dessedentação de animais e irrigação, e 18% das captações estão localizadas nos parques das estâncias hidrominerais ou em envasadoras de águas minerais. O restante das captações, 8%, são destinadas a usos múltiplos, e 18% foram classificadas em outros usos (lazer, hotéis, lavagem de veículos e etc.). A Figura 209 mostra um gráfico com a distribuição percentual das captações por tipo de uso.



**Figura 209 – Distribuição percentual das captações por tipo de uso.**

Analisando as informações inventariadas, observa-se que a vazão de água subterrânea captada na bacia atinge a 597,24 m<sup>3</sup>/h, e esta vazão representa o somatório das vazões outorgadas pelo IGAM/MG com as vazões determinadas em ensaios de bombeamento, que constam do cadastro do SIAGAS/CPRM, Fundação Gorceix (2001) e COPASA/MG. Ainda, deste universo de dados, 30,52 m<sup>3</sup>/h são captados em nascentes, 69,52 m<sup>3</sup>/h em poços manuais ou escavados e, o restante em poços tubulares profundos que correspondem a 497,45 m<sup>3</sup>/h.

Complementando as informações sobre o uso águas subterrâneas, dados levantados junto a Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA/MG apontam que a empresa atende a 9 municípios na bacia hidrográfica, sendo que, destes municípios, 6 apresentam captação subterrânea. Para atender essa demanda a COPASA tem na bacia um total de 12 poços tubulares em funcionamento com uma capacidade de produção de até 20,30 m<sup>3</sup>/h. A Tabela 141 apresentada a seguir, sintetiza o volume captado de águas subterrâneas na bacia para os diferentes tipos de uso.



Tabela 141 – Dados sobre uso de água subterrânea na bacia do rio Verde

Tipo de captação	Uso doméstico (m³/h)	Uso urbano (m³/h)	Uso industrial (m³/h)	Água mineral (m³/h)	Agropecuária (m³/h)	Uso múltiplo (m³/h)	Outros (m³/h)	Total (m³/h)
Nascentes	14,01	---	2,67	8,1	1,04	4,7	---	30,52
Manual	34,99	---	3,42	---	23,23	7,56	0,07	69,27
Tubular	122,39	22,36	148,95	42,16	2,12	70,08	89,39	497,45
<b>Total</b>	171,39	22,36	155,04	50,26	26,39	82,34	89,46	597,24

Ao individualizar as captações de água subterrânea por meio de poços tubulares profundos, observa-se que estas representam 83 % da água utilizada na bacia. O uso na indústria, incluindo a água mineral engarrafada, atinge 191,11m³/h. A Figura 210 mostra o gráfico com a distribuição dos volumes de água subterrânea, captados por meio de poços tubulares com a identificação do tipo de uso.

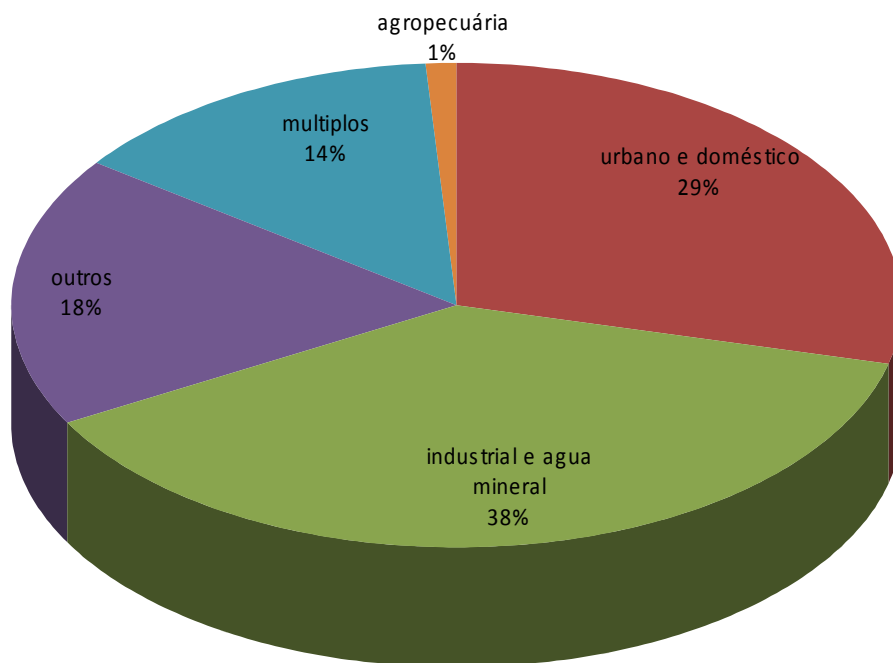


Figura 210 - Uso das águas subterrâneas captadas por poços tubulares.

Para finalizar o capítulo que trata do uso das águas subterrâneas na bacia do rio Verde é importante apresentar um panorama sobre o estágio atual de legalização das águas subterrâneas na bacia. Assim, a Tabela 142, mostra os volumes outorgados para os diversos tipos de uso, vale ressaltar que não estão computados os dados que compõem o cadastro de vazões insignificantes.

Tabela 142– Volumes de águas subterrâneas outorgados

Locais	Humano (m³/h)	Agroindustrial (m³/h)	Industrial (m³/h)	Agropecuária (m³/h)	Lavagem de veículos (m³/h)	Total (m³/h)
Poços tubulares	80,51	7,70	120,65	53,65	25,5	288,1
Surgências	0,91	8,6	-	3,125	2	17,93
Poços manuais	1	-	-	1,6	0,41	3,01
Total	82,42	16,3	121	58,38	27,91	309,04

#### 5.3.1.5. PERSPECTIVAS DE UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS – IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS E POTENCIALIDADES

Diante dos resultados alcançados neste trabalho, no que diz respeito à forma de ocorrência, localização na bacia, quantificação e qualificação dos recursos hídricos subterrâneos da área do projeto, apresenta-se aqui uma síntese com as perspectivas e limitações para aproveitamento das águas subterrâneas.

A transformação do potencial das águas subterrâneas em disponibilidade hídrica para o abastecimento de qualquer tipo está condicionada a fatores técnicos e econômicos, intrínsecos às características físicas do aquífero e da qualidade das águas. Neste sentido é fundamental que a definição por um tipo de captação deve ser precedida de um pré-dimensionamento dos projetos de captação, com o estabelecimento de critérios técnicos capazes de nortear a seleção das áreas mais favoráveis à exploração de água subterrânea, considerando qualidade e quantidade.

No caso de abastecimento público é fundamental que a escolha do manancial não se restrinja a parâmetros técnicos. É muito importante envolver a comunidade na escolha do sistema que irá servi-la. A participação da comunidade garante um maior comprometimento com a preservação e com a proteção do sistema. A imposição de um projeto de captação, à revelia da comunidade, pode trazer como consequência à rejeição do sistema a ser implantado.

Na bacia do rio Verde, mesmo considerando que os recursos hídricos superficiais são abundantes, a opção de abastecimento com o uso das águas subterrâneas é uma alternativa tecnicamente viável, em quase toda a região. Porém, a definição da melhor opção de captação deve ser analisada observando as diversas formas de ocorrência de água subterrânea, pois sempre deve existir uma solução mais apropriada à captação. Assim, no caso de abastecimento de pequenas comunidades e pequenas atividades agropecuárias, as captações de águas subterrâneas subsuperficiais, por poços rasos e por drenos, e as nascentes, quando viáveis oferecem soluções de fácil implementação, operação e manutenção e de baixo custo de construção. Porém, empreendimentos em comunidades mais populosas, vão exigir um sistema de maior produtividade, nesses casos são indicados os poços tubulares profundos que, apesar de exigirem um maior investimento nas fases de estudo e de construção, trazem ganhos em relação às captações superficiais, pois geralmente permitem a simplificação do tratamento da água a ser distribuída.

Diante deste quadro a viabilidade de exploração das águas subterrâneas para abastecimento deve ser analisada separadamente para cada aquífero, como se segue.

### **Aqüífero Granular ou Poroso**

Analisando os dados levantados neste projeto observa-se que o aquífero granular/poroso, instalado nas aluviões e coberturas detríticas, abrange uma área muito pequena, 330 km<sup>2</sup>. Já o manto de alteração apresenta uma distribuição espacial por quase toda a superfície do relevo regional.

As aluviões e as coberturas apresentam uma importância reduzida na área de estudo, visto a pequena distribuição e espessura das camadas aquíferas. Entretanto, em áreas rurais, mesmo com grande oferta de águas superficiais, captações bem planejadas neste meio e construídas de modo adequado podem se constituir numa alternativa de melhoria da qualidade das águas consumidas pela população, pelo menos quanto ao aspecto sanitário

O potencial destas duas unidades na área do projeto é praticamente desconhecido. Os dados de vazão das captações inventariadas mostram que o potencial é muito baixo. Entretanto, tendo em vista que este tipo de aquífero mostra espessuras reduzidas, níveis d'água muito rasos e sedimentos inconsolidados, a captação por meio de construções simples apresentam viabilidade técnica e econômica. Normalmente estes aquíferos são captados por meio de poços manuais (cisternas), que quando de grande diâmetro são denominados "poços amazonas", drenos ou caixas coletoras, estas últimas aplicadas para captação nas coberturas ou manto de alteração.

A qualidade das águas no meio poroso quase sempre é boa para o consumo humano, todavia, é fundamental tomar medidas de proteção sanitária adequadas às captações e aos equipamentos de extração d'água para evitar o risco de contaminação microbiológica. Diante da baixa produtividade, a exploração das aluviões e coberturas detríticas são mais indicadas para abastecimentos domésticos, ou pequenos projetos e irrigação na zona rural.

### **Aqüífero Fissurado**

Com extensa área de ocorrência na bacia os sistemas aquíferos fissurados apresentam um potencial explorável de complexa determinação sendo que a captação por poço tubular é a mais indicada para este meio. Para se obter sucesso na localização e captação nesse aquífero deve-se trabalhar na escala de detalhe, pelo menos para tentar responder a essa demanda com um pouco de objetividade.

Para a bacia do rio Verde os dados de reserva explorável, tomados com base na capacidade de armazenamento ou reservas renováveis da área de domínio dos aquíferos fissurados, é muito elevada, como demonstram os valores dos coeficientes de esgotamento e o volume armazenados anualmente. Os dados calculados a partir da análise dos hidrogramas indicam que o volume armazenado anualmente, nos trechos de bacia relacionados às estações com maior área de drenagem, totaliza 2,95 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>. Esse número não representa a totalidade da reserva explorável no meio fissurado, visto que alguns rios da bacia não possuem dados hidrológicos para a determinação do armazenamento da região.

Entretanto, os dados da capacidade de armazenamento não se confirmam ao analisar a capacidade de produção dos poços tubulares. Ou seja, os poços que captam desse meio

aquífero apresentam baixa produtividade, caracterizando um meio aquífero pobre a muito pobre. Essa aparente discrepância nos resultados mostrando baixa produtividade dos poços e alta capacidade de armazenamento pode ser entendida, pela presença de uma espessa camada de regolitos (manto de intemperismo) nas rochas metamórfica, somados aos altos índices pluviométricos da região.

As reservas explotáveis, ( $2,95 \times 10^9 \text{ m}^3$ ) são muito superiores aos volumes explotados na bacia. De acordo com os dados inventariados, a capacidade instalada das captações, que é certamente maior do que ao volume explotado, e representa menos de 0,5 % das reservas explotáveis ( $3,94 \times 10^6$ ), segundo o SIAGAS/CPRM. Esta vazão excedente é responsável pela perenização dos cursos d'água, mantendo sua vazão de base na época de estiagem, porém não são passíveis de se transformar em disponibilidade, em sua totalidade, visto à inviabilidade técnica de acesso a essas reservas.

Para captação, em sistema fissurado o poço tubular é a opção mais viável. Entretanto, deve-se considerar que os resultados são bastante imprevisíveis em face de heterogeneidade e anisotropia desses aquíferos, sendo normais os índices de insucessos (poços secos ou com vazão insuficiente), da ordem de 10 a 20%. Com isso, o projeto construtivo e a locação dos poços é uma etapa indispensável ao se optar por captar água subterrânea nesse sistema. A utilização de ferramentas geológicas, como análises estruturais e geofísicas, entre outras, para a determinação da locação em zonas ricas em fraturas relacionadas com a circulação de água, são fundamentais para minimizar os riscos de insucesso na perfuração.

No que se refere à profundidade de captação, para as duas subunidades do aquífero fissurado, os dados indicam que as descontinuidades abertas raramente ultrapassam a 120 metros. Com isso, este valor deve ser considerado como máximo no projeto de perfuração.

A produtividade desse meio, tomando por base os poços cadastrados, varia de baixa a muito baixa, conforme atestam os números de vazão específica onde 80% dos poços apresentam produtividade inferior a  $1,0 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ , e 62% deles têm produtividade de até  $0,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ . Apesar dos números apresentados, registram-se na bacia poços que produzem até  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ , o que viabiliza o abastecimento de pequenas comunidades, indústrias e a demanda rural.

#### **5.4. BALANÇO HÍDRICO**

A elaboração do balanço entre demandas e disponibilidades hídricas constitui atividade elementar para consecução de um plano diretor de recursos hídricos, a ponto da Lei nº 9.433/97, em seu art. 7º, considerá-lo como requisito básico, devendo ser realizado e apresentado em todo e qualquer plano de bacia.

O balanço hídrico permite retratar as peculiaridades das grandezas comparadas, fornecendo subsídio à gestão integrada dos recursos hídricos, podendo inclusive ser utilizado como indicativo dos principais conflitos hídricos atuais e futuros. Portanto, pode-se dizer que o balanço hídrico constitui a representação da situação natural com a realidade social, econômica, política e ambiental de uma determinada região hidrográfica. A realização desse procedimento permite indicar os principais problemas em áreas críticas, sob a ótica da utilização da água, estabelecendo uma correlação com outros fatores, como as atividades produtivas e crescimento demográfico.

Na bacia do rio Verde, o balanço hídrico foi realizado para as 15 sub-bacias dos afluentes, e em pontos de controle definidos ao longo da calha principal do rio Verde separando-o em três trechos: Alto, Médio e Foz, assim denominados:

- PC<sub>A</sub> – Compreende o exutório da área do Alto rio Verde;
- PC<sub>M</sub> – Compreende o exutório das áreas acumuladas do Alto e Médio rio Verde;
- PC<sub>F</sub> – Compreende o exutório de toda área de drenagem da bacia do rio Verde.

Ressalta-se que, assim como nas sub-bacias, nos balanços hídricos realizados nos pontos de controle PC<sub>A</sub>, PC<sub>M</sub> e PC<sub>F</sub> foram considerados os somatórios das vazões retiradas e não das vazões consumidas, ou seja, desconsiderando as parcelas das demandas que retornam para a calha principal do rio Verde.

Na Tabela 143, são apresentados os valores das vazões de estiagem Q<sub>7,10</sub> e Q<sub>95</sub>, das vazões de retiradas obtidas do estudo do ONS, 2003, e o balanço hídrico quantitativo realizado para cada uma das 15 sub-bacias, e pontos de controle definidos ao longo da calha principal do rio Verde.

Para avaliação das demandas frente à disponibilidade hídrica foram utilizados os valores estabelecidos nos dispositivos legais do Estado de Minas Gerais (DN 10/98) sobre critérios de outorga de direito de uso da água, principalmente no que tange à vazão de referência. Assim, foi feita a análise considerando o critério adotado pelo IGAM, que permite a retirada de até 30% da Q<sub>7,10</sub>, para captações sem regularização de vazão.

De uma forma geral, os resultados do balanço hídrico indicaram uma situação confortável na bacia do rio Verde, em termos de vazão retirada versus vazão outorgável.

Na Figura 196, presente no capítulo 5.3, é apresentada a análise da demanda hídrica com base na vazão de referência para outorga no Estado de Minas Gerais. De acordo com o critério adotado no Estado seria permissível ainda retirar uma maior quantidade de água nos cursos d'água da bacia do rio Verde.

Tabela 143 – Balanço hídrico na bacia do rio Verde

Trechos /Sub-bacias		Disponibilidade hídrica (m³/s)		Demandas (m³/s)	Balanço quantitativo (%)	
		Q <sub>7,10</sub>	Q <sub>95</sub>	[Retirada x 1,00]	Retirada/Q <sub>7/10</sub>	Retirada/Q <sub>95</sub>
ALTO	Alto Rio Verde	1,82	2,43	0,03	1,6%	1,2%
	Rib. Caeté	2,18	1,61	0,04	1,8%	2,5%
	Rib. do Aterrado	2,25	1,90	0,03	1,2%	1,4%
	Rib. Pouso Alto	1,66	1,04	0,03	1,8%	2,8%
	Rio Capivari	1,80	2,44	0,07	3,8%	2,8%
	Rio Passa Quatro	2,20	1,65	0,11	4,8%	6,4%
MÉDIO	Médio Rio verde	8,45	5,75	0,19	2,2%	3,3%
	Rib. do Carmo	1,28	0,90	0,04	3,0%	4,3%
	Rio Baependi	34,28	22,12	0,17	0,5%	0,8%
BAIXO	Baixo Rio Verde	9,34	5,68	1,05	11,3%	18,5%
	Rib. da Espera	4,68	2,85	0,01	0,3%	0,4%
	Rio do Peixe	11,68	7,11	0,15	1,2%	2,0%
	Rio Lambari	13,39	7,38	0,20	1,5%	2,7%
	Rio Palmela	6,99	4,25	0,13	1,9%	3,1%
	Rio São Bento	2,41	1,49	0,06	2,5%	4,1%
Pontos de controle	PCA	16,64	10,60	0,30	1,8%	2,8%
	PCM	38,12	24,75	0,70	1,8%	2,8%
	PCF	74,65	51,25	2,30	3,1%	4,5%

Analisando a Tabela 143, verifica-se o quão distante o valor da vazão retirada está da vazão outorgável (30% Q<sub>7,10</sub>), o que coloca a bacia hidrográfica do rio Verde em uma situação excelente para atendimento das demandas. Esse fato pode ser evidenciado analisando as sub-bacias do Baixo rio Verde e Ribeirão da Espera, onde se tem, respectivamente, a maior (1,05 m³/s, correspondendo a 11% da Q<sub>7,10</sub>) e a menor retirada da bacia (0,01 m³/s, correspondendo a 0,3% da Q<sub>7,10</sub>). Os valores retirados ainda estão bem distantes do limite legal de vazão outorgável no Estado, que no caso dessas sub-bacias correspondem a 2,80 m³/s e 1,40 m³/s, respectivamente.

Observa-se também um cenário de grande disponibilidade hídrica na sub-bacia do rio Baependi que demanda 0,17 m³/s, correspondendo à apenas 0,5% da Q<sub>7,10</sub>, ou seja, a sub-bacia dispõe ainda de 29,5% da vazão outorgável, correspondente a 10,11 m³/s.

Em relação ao balanço hídrico na calha principal do rio Verde, os resultados indicaram um comprometimento de 3,1% da vazão Q<sub>7,10</sub> estimada na foz da bacia, ou seja, cerca de 10% da vazão outorgável pelo IGAM. Diante dos resultados apresentados anteriormente, pode-se concluir que a bacia do rio Verde encontra-se em uma condição de não escassez hídrica, visto que em todas as sub-bacias foi identificado que as vazões retiradas, lá localizadas, são bem inferiores às vazões outorgáveis. Entretanto, considerando que as retiradas foram estimadas de estudos publicados pelo ONS em 2003 (a partir de dados de 2000), julgou-se conveniente realizar novas simulações para três cenários hipotéticos que representem situações mais críticas de demanda hídrica, com o intuito de avaliar os riscos futuros de escassez e conflitos pelo uso d'água na bacia do rio Verde:

- Cenário I: considerando 10% de crescimento nas retiradas estimadas inicialmente;
- Cenário II: considerando 20% de crescimento nas retiradas estimadas inicialmente; e
- Cenário III: considerando 30% de crescimento nas retiradas estimadas inicialmente.

Para os três cenários apresentados foram mantidas as mesmas disponibilidades hídricas estimadas para as condições atuais, ou seja, não foram considerados incrementos de vazões de estiagem decorrentes de eventuais obras de regularização do regime hídrico da bacia do rio Verde. As Tabelas 144 a 146 apresentam os resultados dessas simulações. De uma forma geral, pode-se observar que mesmo com incrementos de até 30% nas vazões retiradas (Cenário III), as sub-bacias apresentam uma grande margem entre a vazão retirada e a outorgável, possuindo situação excelente de atendimento de demandas. Da mesma forma, o balanço hídrico na calha principal do rio Verde indicou um comprometimento máximo de apenas 4,0% da vazão  $Q_{7,10}$  total da bacia do rio Verde.

É importante ressaltar que, para validação dos resultados aqui apresentados, é fundamental um conhecimento mais aprofundado dos usos e usuários localizados nas sub-bacias para a confirmação ou não das estimativas indicadas, e da condição de escassez ou abundância hídrica da bacia. Portanto, é imprescindível e urgente o cadastramento de todos os usuários instalados na bacia do rio Verde.

**Tabela 144 – Balanço quantitativo para o cenário hipotético I**

Trechos /Sub-bacias		Disponibilidade hídrica (m³/s)		Demandas (m³/s)	Balanço quantitativo (%)	
		Q <sub>7,10</sub>	Q <sub>95</sub>	[Retirada x 1,10]	Retirada/Q <sub>7/10</sub>	Retirada/Q <sub>95</sub>
<b>ALTO</b>	Alto Rio Verde	1,82	2,43	0,03	2%	1%
	Rib. Caeté	2,18	1,61	0,04	2%	3%
	Rib. do Aterrado	2,25	1,90	0,03	1%	2%
	Rib. Pouso Alto	1,66	1,04	0,03	2%	3%
	Rio Capivari	1,80	2,44	0,08	4%	3%
	Rio Passa Quatro	2,20	1,65	0,12	5%	7%
<b>MÉDIO</b>	Médio Rio verde	8,45	5,75	0,21	2%	4%
	Rib. do Carmo	1,28	0,90	0,04	3%	5%
	Rio Baependi	34,28	22,12	0,18	0,5%	1%
<b>BAIXO</b>	Baixo Rio Verde	9,34	5,68	1,16	12%	20%
	Rib. da Espera	4,68	2,85	0,01	0,3%	0,5%
	Rio do Peixe	11,68	7,11	0,16	1%	2%
	Rio Lambari	13,39	7,38	0,22	2%	3%
	Rio Palmela	6,99	4,25	0,15	2%	3%
	Rio São Bento	2,41	1,49	0,07	3%	5%
<b>Pontos de controle</b>	PCA	16,64	10,60	0,33	2%	3%
	PCM	38,12	24,75	0,76	2%	3%
	PCF	74,65	51,25	2,53	3%	5%

Tabela 145 – Balanço quantitativo para o cenário hipotético II

Trechos /Sub-bacias		Disponibilidade hídrica (m³/s)		Demandas (m³/s)	Balanço quantitativo (%)	
		Q <sub>7,10</sub>	Q <sub>95</sub>	[Retirada x 1,20]	Retirada/Q7/10	Retirada/Q95
<b>ALTO</b>	Alto Rio Verde	1,82	2,43	0,04	2%	1%
	Rib. Caeté	2,18	1,61	0,05	2%	3%
	Rib. do Aterrado	2,25	1,90	0,03	1%	2%
	Rib. Pouso Alto	1,66	1,04	0,04	2%	3%
	Rio Capivari	1,80	2,44	0,08	5%	3%
	Rio Passa Quatro	2,20	1,65	0,13	6%	8%
<b>MÉDIO</b>	Médio Rio verde	8,45	5,75	0,23	3%	4%
	Rib. do Carmo	1,28	0,90	0,05	4%	5%
	Rio Baependi	34,28	22,12	0,20	0,6%	1%
<b>BAIXO</b>	Baixo Rio Verde	9,34	5,68	1,26	14%	22%
	Rib. da Espera	4,68	2,85	0,02	0,3%	0,5%
	Rio do Peixe	11,68	7,11	0,17	1%	2%
	Rio Lambari	13,39	7,38	0,24	2%	3%
	Rio Palmela	6,99	4,25	0,16	2%	4%
	Rio São Bento	2,41	1,49	0,07	3%	5%
<b>Pontos de controle</b>	PCA	16,64	10,60	0,36	2%	3%
	PCM	38,12	24,75	0,83	2%	3%
	PCF	74,65	51,25	2,76	4%	5%

Tabela 146 – Balanço quantitativo para o cenário hipotético III

Trechos /Sub-bacias		Disponibilidade hídrica (m³/s)		Demandas (m³/s)	Balanço quantitativo (%)	
		Q <sub>7,10</sub>	Q <sub>95</sub>	[Retirada x 1,30]	Retirada/Q7/10	Retirada/Q95
<b>ALTO</b>	Alto Rio Verde	1,82	2,43	0,04	2%	2%
	Rib. Caeté	2,18	1,61	0,05	2%	3%
	Rib. do Aterrado	2,25	1,90	0,03	1%	2%
	Rib. Pouso Alto	1,66	1,04	0,04	2%	4%
	Rio Capivari	1,80	2,44	0,09	5%	4%
	Rio Passa Quatro	2,20	1,65	0,14	6%	8%
<b>MÉDIO</b>	Médio Rio verde	8,45	5,75	0,25	3%	4%
	Rib. do Carmo	1,28	0,90	0,05	4%	6%
	Rio Baependi	34,28	22,12	0,22	0,6%	1%
<b>BAIXO</b>	Baixo Rio Verde	9,34	5,68	1,37	15%	24%
	Rib. da Espera	4,68	2,85	0,02	0,4%	0,6%
	Rio do Peixe	11,68	7,11	0,19	2%	3%
	Rio Lambari	13,39	7,38	0,26	2%	3%
	Rio Palmela	6,99	4,25	0,17	2%	4%
	Rio São Bento	2,41	1,49	0,08	3%	5%
<b>Pontos de controle</b>	PCA	16,64	10,60	0,39	2%	4%
	PCM	38,12	24,75	0,90	2%	4%
	PCF	74,65	51,25	2,99	4%	6%



## 5.5. ÁGUAS MINERAIS

A bacia do rio Verde abriga as principais estâncias de águas minerais do Estado de Minas Gerais. Nesta região estão localizadas as estâncias hidrominerais de Caxambu, São Lourenço, Cambuquira, Marimbeiro, Lambari e Águas de Contendas (município de Conceição do Rio Verde). Além, das estâncias hidrominerais citadas os municípios de Varginha, Itamonte, Passa Quatro e Pouso Alto possuem empresas autorizadas a envasar águas minerais.

Em consulta ao banco de dados do Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM – SIGMINE, realizada em 04/07/2009, constata-se que existem, na bacia do rio Verde, 14 processos de direitos minerários para águas minerais na fase de concessão de lavra, e 5 na fase de requerimento de lavra. O Quadro 29 mostra a relação dos direitos minerários.

### 5.5.1. ÁGUAS MINERAIS DE CAXAMBU

A Estância Hidromineral de Caxambu possui, dentro dos limites do Manifesto de Mina, 13 pontos de surgências de água subterrânea, sendo todos captados por poços rasos. As fontes D. Izabel e Conde D'Eu estão situadas próximas, sob um mesmo fontanário, na margem direita do canal do ribeirão Bengo. As demais fontes estão situadas na margem esquerda. Ao longo do leito do ribeirão para montante, a partir da portaria do parque, existem as seguintes fontes: Dona Leopoldina, Duque de Saxe, Beleza, D. Pedro, Viotti, Venâncio, Mayrink 1, 2 e 3 e Ernestina Guedes. A décima terceira surgência corresponde a um poço tubular, que apresenta jorros intermitentes e por isto é conhecido como *gêiser*. Todas as águas são carbogasosas com diferenças nas suas vazões e composição química, o que as diferencia nos seus diversos usos, dentre eles as aplicações crenoterápicas, os banhos hidrotermais e o envase industrial.

As águas das fontes Mayrink 1, 2 e 3, por serem mais leves e menos mineralizadas são utilizadas na indústria de envase e comercialmente denominadas Água Mineral Caxambu. Em outras épocas foram também aproveitadas às águas das fontes Viotti e D. Pedro. As outras fontes são disponibilizadas ao público no parque das águas.

Neste relatório, procurou-se resgatar todas as informações existentes, tendo como fonte de informações os trabalhos realizados pela CPRM/COMIG, entre os anos de 1993 e 1999, contidos na publicação Projeto Circuito das Águas (1999); no trabalho realizado pela Fundação Gorceix (FG 2001) elaborado com o objetivo de definir as áreas de proteção ambiental do Parque das Águas de Caxambu e no Plano de Aproveitamento Econômico da Indústria de Envase executado pela Carmo e Delgado (2006).

#### 5.5.1.1. HISTÓRICO

As águas minerais de Caxambu são conhecidas desde 1772, quando foram descobertas pelos escravos da fazenda Caxambu, que as denominavam Águas Santas. No início do século XIX houve verdadeiras romarias ao local das fontes, onde as pessoas se instalavam em palhoças, o que fez surgir, por volta de 1830 a 1840, um tipo de aldeia. Em 1841, por ordem judicial, esta aldeia, repleta de lázaros, foi incendiada. No ano de 1850 foram então erguidas as primeiras casas constituindo Vila de Nossa Senhora dos Remédios de Caxambu, atualmente Caxambu (LEMOS, 1998).

**Quadro 29 - Processos de direitos minerários na bacia do rio Verde - água mineral**

<b>Número</b>	<b>Ano</b>	<b>Fase</b>	<b>Nome</b>	<b>Município e uso</b>	<b>Última movimentação no processo</b>
830253	2002	Requerimento de lavra	Água de Minas - indústria, comércio e exportação Ltda	Conceição do Rio Verde/ engarrafamento	Requerimento de lavra protocolado- aguarda publicação de Portaria de Lavra.
830016	2001	Concessão de lavra	Água Mineral Varginha Ltda	Varginha/ engarrafamento	Envasa a marca Água Mineral Varginha.
830289	1987	Concessão de lavra	Comércio Indústria de Bebidas Áurea Ltda	Passa Quatro/ engarrafamento	Concessão de lavra publicada – envasa as águas minerais Magma e Hortência.
2857	1935	Concessão de lavra	CODEMIG/COPASA	Caxambu /parque e engarrafamento	Água Mineral Caxambu.
135	1951	Concessão de lavra	CODEMIG/COPASA	Cambuquira/ parque e engarrafamento	Água Mineral Cambuquira.
139	1951	Concessão de lavra	CODEMIG / Superfonte	Conceição do Rio Verde/ parque e engarrafamento	Parque localizado no distrito de Águas de Contendas.
13501	1951	Concessão de lavra	CODEMIG	Cambuquira/ balneário e parque	Parque do Marimbeiro.
836	1965	Concessão de lavra	CODEMIG/COPASA	Lambari/ parque e engarrafamento	Água Mineral Lambari.
835847	1994	Concessão de lavra	Empresa de Águas Engenho da Serra Ltda	Itamonte/ engarrafamento	Envasa a Água Mineral Engenho da Serra.
831886	1991	Requerimento de lavra	Fausto ribeiro & Cia Ltda	Cambuquira/ engarrafamento	Não entrou em operação.
831801	1991	Requerimento de lavra	Hotel Glória S.A.	Caxambu/ balneário	Requerimento de lavra.
830069	1981	Concessão de lavra	Jomar – Mineração Jotamar Ltda	São Lourenço/ engarrafamento	Fonte localizada no pátio do hotel Brasil – uso nas duchas dos hóspedes.
830596	2000	Concessão de lavra	José do Carmo Ninni Mineradora	Lambari/ engarrafamento	Fase de montagem da indústria.
1356	1940	Concessão de lavra	Mineração Água Padre Manoel Ltda	Passa Quatro/ engarrafamento	Detentora das marcas Padre Manoel e Magma.
830956	2003	Concessão de lavra	Mineração Pouso Alto Ltda	Pouso Alto/ engarrafamento	Envasa águas das fontes Pouso Alto e D'Albina.
832087	2002	Requerimento de lavra	Mineradora Mina da Serra Ltda.	Itamonte/engarrafamento	Protocolou licenciamento ambiental no DNPM
832944	2002	Concessão de lavra	Mineradora Serra de Caxambu Ltda	Caxambu/ parque e engarrafamento	Apresentou Relatório anula de lavra em 2008.
2973	1935	Concessão de lavra	Nestlé Waters Brasil - Bebidas e Alimentos Ltda	São Lourenço/ engarrafamento	Envasa a marca São Lourenço.

Em 1873 foi nomeada uma comissão de membros da Academia Imperial de Medicina para analisar as águas minerais de Caxambu, cujos resultados foram publicados em 1874. Em 1888, Souza Lima vistoriou as obras de saneamento que estavam sendo implantadas, tais como canalização do ribeirão Bengo e instalação de banheiros públicos. Novamente, em 1890, outra comissão da Academia Nacional de Medicina realizou novas análises das águas. No início do século XX, outras obras foram executadas, com melhorias no parque e nas captações, incluindo novas fontes. No período entre 1907 a 1914, diversos estudos físico-químicos foram realizados, com destaque para as análises de Alfred Schaeffer (1914), que se tornaram referência da qualidade das águas por todo o século.

Monat (1894, *in* LEMOS, 1998), descreve com razoável precisão o processo mineralizador das águas e a sistemática de captação das fontes, demonstrando a intercomunicação das águas das fontes e as providências tomadas para isolá-las.

Caxambu (Figura 211), devido à sua localização geográfica e por possuir maior número de fontes e diversidade de águas, sempre foi mais investigada e explorada que suas irmãs do Circuito das Águas, à exceção, talvez, de São Lourenço.



**Figura 211 - Vista geral da cidade de Caxambu, a montante do Parque das Águas, tomada do alto do Morro de Caxambu, tendo no primeiro plano, a linha do teleférico e o lago do parque.**

#### 5.5.1.2. CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS AQUÍFEROS LOCAIS

Na área da estância hidromineral de Caxambu as águas subterrâneas percolam por dois tipos principais de aquíferos: um de natureza granular, com porosidade primária, e outro do tipo fissurado, onde a circulação e o armazenamento da água se fazem em porosidade de natureza secundária, desenvolvida sobre as rochas pelos eventos tectônicos (Figura 212).

#### 5.5.1.2.1. AQUÍFEROS FISSURAIS

O sistema aquífero fissural é do tipo livre a semi-confinado, ocorre em rochas pré-cambrianas (gnaisses, lentes de quartzitos e anfibolitos) cortadas por pequenas intrusões alcalinas. Sua ocorrência é predominante na sub-bacia do ribeirão Bengo, a montante do Parque das Águas de Caxambu. Esses aquíferos são restritos às principais descontinuidades geológicas de direção N30°-40°E e N40°-60°W, sendo limitados a profundidades de até 100 m.

O *plug* de rochas alcalinas constitui um sistema fraturado diferenciado, devido à presença de descontinuidades preenchidas com brechas que podem atingir profundidades superiores.

A armazenagem da água no sistema fissural ocorre em descontinuidades geológicas do maciço rochoso, tais como fissuras, fraturas, juntas e falhas. Trata-se de um meio heterogêneo, anisotrópico e frequentemente descontínuo. Na maioria das vezes, a porosidade secundária e a potencialidade são menores que a dos aquíferos porosos.

As condições de circulação das águas nesses aquíferos são bastante diferentes das do meio poroso, mas há casos em que os fluxos fissurais assemelham-se aos dos aquíferos porosos. Isso acontece na medida em que a malha ou trama formada pelo conjunto de juntas e fissuras torna-se densa o bastante para propiciar ao meio certa continuidade. Em maiores profundidades, quando a trama das fissuras e juntas é menos densa, os fluxos subterrâneos fissurais tendem a seguir certas descontinuidades geológicas preferenciais da região, tais como falhas.

O meio fissural pode ser analisado por uma aproximação de modo discreto ou contínuo. Na aproximação discreta, cada descontinuidade é analisada individualmente, enquanto na aproximação contínua o meio é assumido como formado pela reunião de todas as descontinuidades e se comporta como poroso.

O aquífero fissural é desenvolvido principalmente em gnaisses com intercalações de xistos, quartzitos e anfibolitos, do Grupo Andrelândia (Proterozóico Médio/Superior) e rochas intrusivas alcalinas (Mesozóico).

A intrusão das rochas alcalinas, tanto na forma de *plug* quanto de diques, aproveitou as descontinuidades pré-existentes e gerou outras, muitas delas preenchidas com brechas e turmalinitos, tanto nas encaixantes quanto no próprio material intrusivo. Esse ambiente geológico-estrutural provavelmente formou um sistema aquífero de comportamento semiporoso, o que permite uma análise de aproximação contínua, dado a seu elevado grau de fraturamento.

Estudos realizados em sistemas aquíferos em meio fissural têm revelado que a trama de fraturas é mais densa e freqüente na zona superficial, até os 60-80 m de profundidade, tornando-se menos densa e freqüente nas zonas de maior profundidade. Este dado pode ser aplicado ao sistema fraturado das rochas gnáissicas, mas não para o sistema fraturado das rochas alcalinas, que conforme já citado deve apresentar percurso subterrâneo mais profundo.

## 212 - Mapa hidrogeológico da sub-bacia do ribeirão Bengo

Projeto:

PDRH Rio Verde



Legenda:

### SISTEMAS AQUÍFEROS

- p** Aquíferos porosos, intergranulares, descontínuos, locais, livres, semiconfinados a confinados, subordinados aos aluviões. Constituídos de cascalho, areia, silte e argila em proporções diversas, apresentando localmente, nível de argila turfácea. Espessura máxima de 20 metros. Permeabilidade alta a média, ocasionalmente baixa dependendo da proporção de silte e argila. Alimentação direta através dos rios e chuvas. Aproveitamento por poços escavados de grande diâmetro ou tubulares rasos.
- f** Aquíferos descontínuos fraturados livres. Litologia representada por gnaisses e quartzitos. Rocha intrusiva alcalina ( $\lambda$ ), devido ao sistema de brechas, é tido como sistema misto. Permeabilidade média a baixa. Aproveitamento por poços tubulares de até 100 metros.
- x** Aquíferos, aquíferos praticamente ausentes, caracterizando áreas onde predominam xistos. Ocorrências de água subterrânea de pequena expressão restritas a níveis quartzíticos.

— Limite de sistemas aquíferos

### PRODUTIVIDADE DO POÇO

A B C (A- Nascente; B- Poço Escavado, C- Poço Tubular)

- Vazão estimada
- Captação água mineral
- Poço tubular água mineral
- Sondagem

### DISPOSIÇÃO DOS ELEMENTOS

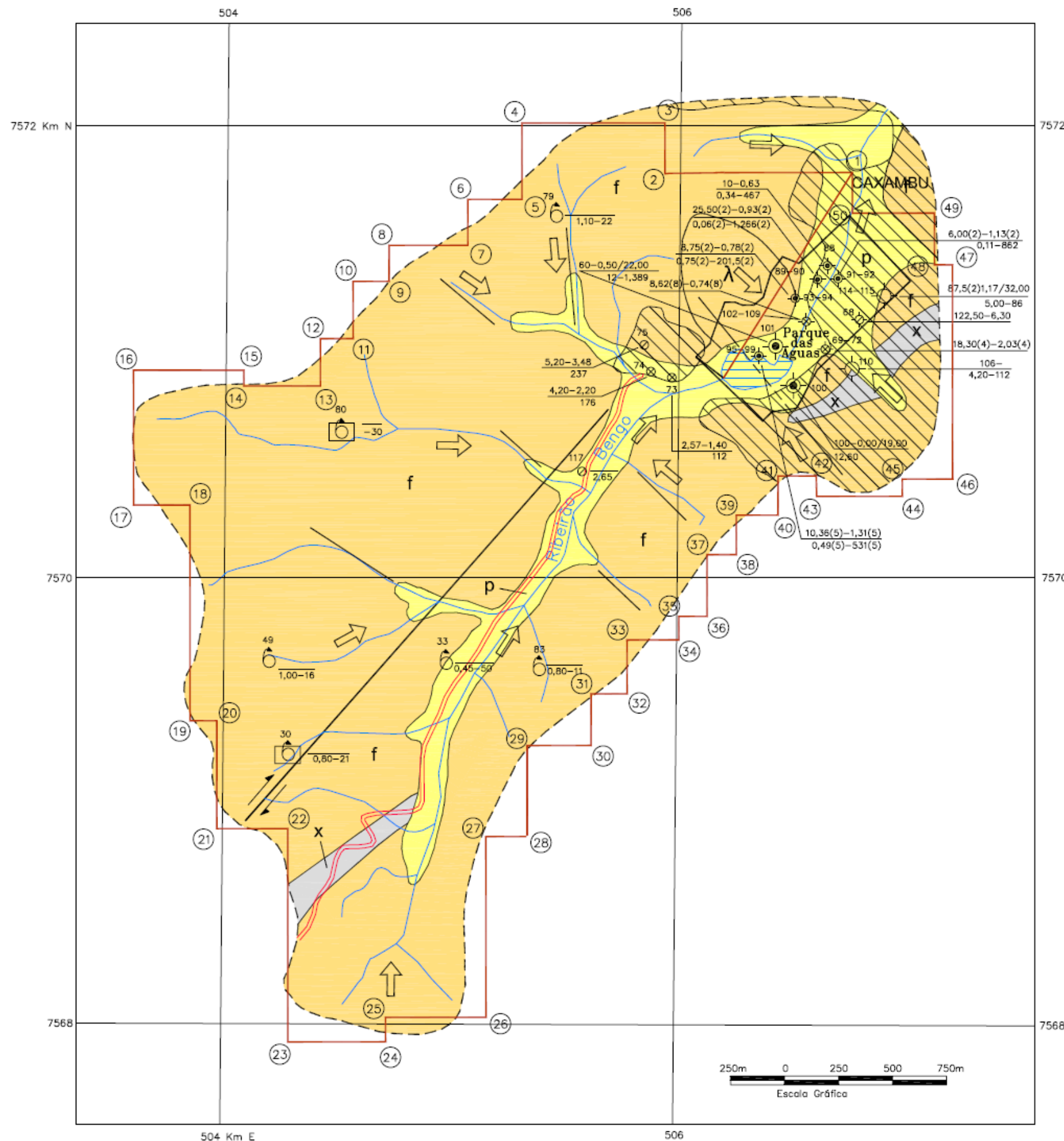
- 1 - Número do poço
- 2 - Aquífero captado
- 3 - Profundidade (m)
- 4 - Nível estático (m)/Nível dinâmico(m)
- 5 - Vazão ( $m^3/h$ )
- 6 - Totais de sais dissolvidos (mg/l) (entre parênteses o número de dados usados para obter as médias) (CPRM)

### ELEMENTOS ESTRUTURAIS

- Limite de zona de cisalhamento
- Fratura

### CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Estrada de terra
- Poligonal de concessão de lavra
- Captação de nascente
- Direção preferencial do fluxo subterrâneo
- Cidade
- Limite de área de proteção ambiental
- Curso d'água
- Lago
- Limite da sub-bacia do ribeirão Bengo



Base planimétrica gerada a partir da digitalização da base cartográfica das folhas de Caxambu SF.23-X-C-IV-3 e Pouso Alto SF.23-Z-A-I-1 do IBGE, escala 1.50.000 ampliada para escala 1.20.000.  
Adaptado do Mapa Hidrogeológico do Município de Caxambu.  
Executado por José do Espírito Santo Lima. Editoração cartográfica executada na GERIDE/CPRM/BH.

Local: Parque das Águas  
Município: Caxambu/MG  
Substância: Água Mineral  
Processo DNPM:2857/35  
Área (ha): 39,86  
RT: Carmo e Delgado Geólogos Consultores Ltda  
Fonte:COMIG/Fundação Gorceix 2001



As informações disponíveis em Caxambu, de registros de “entradas de água” ou profundidade de fraturas, descritas nos poços tubulares, são reduzidas e não permitem a análise detalhada da frequência e profundidade das fraturas produtoras de água na região.

Dos poços tubulares cadastrados no Parque das Águas, o *gêiser* é o que fornece melhores informações sobre a composição e o grau de fraturamento do substrato rochoso. Pelos dados disponíveis no seu perfil construtivo, a rocha subjacente a aluvião é alcalina e está intensamente intemperizada e fraturada. Dados de interpretação geofísica sugerem rocha compacta a partir dos 60 m, que é cortada por fraturas preenchidas por brechas alcalinas, que são os condutos preferenciais de circulação das águas subterrâneas profundas.

#### 5.5.1.2.2. AQUÍFEROS GRANULARES

O sistema aquífero granular (poroso) ocorre associado às formações superficiais, como solos e mantos de intemperismo rochosos, sobrejacentes ao substrato pré-cambriano/mesozóico. São sistemas aquíferos livres conectados hidraulicamente com o sistema fraturado subjacente, possuindo poucas dezenas de metros de espessura. Esse meio poroso favorece bastante a recarga pelas águas pluviais e representa uma barreira físico-química natural de proteção contra agentes contaminantes.

Na região, esse sistema aquífero é constituído de argilas silto-arenosas, cuja granulometria varia em função do tipo da rocha derivada. À exceção dos termos quartzíticos, que geram produtos de alteração mais arenosos, predominam granulometrias finas com diferentes graus de compacidade. A espessura saturada é variável, com valores estimados da ordem de 10 a 15 metros para as coberturas das rochas pré-cambrianas.

O manto de intemperismo formado a partir das rochas intrusivas alcalinas é espesso, podendo atingir profundidades acima de 100 m, com espessa zona aerada. Esse sistema aquífero tem grande importância local na circulação e mineralização das águas subterrâneas. As zonas de brecha, devido à existência de vazios, favorecem a circulação da água e permitem o ataque químico a grandes profundidades.

Nas vertentes mais íngremes do morro Caxambu, principalmente nos flancos leste e sul, são descritos grandes blocos rolados de rocha, que indicam a presença de tálus no sopé do morro, blocos de carapaça ferruginosa, comuns no topo, podem sustentar a topografia. Na área próxima às fontes Mayrink ocorre um pequeno talude que revela a presença deste depósito.

Este tipo de depósito coluvionar apresenta alta taxa de variação sazonal de vazões, sofrendo grande influência pluviométrica. Também constitui um aquífero granular livre, de alta permeabilidade, que pode variar em função da granulometria do sedimento.

Os depósitos aluvionares, também considerados aquíferos granulares e livres, são constituídos predominantemente por sedimentos finos (argila e silte). Sondagens demonstram a existência de camada de matéria orgânica no topo e de areia/cascalho na base. Nos níveis mais argilosos a permeabilidade é baixa e o depósito aluvionar tende se comportar como um aquífero. Capeando toda a camada aluvionar ocorre uma espessa

camada de argila com matéria orgânica ou turfácea que pode atingir até 8 metros de espessura.

O aquífero granular associado às aluviões ocorre ao longo do leito do ribeirão Bengo, principalmente no seu trecho urbano, onde alcança suas maiores dimensões, chegando a medir 500 x 400 m em planta e atingir até 20 m de profundidade. A zona saturada é espessa, com o lençol freático situado a menos de 2 m de profundidade.

#### 5.5.1.3. ÁREA DE RECARGA DO AQUÍFERO DE CAXAMBU

A recarga dos aquíferos, granular e fissurado, ocorre por infiltração pluvial direta nas áreas topograficamente mais elevadas e escoam em sub-superfície, por linhas de fluxos convergentes até o nível de base local, marcado pelo leito do ribeirão Bengo.

A principal área de recarga está situada no morro Caxambu, devido à presença da intrusão alcalina, que se constitui no mais expressivo meio de circulação e mineralização das águas captadas no parque.

Estudos isotópicos desenvolvidos pela Fundação Gorceix para a COMIG em 2002, indicam que existe uma pequena mistura nas águas captadas nas fontes hidrominerais, de águas mais profundas com águas de circulação sub-superficial. As amostras das fontes hidrominerais, similares entre si, mostram baixos conteúdos isotópicos, enquanto que o conjunto das amostras de águas comuns tem valores mais elevados de  $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$ , sugerindo águas de origem diferenciada quanto aos seus locais de infiltração.

#### 5.5.1.4. CARACTERIZAÇÃO DAS FONTES DO PARQUE DAS ÁGUAS DE CAXAMBU

As águas minerais que ocorrem na estância hidromineral de Caxambu estão associadas, principalmente, ao aquífero do tipo fraturado em rocha gnáissica, possivelmente milonitizada e preenchida por brechas alcalinas, sobreposto por sedimentos aluvionares de granulometria variada e por uma camada de argila com matéria orgânica, com até 8,0 m de espessura, conforme se pode visualizar no perfil hidrogeológico apresentado na Figura 213.

No parque das águas encontram-se cadastradas 12 captações de água mineral. As captações, sempre próximas uma das outras, ocorrem junto aos respectivos fontanários, exceto a fonte Beleza, que é captada a 50 m do mesmo.

O padrão construtivo das captações segue um mesmo modelo, por meio de escavações rasas, retirando-se o pacote de sedimentos até atingir a rocha sã, onde é cravado um tubo cerâmico que conduz a água até o fontanário.

Consta da literatura que a profundidade perfurada fica entre 6,0 e 10 m, excetuando-se a fonte Beleza que atingiu 45 m. Na unidade de envasamento são utilizadas as águas provenientes das fontes Mayrink 1, 2 e 3, escolha que pode ser atribuída ao fato de se tratarem de águas mais leves e menos mineralizadas.

Os dados referentes à vazão encontram-se registrados na Tabela 147.

## 213 - Perfil hidrogeológico de Caxambu



PDRH Rio Verde



### Legenda:

#### UNIDADES GEOLÓGICAS

- Sedimentos aluvionares c/ níveis de argilo turfócea (c), areia e argila.
- Calçêvo c/ blocos e fragmentos de rochas alcalinas
- Solo (elúvio) argilo-arenoso
- Brechas alcalinas
- Rochas alcalinas
- Gnaisses com intercalações de lentes de xistos e anfíbolitos

#### SIMBOLOGIA

- Limite da zona temperizada
- Limite inferior da zona fraturada
- Contato corpo intrusivo alcalino com gnaisses encaixantes
- Fraturas
- Zona de contato muito fraturada
- Arqueamento / dobras associadas à intrusão

#### UNIDADES AQUÍFERAS

- Aquífero poroso
- Aquífero fraturado

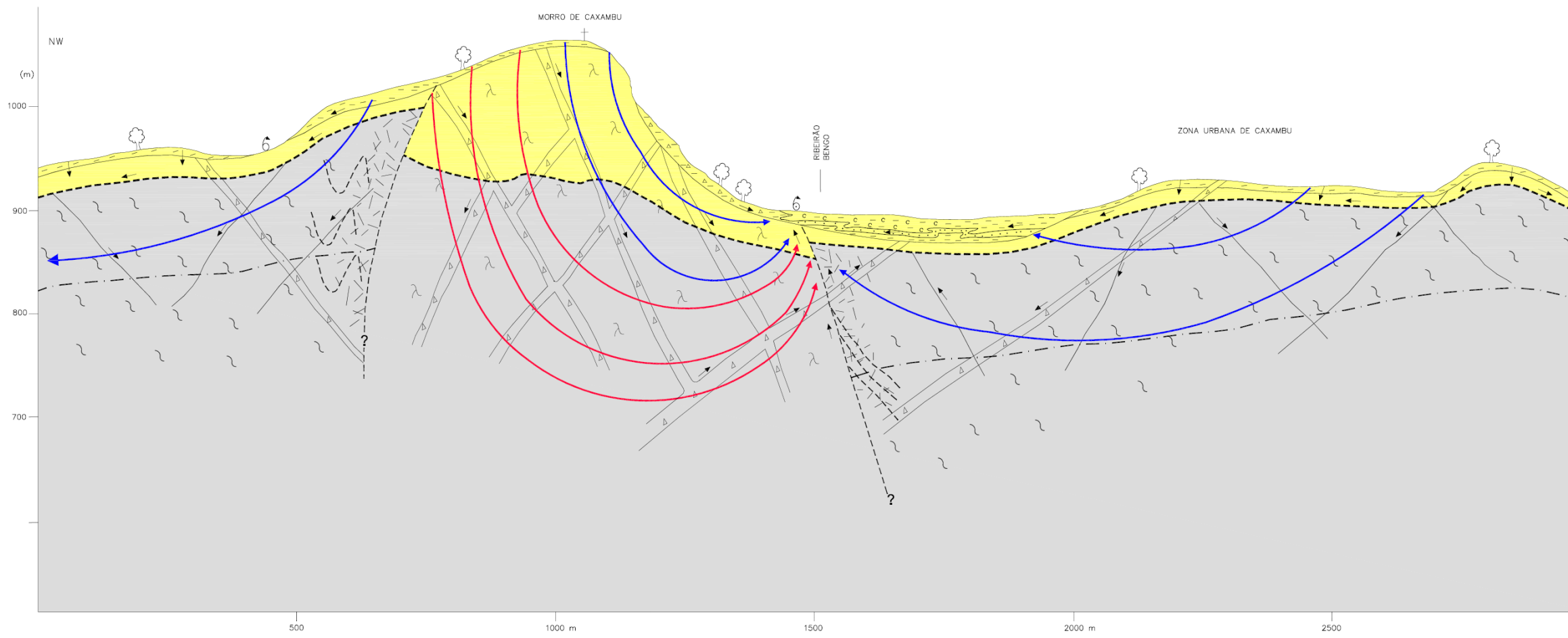
#### SIMBOLOGIA

- Nascente
- Fontes de águas minerais
- Direção preferencial do fluxo subterrâneo
- Fluxo subterrâneo de águas mais leves
- Fluxo subterrâneo de águas mais duras

#### ESCALAS

HORIZ. = 1:5.000  
VERT. = 1:2.500

Local: Parque das Águas  
Município: Caxambu/MG  
Substância: Água Mineral  
Processo DNPM:2857/35  
Área (ha): 39,86  
RT: Carmo e Delgado Geólogos Consultores Ltda





**Tabela 147 – Vazões das fontes ao longo do tempo**

Data	Referência	Vazão (l/h)											
		D. Izabel *	Conde D'Eu *	Leopoldina	Duque de Saxe *	Beleza *	D. Pedro	Viofti	Venâncio	Mayrink 1	Mayrink 2	Mayrink 3	Ernestina Guedes *
1941	CPRM, 99	76	49	318	60	76	791	990	1917	3600	6150	5250	-
10/93	CPRM, 99	116	sv	312	83	42	453	931	907	(841)	(1514)	(1044)	332
07/94	CPRM, 99	50	sv	336	82	42	462	956	756	-	-	-	379
10/96	CPRM, 99	108	sv	356	26	28	465	1219	789	(sv)	(428)	(336)	368
12/00	COMIG,01	141	sv	332	92	35	416	908	528	3027	5170	4414	390

(\*) vazão oscilante sv = sem vazão ( ) vazão parcial

Das onze fontes captadas, excluída a Conde d'Eu, verifica-se que as vazões variam de 0,042 a 5,66 m<sup>3</sup>/h. As medidas de vazões obtidas neste trabalho mostram-se, muitas vezes, abaixo daquelas realizadas em estudos anteriores, inclusive abaixo das medições da CPRM, em 1996, conforme mostrado na Figura 214. Este fato precisa ser mais bem avaliado, com medições sistemáticas ao longo de um ano hidrológico, pois o decréscimo da vazão pode ter diversas origens, tais como: variações climáticas sazonais; variações em função do conteúdo de gás carbônico; variações devido ao regime de bombeamento para o envase; ou mesmo podem estar indicando uma diminuição de volume do fluxo subterrâneo.

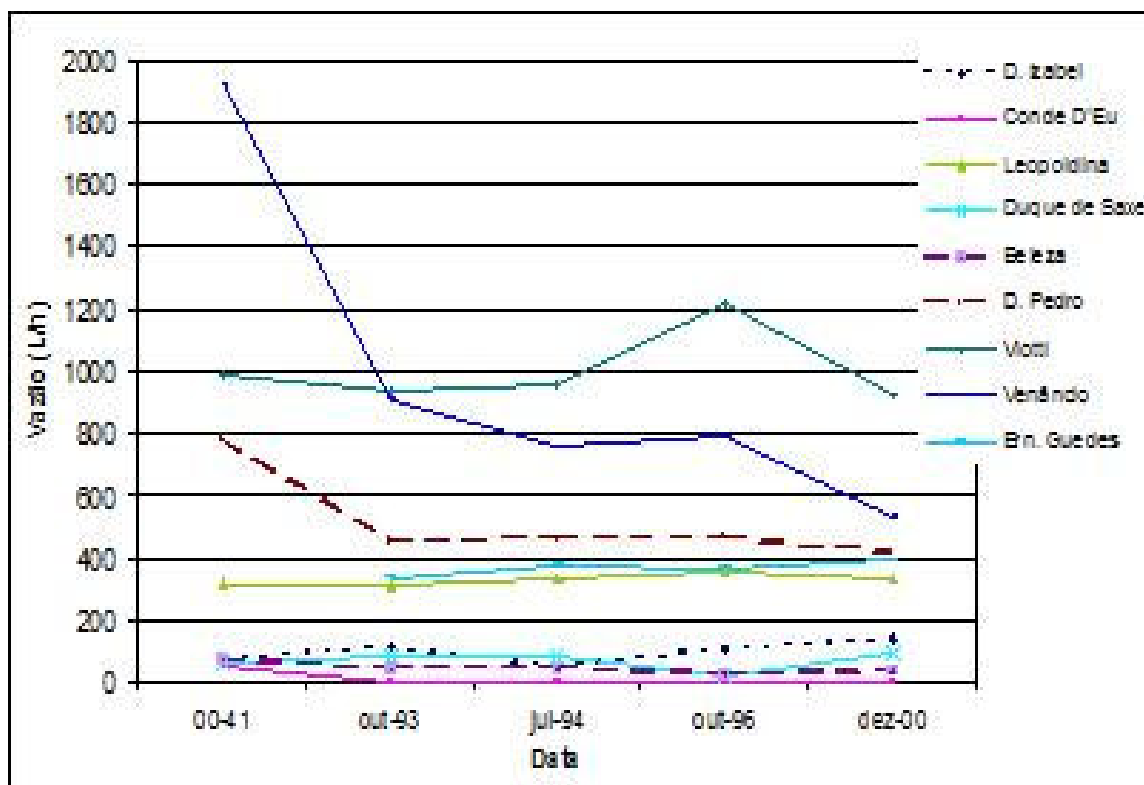


Figura 214 – Comparativo de vazões medidas ao longo do tempo.

As vazões das fontes Mayrink são as que apresentam maiores variações, como observado nas medições realizadas pela CPRM, de 1993 a 1996 e Fundação Gorceix em 2001. Provavelmente, estas variações são devidas à metodologia de medição.

Desta forma, estes dados não devem ser considerados na estimativa de vazão, servindo apenas de referência. A distribuição das respectivas vazões para 1941 foi feita proporcionalmente à medição de 2000, já que o dado disponível considera a vazão total das fontes Mayrink.

Para a caracterização hidroquímica das fontes do Parque das Águas de Caxambu foram utilizados os dados levantados pela Fundação Gorceix.

O trabalho citado levanta dados de Schaeffer (1914), onde se encontram registradas as primeiras medidas de pH, de temperatura e de radioatividade, mostrando águas fracamente ácidas, de baixa temperatura e baixa a média radioatividade na fonte. Naquela oportunidade, Schaeffer separou as águas, segundo os resultados das análises, em duas classes:

- Águas alcalino-gasosas: fontes D. Pedro, Viotti, Mayrink 1, Mayrink 2, Dona Leopoldina; e
- Águas alcalino-gasosa-ferruginosa: fontes D. Isabel, Conde d'Eu, Beleza e Duque de Saxe.

Das águas da primeira classe, a fonte Dona Leopoldina é a mais rica em gás carbônico e álcalis, seguida, decrescentemente pelas fontes D. Pedro, Viotti, Mayrink 1 e Mayrink 2. Nesta classificação não é citada a fonte Mayrink 3. As águas da segunda classe apresentavam redução do teor de ferro da D. Izabel para a Duque de Saxe, conforme a ordem acima listada, que não contempla as águas das fontes Venâncio e Ernestina Guedes, na época não captadas.

Conforme pode ser visto no Quadro 30 os resultados das análises físico-químicas mais recentes, efetuadas para as fontes da área do Parque das Águas de Caxambu, confirmam o agrupamento feito por Shaeffer (1914).

O Quadro 30 apresenta a classificação química das águas para cada uma das captações. A segunda coluna mostra os resultados de determinações feitas pela Fundação Gorceix (2001) com base na metodologia proposta por Piper- Hill. A terceira coluna utiliza as mesmas análises físico-químicas realizada pela Fundação Gorceix (2001), porém utiliza a classificação do Código de Águas Minerais. Já a quarta coluna apresenta os resultados da CPRM (1999)

Finalmente, é importante referenciar os estudos isotópicos realizados em 2001 pela Fundação Gorceix que concluem que as águas mais rasas, que permeiam o morro Caxambu devem ter um tempo de residência no aquífero entre 10 a 20 anos. Às águas mineralizadas, de circulação mais profunda, podem ser atribuídas idades superiores, pois o sistema estrutural da intrusão é compatível com modelo de circulação muito profunda, apesar de não se ter no local, águas termais, com temperaturas acima de 36 °C.

**Quadro 30 – Caracterização química das fontes do Parque das Águas de Caxambu**

Fontes	FG (2001)	Código de Águas Minerais (CSQA, 2000)	Código de Águas Minerais (CPRM, 1994: in loco)
<b>D. Izabel</b>	Bicarbonatada Cálcica Sódica	Alcalino bicarbonatada, alcalino terrosa cálcica, alcalino terrosa magnesiana, ferruginosa, carbogásosa, fluoretada.	Carbogásosa, sulfurosa e fria.
<b>Leopoldina</b>	Bicarbonatada Cálcica Sódica	Alcalino bicarbonatada, alcalino terrosa cálcica, alcalino terrosa magnesiana, carbogásosa, fluoretada.	Carbogásosa, sulfurosa e fria.
<b>Duque de Saxe</b>	Bicarbonatada Cálcica Sódica Magnesiana	Alcalino bicarbonatada, alcalino terrosa cálcica, alcalino terrosa magnesiana, carbogásosa, fluoretada.	Carbogásosa, sulfurosa e fria
<b>Beleza</b>	Bicarbonatada Cálcica Sódica Magnesiana	Alcalino bicarbonatada, alcalino terrosa cálcica, alcalino terrosa magnesiana, ferruginosa, carbogásosa, fluoretada.	Ferruginosa, carbogásosa, sulfurosa e fria.
<b>D. Pedro</b>	Bicarbonatada Cálcica Sódica	Alcalino terrosa cálcica, alcalino terrosa magnesiana, carbogásosa, fluoretada.	Carbogásosa, sulfurosa, radioativa na fonte e fria.
<b>Viotti</b>	Bicarbonatada Cálcica Sódica	Alcalino terrosa cálcica, carbogásosa, fluoretada.	Carbogásosa, radioativa na fonte e fria.
<b>Venâncio</b>	Bicarbonatada Cálcica Sódica Magnesiana	Alcalino bicarbonatada, alcalino terrosa cálcica, alcalino terrosa magnesiana, carbogásosa, fluoretada.	Carbogásosa, sulfurosa, fracamente radioativa na fonte e hipotermal.
<b>Mayrink 1</b>	Bicarbonatada Cálcica Sódica	Alcalino terrosa cálcica, carbogásosa, fluoretada.	Carbogásosa, sulfurosa, radioativa na fonte e hipotermal.
<b>Mayrink 2</b>	Bicarbonatada Cálcica Sódica	Alcalino terrosa cálcica, carbogásosa, fluoretada.	Carbogásosa, radioativa na fonte e hipotermal.
<b>Mayrink 3</b>	Bicarbonatada Cálcica Sódica	Alcalino terrosa cálcica, carbogásosa, fluoretada.	Carbogásosa, radioativa na fonte e hipotermal.
<b>Ernestina Guedes</b>	Bicarbonatada Cálcica Sódica Magnesiana	Alcalino bicarbonatada, alcalino terrosa cálcica, alcalino terrosa magnesiana, carbogásosa, fluoretada.	Carbogásosa, sulfurosa, fracamente radioativa na fonte e fria.

### 5.5.2. ÁGUAS MINERAIS DE SÃO LOURENÇO

A estância hidromineral de São Lourenço possui, dentro dos limites da concessão de lavra do parque das águas, um total de 10 fontes destinadas ao uso público e engarrafamento. Essas fontes são distribuídas em dois parques hidrominerais, sendo que as fontes recebem as seguintes denominações: Souto Mayor (sulfurosa), Alcalina, Andrade Figueira (magnesiana), Oriente (gasosa), Vichy (nova alcalina), José Carlos de Andrade (carbogásosa), Primavera (ferruginosa) e Mantiqueira, todas pertencentes ao parque I. No parque II estão os poços 07 BIS e 08.

As fontes utilizadas pelo público concentram-se em um local bastante amplo e arborizado, contendo reservas de mata nativa, balneário e área de lazer, e uma unidade engarrafadora de água mineral. Atualmente, a fonte “Oriente” é responsável pelo abastecimento da unidade de envase da Água Mineral São Lourenço.

Neste relatório, procurou-se resgatar todas as informações existentes, tendo como fonte pesquisas em relatórios técnicos que se encontram no Departamento Nacional de

Produção Mineral – DNPM –; em trabalhos realizados pela CPRM/COMIG, entre os anos de 1993 e 1999; e consulta ao livro denominado Estudos Geoambientais das fontes de Cambuquira, Caxambu, Conceição do Rio Verde, Lambari e São Lourenço(BEATO *et al* 1999).

#### 5.5.2.1. HISTORICO

São Lourenço tem as suas origens profundamente ligadas à saga dos bandeirantes. Segundo a tradição, o primeiro nome foi Pouso do Lourenço, que proviria do bandeirante Lourenço Castanho Taques, que teria passado pela região. Alguns anos depois, um cidadão chamado Medanha comprou as terras e lá criou um pequeno latifúndio, logo abandonado.

Em meados do séc. XIX, Antônio Francisco Viana, herdeiro de João Francisco Viana (que comprou as terras do tal Medanha), descobriu as qualidades curativas de diversas fontes, que logo ficaram conhecidas como águas santas do Viana.

As águas santas ganharam prestígio, que correu por todo Estado. A fama atraiu compradores, entre eles, o Comendador Bernardo Saturnino da Veiga, que adquiriu as terras e o privilégio para exploração das águas, concedido em 4 de julho de 1890, e criou a Companhia das Águas de São Lourenço (homenagem ao pai, Coronel São Lourenço Xavier da Veiga).

Com o privilégio concedido, a companhia mandou elevar no ponto mais alto da região, uma cruz, onde ao pé desta foi construída uma capela, na qual, em 10 de agosto de 1891, foi celebrada a primeira missa. Em dezembro do mesmo ano foi criado no município de Silvestre Ferraz (atual Carmo de Minas), o distrito de Águas de São Lourenço. A emancipação viria em 1927, pelo Decreto nº 7.562, de 1 de abril, confirmado pela Lei Estadual nº 987, de 20 de setembro do mesmo ano.

A implantação do projeto paisagístico do atual Parque das Águas data da década de 30, quando foram concluídas as obras de captação das fontes Vichy e Alcalina e provavelmente, das fontes ferruginosas, magnesianas e Oriente.

#### 5.5.2.2. CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS AQUIFEROS LOCAIS

Na área da estância hidromineral de Águas de São Lourenço as águas subterrâneas percolam por dois tipos principais de aquíferos: um de natureza granular, com porosidade primária; e outro do tipo fissurado, onde a circulação e o armazenamento da água se fazem em porosidade de natureza secundária, desenvolvida sobre as rochas pelos eventos tectônicos (Figura 215). A seguir, descrevem-se de forma resumida as unidades aquíferas que ocorrem no Parque das Águas de São Lourenço.

##### 5.5.2.2.1. AQUÍFEROS FISSURAIS

O sistema aquífero fissural de natureza livre a semi-confinado, ocorre em rochas pré-cambrianas (gnaiesses, xistos e quartzitos). Sua ocorrência é predominante na sub-bacia do ribeirão Contendas, a montante do Parque das Águas de São Lourenço. Esses aquíferos são controlados pelas descontinuidades geológicas de direção N-S e N40°-60°W.

O armazenamento da água no sistema fissural ocorre em descontinuidades geológicas do maciço rochoso, tais como fissuras, fraturas, juntas e falhas. Trata-se de um meio heterogêneo, anisotrópico e freqüentemente descontínuo. Na maioria das vezes, a porosidade secundária e a potencialidade são menores que a dos aquíferos porosos.

Dadas estas características, as condições de circulação das águas nesses aquíferos são bastante distintas das do meio poroso. Contudo, mesmo em aquíferos fissurais há casos, em que os fluxos subterrâneos assemelham-se aos dos aquíferos porosos. Isto ocorre na medida em que a malha ou trama das fissuras e juntas torna-se bastante densa a ponto de propiciar ao meio certa continuidade. Já em maiores profundidades, quando a trama das fissuras e juntas torna-se mais rarefeita, os fluxos subterrâneos costumam seguir certos caminhos preferenciais ditados pela geologia estrutural da região.

O sistema aquífero fissural onde se encontram instaladas as águas minerais de São Lourenço está desenvolvido numa rede de descontinuidades geológicas em rochas do tipo biotita gnaisses migmatizados, com intercalações de metabasitos e secundariamente cortados por pegmatitos, Grupo Andrelândia (Proterozóico Médio/Superior).

Os dados disponíveis em São Lourenço, de registros de “entradas de água” ou profundidade de fraturas fornecidos por poços tubulares, são reduzidos e não permitem a análise detalhada da freqüência e profundidade das fraturas na região.

#### 5.5.2.2.2. AQUÍFEROS GRANULARES

O sistema aquífero granular está associado às formações superficiais, tais como solos e mantos de alteração das rochas (regolitos), que estão desenvolvidos sobre as rochas do substrato pré-cambriano. Este sistema possui vários metros de espessura, pode ser bastante poroso, e ocorre principalmente ao longo das drenagens. Essa porosidade favorece a recarga das águas pluviais e pode representar uma barreira físico-química natural de proteção contra os agentes contaminantes superficiais. As fontes situam-se em uma ampla planície aluvionar, provavelmente de idade quaternária, com cerca de 15 metros de espessura.

Os depósitos aluvionares também são considerados aquíferos granulares livres, sendo constituídos predominantemente por argila e silte. Admite-se a existência de uma camada de argila com matéria orgânica no topo e uma de areia/cascalho na base. Nos níveis mais argilosos o depósito tende a se comportar como um aquífero.

Os sedimentos que compõem este meio são constituídos de argilas, com camadas arenoso-argilosas de granulometria variada. Próximo da superfície, ou seja, capeando toda a camada aluvionar ocorre uma espessa camada de argila-orgânica ou turfácea que pode atingir até oito metros de espessura.

485000

490000

495000

7550000

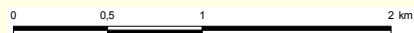
7550000

**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969



1:40.000



485000

490000

495000

**215 - Mapa hidrogeológico da bacia do ribeirão São Lourenço**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

**Elementos Hidrogeológicos**

- Fontes
- ⇨ Direção provável de fluxo subterrâneo
- - - - Fratura fotointerpretada
- ▲ - Falha contracional aproximada
- ⇄ Falha transcorrente
- ▬ Limite do parque

**Sistemas Aquíferos**

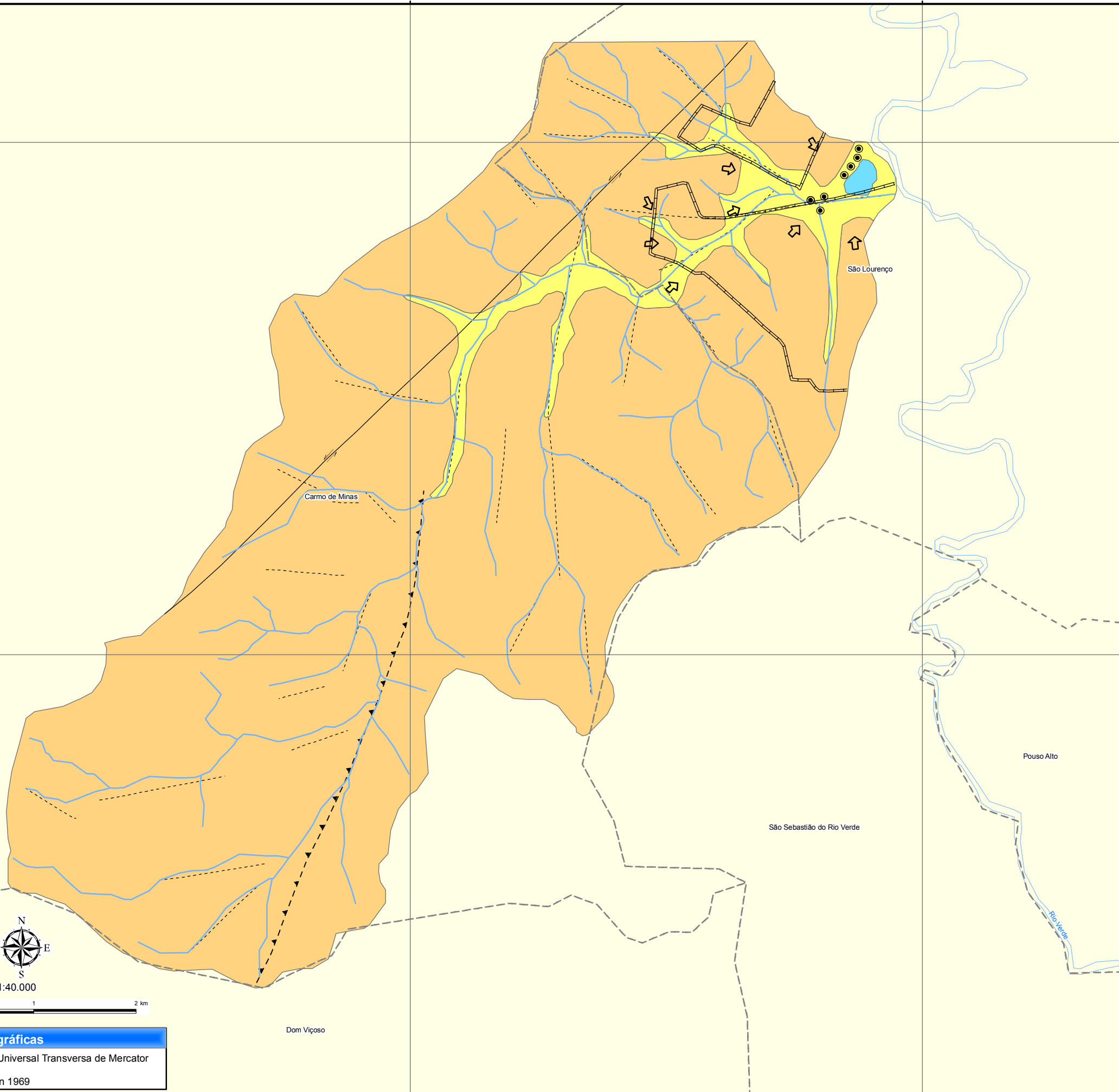
- Aquífero Granular
- Aquífero Fissurado

**Convenções:**

- Hidrografia
- - - Limite Municipal

Fontes dos Dados:

- Hidrogeologia do Rib. São Lourenço: Adaptado CPRM, 1999
- Limite Bacia :Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Municipal: IBGE



A taxa de variação sazonal das vazões do aquífero granular é muito alta, mostrando que a sua recarga é exclusivamente dependente da pluviometria. Esse sistema tem características de aquífero granular livre, às vezes suspenso, com permeabilidade variando em função da granulometria.

Outra característica geral dessa unidade aquífera é o seu potencial de vulnerabilidade aos efeitos dos agentes poluidores, especialmente nas zonas em que o nível d'água se encontra mais próximo da superfície. Essa vulnerabilidade será tanto maior quanto mais elevada for a participação de areias em sua composição. As argilas reduzem a permeabilidade e, com isso, aumentam o poder de depuração biológica das águas durante o percurso subterrâneo.

Segundo Hirata *et al.*, 1994, os gradientes hidráulicos são da ordem de 0,02 a 0,014 m/m, com provável tempo de trânsito de até 30 anos. O nível de base de escoamento subterrâneo é o córrego São Lourenço que, no trecho vizinho ao parque, encontra-se canalizado.

#### 5.5.2.3. RECARGA DOS SISTEMAS AQUÍFEROS

No que se refere à recarga, o sistema aquífero poroso é alimentado diretamente pela infiltração das águas pluviais. Constituem exceções os aquíferos aluvionares, que recebem águas do rio na época das chuvas devido à inversão da direção do fluxo devido à carga hidráulica.

Já a recarga do meio fissurado se dá pela infiltração das águas pluviais, que pode ocorrer de forma indireta, quando as águas de chuva são captadas pelo manto de alteração das rochas ou por coberturas detríticas, e passam gradativamente para o subleito fendilhado. Outro processo é por infiltração direta nas discontinuidades das rochas, especialmente em leitos de drenagens naturais. Entretanto, esta última situação é menos freqüente, pois tais fissuras são localizadas e não possuem conexões hidráulicas que se estendam a áreas de expressão relevante.

#### 5.5.2.4. CARACTERIZAÇÃO DAS FONTES DO PARQUE DAS ÁGUAS DE SÃO LOURENÇO

As águas minerais que ocorrem na estância hidromineral de São Lourenço estão associadas, principalmente, ao aquífero do tipo fraturado em rochas gnáissicas migmatizadas. Sobrepostas a essa seqüência ocorrem camadas de sedimentos aluvionares de granulometria variada, e quase sempre uma camada de argila com matéria orgânica com até 8,0 m de espessura.

No parque das águas encontra-se um total de 10 captações de água mineral. Em alguns casos, um mesmo fontanário oferece mais de um tipo de água mineral de fontes próximas.

Na unidade de envasamento são utilizadas as águas provenientes da fonte Oriente. Para um incremento de gaseificação, no passado era utilizado o gás das fontes José Carlos de Andrade (carbogasosas), Primavera e Soto Mayor (sulfurosa). Porém, desde 2006, como resultado de uma ação do Ministério Público Estadual, a Nestlé Water Brasil Bebidas e Alimentos Ltda deixou de enriquecer a água com gás das fontes, passando a utilizar o anidrido carbônico de padrão alimentício adquirido no mercado.



O Quadro 31 apresenta dados das fontes captadas nos parques I e II.

**Quadro 31– Caracterização química das fontes de São Lourenço**

Fonte	Profundidade (m)	Localização	Uso
Vichy (nova alcalina)	21,75	Parque I	Fontanário público
Primavera (ferruginosa)	4	Área industrial	Fontanário público
Soto Mayor (sulforosa)	40	Parque I	Fontanário público e balneário
Alcalina	45,70	Parque I	Fontanário público
Andrade Figueira (magnésiana)	Dreno Horizontal	Parque I	Fontanário público
Oriente (gasosa)	16,40	Área industrial	Fontanário público e envase
J.C. Andrade (carbogasosa)	44	Parque I	Fontanário público
Mantiqueira		Área industrial	Fontanário público e balneário
Poço 07 BIS	70	Parque II	Fontanário público
Poço 08	155	Parque II	Fontanário público

A empresa Nestlé Waters Brasil, titular do processo que abrange a fontes do parque das águas de São Lourenço, mantém um programa de monitoramento que abrange todas as fontes existentes no parque das águas. O programa de monitoramento coleta dados físicos químicos, acompanha as vazões e as profundidades dos níveis de água em cada uma das fontes ao longo do ano. Esse trabalho é acompanhado sistematicamente pelos técnicos do DNPM. A Tabela 148, apresenta uma síntese dos dados coletados no monitoramento em datas recentes. Na coluna 2 estão registradas as vazões exploradas no período de 01/01/09 a 31/10/09 (Nestlé Water Brasil). Ainda, é importante ressaltar que o monitoramento vem indicando que o sistema aquífero não está sofrendo variações significativas, de qualidade e quantidade, ao longo do tempo de registro das informações.

**Tabela 148 – Dados de vazão de físico – químico das fontes de São Lourenço**

Fonte	Volume explotado entre 01/01 a 31/10/2009 (m <sup>3</sup> )	Vazão média – dados de monitoramento (m <sup>3</sup> /h)		pH	T (°C)	CE (µS/cm)
		Mar/2007	Mar/2009			
Mantiqueira	29.195	8,5	10,85	5,9	22,1	102,5
Primavera	143	9,96	-	6,3	24,0	1084,5
Oriente (gasosa)	35.720	8,75	6,75	5,9	21,9	361,5
J.C. Andrade (carbogasosa)	6.140	1,80	1,71	6,0	21,7	409,3
Ferruginosa	1.472	0,49	0,62	6,2	22,2	329
Alcalina	902	0,27	0,41	6,3	21,6	706
Soto Mayor (sulforosa)	11.338	4,39	3,41	6,3	20,9	791
Vichy	3.159	0,43	0,51	6,3	22,6	698,5
Poço 07 BIS	1.984	10,67	11,22	7,1	23,0	316
Poço 08	20.577	0,67	0,69	6,4	20,9	290
Magnésiana	193	0,33	0,69	6,4	22,8	290

A classificação hidroquímica das águas de São Lourenço, além de apresentar o anidrido carbônico dissolvido em grande quantidade, mostra uma variação da composição química, o que reflete níveis de mineralização diferenciados para cada uma das fontes.

Segundo análise feita pela CPRM (1999), as águas da fonte Andrade Figueira são bicarbonatadas sódicas; a fonte Souto Mayor é carbogásosa não radioativa; as fontes Vichy, Alcalina e Ferruginosa são ferruginosas; e os poços 06 e 07 são gasosos.

### 5.5.3. ÁGUAS MINERAIS DE CAMBUQUIRA

A estância hidromineral de Cambuquira teve suas captações construídas no final do século XIX e início do século XX. Entretanto, as características construtivas são praticamente desconhecidas. Num trabalho resgatado pela FG (2001), Brandão & Brandão (1958) retratam as etapas de construção das captações. Segundo os autores, o processo envolvia escavações rasas (até 10 m de profundidade, no Parque das Águas e de até 20 m no Marimbeiro), com a água sendo captada em manilhas cerâmicas, consolidadas por uma coluna de concreto, de modo a oferecer proteção ao conduto cerâmico. O conduto central é composto por manilhas vitrificadas ou tubos de quartzo especiais, inertes à acidez e à ação dos gases dissolvidos.

A fonte Regina Werneck, representa na realidade três captações distintas, correspondentes às três bicas existentes no fontanário (BRANDÃO & BRANDÃO, 1958). Dessa forma, pode-se considerar que no parque existem 7 captações distintas, cada uma com um sistema de manilhamento independente. Os fontanários são identificados pelos seguintes nomes: Souza Lima, Dr. Fernandes Pinheiro (ferruginosa), Regina Werneck (gasosa), Comendador Augusto Ferreira (magnésiana) e Roxo Rodrigues.

No parque das águas cada fonte possui um fontanário próprio e independente, localizados a pouco mais de 20 metros um do outro, à exceção do fontanário da fonte Roxo Rodrigues, que se posiciona a 60 m a sul dos demais.

Neste relatório, procurou-se resgatar todas as informações existentes, tendo como fonte os trabalhos realizados pela CPRM/COMIG, entre os anos de 1993 e 1999; contidos na publicação Projeto Circuito das Águas (1999), no trabalho realizado pela Fundação Gorceix (2001) elaborado para a definição das áreas de proteção ambiental do Parque das Águas de Cambuquira; e o Plano de Aproveitamento Econômico da indústria de Envase executado pela Carmo e Delgado (2006).

#### 5.5.3.1. HISTÓRICO

As águas minerais de Cambuquira foram descobertas por ex-escravos da fazenda Boa Vista, tornando-se conhecidas depois da descoberta das águas de Caxambu e Lambari. A Câmara Municipal de Campanha, em 1861, desapropriou os terrenos, que eram pertencentes, por herança, ao bando de ex-escravos. A propriedade desapropriada foi passada ao Estado de Minas, que posteriormente transferiu o citado distrito para o município de Três Corações do Rio Verde.

Antes que suas águas fossem analisadas, e devido à fama de suas qualidades terapêuticas, já se encontrava instalada no lugarejo uma casa de banho, um hotel e

diversas residências. A exploração comercial das águas começou com a empresa União Industrial dos Estados do Brasil, mais tarde transferida à Empresa Lambari-Cambuquira (1895), que por sua vez foi incorporada à Empresa Caxambu-Lambari-Cambuquira (1906). Em 1911, a exploração ficou a cargo da prefeitura local até que fosse transferida à Empresa Cambuquira de Águas Minerais, a qual cabia apenas prover a conservação dos bens, sem qualquer compromisso com a remodelação e ampliação das instalações. Esse contrato perdurou de 1913 a 1946, quando o Estado retomou o domínio do parque e suas dependências.

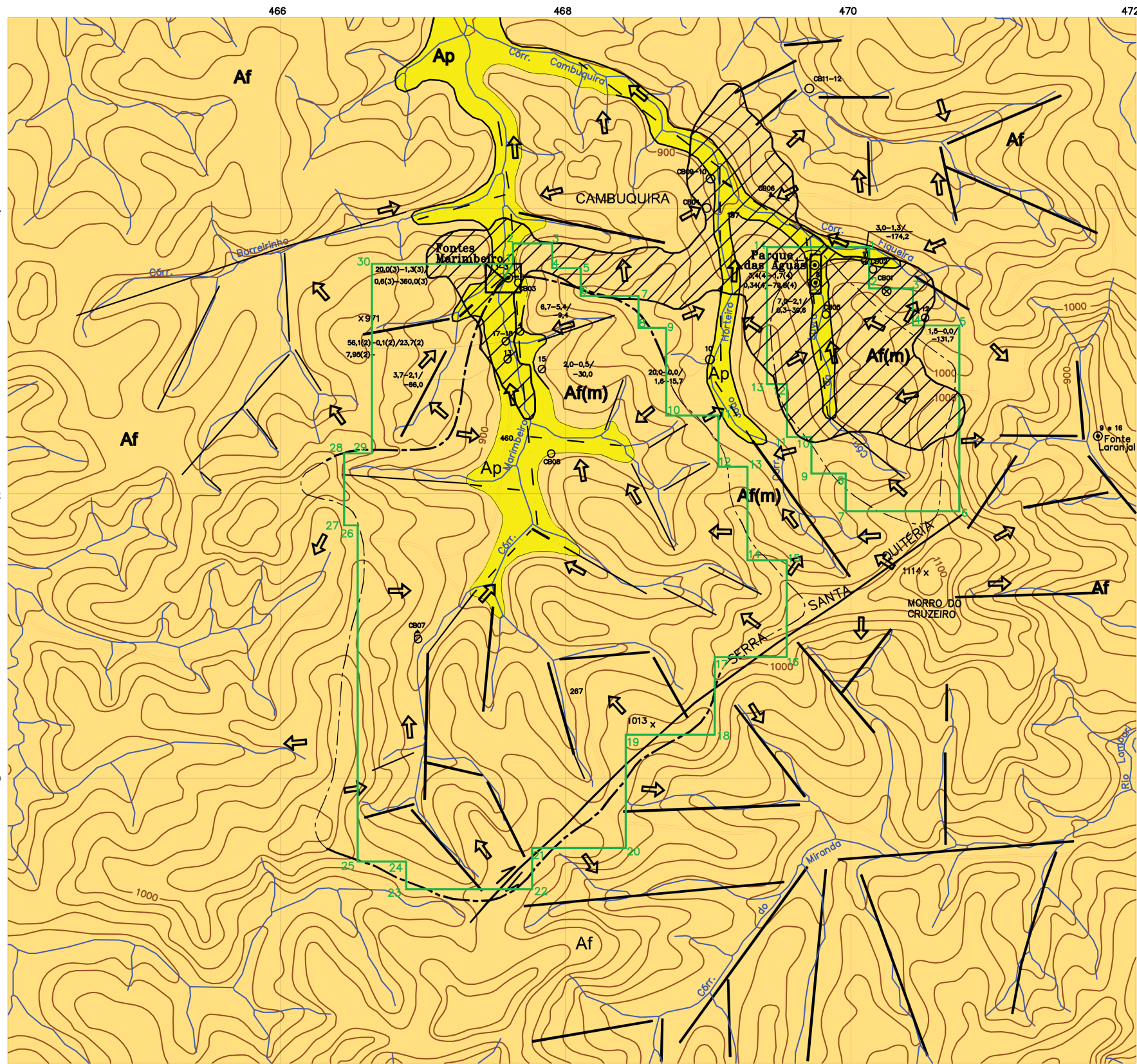
As captações das fontes foram iniciadas por Américo Werneck e passadas ao químico francês Charles Berthaud, na segunda metade do século XIX. No início foram exploradas as fontes Roxo Rodrigues, conhecida como Bica de Prata, e Comendador Augusto Ferreira (magnesianas). Após a entrada da Empresa Lambari-Cambuquira, foram captadas as fontes Regina Werneck (em homenagem à esposa de Américo Werneck – diretor da empresa - e também denominada fonte Maria e/ou Gasosa), Fernandes Pinheiro (engenheiro da empresa) e Souza Lima (integrante da comissão de análise das águas, em 1900). Em 1895, com a estadia do Marechal Floriano Peixoto, a estância ficou nacionalmente conhecida. As primeiras análises oficiais das águas captadas foram realizadas em 1900 pela Comissão da Escola de Medicina do Rio de Janeiro, comandada pelos Drs. Souza Lima e César Diogo. Américo Werneck revisou e adaptou, com o auxílio de Venâncio Figueiredo, um prático originado de Caxambu, todas as captações, exceto a Roxo Rodrigues, que se perdera na tentativa de seu aproveitamento industrial. Durante o período entre 1911 a 1946, a fonte Roxo Rodrigues ficou sem aproveitamento e suas águas foram analisadas por Alfred Schaeffer (1914) e pelo Ministério da Agricultura (1941).

Desde então, ocorreram diversas intervenções privadas e governamentais que visaram principalmente à exploração comercial das águas. Poucos estudos amplos e sistemáticos foram realizados para tentar elucidar os processos dinâmicos e mineralizadores das águas, de modo a estabelecer diretrizes e executar planos de ocupação do terreno, como forma de prevenção e preservação dos recursos hidrominerais.

O primeiro e único trabalho desenvolvido com este enfoque foi realizado pela CPRM, apoiada pela COMIG, entre os anos de 1993 e 1999, contidos na publicação Projeto Circuito das Águas. Até este instante, pouco se fez para caracterizar aspectos qualitativos e quantitativos dessas águas, de modo a fornecer informações que ajudem a estabelecer um plano de proteção para as áreas hidrominerais.

#### 5.5.3.2. SISTEMAS AQUÍFEROS

Na Estância Hidromineral de Cambuquira as águas minerais estão associadas aos sistemas aquíferos fissural e granular. Nos parques de Cambuquira existem 30 pontos de água e destes, 5 são usados para o envasamento e como fonte. Os dados aqui apresentados foram em parte retirados dos trabalhos da CPRM (1999) e Fundação Gorceix (2001). A Figura 216 apresenta o mapa hidrogeológico da área em tela.



**216 - Mapa Hidrogeológico de Cambuquira**  
Parques das Águas

**SISTEMAS AQUÍFEROS**

**AQUÍFERO POROSO**

**Ap** Aquíferos intergranulares descontínuos, livres, semiconfinados a confinados, constituídos de sedimentos areno-argilosos não consolidados e, localmente, níveis de argila orgânica preta. Subordinados a cursos d'água com espessura aproximada de 20,0 m e espessura saturada variável.

**AQUÍFERO FRATURADO**

**Af(m)** Aquíferos fraturados, descontínuos, restritos a juntas e fraturas, ampliados pela presença de aluviões ou solos residuais. Predominância de fraturas verticais a subverticais com direções preferenciais N40-60W e N-S. Litologia composta de quartzitos feldspáticos e quartzito-mica-xisto, xistos grauvaquianos com intercalações quartzosas, granado-biotita-xistos e biotita-gnaissees.

As rochas quartzosas, quando profundamente intemperizadas (até 60m de profundidade) constituem um sistema aquífero misto, livre, com característicos de um sistema fraturado e de um sistema poroso.

**SIMBOLOGIA DOS PONTOS D'ÁGUA**

A	B	C	
○	○	○	(A- Nascente; B- Poço Escavado; C- Poço Tubular)
○	○	○	○ Vazão estimada
○	○	○	○ Poço tubular água mineral
○	○	○	○ Poço desativado

**DISPOSIÇÃO DOS ELEMENTOS**

1	2 - 3	1 - Número do ponto
○	4 - 5	2 - Profundidade (m)
		3 - Nível estático (m)/Nível dinâmico(m)
		4 - Vazão (m <sup>3</sup> /h)
		5 - Condutividade elétrica (uS/cm a 25°C)

**CONVENÇÕES**

- Contato definido
- - - Fratura foto interpretada
- - - Fratura foto interpretada encoberta
- ⇄ Falha transcorrente
- ➔ Direção preferencial do fluxo subterrâneo dentro das bacias em estudo
- - - Limite da sub-bacias dos córregos da Lavra e Marimbeto
- ▭ Parque das Águas
- ▭ Cidade
- ▭ Drenagens
- ▭ Estrada (▭ Federal, ▭ Estadual)
- Curva de nível
- ▭ Limite da área de proteção ambiental

**Escala Gráfica**  
200m 0 200m 400m 600m 800m 1000m

Base planialtimétrica gerada a partir da digitalização da base cartográfica da folha Lambari, SF.23-V-D-VI-3 do IBGE escala 1:50.000, ampliada para escala 1:20.000. Edição cartográfica executada neste trabalho.

Local: Parque das Águas/Cambuquira  
Substância: Água Mineral Processo DNPM:135/51 Área:2,03 ha  
Fonte: COMIG/Fundação Goerckx 2001.  
RT: Carmo Delgado Geólogos Consultores.

7578Km N

466Km E

7578

#### 5.5.3.2.1. AQUÍFEROS FISSURAIS

Um dos sistemas aquíferos associados às ocorrências de águas minerais na região do Parque das Águas de Cambuquira é do tipo fraturado, livre a semi-confinado, em rochas pré-cambrianas. De modo geral, o sistema fraturado caracteriza-se pela ausência de espaços intergranulares (poros) na rocha, e a água encontra-se armazenada em zonas de descontinuidades do maciço rochoso representadas por fissuras, fraturas, juntas e falhas. Trata-se de um meio heterogêneo, anisotrópico e muitas vezes descontínuo, geralmente de baixa permeabilidade secundária, e de menor potencialidade em comparação com os aquíferos porosos.

Este sistema aquífero está desenvolvido nas rochas do Grupo Andrelândia, de idade proterozóica, representadas por quartzitos com intercalações de muscovita-xistos, de granulação média a grossa, mineralogia composta de feldspatos, muscovita, estauroлита e opacos, e biotita-xistos, grauvaquianos, intercalados com gnaisses e quartzitos. No geral, essas rochas apresentam-se intensamente saprolitizadas, com afloramentos restritos. A unidade xistosa bordejа a unidade quartzosa, em função do arranjo geométrico imposto pela tectônica de baixo ângulo. A composição mineralógica de ambas é a mesma, com a inclusão ou exclusão do anfibólio, que junto com a biotita definem a xistosidade da rocha. Devido ao grau de intemperismo e fraturamento, as unidades descritas constituem um ótimo aquífero, com alta taxa de transmissividade e alta capacidade de armazenamento, reflexos de sua elevada porosidade eficaz.

As rochas descritas têm deformações desenvolvidas segundo a direção de esforços tectônicos NS e NW. Estas descontinuidades estruturais são responsáveis pelas ocorrências das fontes hidrominerais dos Parques das Águas de Cambuquira e Marimbeiro.

Em função dessas características, as condições de circulação das águas nos aquíferos fissurados são bastante distintas daquelas do meio granular. Contudo, mesmo em aquíferos fissurais há casos, em que os fluxos subterrâneos assemelham-se aos dos aquíferos porosos. Isto ocorre na medida em que a malha ou trama das fissuras e juntas torna-se bastante densa a ponto de propiciar ao meio certa continuidade. Já em maiores profundidades, quando a trama das fissuras e juntas torna-se mais rarefeita, os fluxos subterrâneos costumam seguir certos caminhos preferenciais ditados pela geologia estrutural da região.

Os dados hidrogeológicos disponíveis em Cambuquira, de registros de “entradas de água” ou profundidade de fraturas, descritas nos poços tubulares, são reduzidos e não permitem uma análise mais detalhada da frequência e profundidade das fraturas na região.

#### 5.5.3.2.2. AQUÍFEROS GRANULARES

Além dos sistemas aquíferos fissurais, ocorre na área um sistema aquífero granular e poroso, sobrejacente ao substrato pré-cambriano, associado às formações superficiais, tais como solos e aluviões, com vários metros de espessura. Esse meio poroso, se por um lado favorece bastante a recarga das águas pluviais, por outro lado representa uma barreira físico-química natural eficiente na proteção contra os agentes contaminantes.



Na bacia de recarga das fontes do parque das águas, os sistemas aquíferos em meio granular, associados aos elúvios e colúvios, são constituídos, predominantemente, de areias argilo-siltosas. Esses aquíferos são mais desenvolvidos nas partes mais baixas, junto às calhas de drenagem. Nas partes mais íngremes e topos de morro, este aquífero é de pequena espessura a ausente, aflorando quase que diretamente o sistema fraturado ou misto.

A composição granulométrica é variada, em função da rocha de origem. À exceção das faixas xistosas, com produtos de alteração mais argilosos, predomina uma granulometria mais grosseira, normalmente muito friável. A espessura saturada é variável, com valores estimados variando de 10 a 15 metros.

Esses aquíferos caracterizam-se por apresentar alta taxa de variação sazonal de vazões, sofrendo grande influência da pluviometria. Esses sistemas têm características de aquífero granular livre, com permeabilidade variando em função de sua composição granulométrica.

Os depósitos aluvionares, também considerados aquíferos granulares livres, são constituídos por material mais fino, com areia, argila e silte. Admite-se a existência de camada de argila com matéria orgânica no topo, e camada de areia/cascalho na base. Nos níveis mais argilosos o depósito apresenta características de um aquitardo, com baixa permeabilidade.

O principal aquífero granular associado às aluviões ocorre ao longo do leito do córrego da Lavra, em especial no seu trecho urbano, onde atinge as suas maiores dimensões, chegando a medir 2.500 x 120 metros em superfície, por até 20 m de profundidade. Grande parte deste depósito acha-se encoberto por obras civis de infra-estrutura urbana.

#### 5.5.3.3. CARACTERIZAÇÃO DAS FONTES MINERAIS DO PARQUE DAS ÁGUAS DE CAMBUQUIRA

As fontes do Parque das Águas de Cambuquira apresentam, em geral, pequenas vazões espontâneas, algumas delas são intermitentes pelas emanções gasosas, e o nível freático encontra-se próximo da superfície. Em todos os fontanários, as bicas estão situadas entre 1 e 2 metros abaixo da atual superfície do terreno.

Das sete fontes captadas, verifica-se que as vazões variam de 0,05 m<sup>3</sup>/h, na fonte Sulfurosa, a 1,4 m<sup>3</sup>/h, na fonte Roxo Rodrigues. As medidas de vazões obtidas neste trabalho mostram-se muito próximas daquelas realizadas em 1941, pelo Ministério da Agricultura (disponível no arquivo do processo no DNPM) e pela comissão comandada pelo Dr. Souza Lima, em 1900. As medidas obtidas pela CPRM, em 1997, mostram alguns valores muito discrepantes. É possível que tais medições, em particular a da fonte Roxo Rodrigues, tenham sido realizadas com o sistema de bombeamento em operação. A variabilidade das vazões da fonte ferruginosa se explica pela sua vazão intermitente, chegando a ser nula por períodos de 5 a 10 minutos. A Tabela 149 resume os dados de vazão das fontes captadas no Parque das Águas de Cambuquira (FG, 2001).

Tabela 149– Vazões das fontes ao longo do tempo

Data medição	Referência consultada	Vazão (litros / hora)						
		Regina Werneck			Magnes	RR	Ferrug *	Sulfurosa
		Gas 1	Gas 2	Gas 3				
1900	Brandão	240	-	-	450	-	720	134
1941	Min. Agricultura	262	110	79	434	1290	252	157
12/1975	CPRM	360**			300	1920	-	180
07/1997	CPRM	511**			295	310	428	56
11/2000	FG 2001	234	132	75	327	1439	398	153
06/2001	FG 2001	211	112	63	327	1425	327	92

(\*) = vazão intermitente, chegando a zero. (\*\*) sem definição da bica  
 Gas – Gasosa, bicas 1, 2 e 3 (Regina Werneck); Magnes – Magnesiana (Com. Augusto Ferreira); RR – Roxo Rodrigues; Ferrug – Ferruginosa (Fernandes Pinheiro) e Sulfurosa (Souza Lima)

Para a caracterização físico-química das fontes captadas no Parque das Águas de Cambuquira (Figura 217) foram utilizadas análises realizadas em diversos trabalhos, destacando-se os do Ministério da Agricultura (1941) – que contemplaram todas as 7 captações; LAMIN (1996) – específico para as águas envasadas; CPRM nos anos 90; e Fundação Gorceix (FG, 2001 e 2006).

Além dos dados analíticos contidos nos trabalhos citados, foram recuperados resultados de análises do Laboratório do Estado de Minas Gerais, de 1914 (SCHAFFER), e os da Comissão designada pelo Império, em 1900.



Figura 217 – Vista do Parque das Águas de Cambuquira.

O Quadro 32 apresenta a classificação química das águas para cada captação (fontes), segundo os resultados citados pela FG (2001), com base no Código de Águas Minerais e em diagramas de Piper. Para esta classificação foram considerados os resultados dos boletins analíticos do laboratório CSQA (FG, 2001).

**Quadro 32 – Classificação química das águas minerais de Cambuquira**

Captação	Código das Águas Minerais		Íon dominante
	<i>In loco</i>	Laboratório	FG 2001
Regina Werneck 1	Carbogasosa e fria	Carbogasosa	Bicarbonatada cálcica
Regina Werneck 2	Carbogasosa e fria	Carbogasosa	Bicarbonatada cálcica
Regina Werneck 3	Carbogasosa e fria	Alcalino terrosa, alcalino terrosa cálcica, carbogasosa, fluoretada	Bicarbonatada cálcica
Augusto Ferreira	Carbogasosa e fria	Carbogasosa fluoretada	Bicarbonatada sódica e cálcica
Roxo Rodrigues	Carbogasosa e fria	Carbogasosa fluoretada	Bicarbonatada sódica e cálcica
Fernandes Pinheiro	Carbogasosa e fria e radioativa na fonte	Carbogasosa fluoretada	Bicarbonatada sódica e cálcica
Souza Lima	Carbogasosa e fria	Carbogasosa fluoretada	Bicarbonatada cálcica

Com relação à classificação das águas, tomando por base as médias dos resultados analíticos obtidos em laboratório, podemos notar que existe uma separação entre os diversos tipos de águas, considerando simultaneamente diversos atributos.

#### 5.5.4. ÁGUAS MINERAIS DO MARIMBEIRO

O Parque das Águas do Marimbeiro está localizado na cidade de Cambuquira a menos de 500m do Parque das Águas de Cambuquira. Nesta área existem 3 pontos de captação de água mineral identificadas por uma seqüência numérica: 1, 2 e 3, com as bicas situadas num mesmo fontanário, localizado a menos de 100 metros do leito do córrego do Marimbeiro. As captações de água mineral das fontes do Parque Marimbeiro, assim como do Parque das Águas de Cambuquira são praticamente desconhecidas e datam de 1914-1915.

Neste relatório, procurou-se resgatar todas as informações existentes, tendo como fonte os trabalhos realizados pela CPRM/COMIG, entre os anos de 1993 e 1999; contidos na publicação Projeto Circuito das Águas (1999), no trabalho realizado pela Fundação Gorceix (2001) com o objetivo de estabelecer o perímetro de proteção ambiental do Parque das Águas de Marimbeiro, e Plano de Aproveitamento Econômico da indústria de Envase executado pela Carmo e Delgado (2006).

##### 5.5.4.1. HISTÓRICO

Segundo Brandão (1958 *in* FG, 2001), as águas minerais do Marimbeiro faziam-se conhecer por muitos anos, mas sem despertar interesse, até que A. Clausen realizou a primeira análise, demonstrando sua mineralização. No início, as terras eram de propriedade privada, posteriormente transferidas ao domínio do Estado de Minas Gerais, que em 1913 assinou contrato de arrendamento das fontes, constando no mesmo a respectiva captação. Os serviços foram desenvolvidos nos anos seguintes, com a captação sendo concluída em 1915.

Em 15 de julho de 1915, A. Schaeffer realizou as primeiras análises nas águas captadas, demonstrando suas características alcalino gasosas, fracamente férreas, com valores



elevados de cálcio e magnésio. Estas águas voltaram a ser analisadas em 1941 pelo Ministério da Agricultura e em 1989 pelo LAMIN-CPRM.

Por problemas comerciais, o contrato de arrendamento supracitado, passou a não ser cumprido, ficando as instalações abandonadas por muitos anos, criando-se assim rumores sobre a sua capacidade terapêutica. Com a vinda do Prof. Schober, em 1928, que analisou as condições de captação e as características das águas, desmitificou-se a crença sobre a falta de propriedades crenoterápicas das águas. Apesar disto, a utilização comercial destas águas nunca foi retomada, servindo apenas para dessedentação e crenoterapia *in loco*.

Poucos estudos amplos e sistemáticos, que se tenha notícia, foram realizados para tentar elucidar os processos da dinâmica subterrânea e de mineralização destas águas, de modo a estabelecer diretrizes e executar planos de ocupação do terreno, como forma de prevenção e preservação dos recursos hidrominerais.

O primeiro trabalho sistemático desenvolvido no âmbito do Parque do Marimbeiro foi realizado pela CPRM, com apoio da COMIG, entre os anos de 1993 e 1999, contidos na publicação Projeto Circuito das Águas. No ano 2000, a Fundação Gorceix foi contratada pela COMIG, hoje CODEMIG, para a execução de um estudo para definição das áreas de proteção do parque.

#### 5.5.4.2. SISTEMAS AQUÍFEROS

O Parque das Águas do Marimbeiro está incluído no mesmo contexto hidrogeológico do Parque de Cambuquira, ou seja, as fontes de águas minerais são associadas aos sistemas aquíferos fissural e granular. No Parque das Águas do Marimbeiro estão catalogadas 3 fontes que são disponibilizadas ao público em fontânarios. A Figura 218 mostra o mapa hidrogeológico do Parque das Águas de Marimbeiro, com suas fontes de água mineral.

##### 5.5.4.2.1. AQUÍFEROS FISSURAIS

Um dos sistemas aquíferos associados às ocorrências de águas minerais na região do Parque do Marimbeiro é do tipo fraturado, livre a semi-confinado, em rochas pré-cambrianas. As fontes hidrominerais estão associadas às descontinuidades posicionadas nas direções NS e NW. Essa mesma direção de fraturamento controla o curso do córrego Marimbeiro.

De modo geral, o sistema fissurado caracteriza-se pela ausência de espaços intergranulares (poros) na rocha, e a água encontra-se armazenada em zonas de descontinuidades do maciço rochoso representadas por fissuras, fraturas, juntas e falhas. Trata-se de um meio heterogêneo, anisotrópico e muitas vezes descontínuo, geralmente de baixa permeabilidade secundária e de menor potencialidade em comparação com os aquíferos porosos.

Esse sistema aquífero está desenvolvido em rochas do Grupo Andrelândia, de idade proterozóica, que apresenta um condicionamento tectônico associado à faixa de dobramentos Alto Rio Grande (HASUI & OLIVEIRA, 1984). As rochas são representadas por gnaisses, quartzitos com intercalações de muscovita-xistos, e biotita xistos, de granulação média a grossa, com uma mineralogia composta de feldspatos,

muscovita e, estaurolita. No geral, essas rochas apresentam-se intensamente saprolitizada, com afloramentos restritos. A unidade xistosa borda a unidade quartzítica, em função do arranjo geométrico imposto pela tectônica de baixo ângulo. As fontes minerais do Parque do Marimbeiro afloram no domínio dos quartzitos. Devido ao grau de intemperismo e fraturamento, as unidades descritas constituem-se com ótima favorabilidade hidrogeológica, com alta taxa de transmissividade e alta capacidade de armazenamento, reflexos de sua elevada porosidade eficaz.

Em função das características citadas, as condições de circulação das águas nos aquíferos fissurados são bastante distintas daquelas do meio poroso. Contudo, mesmo em aquíferos fissurais, há casos, em que os fluxos subterrâneos assemelham-se aos dos aquíferos porosos. Isso ocorre na medida em que a malha ou trama das fissuras e juntas torna-se bastante densa a ponto de propiciar ao meio certa continuidade. Frequentemente, verificam-se essas condições em rochas calcárias, embora também ocorram em outros tipos de rochas compactas, principalmente nas proximidades da superfície do terreno. Já em maiores profundidades, quando a trama das fissuras e juntas torna-se mais rarefeita, os fluxos subterrâneos costumam seguir certos caminhos preferenciais ditados pela geologia estrutural da região.

Um meio fraturado pode ser analisado de duas formas, segundo aproximação de modo discreto ou aproximação de modo contínuo. A aproximação discreta considera cada fratura individualmente, enquanto a aproximação contínua assume que o meio, pela reunião de todas as fraturas, atua como um material poroso. A vantagem da aproximação contínua é que não se faz necessário obter informações de cada fratura, permitindo-se trabalhar com os dados regionais. Contudo, a aplicação do conceito deve ser baseada em indícios geológicos encontrados na região, que justifiquem a análise de aproximação contínua.

Os dados disponíveis em Marimbeiro sobre a profundidade “entradas de água” não permitem uma análise mais detalhada da frequência e profundidade das fraturas na região. Na bacia de recarga das fontes do Parque do Marimbeiro, foram cadastrados apenas dois poços tubulares, que atendem ao abastecimento da população da cidade. Os dados de construção destes poços não foram resgatados. Dados de perfil construtivo só foram obtidos do poço tubular localizado no bairro Figueira. Este poço tem 150 m de profundidade, com entradas d’água aos 55,3 e 59,3 m.

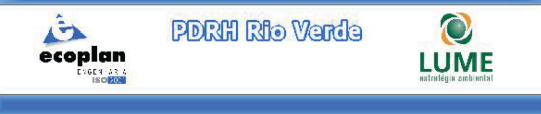
#### 5.5.4.2.2. AQUÍFEROS GRANULARES

Além dos sistemas aquíferos fissurais, ocorre na área um sistema aquífero granular ou poroso, sobrejacente ao substrato pré-cambriano, associado às formações superficiais, tais como solos e aluviões, com espessura de até 30 metros de sedimentos. O meio poroso além de favorecer a infiltração das águas pluviais, funciona como uma barreira físico-química natural e eficiente na proteção contra os agentes contaminantes.

Na área de recarga das fontes do Parque do Marimbeiro, os sistemas aquíferos em meio granular, associados aos elúvios e colúvios, são constituídos, predominantemente, de areias argilo-siltosas. Esses aquíferos são mais desenvolvidos nas partes mais baixas, junto às calhas de drenagem. Nas partes mais íngremes e topos de morro, este aquífero é de pequena espessura a ausente, aflorando quase que diretamente o sistema fraturado ou misto.



218 - Mapa Hidrogeológico de Cambuquira Marimbeiro



SISTEMAS AQUÍFEROS

AQUÍFERO POROSO

**Ap** Aquíferos intergranulares descontínuos, livres, semiconfinados a confinados, constituídos de sedimentos areno-argilosos não consolidados e, localmente, níveis de argila orgânica preta. Subordinados a cursos d'água com espessura aproximada de 20,0 m e espessura saturada variável.

AQUÍFERO FRATURADO

**Af(m)** Aquíferos fraturados, descontínuos, restritos a juntas e fraturas, ampliados pela presença de aluviões ou solos residuais. Predominância de fraturas verticais a subverticais com direções preferenciais N40-60W e N-S. Litologia composta de quartzitos feldspáticos e quartzito-mica-xisto, xistos grauvaquianos com intercalações quartzosas, granada-biotita-xistos e biotita-gnaissés. As rochas quartzosas, quando profundamente intemperizadas (até 60m de profundidade) constituem um sistema aquífero misto, livre, com características de um sistema fraturado e de um sistema poroso.

SIMBOLOGIA DOS PONTOS D'ÁGUA

- A B C (A- Nascente; B- Poço Escavado, C- Poço Tubular)
- ○ ○ Vazão estimada
  - ⊙ ⊙ ⊙ Poço tubular água mineral
  - ⊗ ⊗ ⊗ Poço desativado

DISPOSIÇÃO DOS ELEMENTOS

- |   |       |   |
|---|-------|---|
| 1 | 2 - 3 | 1 - Número do ponto                       |
| ○ | 4 - 5 | 2 - Profundidade (m)                      |
|   |       | 3 - Nível estático (m)/Nível dinâmico(m)  |
|   |       | 4 - Vazão (m <sup>3</sup> /h)             |
|   |       | 5 - Condutividade elétrica (uS/cm a 25°C) |

CONVENÇÕES

- Contato definido
- Fratura foto interpretada
- Fratura foto interpretada encoberta
- ⇌ Falha transcorrente
- ➔ Direção preferencial do fluxo subterrâneo dentro das bacias em estudo
- Limite da sub-bacias dos córregos da Lavra e Marimbeiro
- ▭ Parque das Águas
- ▨ Cidade
- Drenagens
- Estrada (Federal, Estadual)
- Curva de nível
- Limite da área de proteção ambiental



Base planialtimétrica gerada a partir da digitalização da base cartográfica da folha Lambari, SF.23-V-D-VI-3 do IBGE escala 1:50.000, ampliada para escala 1:20.000. Edição cartográfica executada neste trabalho.

Local: Marimbeiro/Cambuquira  
 Substância: Água Mineral Processo DNPM:135/51 Área:2,03 ha  
 Fonte: COMIG/Fundação Goerckx 2001.  
 RT: Carmo Delgado Geólogos Consultores.

Esse meio aquífero caracteriza-se por apresentar alta taxa de variação sazonal de vazões, sofrendo grande influência da pluviometria. Ainda, apresenta características de um aquífero granular livre, com permeabilidade variando em função da composição granulométrica dos sedimentos.

Os depósitos aluvionares, também considerados aquíferos granulares livres, são constituídos por material mais fino, com areia, argila e silte. Admite-se a existência de camada de argila com matéria orgânica no topo e camada de areia/cascalho na base. Nos níveis mais argilosos o depósito apresenta características de um aquífero, com baixa permeabilidade.

O principal aquífero granular associado às aluviões ocorre ao longo do leito do córrego Marimbeiro, em especial no seu trecho próximo da cidade, onde atinge as suas maiores dimensões, chegando a medir 3.500 x 400 metros em superfície, por até 20 m de profundidade.

#### 5.5.4.3. RECARGA DOS SISTEMAS AQUÍFEROS

O Parque das Águas do Marimbeiro é banhado pelo córrego Marimbeiro, que tem aproximadamente 6 km de extensão e corre em vale aberto, com as nascentes em cota próxima de 1000 m. De suas cabeceiras até a cidade de Cambuquira, seus afluentes são pouco expressivos em termos de volume d'água, com alguns deles apresentando fluxo intermitente. Após o Parque das Águas do Marimbeiro, em cota próxima de 880 m, ocorre o encontro do córrego Marimbeiro, de direção geral NS, com o córrego Cambuquira, de direção NW, formando o ribeirão do Barreiro, que mantém este alinhamento NW, até desaguar no rio São Bento. Este, no geral, alinha-se segundo NS, até sua barra no rio Verde.

Com isso, as áreas de recarga do meio aquífero estão localizadas a montante do parque em área de serras ou junto às aluviões, sempre alimentados pelas águas pluviais.

Estudos isotópicos desenvolvidos pela Fundação Gorceix (2002), indicam que existe uma pequena mistura nas águas captadas nas fontes hidrominerais, de águas mais profundas com águas de circulação sub-superficial. As amostras das fontes hidrominerais 1 e 3 são similares, apresentando valores maiores de  $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$ , o que sugere águas de menores altitudes, entretanto a amostra retirada da fonte 2 indicou baixo conteúdo isotópico de  $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$ , sugerindo uma infiltração em maiores altitudes.

#### 5.5.4.4. CARACTERIZAÇÃO DAS FONTES MINERAIS DO PARQUE DAS ÁGUAS DO MARIMBEIRO

As fontes do Parque das Águas do Marimbeiro apresentam, em geral, pequenas vazões, espontâneas e oscilantes em função das emanações gasosas (Tabela 150); e o nível freático próximo da superfície. As bicas estão situadas a 1,5 metros da atual superfície do terreno.



**Tabela 150– Vazões das fontes ao longo do tempo**

Data	Referência	Vazão (litros / hora)		
		1	2	3
1941	Min.Agr./CPRM	367	573	428
S/ data	CPRM	244	553	591
1989	LAMIN/DNPM	180	480	390
1997	CPRM	640	690	330
13/02/2001	FG	366	918	210

Fonte: FG (2001)

Das três fontes captadas, verifica-se que as vazões variam de 0,21 m<sup>3</sup>/h, na fonte 3, a 0,92 m<sup>3</sup>/h, na fonte 2 (FG, 2001). Estas vazões estão diferentes das indicadas pela CPRM (1999), o que indica uma provável confusão na numeração das fontes. As medidas até 1989 mostram que a fonte 1 é a que detém as menores vazões, ao passo que as medições da CPRM, em 1997 e 2001, revelam as menores vazões para a fonte 3. É provável que esta inversão seja consequência de uma inadequada ou mesmo ausente identificação das fontes.

Mesmo assim, a variabilidade das vazões precisa ser mais bem avaliada, com medições sistemáticas ao longo dos anos para formar um conjunto de dados confiável sobre a vazão dessas fontes. Com isso, será possível avaliar se está ou não ocorrendo uma variação de vazão devido ao clima ou em função do conteúdo de gás carbônico que provoca a pulsação na bica.

A caracterização físico-química das águas do Parque do Marimbeiro (Figura 219) fica prejudicada pela ausência de uma série histórica completa de análises físico-químicas de suas águas. Ainda, a possível inversão de nomenclatura das fontes 1 e 3, detectada nas medidas de vazão, pode afetar a análise individual das fontes. Entretanto, os dados disponíveis indicam que as águas minerais do Marimbeiro apresentam baixa mineralização.



**Figura 219 – Vista da entrada do Parque das Águas do Marimbeiro.**

O Quadro 33 apresenta a classificação química das águas para cada ponto de captação, de acordo com o Código de Águas Minerais e diagrama triangular de Piper- Hill. Os resultados foram apresentados pela CPRM (2001) e FG (2001).

**Quadro 33 – Caracterização química das fontes de Marimbeiro**

Captação	Código das Águas Minerais		Íon dominante
	<i>In loco</i>	Laboratório	Piper
1	Carbogasosa e fria	Alcalino terrosa carbogasosa	Bicarbonatada cálcica
2	Carbogasosa e fria	Alcalino terrosa carbogasosa, fluoretada	Bicarbonatada cálcica
3	Carbogasosa e fria	Carbogasosa, fluoretada	Bicarbonatada cálcica

Com relação à classificação das águas, pode-se notar que existe certa separação entre os três tipos de águas do Marimbeiro, considerando simultaneamente diversas variáveis analisadas.

#### 5.5.5. ÁGUAS MINERAIS DE LAMBARI

A estância hidromineral de Lambari (Figura 220) possui, dentro dos limites do manifesto de mina, 7 pontos de surgência de água mineral, sendo 6 deles captados por poços rasos e um sem captação instalada. As fontes 1, 2, 3, 4 estão situadas próximas uma das outras e suas bicas estão num mesmo fontanário. As fontes 5 e 6, próximas entre si e afastadas das primeiras, possuem fontanários individuais. Todas as fontes são carbogasosas, diferindo apenas nas vazões espontâneas e em alguns elementos químicos.



**Figura 220 – Parque das Águas de Lambari**

Fonte: [www.flickr.com/photos/cherolen/2372391811/in/set-72157604309564989/](http://www.flickr.com/photos/cherolen/2372391811/in/set-72157604309564989/)

Neste relatório, procurou-se resgatar todas as informações existentes, tendo como fonte os trabalhos realizados pela CPRM/COMIG, entre os anos de 1993 e 1999; contidos na publicação Projeto Circuito das Águas (1999), no trabalho realizado pela Fundação

Gorceix (2001) com o objetivo de estabelecer o perímetro de proteção ambiental do Parque das Águas de Lambari, e Plano de Aproveitamento Econômico da indústria de Envase executado pela Carmo e Delgado (2006).

#### 5.5.5.1. HISTÓRICO

As águas minerais de Lambari são conhecidas desde 1780, quando foram descobertas pelo fazendeiro Antônio Dantas, mas sua proteção começou em 1839, consequência da estadia do Padre Diogo Antônio Feijó no lugarejo. Na década de 1860, o governo da Província realizou trabalhos de saneamento, urbanização e melhorias no aproveitamento das águas, culminando com a construção do balneário, que veio a ser demolido em 1920. A estadia da D. Isabel e do Conde d'Eu no povoado, no final das obras, em 1868, provocou a vinda de uma comissão de médicos que realizaram as primeiras análises das águas.

Desde então, ocorreram diversas iniciativas privadas e governamentais visando principalmente à exploração comercial das águas. Poucos estudos amplos e sistemáticos foram realizados para tentar elucidar os processos da dinâmica subterrânea e de mineralização das águas, de modo a estabelecer e executar planos de ocupação do terreno, como forma de prevenção e preservação das fontes de águas minerais.

#### 5.5.5.2. TIPOS AQUÍFEROS

O sistema hidrológico subterrâneo da estância hidromineral de Lambari está condicionado, fundamentalmente, às características geomorfológicas, litoestratigráficas e estruturais que compõem o arcabouço geológico regional. Assim, nos diferentes litotipos que ocorrem na região é possível definir, basicamente, duas unidades aquíferas: granular e fissurada, que apresentam distribuição espacial e comportamentos distintos, diferenciados pela estrutura física da rocha, modo de circulação da água e condições de armazenamento.

##### 5.5.5.2.1. AQUÍFEROS FISSURAIS

Os sistemas aquíferos do tipo fissural, que podem ser livres ou semi-confinados, estão desenvolvidos em rochas pré-cambrianas, tais como gnaisse, quartzitos, xistos e granitos, deformados ou não. As principais descontinuidades que controlam este tipo de aquífero possuem orientação N60°-80°E e N20°-40°W. As fontes hidrominerais estão situadas no cruzamento destas duas direções, que em particular controlam a direção do ribeirão da Mumbuca.

O sistema aquífero fissural de Lambari é formado pela rede de descontinuidades geológicas que ocorrem em quartzitos, xistos (Formação São Thomé das Letras) e biotita gnaisse (Unidade Lambari) do Grupo Andrelândia, do Proterozóico Médio/Superior, e biotita gnaisse do Complexo Amparo (Proterozóico Inferior/Arquano). O sistema fissural caracteriza-se pelo armazenamento da água em descontinuidades do maciço rochoso, representadas por fissuras, fraturas, juntas e falhas. Caracteriza-se por ser um meio heterogêneo, anisotrópico e muitas vezes descontínuo, geralmente com baixa porosidade secundária e menor potencialidade em comparação com os aquíferos porosos.

As características dos aquíferos fissurais implicam em condições de circulação das águas bastante distintas das do meio poroso. Contudo, há casos em que os fluxos fissurais assemelham-se aos dos aquíferos porosos. Isto ocorre quando a malha ou trama

das fissuras e juntas torna-se bastante densa e propicia intercomunicação das discontinuidades. Essas condições são comuns em rochas calcárias, embora haja casos idênticos em outros tipos de rochas, principalmente nas proximidades da superfície do terreno. Em maiores profundidades, quando a trama das fissuras e juntas é menos densa, os fluxos subterrâneos seguem estruturas geológicas preponderantes da região.

Um meio fraturado pode ser analisado de duas formas, segundo uma aproximação de modo discreto ou contínuo. A primeira considera cada fratura individualmente, enquanto a segunda assume que o meio, pela reunião de todas as fraturas, atua como um material poroso. A vantagem da aproximação contínua é a não necessidade de se obter informações de cada fratura, permitindo trabalhar regionalmente com os dados.

Contudo, a aplicação do conceito, na prática, deve ser baseada em indícios geológicos encontrados na região que justifiquem a análise de aproximação contínua.

Rochas pré-cambrianas deformadas, geralmente associadas com zonas de cisalhamento, podem adquirir expressivo grau de fraturamento, formando sistemas aquíferos de comportamento semi-poroso, permitindo uma análise de aproximação contínua. Neste aspecto, as rochas quartzíticas são importantes, dado o seu comportamento reológico favorável ao fraturamento.

Estudos realizados em sistemas aquíferos em meio fissurado tem mostrado que a trama de fraturas é mais densa e freqüente na zona superficial até os 60-80 m de profundidade. Os dados disponíveis em Lambari, de registros de “entradas de água” ou profundidade de fraturas, fornecidos por poços tubulares, são reduzidos e não permitem a análise detalhada da freqüência e profundidade das fraturas na região. Foram cadastrados apenas três poços, sendo que o único existente a montante das fontes encontra-se desativado.

#### 5.5.5.2.2. AQUÍFEROS GRANULARES

O sistema aquífero granular está associado às formações superficiais, tais como solos e mantos de alteração das rochas (regolitos), que estão desenvolvidos sobre as rochas do substrato pré-cambriano. Este sistema possui vários metros de espessura e pode ser bastante poroso. Esta porosidade favorece a recarga das águas pluviais e pode representar uma barreira físico-química natural de proteção contra os agentes contaminantes.

O meio aquífero granular representa um nível freático superficial constituído principalmente de argilas silto-arenosas. A granulometria é muito variada, em função do tipo da rocha de origem. À exceção das rochas quartzíticas, que têm produtos de alteração mais arenosos, predominam sedimentos finos com diferentes graus de compactação. A espessura saturada também é variável, com valores estimados da ordem de 10 a 15 metros.

É alta a taxa de variação sazonal das vazões do aquífero granular, que sofre grande influência pluviométrica. Esse sistema tem características de aquífero granular livre, às vezes suspenso, com permeabilidade variando em função da granulometria.



Destacam-se neste sistema os depósitos de tálus, formados nas bases das escarpas da serra das Águas, responsáveis pelo abastecimento da maioria das nascentes dessa região. A permeabilidade é relativamente elevada, variando em função da composição da matriz e do tamanho dos fragmentos.

Os depósitos aluvionares também são considerados aquíferos granulares livres, sendo constituídos predominantemente por argila e silte. Admite-se a existência de uma camada de argila com matéria orgânica no topo, e uma de areia/cascalho na base. Nos níveis mais argilosos o depósito tende a se comportar como um aquífero.

O principal aquífero granular associado às aluviões ocorre ao longo do leito do ribeirão da Mumbuca, em especial no seu trecho urbano, onde atinge suas maiores dimensões, chegando a medir 500 x 200 m em superfície por 20 m de profundidade.

#### 5.5.5.3. RECARGA E DESCARGA DOS SISTEMAS AQUÍFEROS

As principais áreas de recarga dos sistemas aquíferos onde estão localizadas as fontes minerais de Lambari são representadas pelos alinhamentos das serras e pela meia encosta que se estendem na direção NE. Nesses locais a recarga ocorre por meio da infiltração direta das águas meteóricas sobre o manto de alteração das rochas, sobre os aluviões e também através de infiltração de águas do escoamento superficial nas linhas de drenagem controladas por fraturamentos (pontos de coincidência fratura-drenagem em cursos de águas influentes).

Na zona não saturada predominam fluxos verticais descendentes, em um meio granular de espessura variável representada pelo manto de intemperismo das rochas. Na zona de contato deste manto com o substrato rochoso, é comum desenvolver-se um lençol freático suspenso. Parte das águas de infiltração, que atingem esta zona superior associada à base do manto de intemperismo contribui para recarga do sistema fraturado inferior por filtração vertical, e parte emerge nas encostas devido às componentes horizontais de fluxo para as áreas de menor carga hidráulica. Os divisores de águas superficiais, nestas condições de aquífero livre, são coincidentes com o divisor da bacia hidrogeológica em questão.

Na zona saturada em meio fraturado, ocorrem fluxos locais de pequeno percurso devido às condições de relevo e forte declividade, e fluxos mais profundos de percurso mais longo, estabelecendo-se na zona de descarga, uma componente de fluxo vertical ascendente.

As áreas de descarga ou exutórios ocorrem através de fontes de encosta e nos vales dos principais afluentes do rio Lambari, contribuindo para a vazão de base do escoamento superficial

#### 5.5.5.4. CARACTERIZAÇÃO DAS FONTES DO PARQUE DAS ÁGUAS DE LAMBARI

Para a caracterização das fontes do Parque das Águas de Lambari é importante resgatar um pouco da história da construção das captações, mesmo sabendo que os dados são escassos. As captações de água mineral das fontes 1 (Magalhães Pinto), 2, 3 e 4 datam do início do século (1905), e as suas características construtivas são retratadas por uma

série de fotos antigas recuperadas por Miléo (1968). São captações com escavações rasas (até 8 m), com a água captada em manilhas revestidas de material cerâmico, de acordo com as surgências detectadas pelos engenheiros no início do século passado. Recentemente, introduziu-se uma tubulação de aço inox nas bordas superiores das tubulações cerâmicas para evitar a degradação do material. As quatro fontes estão sob um mesmo fontanário e próximas entre si em cerca de 3 m.

As fontes 05 e 06 foram re-captadas em 1992, perfurando-se manualmente o material argiloso até 6,0 metros, com diâmetro de 1,5 m e cravando-se uma tubulação de 100 mm para a extração da água. Segundo informações verbais, durante a perfuração, houve um grande desprendimento de gás carbônico. A fonte 07, revestida de manilha, não é captada e apresenta uma elevada emanação de gás carbônico.

De forma geral as fontes captadas no Parque das Águas de Lambari apresentam pequenas vazões, com fluxo intermitentes devido às emanações gasosas (Tabela 151), e o nível freático encontra-se próximo da superfície. Em todos os fontanários as bicas estão situadas entre 1 e 2 metros abaixo da superfície do terreno.

**Tabela 151 – Vazões das fontes ao longo do tempo (FG, 2001)**

Data	Referência	Vazão (l / h)					
		Fonte 1	Fonte 2	Fonte 3	Fonte 4	Fonte 5	Fonte 6
sem data	COMIG	4667	750	479	263	-	-
01/1959	Miléo	5759	1182	720	-	-	-
07/1997	CPRM	5586	1343	655	321	50	133
11/2000	FG 2001	3600	720	586	222	sv	sv

sv = sem vazão

Nas seis fontes captadas, verifica-se que as vazões variam de 0,05 a 5,7 m<sup>3</sup>/h. As medidas de vazões citadas pela FG (2001) mostram-se sistematicamente abaixo daquelas realizadas no passado, inclusive pela CPRM (1999). Este fato precisa ser mais bem avaliado, com medições sistemáticas ao longo de um ano hidrológico, pois podem ter diversas origens, talvez refletindo variações climáticas sazonais, variações em função do conteúdo de gás carbônico ou mesmo, podem estar indicando uma diminuição de volume do fluxo subterrâneo.

No referente às características químicas as águas de Lambari, foram levantados alguns resultados nos trabalhos da FG (2001) e CPRM (1999). Em todas as análises químicas observa-se que as águas minerais de Lambari apresentam baixa concentração de sais, representando dificuldades nas medições analíticas quantitativas, exigindo-se maior acuidade quanto ao emprego das técnicas laboratoriais. Deste modo, pequenos erros analíticos podem resultar em eventuais desvios de caracterização e/ou na classificação hidroquímica das suas águas.

Outro fator limitante na definição da composição destas águas refere-se ao elevado teor de CO<sub>2</sub> (gás carbônico livre) cuja medição *in loco* tem-se revelado mais apropriada, apesar de mais trabalhosa. Análises de águas gasosas, em desequilíbrio iônico, são muito variáveis e de difícil fechamento estequiométrico.

Apesar destas considerações, os dados levantados indicam que os resultados físico-químicos encontrados para as fontes de Lambari, são muito semelhantes aos resultados das demais águas minerais da região do Circuito das Águas, conforme já havia sido constatado pela CPRM (1999). Dos boletins de análises levantadas pode-se concluir:

- A condutividade elétrica varia de 66,4 a 134,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , com média de 87,39  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . A concentração do sólidos totais varia entre 39 e 100 mg/l, com valor médio de 65,24 mg/l;
- A dureza total é baixa, com valor médio de 25,17 mg/l de  $\text{CaCO}_3$ , para uma amplitude de 14,1 mg/l. A dureza de carbonatos acompanha a dureza total, com média de 21,24 mg/l  $\text{CaCO}_3$ . A dureza de não carbonatos é praticamente zero, com exceção de um único resultado de 25,45 mg/l  $\text{CaCO}_3$ , obtido pela análise do LAMIN (1996) e correspondente à dureza total;
- As concentrações dos íons  $\text{Cl}^-$  (cloreto) e  $\text{SO}_4^{2-}$  (sulfato) são baixas, com valores máximos de 9,18 e 9,0 mg/l, e médias de 3,97 e 2,75 mg/l, respectivamente; e
- Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e Sódio ( $\text{Na}^+$ ) são os íons predominantes, com as relações iônicas mais frequentes do tipo  $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ ;  $\text{Na} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Mg}$ .

O Quadro 34 mostra a classificação das águas minerais de Lambari com base no Código de Águas Minerais

Quadro 34 – Classificação química das águas minerais de Lambari

Fonte 1	Fonte 2	Fonte 3	Fonte 4	Fonte 5	Fonte 6
Carbogasosa, fluoretada	Carbogasosa, fluoretada	Carbogasosa, ferruginosa, fluoretada, fracamente radioativa	Carbogasosa, fluoretada	Carbogasosa, fluoretada	Carbogasosa, fluoretada

Fonte: FG (2001)

#### 5.5.6. ÁGUAS MINERAIS DE ÁGUAS DE CONTENDAS

A estância hidromineral de Águas de Contendas está localizada no município de Conceição do Rio Verde, possui dentro do limite do parque das águas 4 fontes de água mineral. Dessas fontes, 3 são captadas por poços rasos e são usadas para ingestão na área do parque. A outra fonte é utilizada para a indústria de envasamento a partir de um poço tubular.

As fontes utilizadas pelo público se encontram sob um mesmo fontanário situado à margem esquerda do ribeirão Contendas; e o poço tubular utilizado na extração de água gasosa encontra-se à margem direita deste mesmo rio. Neste relatório procura-se resgatar todas as informações existentes tendo como fonte de informações os trabalhos realizados pela CPRM/COMIG, entre os anos de 1993 e 1999.

#### 5.5.6.1. HISTÓRICO

Águas de Contendas é um distrito de Conceição do Rio Verde, que inicialmente era denominado Campina do Rio Verde. Em 1732, Inácio Carlos da Silveira conseguiu uma sesmária, na qual construiu uma capela homenageando Nossa Senhora da Conceição. Damião Rodrigues Gomes, em 1778, doou as terras que futuramente deram origem à paróquia de Nossa Senhora da Conceição do Rio Verde, em 1839.

O histórico das águas minerais de Águas de Contendas é escasso, mas sabe-se que a estância é conhecida desde 1884, quando foi visitada por D. Pedro II. Naquele ano o Imperador foi até Conceição do Rio Verde para inaugurar a Ferrovia Minas- Rio, e então, em visita ao Parque das Águas, sentou-se numa pedra onde hoje existe o monumento Pedra do Imperador.

O manifesto de mina para as fontes de Águas de Contendas foi emitido em 1942. O direito de concessão de lavra pertence à CODEMIG, e atualmente se encontra arrendado a uma empresa particular.

#### 5.5.6.2. CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS AQUÍFEROS LOCAIS

Na área da estância hidromineral de Águas de Contendas, as águas subterrâneas percolam por dois tipos principais de aquíferos: um de natureza granular, com porosidade primária, e outro do tipo fissurado, onde a circulação e o armazenamento da água se faz em porosidade de natureza secundária, desenvolvida sobre as rochas pelos eventos tectônicos (Figura 221).

##### 5.5.6.1. AQUÍFEROS FISSURAIS

O sistema aquífero fissural, do tipo livre a semi-confinado, está instalado em rochas pré-cambrianas do tipo gnaisses, xistos e quartzitos. A circulação das águas subterrâneas nesse meio é feita através de descontinuidades estruturais desenvolvidas ao longo de planos de fraturas nas direções NS e NE. Esse aquífero ocorre em toda a bacia do ribeirão Contendas, estendendo para a parte de montante do parque das águas.

O meio fissural, onde a circulação ocorre em descontinuidades geológicas do maciço rochoso, tais como fissuras, fraturas, juntas e falhas, vem caracterizar um sistema aquífero heterogêneo, anisotrópico e frequentemente descontínuo. Na maioria das vezes, a porosidade secundária e a potencialidade hidrogeológica são menores que a dos aquíferos porosos.

O sistema aquífero fissural de Águas de Contendas está sobre uma rede de descontinuidades geológicas onde ocorrem biotita gnaisses milonitizados e biotita-quartzo xisto intercalado com quartzito micáceo, rochas pertencentes ao Grupo Andrelândia (Proterozóico Médio/Superior). O sistema fraturado nas rochas gnáissicas milonitizadas, composto de argilo-minerais, quartzo, hidróxidos de ferro e granada, parece ser o tipo de aquífero principal da área.

Um meio fraturado pode ser analisado de duas formas, segundo uma aproximação de modo discreto ou contínuo. A primeira considera cada fratura individualmente, enquanto a segunda assume que o meio, pela reunião de todas as fraturas, atua como um material poroso. Rochas pré-cambrianas deformadas, geralmente associadas com zonas

de cisalhamento, podem adquirir expressivo grau de fraturamento, formando sistemas aquíferos de comportamento semi-poroso, permitindo uma análise de aproximação contínua. Nesse aspecto, as rochas quartzíticas são importantes, dado o seu comportamento geológico favorável ao fraturamento.

Estudos realizados em sistemas aquíferos em meio fissurado têm mostrado que a trama de fraturas é mais densa e freqüente na zona superficial até os 60-80 m de profundidade. Os dados disponíveis em Águas de Contendas, de registros de “entradas de água” ou profundidade de fraturas, fornecidos por poços tubulares, são reduzidos e não permitem a análise detalhada da freqüência e profundidade das fraturas na região. Foram cadastrados apenas três poços, sendo três captando do aquífero poroso e um com contribuição do meio fraturado.

#### 5.5.6.1. AQUÍFEROS GRANULARES

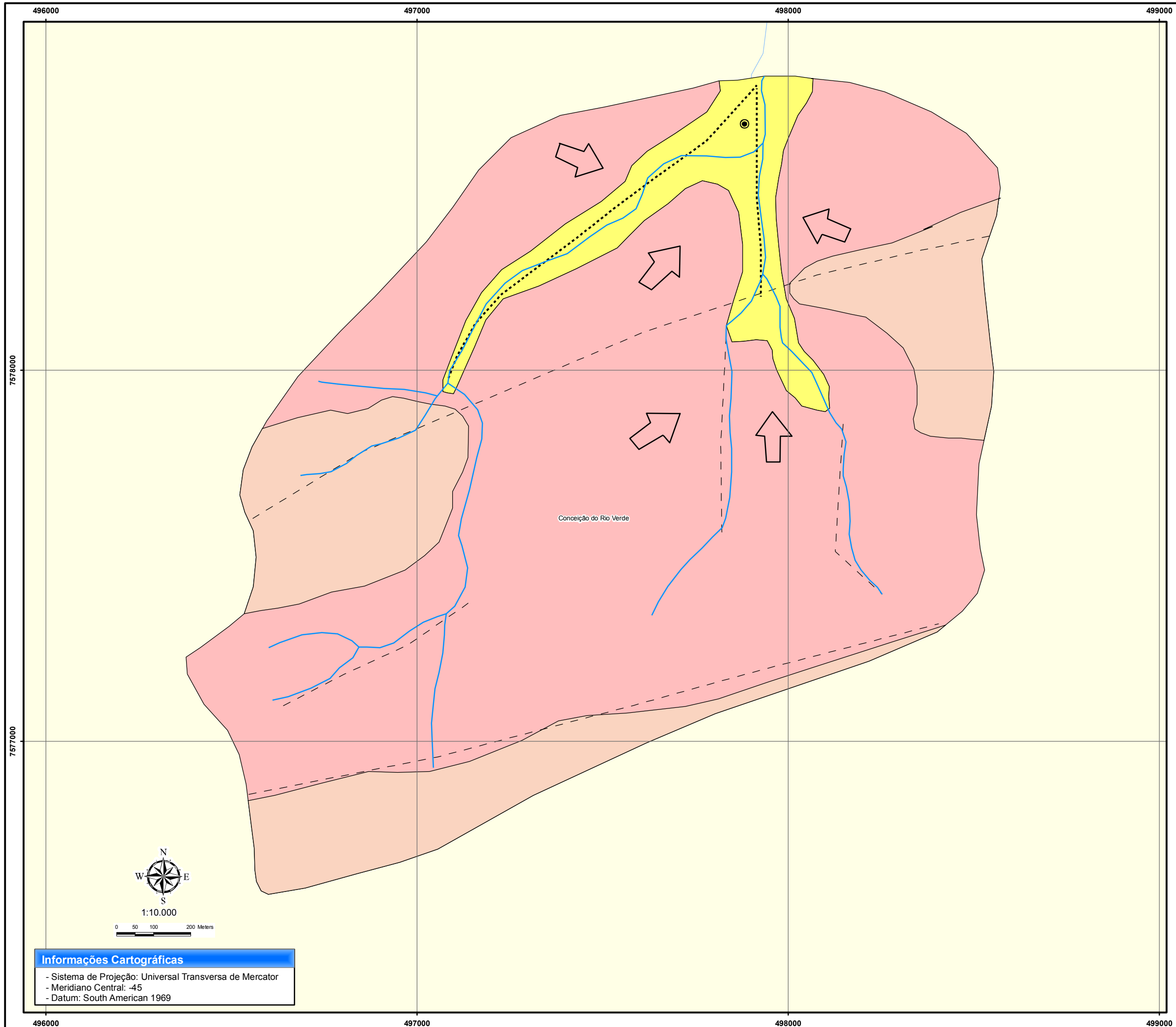
O sistema aquífero granular está associado às formações superficiais, tais como solos e mantos de alteração das rochas (regolitos), que estão desenvolvidos sobre as rochas do substrato pré-cambriano. Esse sistema possui vários metros de espessura, pode ser bastante poroso e ocorre principalmente ao longo das drenagens. Essa porosidade favorece a recarga das águas pluviais e pode representar uma barreira físico-química natural de proteção contra os agentes contaminantes. Esse sistema aquífero ocorre ao longo das principais drenagens recobrando o substrato rochoso (solos residuais).

Os depósitos aluvionares também são considerados aquíferos granulares livres, sendo constituídos predominantemente por argila e silte. Admite-se a existência de uma camada de argila com matéria orgânica no topo, e uma de areia/cascalho na base. Nos níveis mais argilosos o depósito tende a se comportar como um aquífero. O principal aquífero granular associado às aluviões ocorre ao longo do leito do ribeirão da Contendas, em especial no seu trecho urbano.

A taxa de variação sazonal das vazões do aquífero granular é muito alta, mostrando que a sua recarga é exclusivamente dependente da pluviometria. Esse sistema tem características de aquífero granular livre, às vezes suspenso, com permeabilidade variando em função da granulometria.

Outra característica geral dessa unidade aquífera é o seu potencial de vulnerabilidade aos efeitos dos agentes poluidores, especialmente nas zonas em que o nível d'água se encontra mais próximo da superfície. Essa vulnerabilidade será tanto maior quanto mais elevada for a participação de areias em sua composição. As argilas reduzem a permeabilidade e, com isso, aumentam o poder de depuração biológica das águas durante o percurso subterrâneo.

As fontes do Parque das Águas de Contendas estão localizadas muito próximas ao ribeirão. Desta forma, o ribeirão Contendas constitui em potencial fonte de contaminação. No período de recessão, devido à maior concentração de sólidos, a capacidade de contaminação das águas subterrâneas pela infiltração das águas de superfície, é maior. Um fator a ser destacado é que, o ribeirão encontra-se superimposto por fraturamento aberto no seu trecho urbano, aumentando assim a permeabilidade do meio e, conseqüentemente, a possibilidade de infiltração.



**221 - Mapa hidrogeológico da  
bacia do ribeirão Contendas**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

**Elementos Hidrogeológicos**

- Fontanário
- ➡ Direção de fluxo subterrâneo
- - - Fratura fotointerpretada
- ..... Fratura fotointerpretada encoberta

**Sistemas Aquíferos**

- Aquífero Granular
- Aquíferos Fissurados
  - Gnaisses milonitizados
  - Biotita-xistos

**Convenções:**

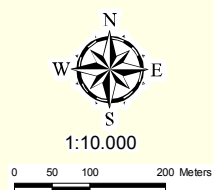
- Hidrografia

Fontes dos Dados:

- Hidrogeologia do Rib. Contendas: Adaptado CPRM, 1999
- Limite Bacia :Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Municipal:IBGE

**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969



#### 5.5.6.2. RECARGA E DESCARGA DOS SISTEMAS AQUÍFEROS

A recarga dos aquíferos é feita através da infiltração de águas pluviais nas áreas de exposição do manto de intemperismo do substrato rochoso e nas áreas de afloramento dos sedimentos aluvionares argilo-arenosos. A infiltração nas partes mais elevadas escoam em subsuperfície, atingindo as fraturas, e o aquífero aluvionar nas áreas rebaixadas. A principal área de recarga está situada nas cabeceiras da drenagem, a montante do Parque das Águas; e a área de descarga corresponde ao nível de base representado pela a calha do ribeirão de Contendas.

As áreas de descarga ou exutórios naturais do sistema aquífero que alimenta as fontes do Parque das Águas de Contendas ocorrem através de fontes ou surgências naturais localizados na meia encosta dos morros que circundam o Parque, ou no fundo do vale do ribeirão Contendas, contribuindo para a vazão de base do escoamento superficial.

#### 5.5.6.3. CARACTERIZAÇÃO DAS FONTES DO PARQUE DAS ÁGUAS DE CONTENDAS

As águas minerais que ocorrem na estância hidromineral de Águas de Contendas estão associadas, principalmente, ao aquífero do tipo fraturado na rocha gnáissica migmatizada, intercalada com biotita-xisto e com lentes quartzíticas. Esse meio acha-se sotoposto a sedimentos aluvionares de granulometria variada, que são capeados por uma camada de argila turfácea que pode atingir até 9,0 m de espessura (CPRM, 1999).

No Parque das Águas estão cadastradas 4 captações de água mineral, sendo que três delas são destinadas ao público que frequenta o Parque, e a quarta atende à unidade de engarramento. As captações destinadas ao Parque são feitas por meio de poços escavados rasos e a fonte que atende à unidade industrial é um poço tubular profundo, revestido em PVC geomecânico, até a profundidade de 97,6 m. As entradas d'água estão localizadas nas profundidades 56 a 68 metros, e 77 a 89 metros, onde estão instalados conjuntos de filtros também em PVC geomecânico. Os dados referentes à vazão e classificação química das fontes encontram-se registrados na Tabela 152.

**Tabela 152 – Características hidrodinâmicas das fontes de Águas de Contendas**

Fonte	Profundidade (m)	Vazão l/h (1997)
“Ferruginosa”	12	180
“Gasosa”	12	270
“Magnesiana”	8	280
Poço 01	102	18.000 (vazão de teste)

Fonte: CPRM (1999).

#### 5.5.7. OUTRAS ÁGUAS MINERAIS ENCONTRADAS NA BACIA DO RIO VERDE

Conforme exposto no Quadro 29, na bacia do rio Verde existem um total de 19 processos para exploração de águas minerais, boa parte destes processos encontram-se na fase de pesquisa, ou em análise de viabilidade ou mesmo, em fase de implantação do empreendimento de envasamento.

De acordo com levantamento junto ao DNPM, realizado em outubro de 2009, foram identificadas indústrias de envases em operação nos municípios de Passa Quatro, Varginha, Itamonte e Pouso Alto.

No município de Passa Quatro está instalada a empresa de mineração Padre Manoel que tem autorização para envase de águas minerais das fontes Padre Manoel I, da Hortênciã e Real. Tais fontes representam captações de água mineral por meio de poços tubulares profundos construídos em quartzitos da Mega Sequência Andrelândia. A classificação destas águas de acordo com o Código de Águas Minerais é “Água Mineral Fluoretada Radioativa na Fonte” que são envasadas com as marcas Água Mineral: Passa Quatro e Magma.

Na zona rural de do município de Varginha está localizada a indústria de envase da Água Mineral Varginha Ltda que envasa água mineral procedente de uma surgência natural localizada em rochas gnáissicas. De acordo com a classificação do DNPM trata-se uma água classificada como “Água Mineral Fluoretada”.

A empresa de Águas Engenho da Serra está localizada no município de Itamonte, e atualmente encontra-se licenciada para engarrafar águas provenientes da fonte Engenho da Serra que recebeu a classificação do DNPM de “Água Mineral Fluoretada Fracamente Radioativa”. A empresa está envasando as marca Engenho da Serra, porém, já possui outros rótulos licenciados com as marcas Serra do Pacuí, Terras Altas, Minas Gerais e Vale do Monte.

Ainda, no município de Pouso Alto está instalada a empresa Mineração Pouso Alto que é titular do direito minerário, Portaria de Lavra 260 de 10/09/2007, onde existem duas fontes de água mineral denominados: fonte Pouso Alto com um vazão de 10,28 m<sup>3</sup>/h e a fonte D’Albina com vazão de 14,14 m<sup>3</sup>/h. Estas captações foram feitas por meio de poços tubulares e produzem água mineral classificada, com base no Código de Águas Minerais, como “Água Mineral Fluoretada”. Os volumes totais envasados nos anos 2007 e 2008 estão apresentados na Tabela 153. Na Tabela, a coluna que informa a capacidade total de envasamento refere-se a capacidade de produção das duas fontes, num período de bombeamento de 16 h/dia, subtraindo 30% do volume destinado a lavagem e enxágüe das embalagens.

**Tabela 153 – Dados de envase – Água Mineral Pouso Alto**

Ano	Total envasado (litros/ano)	Capacidade de envasamento (litros/ano)
2007	4.588.472	9.982.960
2008	7.551.292	

Fonte: Água Mineral Pouso Alto



## 6. ABORDAGEM INTERTEMÁTICA DAS SUB-BACIAS

---

Nesse capítulo serão apresentados os principais problemas e fatores de pressão atuantes sobre as sub-bacias do rio Verde sob um enfoque interdisciplinar. Para sua elaboração foi realizado um *workshop* com os consultores do Consórcio ECOPLAN-LUME .

### **Bacia do Rio Verde**

O rio Verde nasce no limite dos municípios de Passa Quatro e Itanhandu, na vertente ocidental da serra da Mantiqueira, a cerca de 2.600 m, próximo à divisa de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, e corre por sua encosta, em direção oeste.

Em seu trajeto, até desaguar na represa de Furnas, no limite dos municípios de Elói Mendes e Três Pontas, o rio Verde recebe importantes afluentes, quais sejam: rios Passa Quatro, do Carmo, Lambari, São Bento, do Aterrado, Palmela e ribeirão Caeté, pela margem esquerda, e os rios Capivari, Baependi e do Peixe, o ribeirão Pouso Alto e o ribeirão Espera, pela margem direita. As sub-bacias desses 12 rios, e mais as pequenas sub-bacias cujos cursos d'água vertem diretamente para o rio Verde, em seu Alto, Médio e Baixo curso, (aqui denominadas, respectivamente, sub-bacias do Alto, Médio e Baixo Rio Verde), definem as 15 sub-bacias componentes da bacia do rio Verde.

### **Sub-Bacia do Alto Rio Verde**

A sub-bacia do alto rio Verde (Figura 222) tem uma área de 305,83 km<sup>2</sup>, drenando os municípios de Passa Quatro, Pouso Alto, São Sebastião do Rio Verde e Itanhandu, sendo que a sede de São Sebastião do Rio Verde está totalmente incluída dentro do sub-bacia e a de Itanhandu parcialmente. A população é de 11.877 habitantes, sendo 8.527 na área urbana e 3.350 na área rural.

Em relação à demografia e sócio economia, o crescimento demográfico na sub-bacia é baixo, tanto que a estimativa de acréscimo populacional é de 1.200 habitantes em 2020. As principais atividades econômicas existentes são a avicultura de postura e a pecuária leiteira.

Com relação ao saneamento básico, no abastecimento de água existem conflitos de uso devido ao potencial poluidor a montante da captação de Itanhandu e índices de perdas elevados. A coleta de esgoto atinge 100% da população, porém não existe o tratamento na sede de Itanhandu e em São Sebastião do Rio Verde apenas 30% é tratado. Ambas as cidades que possuem sede na sub-bacia dispõem seus resíduos em aterros controlados.

A sub-bacia é uma importante área de recarga, porém com baixa favorabilidade hidrogeológica. A disponibilidade hídrica superficial não apresenta problemas e a demanda mais significativa é para o uso rural, principalmente para criação de animais (51%) e irrigação (39%).

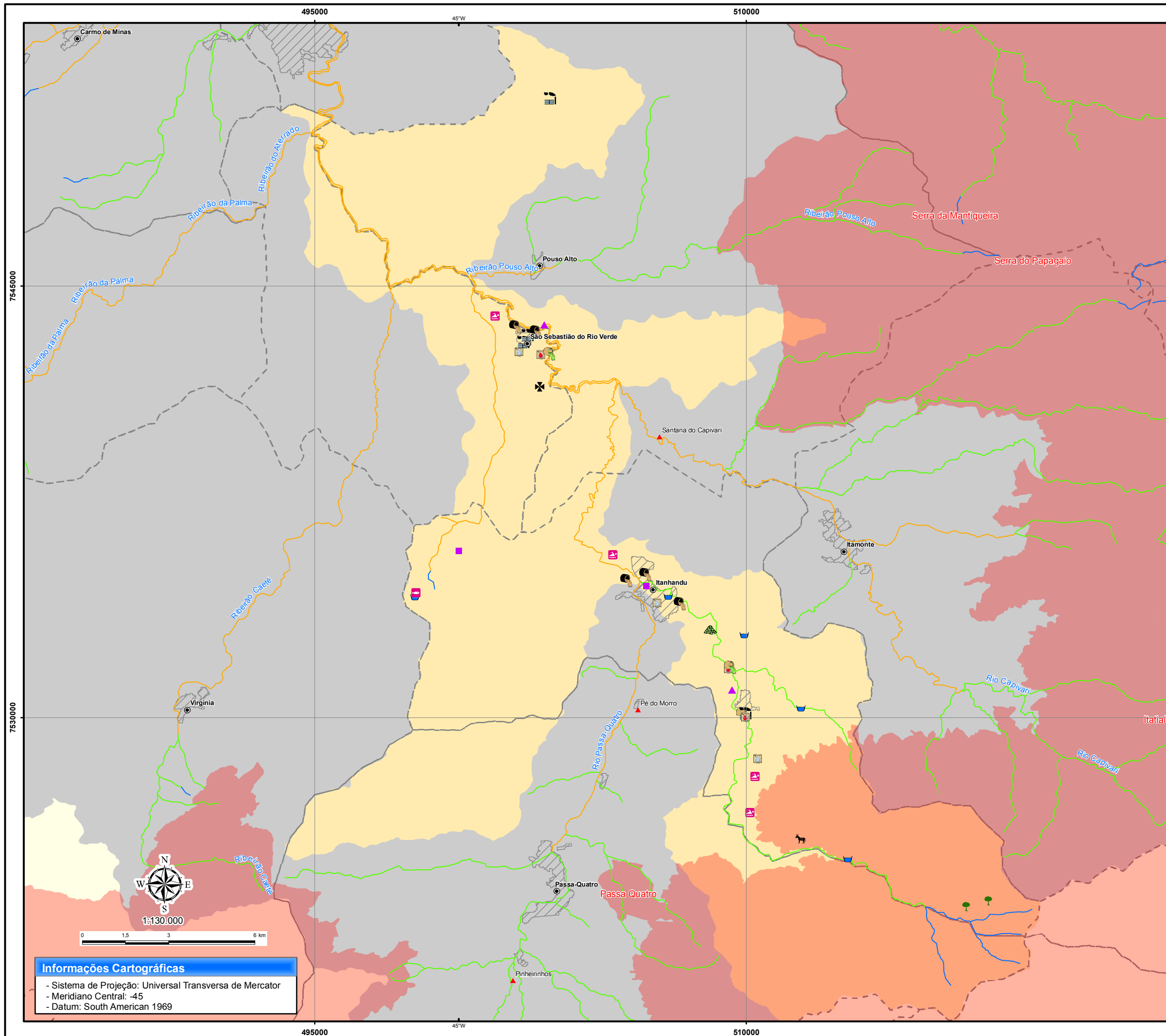
No entanto, o uso do solo para fins rurais tem gerado pressões sobre a área de nascentes e de remanescentes florestais da serra da Mantiqueira, também pressionada pelo turismo e chacreamento na região.

Os principais problemas encontrados na sub-bacia em relação à qualidade da água são a carga orgânica e a contaminação microbiológica proveniente do esgoto sanitário, da indústria alimentícia, da avicultura e de fontes difusas; além de sólidos, nutrientes como fósforo e metais - ferro e manganês provenientes de atividades agrícolas.

A destinação inadequada do lixo é um problema existente na sub-bacia que também afeta a qualidade das águas.

Uma preocupação em relação à ictiofauna são as espécies exóticas (trutas) que competem com a fauna nativa (existem criadouros, mas no passado foram lançados alevinos em alguns cursos de água).

Na cidade de Itanhandu existe o problema de ocorrência de enchentes, sendo então necessário estudar a implantação de uma estação fluviométrica complementar.

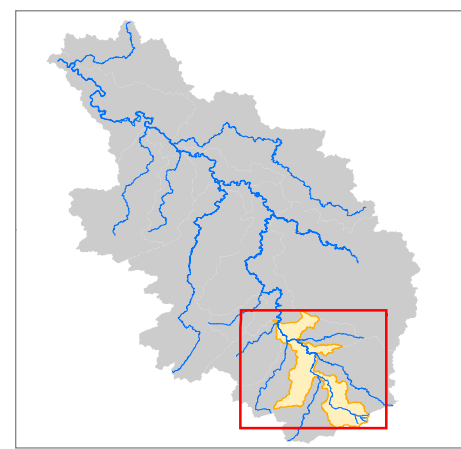


**222 - Alto do Rio Verde**

Projeto:



Localização:



**Legenda:**

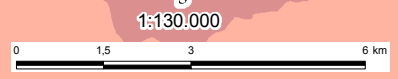
- Estações fluviométricas
- ▲ Estações de qualidade
- Hidrografia - Enquadramento FEAM 1998**
- Classe Especial
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3
- Unidades de Conservação**
- Proteção Integral e Uso Sustentável
- Usos das águas e estruturas mapeadas**
- ☹ Abastecimento Humano
- 🌿 Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas
- 🌿 Proteção das comunidades aquáticas
- 🏖 Recreação de contato primário - rios, cachoeiras, lagos etc.
- 🐟 Pesca - criação, pesque-pague etc
- 🐄 Dessedentação de animais
- 🏠 ETA
- 🏠 ETE
- ♻ Lixão Recuperado
- 🗑 Esgoto Tratado
- 🗑 Esgoto in natura
- 🏭 Indústria
- ✂ UTC
- Convenções:**
- ▲ Distritos
- Sedes
- ▨ Mancha Urbana
- - - Limite Municipal
- Trecho Alto Rio Verde
- Bacia do Rio Verde

**Fontes dos Dados:**

- Atualização dos Usos: Ecoplan/Lume 2009
- Limite Bacia e Sub bacias: Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Sedes: IBGE
- Distritos: IGA
- Hidrografia /Enquadramento : FEAM, 1998
- Unidades de Conservação: IEF, 2006
- Estações de Qualidade e Fluviométricas: IGAM, ANA

**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969



### **Sub-Bacia do Rio Passa Quatro**

A sub-bacia do rio Passa Quatro (Figura 223) tem uma área de 176,46 km<sup>2</sup>, drenando os municípios de Itanhandu e Passa Quatro sendo que a sede de Passa Quatro está totalmente inserida dentro da sub-bacia e a sede de Itanhandu parcialmente, além dos distritos Pé do Morro e Pinheirinhos pertencentes ao município de Passa Quatro. A população é de 18.885 habitantes, sendo 16.134 na área urbana e 2.751 na área rural.

Não existem estações de qualidade da água na sub-bacia, não havendo, portanto informações sobre a mesma.

A sub-bacia apresenta baixa favorabilidade hidrogeológica. A disponibilidade hídrica superficial não apresenta problemas e a demanda predominante é para o abastecimento público (60%) e industrial (29%). Embora represente apenas 2,5% de toda a área da bacia do rio Verde, é responsável por cerca de 5% do consumo total da bacia.

É a segunda sub-bacia mais densamente povoada da bacia do rio Verde, tem taxa de urbanização de 85%, e tem o maior número de núcleos urbanos. Deverá ter um aumento populacional de 1.200 habitantes até 2020. As principais atividades econômicas da sub-bacia são a pecuária leiteira, a indústria de água mineral, o turismo e a silvicultura.

Apesar de ser uma sub-bacia preservada, já que ainda restam cerca de 27% de florestas fragmentadas, não existe nenhuma unidade de conservação com uso mais restritivo. As principais unidades de conservação existentes são a APA Mantiqueira e a FLONA de Passa Quatro.

É preocupante a pressão na área rural (turismo e chacreamento).

Com relação ao saneamento básico, no abastecimento de água existe problema sanitário no bairro rural Mato Dentro, no município de Passa Quatro, além do índice de perdas elevado. A coleta de esgoto é de 100% nas sede, porém não há coleta nos distritos.

Não existe nenhum tipo de tratamento de esgotos e os resíduos sólidos da sede são dispostos em um aterro controlado enquanto os dos distritos seguem para um lixão.

### **Sub-Bacia do Rio Capivari**

O rio Capivari nasce no município de Itamonte, próximo à divisa com o Estado do Rio de Janeiro, à aproximadamente 2.100 m de altitude.

A sub-bacia do rio Capivari (Figura 224) tem uma área de 308,10 km<sup>2</sup>, drenando os municípios de Pouso Alto, Itanhandu e Itamonte, sendo que a sede do último está dentro da sub-bacia, além do distrito de Santana do Capivari pertencente ao município de Pouso Alto.

A população na sub-bacia é de 14.321 habitantes, sendo 8.864 na área urbana e 5.457 na área rural.

É a sub-bacia mais densamente povoada da bacia do rio Verde, e também possui as maiores taxas de crescimento; o grau de urbanização é relativamente baixo (62%). Deverá ter um aumento populacional de mais de 1.600 habitantes até 2020. O município de Itamonte deverá ser o de maior crescimento na sub-bacia.

As principais atividades econômicas na sub-bacia são o turismo, a indústria alimentícia, as granjas, a indústria de água mineral gasosa artificial e a apicultura.

Apesar de ser a sub-bacia mais preservada, já que ainda restam cerca de 48% dos remanescentes florestais protegidos pelo Parque Estadual da Serra do Papagaio e pelo Parque Nacional do Itatiaia, ainda existe uma pressão do uso rural preocupante (turismo e chacreamento).

Com relação ao saneamento básico, no abastecimento de água o tratamento é convencional tanto na sede de Itamonte quanto no distrito de Santana do Capivari. A coleta de esgoto é de 100% em Itamonte, porém não há coleta no distrito.

Não existe nenhum tipo de tratamento de esgotos e os resíduos sólidos da sede são dispostos em um aterro controlado enquanto os do distrito seguem para um lixão.

De acordo com informações obtidas em campo, na sub-bacia existe a PCH dos Braga, no córrego Cachoeirinha, que foi reativada para atender a demanda das indústrias de plástico do distrito industrial de Itamonte, implantado as margens do rio Capivari. O lago da PCH encontra-se assoreado pela falta de cobertura vegetal arbórea a montante.

A sub-bacia apresenta baixa favorabilidade hidrogeológica. A disponibilidade hídrica superficial não apresenta problemas e a demanda predominante é para o abastecimento industrial (44%).

Não existem estações de qualidade da água na sub-bacia, não havendo, portanto informações sobre a qualidade da água do rio.

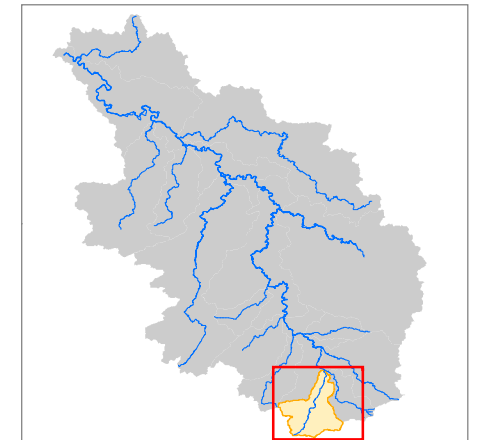
## 223 - Sub-bacia do Rio Passa Quatro

Projeto:

### PDRH Rio Verde



Localização:



Legenda:

- Estacoes fluviométricas
- Estações de qualidade

#### Hidrografia - Enquadramento FEAM 1998

- Classe Especial
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

#### Unidades de Conservação

- Proteção Integral e Uso Sustentável

#### Usos das águas e estruturas mapeadas

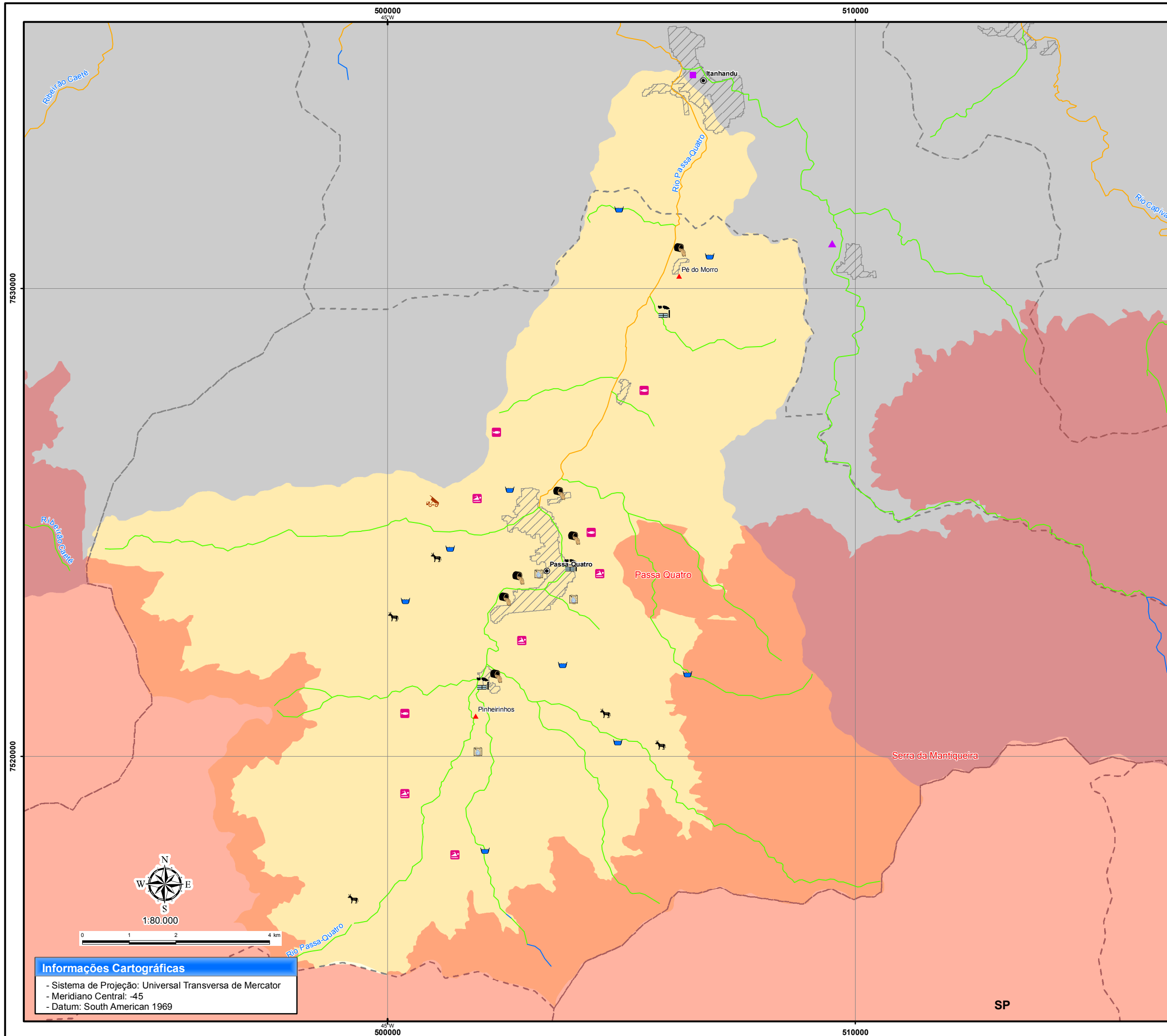
- Abastecimento Humano
- Recreação de contato primário - rios, cachoeiras, lagos etc.
- Pesca - criação, pesque-pague etc
- Dessedentação de animais
- ETA
- Aterro Controlado
- Esgoto in natura
- Indústria

#### Convenções:

- Distritos
- Sedes
- Mancha Urbana
- Limite Municipal
- Sub-bacia Rio Passa Quatro
- Bacia do Rio Verde

#### Fontes dos Dados:

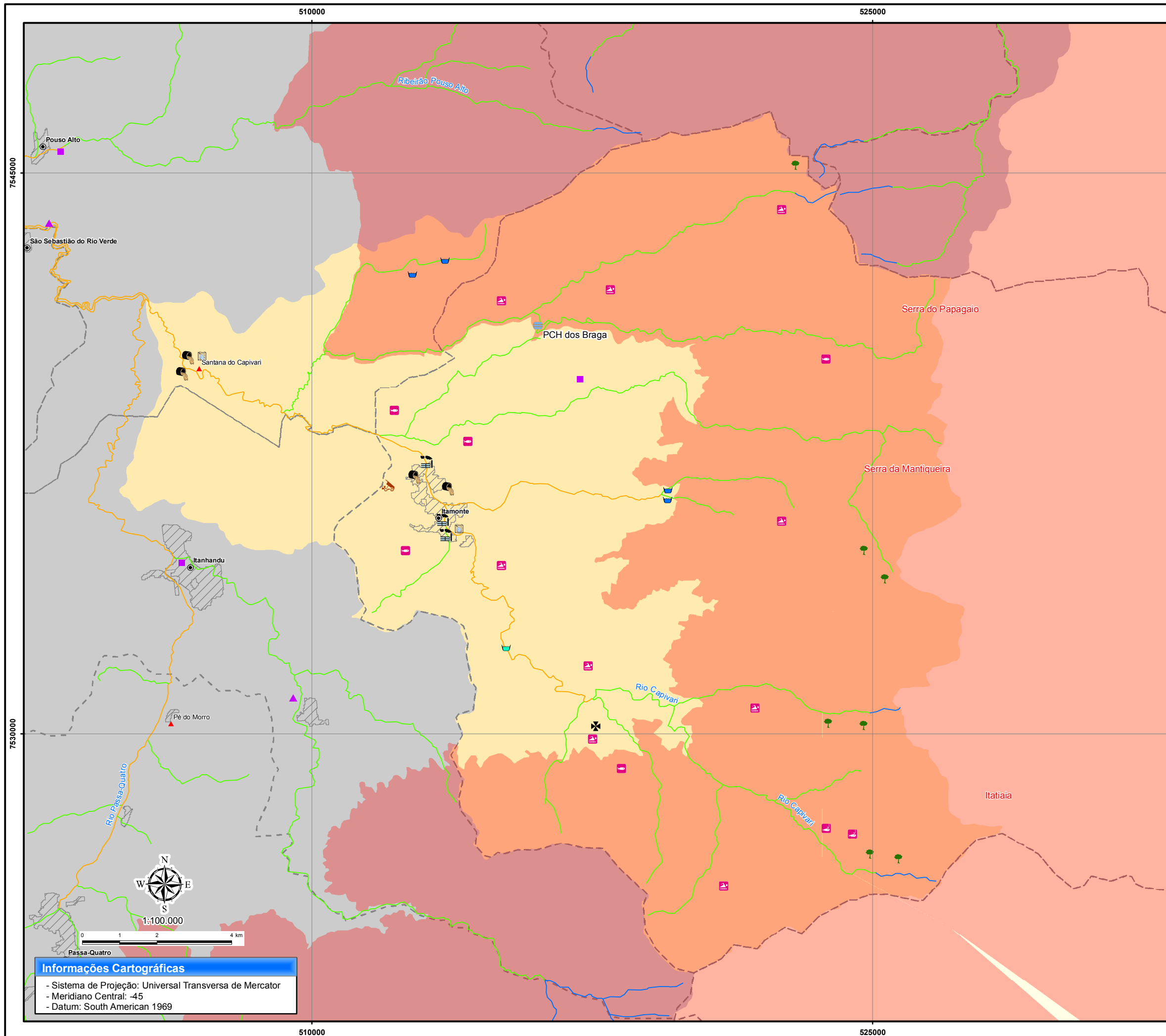
- Atualização dos Usos: Ecoplan/Lume 2009
- Limite Bacia e Sub bacias: Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Sedes: IBGE
- Distritos: IGA
- Hidrografia /Enquadramento : FEAM, 1998
- Unidades de Conservação: IEF, 2006
- Estações de Qualidade e Fluviométricas: IGAM, ANA



#### Informações Cartográficas

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969

SP

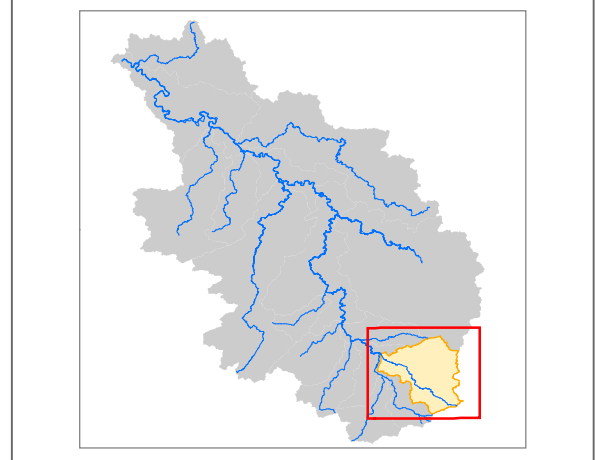


**224 - Sub-bacia do Rio Capivari**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**

Localização:



**Legenda:**

- Estacoes fluviométricas
  - ▲ Estações de qualidade
- Hidrografia - Enquadramento FEAM 1998**
- Classe Especial
  - Classe 1
  - Classe 2
  - Classe 3
- Unidades de Conservação**
- Proteção Integral e Uso Sustentável
- Usos das águas e estruturas mapeadas**
- Abastecimento Humano
  - Futura captação
  - Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas
  - Geração de energia
  - Recreação de contato primário - rios, cachoeiras, lagos etc.
  - Pesca - Recreação em rios e lagos
  - Pesca - criação, pesque-pague etc
  - ETA
  - Aterro Controlado
  - Esgoto in natura
  - Indústria
  - UTC
- Convenções:**
- ▲ Distritos
  - Sedes
  - ▨ Mancha Urbana
  - - - Limite Municipal
  - Sub-bacia do Rio Capivari
  - Bacia do Rio Verde

**Fontes dos Dados:**

- Atualização dos Usos: Ecoplan/Lume 2009
- Limite Bacia e Sub bacias: Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Sedes: IBGE
- Distritos: IGA
- Hidrografia /Enquadramento : FEAM, 1998
- Unidades de Conservação: IEF, 2006
- Estações de Qualidade e Fluviométricas: IGAM, ANA

**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969

### **Sub-Bacia do Ribeirão Pouso Alto**

O ribeirão Pouso Alto nasce no município de Pouso Alto, próximo à divisa com o município de Baependi, à aproximadamente 1.800 m de altitude.

A sub-bacia do ribeirão Pouso Alto (Figura 225) tem uma área de 95,00 km<sup>2</sup>, drenando o município de Pouso Alto, sendo que a sede do mesmo está dentro da sub-bacia. A população na sub-bacia é de 3.446 habitantes, sendo 2.456 na área urbana e 990 na área rural.

É a menor sub-bacia da bacia do rio Verde tanto em extensão territorial quanto em população. Deverá ter crescimento estagnado ou até mesmo reduzido até 2020, já que apresenta pouca pressão demográfica.

Apesar de ser uma sub-bacia bem preservada, já que ainda restam cerca de 36% de remanescentes florestais e, boa parte destes remanescentes estarem protegidos pelo Parque Estadual da Serra do Papagaio, ainda existem grandes fragmentos de florestas estacionais não preservadas que vem sofrendo pressão do uso rural. Isso decorre da especulação imobiliária para chácaras e o desenvolvimento da pecuária leiteira.

Com relação ao saneamento básico, no abastecimento de água o tratamento é convencional e o índice de perdas é elevado. O índice de coleta de esgoto é de 100%. Não existe nenhum tipo de tratamento de esgotos e os resíduos sólidos são dispostos em um aterro controlado.

A sub-bacia apresenta baixa favorabilidade hidrogeológica. Apesar de ser a menor sub-bacia do rio Verde destaca-se como o segundo maior rendimento específico médio (31,25 l/s.m<sup>2</sup>), atrás apenas da sub-bacia do rio Baependi. A demanda predominante é para o abastecimento público (41%).

Não existem estações de qualidade da água na sub-bacia, não havendo, portanto informações sobre a qualidade da água do rio.

### **Sub-Bacia do Ribeirão Caeté**

O ribeirão Caeté nasce no município de Virgínia, à aproximadamente 1.700 m.

A sub-bacia do Ribeirão Caeté (Figura 226) tem uma área de 171,01 km<sup>2</sup>, drenando os municípios de São Sebastião do Rio Verde e Virgínia, sendo que a sede do último está dentro da sub-bacia. A população é de 5.641 habitantes, sendo 3.585 na área urbana e 2.056 na área rural.

A sub-bacia apresentou baixo crescimento demográfico entre 1980 e 2007 e tem-se a previsão de taxas negativas de crescimento até 2020.

Com relação ao saneamento básico, no abastecimento de água o tratamento é convencional, e o índice de perdas é elevado. O índice de coleta de esgoto é de 89,4%. Não existe nenhum tipo de tratamento de esgotos e os resíduos sólidos são dispostos em um aterro controlado. Existe também em Virgínia uma Unidade de Triagem e Compostagem - UTC, porém ela se encontra abandonada.

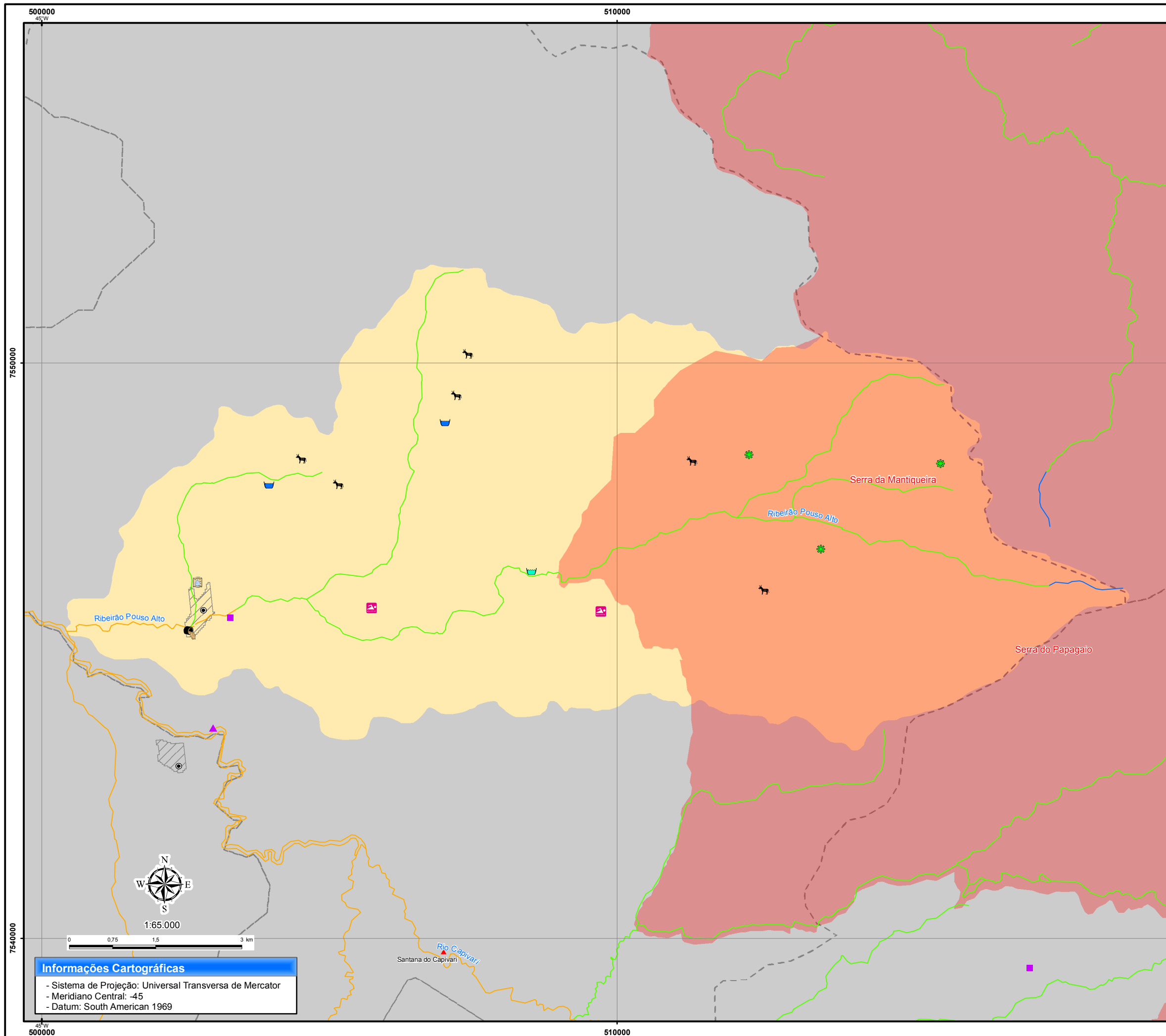


A sub-bacia do ribeirão Caeté apresenta baixa favorabilidade hidrogeológica. Não existem problemas em relação à disponibilidade hídrica superficial. A demanda predominante é para a irrigação (42%), principalmente para a hortifruticultura e bataticultura, principais culturas da sub-bacia.

Não existem estações de qualidade da água na sub-bacia, não havendo, portanto informações sobre a qualidade da água do rio.

Devido às plantações é preocupante o uso de agrotóxicos.

A pressão do uso rural é preocupante nos poucos e fragmentados remanescentes florestais de florestas estacionais semidecíduais e ombrófilas, já que a maioria encontra-se nas cabeceiras sem nenhuma proteção por meio de UC's de uso direto.



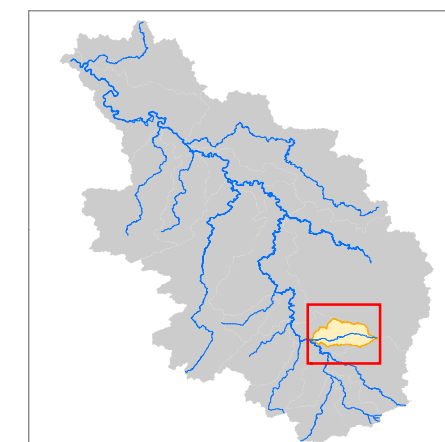
## 225 - Sub-bacia do Ribeirão Pouso Alto

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

- Estações fluviométricas
- ▲ Estações de qualidade
- Hidrografia - Enquadramento FEAM 1998**
- Classe Especial
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3
- Unidades de Conservação**
- Proteção Integral e Uso Sustentável
- Usos das águas e estruturas mapeadas**
- Abastecimento Humano
- Futura captação
- ✱ Classe 1: Hortaliças consumidas cruas e frutas
- Recreação de contato primário - rios, cachoeiras, lagos etc.
- Dessedentação de animais
- ETA
- Esgoto in natura

Convenções:

- ▲ Distritos
- Sedes
- Limite Municipal
- Sub bacia Ribeirão Pouso Alto
- Bacia do Rio Verde
- Mancha Urbana

Fontes dos Dados:

- Atualização dos Usos: Ecoplan/Lume 2009
- Limite Bacia e Sub bacias: Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Sedes: IBGE
- Distritos: IGA
- Hidrografia /Enquadramento : FEAM, 1998
- Unidades de Conservação: IEF, 2006
- Estações de Qualidade e Fluviométricas: IGAM, ANA

### Informações Cartográficas

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969

490000

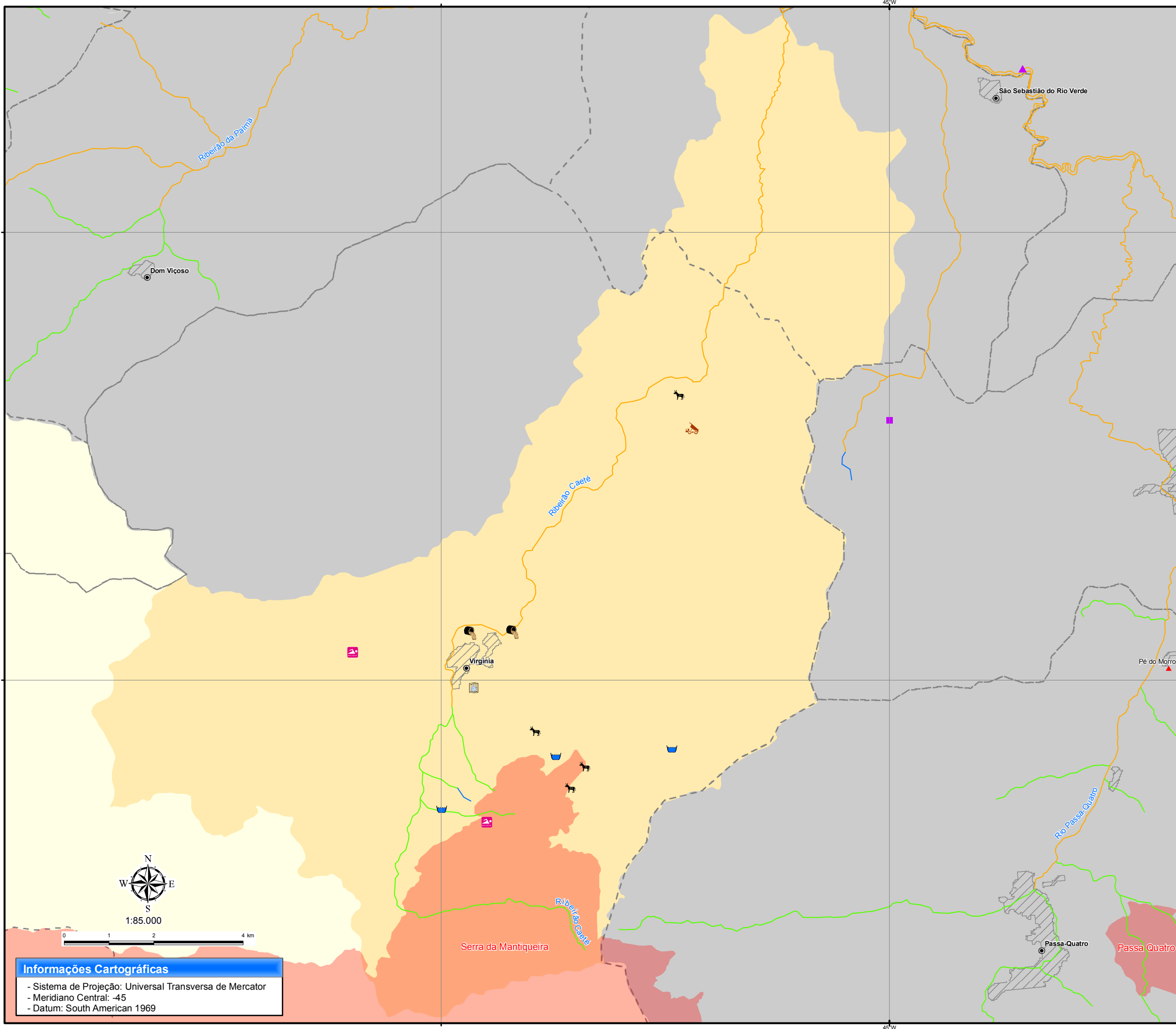
500000

490000

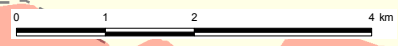
500000

7540000

7530000



1:85.000



**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969

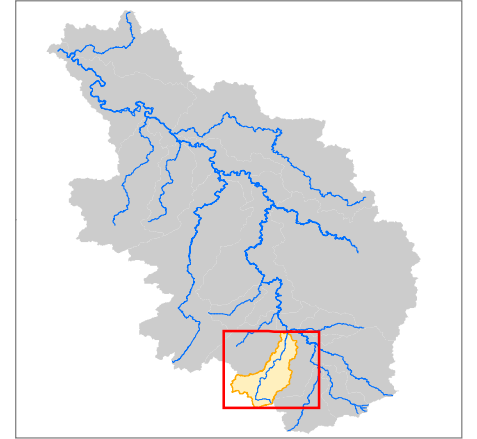
### 226 - Sub-bacia do Ribeirão Caeté

Projeto:

## PDRH Rio Verde



Localização:



Legenda:

- Estacoes fluviométricas
  - ▲ Estações de qualidade
- Hidrografia - Enquadramento FEAM 1998**
- Classe Especial
  - Classe 1
  - Classe 2
  - Classe 3
- Unidades de Conservação**
- Proteção Integral e Uso Sustentável
- Usos das águas e estruturas mapeadas**
- Abastecimento Humano
  - Recreação de contato primário - rios, cachoeiras, lagos etc.
  - Dessedentação de animais
  - ETA
  - Aterro Controlado
  - Esgoto in natura

Convenções:

- ▲ Distritos
- Sedes
- ▨ Mancha Urbana
- - - Limite Municipal
- Sub bacia Ribeirão Caeté
- Bacia do Rio Verde

Fontes dos Dados:

- Atualização dos Usos: Ecoplan/Lume 2009
- Limite Bacia e Sub bacias: Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Sedes: IBGE
- Distritos: IGA
- Hidrografia /Enquadramento : FEAM, 1998
- Unidades de Conservação: IEF, 2006
- Estações de Qualidade e Fluviométricas: IGAM, ANA

### **Sub-Bacia do Ribeirão do Aterrado**

O ribeirão do Aterrado nasce no município de Dom Viçoso, próximo à divisa com os municípios de Maria da Fé e Cristina, à aproximadamente 1.800 m.

A sub-bacia do ribeirão do Aterrado (Figura 227) tem uma área de 213,35 km<sup>2</sup>, drenando os municípios de São Sebastião do Rio Verde, Virgínia, Carmo de Minas e Dom Viçoso, sendo que a sede do último está dentro da sub-bacia. A população é de 4.146 habitantes, sendo 980 na área urbana e 3.166 na área rural.

A população da sub-bacia decresceu entre 1980 e 2007 e deverá se manter estagnada até 2020.

O principal uso da sub-bacia é o antrópico (80%). A pressão do uso rural é preocupante na fragmentada floresta estacional semidecidual, já que nenhum dos 225 fragmentos de florestas distribuídos na sub-bacia encontra-se protegido.

Com relação ao saneamento básico, no abastecimento de água o índice de perdas é elevado e o tratamento é convencional. O índice de coleta de esgoto é de 97,2%. Não existe nenhum tipo de tratamento de esgotos e os resíduos sólidos são dispostos em um aterro controlado.

A sub-bacia apresenta baixa favorabilidade hidrogeológica. Não existem problemas em relação à disponibilidade hídrica superficial.

A demanda predominante é para a irrigação (51%), principalmente para a cafeicultura, rizicultura e bataticultura, principais culturas da sub-bacia. Devido às plantações é preocupante o uso de agrotóxicos, devendo-se, portanto avaliar a qualidade da água. Outra importante atividade no meio rural é a pecuária leiteira.

Não existem estações de qualidade da água na sub-bacia, não havendo, portanto informações sobre a qualidade da água do rio.

### **Sub-Bacia do Médio Rio Verde**

A sub-bacia do médio rio Verde (Figura 228) tem uma área de 579,53 km<sup>2</sup>, drenando os municípios de Carmo de Minas, Conceição do Rio Verde, Soledade de Minas e São Lourenço, sendo que as sedes dos três últimos estão dentro da sub-bacia. A população é de 61.465 habitantes, sendo 55.535 na área urbana e 5.930 na área rural.

Esta sub-bacia é a segunda mais populosa, com alta taxa de urbanização, e com previsão de crescimento de 9% da população até 2020, o que representaria um incremento de 5.700 habitantes.

O principal uso do solo na sub-bacia é o antrópico, sendo pecuária leiteira uma das principais atividades econômicas e que traz consigo, também, um dos maiores problemas que é o pisoteio do gado em áreas de vegetação nativa e zonas contíguas a cursos d'água. Outras atividades são a produção de café, frutas e milho, além da indústria alimentícia, a produção de água mineral e o turismo em função da estância hidromineral de São Lourenço. Devido à atividade agrícola torna-se preocupante a utilização de agrotóxicos.

A sub-bacia possui média favorabilidade hidrogeológica. A disponibilidade hídrica superficial não apresenta problemas e a demanda representa 8,3% da demanda total da bacia do rio Verde, sendo 68% alocados para o abastecimento público.

No abastecimento de água existem índices de perdas elevados em Soledade de Minas. A coleta de esgoto atinge 100% da população, exceto em Soledade de Minas que atinge 86,1%, porém não existe o tratamento nas sedes, apenas 15% do esgoto de Conceição do Rio Verde é tratado, e já está prevista a construção de uma ETE em São Lourenço. As cidades que possuem sede na sub-bacia dispõem seus resíduos em lixões ou aterros controlados.

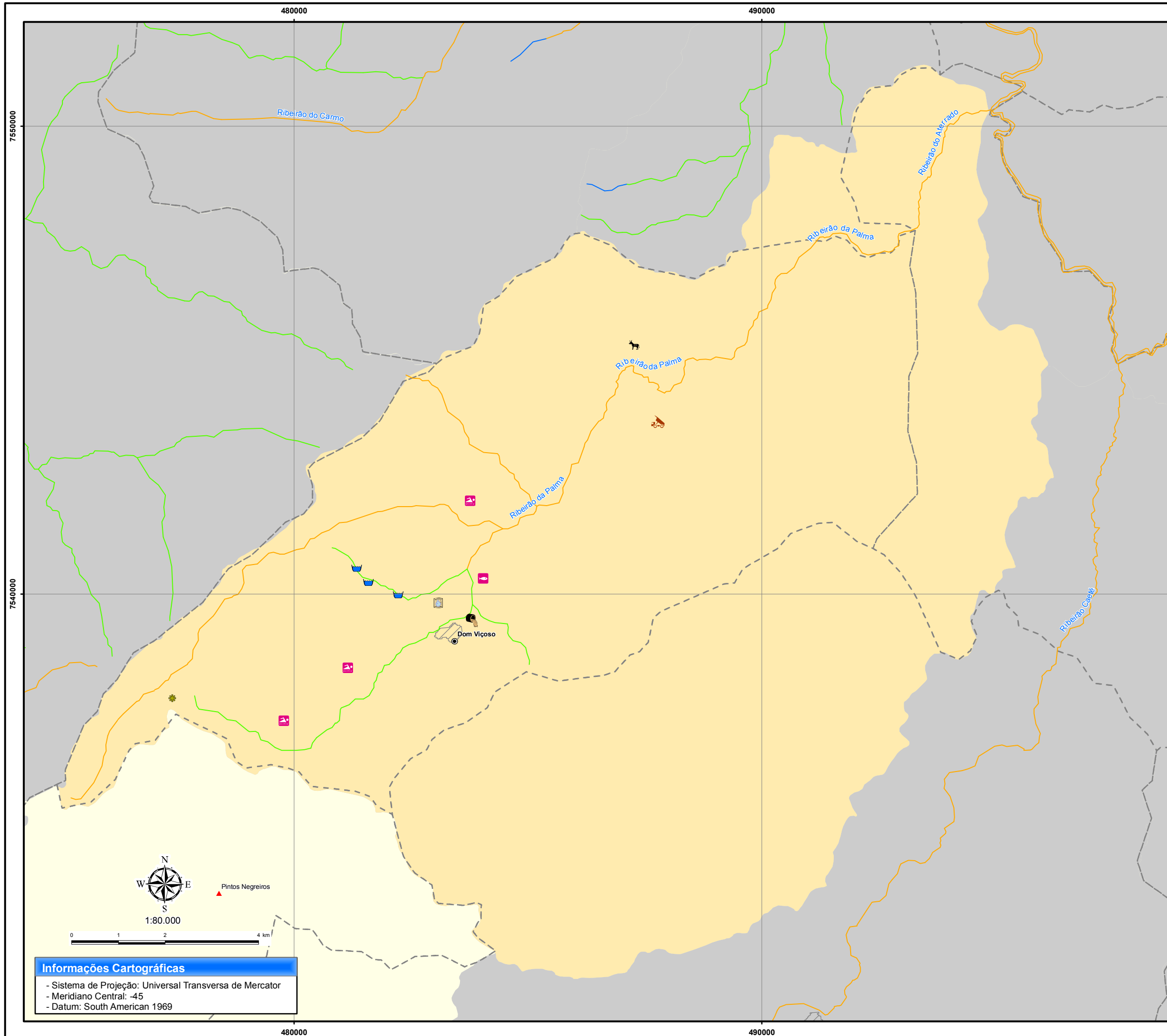
Algumas prefeituras estão buscando apoio do Governo Federal para solucionar o problema dos lixões. O objetivo é a tomada de ações a respeito do Consórcio do Aterro Sanitário Regional. Quatorze municípios manifestaram interesse (São Lourenço, Itamonte, Passa Quatro, São Sebastião do Rio Verde, Virgínia, Pouso Alto, Carmo de Minas, Soledade de Minas, Baependi, Cruzília, Cristina, Dom Viçoso, Olímpio Noronha e Jesuânia). Aparentemente, eles estão dispostos a se unir no Consórcio para resolver o problema da destinação inadequada dos resíduos sólidos dos municípios.

Os principais problemas encontrados em relação à qualidade da água são a carga orgânica e contaminação microbiológica proveniente do esgoto sanitário, da indústria alimentícia, da avicultura e de fontes difusas; além de sólidos, nutrientes como fósforo e metais - ferro e manganês, provenientes de atividades rurais. A destinação inadequada do lixo é um problema existente na sub-bacia que também afeta a qualidade das águas.

A sub-bacia do médio rio Verde recebe todo o lançamento de poluentes do do alto rio Verde; das suas sub-bacias afluentes; das sub-bacias do rio Baependi e do ribeirão do Carmo.

Nas sedes existe o problema sério de ocorrência de enchentes, que deverá merecer um tratamento específico no plano de ação.

A sub-bacia do médio rio Verde possui importantes pontos de pesca amadora sendo que os estudos de campo identificaram também a existência de criatórios de tilápia. O estreito denominado Jurumirin, a jusante de Conceição do Rio Verde, é um local de constante preocupação com a pesca predatória.

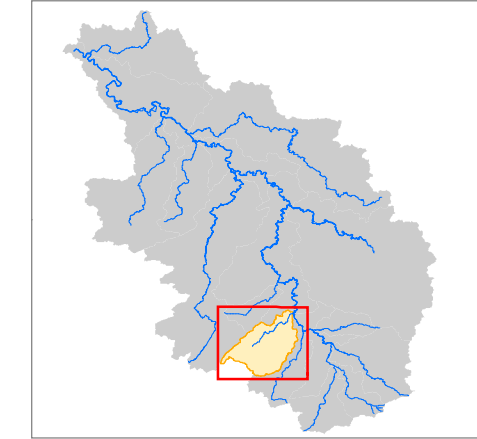


**227 - Sub-bacia do Ribeirão do Aterrado**

Projeto:



Localização:



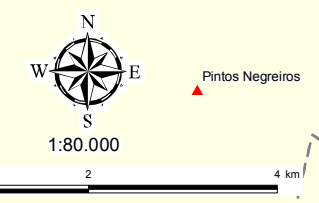
Legenda:

- Estações fluviométricas
  - ▲ Estações de qualidade
- Hidrografia - Enquadramento FEAM 1998**
- Classe Especial
  - Classe 1
  - Classe 2
  - Classe 3
- Usos das águas e estruturas mapeadas**
- Abastecimento Humano
  - ✱ Classe 2: Hortaliças e plantas frutíferas
  - Recreação de contato primário - rios, cachoeiras, lagos etc.
  - Pesca - criação, pesque-pague etc
  - Dessedentação de animais
  - ETA
  - Aterro Controlado
  - Esgoto in natura

- Convenções:**
- ▲ Distritos
  - Sedes
  - Mancha Urbana
  - - - Limite Municipal
  - Sub-bacia do Ribeirão do Aterrado
  - Bacia do Rio Verde

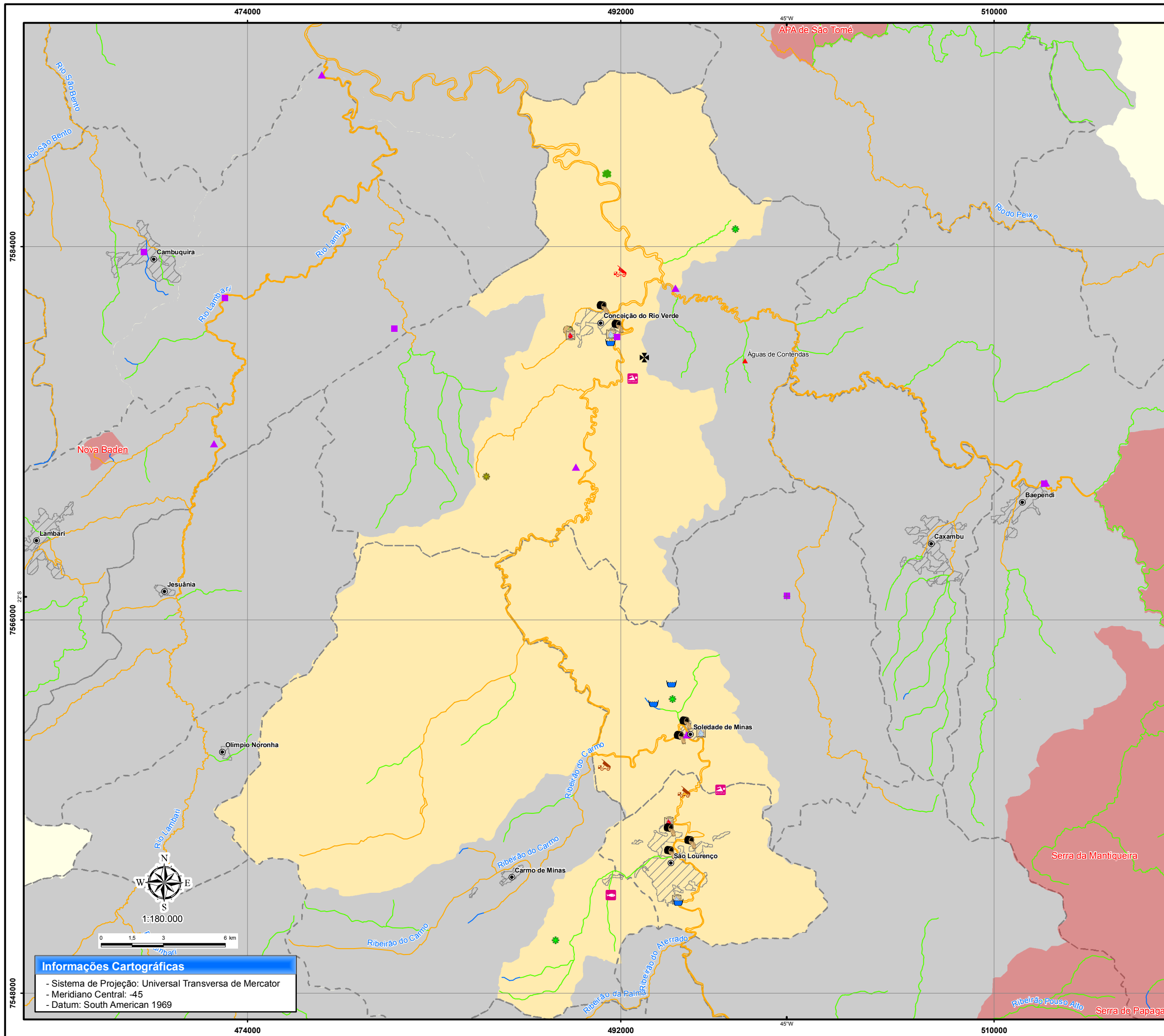
**Fontes dos Dados:**

- Atualização dos Usos: Ecoplan/Lume 2009
- Limite Bacia e Sub-bacias: Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Sedes: IBGE
- Distritos: IGA
- Hidrografia /Enquadramento : FEAM, 1998
- Estações de Qualidade e Fluviométricas: IGAM, ANA



**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969



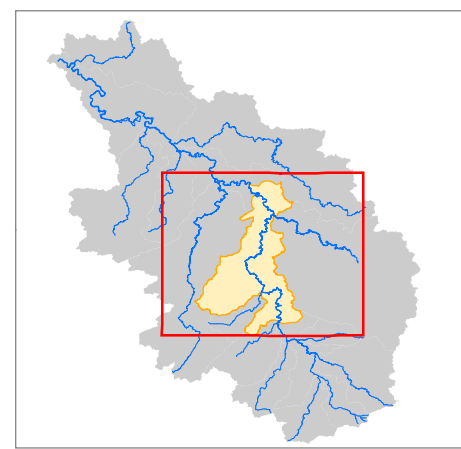
228 - Médio Rio Verde

Projeto:

PDRH Rio Verde



Localização:



Legenda:

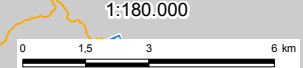
- Estações fluviométricas
  - ▲ Estações de qualidade
- Hidrografia - Enquadramento FEAM 1998**
- Classe Especial
  - Classe 1
  - Classe 2
  - Classe 3
- Unidades de Conservação**
- Proteção Integral e Uso Sustentável
- Usos das águas e estruturas mapeadas**
- Abastecimento Humano
  - Proteção das comunidades aquáticas
  - Classe 1: Hortaliças consumidas cruas e frutas
  - Classe 2: Hortaliças e plantas frutíferas
  - Recreação de contato primário - rios, cachoeiras, lagos etc.
  - Pesca - criação, pesque-pague etc
  - ETA
  - ETE
  - Aterro Controlado
  - Lixão
  - Esgoto Tratado
  - Esgoto in natura
  - UTC
- Convenções:**
- ▲ Distritos
  - Sedes
  - ▨ Mancha Urbana
  - - - Limite Municipal
  - Médio Rio Verde
  - Bacia do Rio Verde

Fontes dos Dados:

- Atualização dos Usos: Ecoplan/Lume 2009
- Limite Bacia e Sub bacias: Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Sedes: IBGE
- Distritos: IGA
- Hidrografia /Enquadramento : FEAM, 1998
- Unidades de Conservação: IEF, 2006
- Estações de Qualidade e Fluviométricas: IGAM, ANA

Informações Cartográficas

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969



### **Sub-Bacia do Ribeirão do Carmo**

O ribeirão do Carmo nasce no município de Carmo de Minas, próximo à divisa com o município de Cristina, à aproximadamente 1.100 m.

A sub-bacia do ribeirão do Carmo (Figura 229) tem uma área de 97,68 km<sup>2</sup>, drenando o município de Carmo de Minas, sendo que a sede do mesmo está dentro da sub-bacia. A população é de 8.276 habitantes, sendo totalmente incluída na área urbana.

A sub-bacia apresenta baixa favorabilidade hidrogeológica. Não existem problemas em relação à disponibilidade hídrica superficial. A demanda predominante é para o abastecimento público (73%). O uso do solo predominante é o antrópico (76%), destacando-se as atividades da pecuária leiteira e a cafeicultura.

Com relação ao saneamento básico, no abastecimento de água o índice de perdas é elevado. O índice de coleta de esgoto é de 98%. Não existe nenhum tipo de tratamento de esgotos e os resíduos sólidos são dispostos em um aterro controlado.

Não existem estações de qualidade da água na sub-bacia, não havendo, portanto informações sobre a qualidade da água do rio.

### **Sub-Bacia do Rio Baependi**

O rio Baependi nasce com o nome de córrego Santo Agostinho, no município de Alagoa e passa a se chamar Baependi na confluência do rio São Pedro e rio Gamarra, no município de Baependi.

A sub-bacia do rio Baependi (Figura 230) tem uma área de 1.136,39 km<sup>2</sup>, drenando os municípios de Conceição do Rio Verde, Soledade de Minas, Pouso Alto, Cruzília, Alagoa, Aiuruoca, Baependi e Caxambu, sendo que as sedes dos dois últimos estão dentro da sub-bacia, além do distrito de Águas de Contendas pertencente ao município de Conceição do Rio Verde. A população é de 42.228 habitantes, sendo 33.166 na área urbana e 9.062 na área rural. A população urbana da sub-bacia decresceu entre 1980 e 2007, enquanto a rural cresceu. Estima-se que entre 2009 e 2020 a população deverá crescer cerca de 240 habitantes.

O uso predominante do solo é o antrópico (73%) destacando-se como atividades econômicas a indústria de água mineral, o turismo, a indústria de laticínios, o beneficiamento de pedras para revestimento, a cafeicultura e a e a silvicultura, com destaque para o plantio de Eucalipto e a candeia.

A principal unidade de conservação é o Parque Estadual do Papagaio e a APA Mantiqueira.

Com relação ao saneamento básico, o abastecimento de água Caxambu e Baependi possuem a mesma captação no rio Baependi, dentro da área urbana de Baependi. A montante da captação, são feitos lançamentos de esgotos domésticos e usos industriais



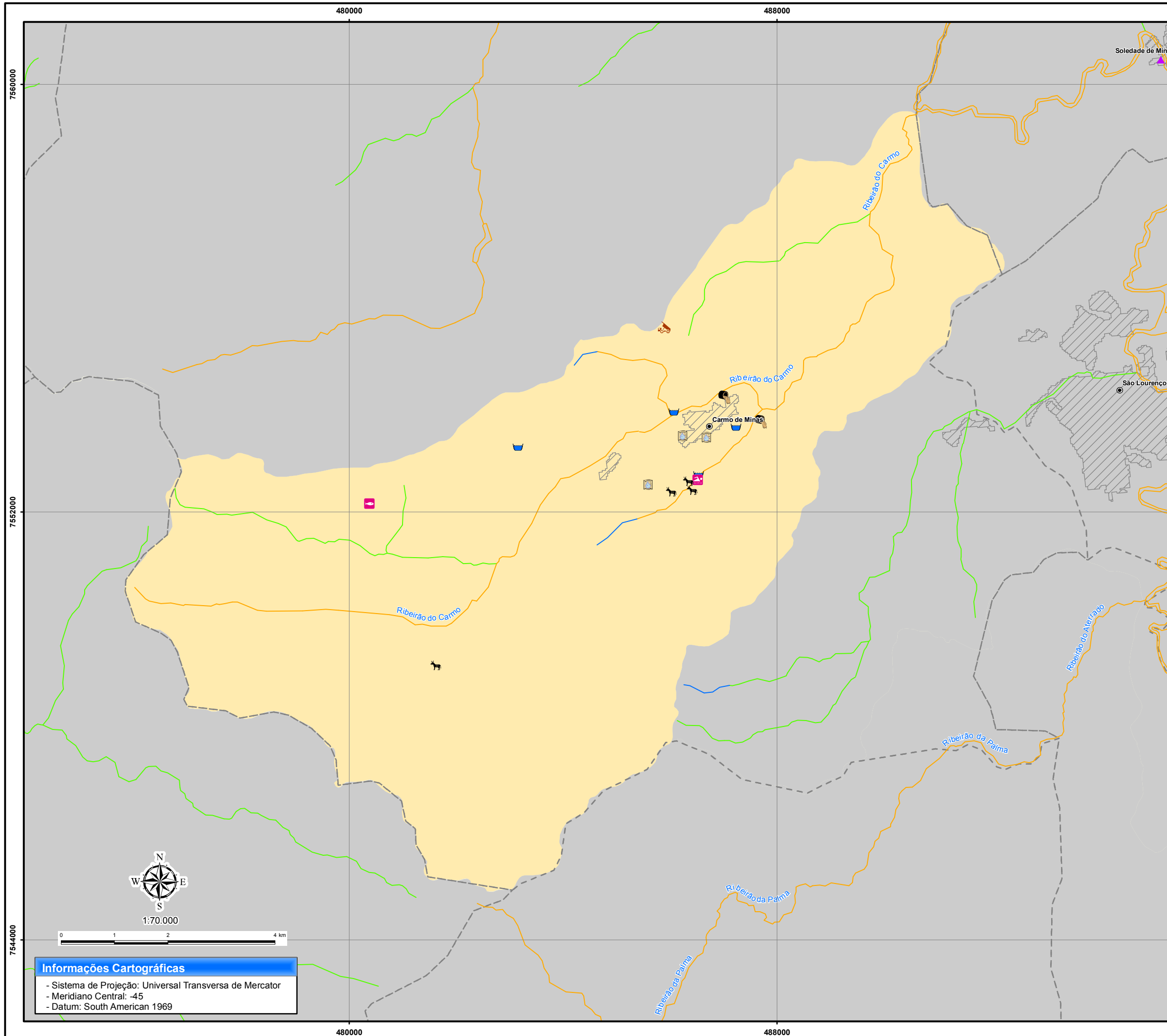
O índice de coleta de esgoto é de 100%. Não existe nenhum tipo de tratamento de esgotos em Baependi, mas existe em Caxambu e em Águas de Contendas. Os resíduos sólidos de Caxambu são dispostos em um aterro sanitário (não licenciado); o de Baependi em aterro controlado; e o de Águas de Contendas em lixão.

A sub-bacia é responsável por 17% da vazão média total da bacia do rio Verde. A demanda hídrica é de 7,3% da demanda total da bacia do rio Verde, sendo que cerca de 55% são alocados apenas para o abastecimento público.

Com relação às fontes de águas minerais, observa-se uma forte pressão urbana sobre as mesmas e, muitas vezes, as legislações específicas (ambientais, minerais e urbanas) não têm sido suficientes para a garantia desse patrimônio. Tentou-se obtenção de dados nas empresas de água mineral e com exceção da Nestlé e Água Mineral Padre Manoel, as demais plantas de engarrafamento não forneceram informações sobre a produção de águas.

Na sub-bacia do rio Baependi existem três PCHs em operação. A PCH Congonhal I e II no rio do Jacu; a PCH Ribeiro ou Usina Velha no ribeirão das Furnas; e a PCH Pirambeira ou Nhá Chica também nesse ribeirão (todas em fase de licenciamento corretivo - LOC). De acordo com informações obtidas em campo, as porções dos reservatórios das PCHs Pirambeira ou Nhá Chica encontram-se protegidos por fragmentos de floresta estacional semidecidual, este fato aliado ao seu relevo que desfavorece a agricultura mecanizada, impedem que o assoreamento seja um problema. A PCH Ribeiro ou Usina Velha sofre com o aporte de materiais oriundos das pastagens degradadas e áreas de cultivo temporário.

Os principais problemas encontrados na sub-bacia em relação à qualidade da água são a carga orgânica e contaminação microbiológica proveniente do esgoto sanitário; além de sólidos, nutrientes como fósforo, metais como ferro, manganês, provenientes de atividades rurais e chumbo, que é um metal tóxico. A destinação inadequada do lixo é um problema existente na sub-bacia que também afeta a qualidade das águas.



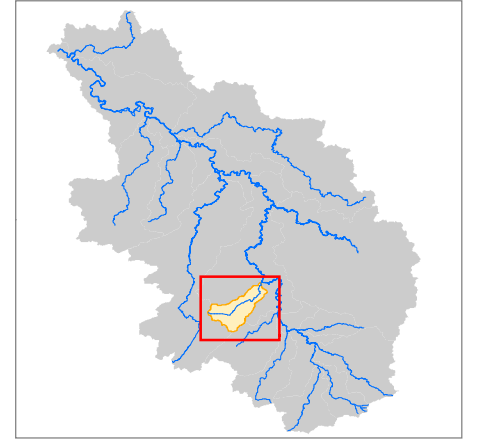
**229 - Sub-bacia Ribeirão do Carmo**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

- Estacoes fluviométricas
- ▲ Estações de qualidade

**Hidrografia - Enquadramento FEAM 1998**

- Classe Especial
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

**Usos das águas e estruturas mapeadas**

- ☕ Abastecimento Humano
- Recreação de contato primário - rios, cachoeiras, lagos etc.
- Pesca - criação, pesque-pague etc
- 🐎 Dessedentação de animais
- ETA
- 🗑️ Aterro Controlado
- Esgoto in natura

**Convenções:**

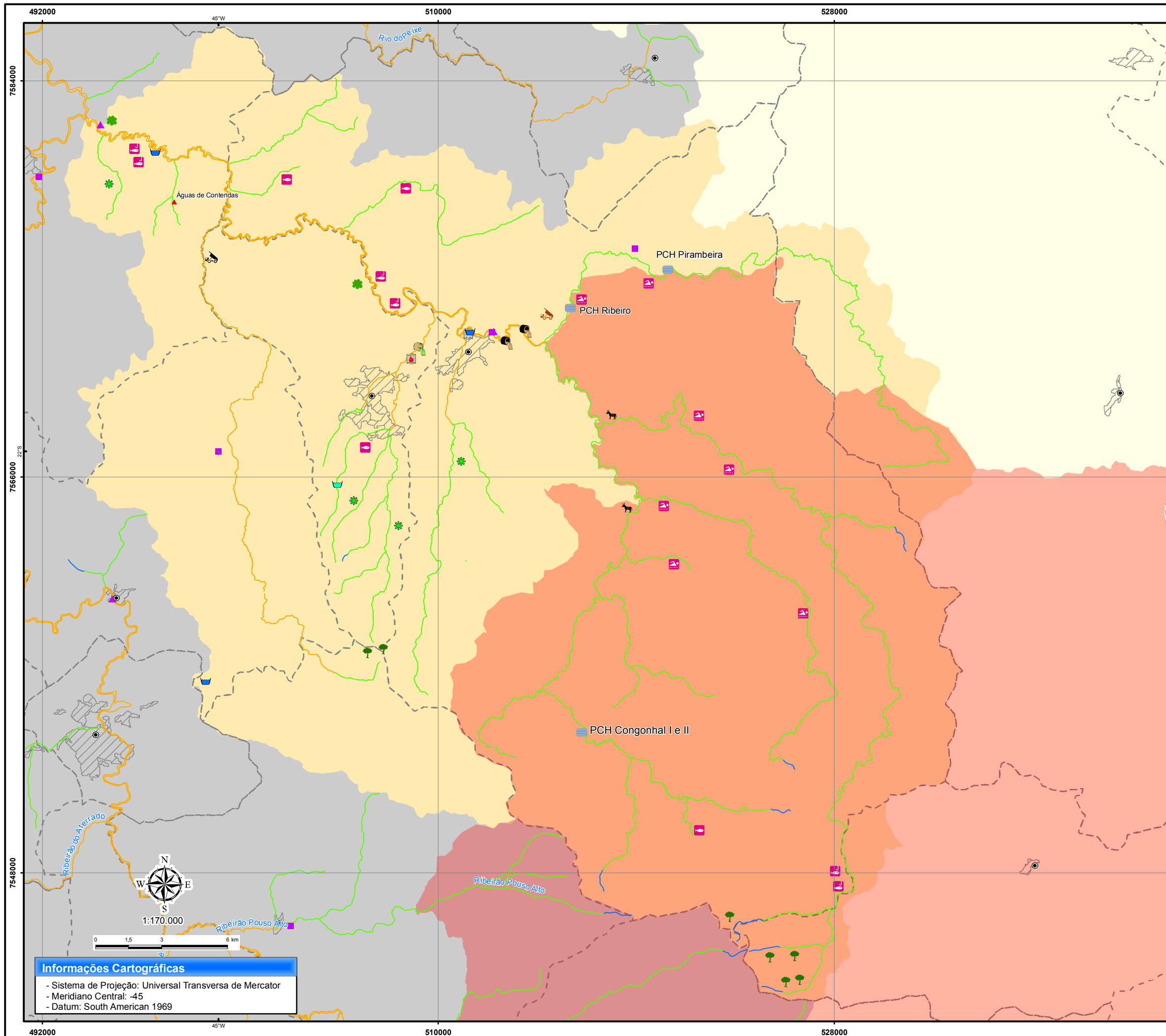
- ▲ Distritos
- Sedes
- Limite Municipal
- Sub-bacia Ribeirão do Carmo
- Bacia do Rio Verde
- Mancha Urbana

**Fontes dos Dados:**

- Atualização dos Usos: Ecoplan/Lume 2009
- Limite Bacia e Sub bacias: Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Sedes: IBGE
- Distritos: IGA
- Hidrografia /Enquadramento : FEAM,1998
- Estações de Qualidade e Fluviométricas: IGAM,ANA

**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969



## 230 -Sub-bacia do Rio Baependi

Projeto:

**PDRH Rio Verde**

Localização:

**Legenda:**

- Estações fluviométricas
- ▲ Estações de qualidade

**Hidrografia - Enquadramento FEAM 1998**

- Classe Especial
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

**Unidades de Conservação**

- Proteção Integral e Uso Sustentável

**Usos das águas e estruturas mapeadas**

- Abastecimento Humano
- Futura captação
- Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas
- Proteção das comunidades aquáticas
- Geração de energia
- Classe 1: Hortaliças consumidas cruas e frutas
- Recreação de contato primário - rios, cachoeiras, lagos etc.
- Pesca - Recreação em rios e lagos
- Pesca - criação, pesque-pague etc
- Dessedentação de animais
- ETA
- ETE
- Aterro Sanitário
- Aterro Controlado
- Esgoto Tratado
- Esgoto in natura

**Convenções:**

- ▲ Distritos
- Sedes
- ▨ Mancha Urbana
- - - Limite Municipal
- Sub-bacia do Rio Baependi
- Bacia do Rio Verde

**Fontes dos Dados:**

- Atualização dos Usos: Ecoplan/Lume 2009
- Limite Bacia e Sub bacias: Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Sedes: IBGE
- Distritos: IGA
- Hidrografia /Enquadramento : FEAM, 1998
- Unidades de Conservação: IEF, 2006
- Estações de Qualidade e Fluviométricas: IGAM, ANA

**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969

### **Sub-Bacia do Baixo Rio Verde**

A sub-bacia do baixo rio Verde (Figura 231) tem uma área de 738,95 km<sup>2</sup>, drenando os municípios de Elói Mendes, Três Pontas, Monsenhor Paulo, Varginha e Três Corações, sendo que as sedes dos dois últimos estão dentro da sub-bacia.

A população é de 172.609 habitantes, sendo 165.142 na área urbana e 7.467 na área rural. Trata-se da unidade mais populosa da bacia do rio Verde, tem alta taxa de urbanização (95%) e teve um incremento populacional de 70% entre 1980 e 2007. De acordo com o diagnóstico continuará sendo a unidade a sofrer maior pressão, apesar da redução das taxas de crescimento. É previsto um acréscimo demográfico entre 2009 e 2020 na ordem de 15.000 pessoas ou 45,5% de todo aumento a ocorrer na bacia.

O principal uso do solo é o antrópico, ressaltando a ocupação por Eucaliptos, lavouras de café, milho, olerícolas e pastagens. Na pecuária, destaque para a leiteira.

A sub-bacia concentra mais de 50% do PIB da bacia do rio Verde e 70% do PIB industrial, sendo que a concentração econômica é maior que a população, que representa 37% de toda a população da bacia do rio Verde.

Com relação ao saneamento básico, no abastecimento de água existe pressão do distrito industrial de Três Corações e no manancial de abastecimento de Varginha. A coleta de esgoto possui índice próximo a 100% da população, porém não existe o tratamento na sede de Três Corações, e apenas Varginha possui ETEs. A cidade de Varginha dispõe seus resíduos em um aterro controlado, enquanto Três Corações possui o único aterro sanitário em operação na bacia do rio Verde.

A sub-bacia apresenta aluviões com boa favorabilidade hidrogeológica em pontos localizados. A disponibilidade hídrica superficial não apresenta problemas e demanda 45,8% da demanda total da bacia do rio Verde, sendo que 50% são demandados apenas para os usuários do setor industrial.

Os principais problemas encontrados na sub-bacia em relação à qualidade da água são a carga orgânica e contaminação microbiológica proveniente do esgoto sanitário, além de sólidos, nutrientes como fósforo, metais – alumínio, ferro e manganês e contaminantes tóxicos (metais pesados) provenientes do parque industrial de Varginha e Três Corações. A destinação inadequada do lixo é um problema existente na sub-bacia que também afeta a qualidade das águas.

A sub-bacia do baixo rio Verde recebe todo o lançamento de poluentes do alto e médio rio Verde e suas sub-bacias afluentes; e das sub-bacias do rio do Peixe, do rio Lambari, do rio São Bento, do rio Palmela e do ribeirão da Espera.

Devido à localização da sub-bacia, a ictiofauna sofre influência de Furnas e apresenta participação de espécies exóticas. Na sub-bacia, no município de Elói Mendes a jusante do Clube Campestre de Varginha existem importantes pontos de pesca amadora integrados com usos de recreação aquática. Essa região, com a previsão de instalação de duas PCHs, poderá ter problemas de conflitos com os pescadores. Na sub-bacia em questão, tem-se também o lançamento do esgoto de Varginha após tratamento.

A preservação das lagoas marginais torna-se extremamente necessária para a criação das espécies de peixes nativas.

Em Três Corações existem também problemas com inundações.

### **Sub-Bacia do Rio Lambari**

O rio Lambari nasce no município de Cristina, próximo à divisa com o município de Maria da Fé, à aproximadamente 1.300 m. Sua sub-bacia (Figura 232) tem uma área de 942,55 km<sup>2</sup>, drenando os municípios de Pedralva, Três Corações, Cambuquira, Conceição do Rio Verde, Lambari, Jesuânia, Olímpio Noronha e Cristina, sendo que as sedes dos quatro últimos estão dentro da sub-bacia.

Com uma população total de 42.320 habitantes, esta sub-bacia apresenta a maior população rural, cerca de 14.800 habitantes ou 20% da população rural da bacia do rio Verde. Tem também a mais baixa taxa de crescimento com acréscimo previsto entre 2009 e 2020 de pouco mais de 1.900 habitantes.

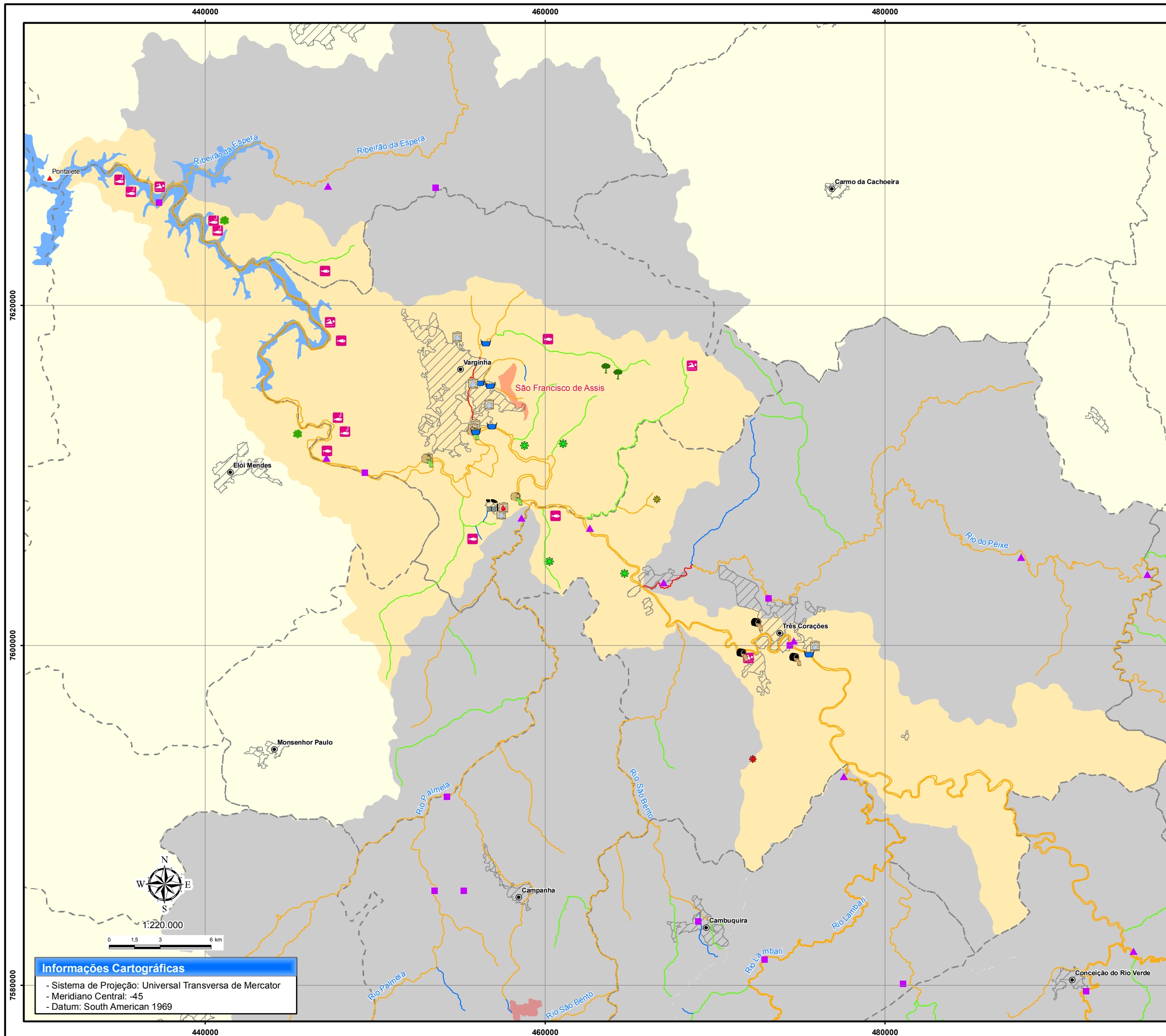
O uso predominante do solo é o antrópico (81%) destacando-se como atividades econômicas o turismo, a plantação de batata, banana, citrus e café. O uso antrópico tem acarretado problemas como o carreamento de sólidos comprovado pela análise da qualidade da água, tornando necessárias medidas para controle dos sedimentos, além da preocupação quanto ao uso de agrotóxicos.

A sub-bacia apresenta baixa favorabilidade hidrogeológica. As águas superficiais são responsáveis por 14% da vazão média total da bacia do rio Verde. A demanda hídrica é de 8,6% da demanda total da bacia do rio Verde, sendo alocada principalmente para a irrigação (40%) e o abastecimento público (39%). Há a ocorrência de água mineral na estância de Lambari que vem sofrendo pressão decorrente da poluição do ribeirão Mumbuca sobre o aquífero aluvial.

Com relação ao saneamento básico, no abastecimento de água o índice de perdas é elevado e existe o lançamento de esgoto acima do ponto de captação de Lambari. Em Olímpio Noronha o tratamento de água possui problemas. O índice de coleta de esgoto é de 82% em Lambari. Não existe nenhum tipo de tratamento de esgotos, mas em Lambari está prevista a construção de uma ETE. Os resíduos sólidos de Cristina e Olímpio Noronha são dispostos em aterros controlados e os de Jesuânia e Lambari em lixões.

Está em fase de implantação no município de Cristina a PCH que leva o nome do mesmo (PCH Cristina). A PCH está sendo implantada no leito do rio Lambari e se tornará um novo signo da paisagem próximo a MG-347.

Os principais problemas encontrados na sub-bacia em relação à qualidade da água são a carga orgânica e contaminação microbiológica proveniente do esgoto sanitário e da agricultura; além de sólidos, nutrientes como fósforo, metais como ferro, manganês e alumínio e alguns nutrientes tóxicos como metais pesados provenientes da agropecuária e indústrias. A destinação inadequada do lixo é um problema existente na sub-bacia que também afeta a qualidade das águas.



**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969

**231 - Baixo Rio Verde**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**

Localização:

**Legenda:**

- Estações fluviométricas
- ▲ Estações de qualidade

**Hidrografia - Enquadramento FEAM 1998**

- Classe Especial
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

**Usos das águas e estruturas mapeadas**

- Abastecimento Humano
- Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas
- Proteção das comunidades aquáticas
- Classe 1: Hortaliças consumidas cruas e frutas
- Classe 2: Hortaliças e plantas frutíferas
- Classe 3: Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras
- Recreação de contato primário - rios, cachoeiras, lagos etc.
- Pesca - Recreação em rios e lagos
- Pesca - criação, pesque-pague etc
- ETA
- ETE
- Esgoto Tratado
- Esgoto in natura
- Indústria

**Convenções:**

- ▲ Distritos
- Sedes
- Mancha Urbana
- Limite Municipal
- Represa Furnas
- Baixo Rio Verde
- Bacia do Rio Verde

**Fontes dos Dados:**

- Atualização dos Usos: Ecoplan/Lume 2009
- Limite Bacia e Sub bacias: Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Sedes: IBGE
- Distritos: IGA
- Hidrografia /Enquadramento : FEAM, 1998
- Unidades de Conservação: IEF, 2006
- Estações de Qualidade e Fluviométricas: IGAM, ANA



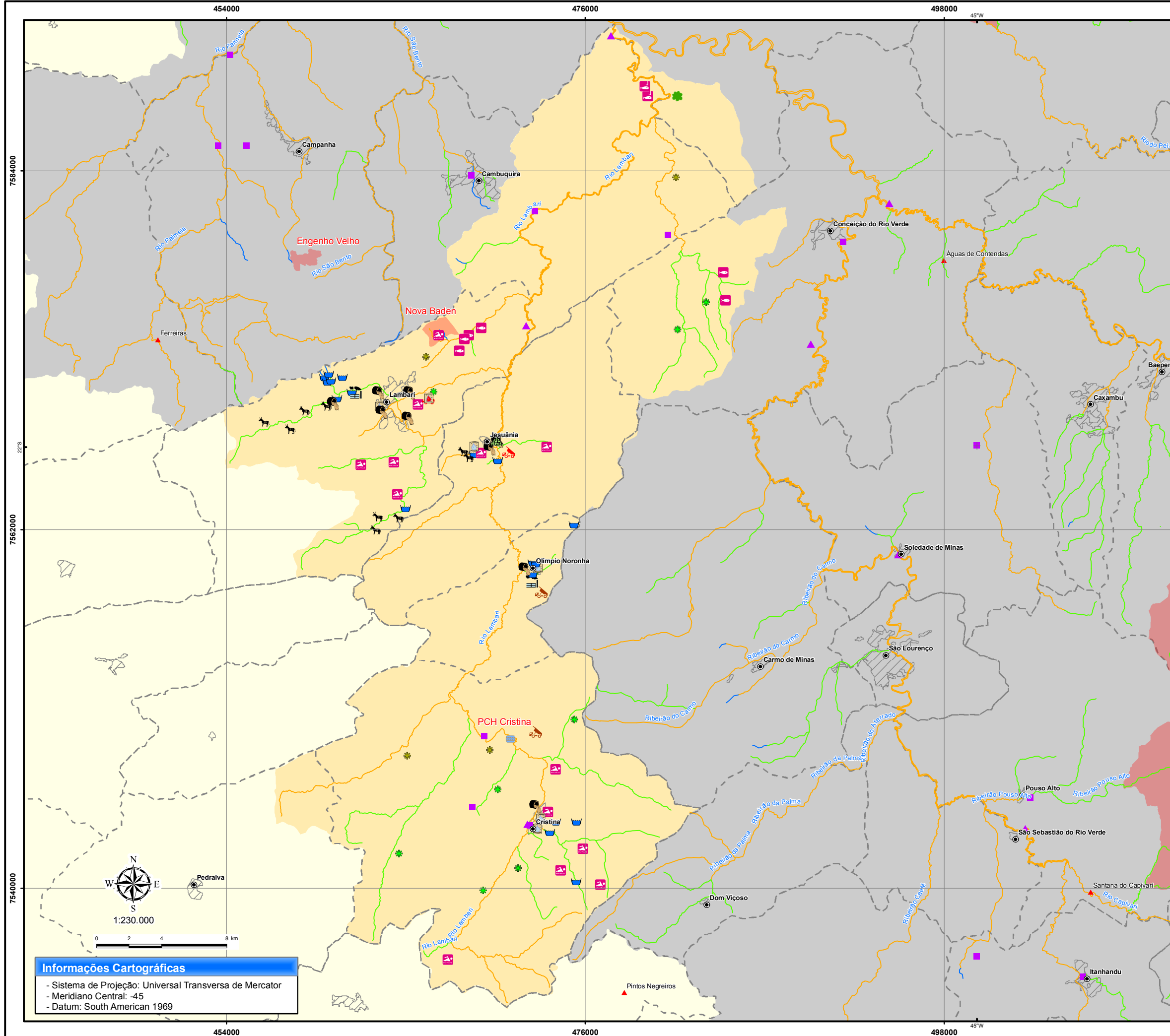
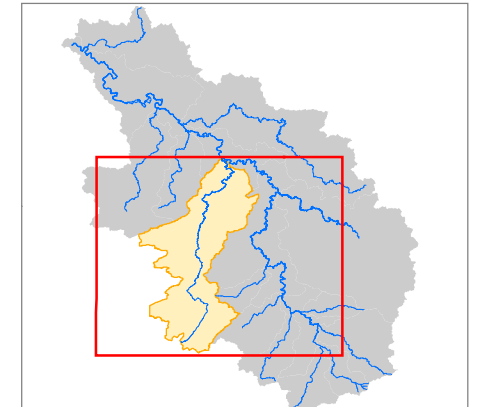
232 - Sub-bacia do Rio Lambari

Projeto:

PDRH Rio Verde



Localização:

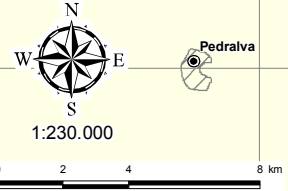


- Estações fluviométricas
- ▲ Estações de qualidade
- Hidrografia - Enquadramento FEAM 1998**
- Classe Especial
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3
- Unidades de Conservação**
- Proteção Integral e Uso Sustentável
- Usos das águas e estruturas mapeadas**
- Abastecimento Humano
- Proteção das comunidades aquáticas
- Geração de energia
- Classe 1: Hortaliças consumidas cruas e frutas
- Classe 2: Hortaliças e plantas frutíferas
- Recreação de contato primário - rios, cachoeiras, lagos etc.
- Pesca - Recreação em rios e lagos
- Pesca - criação, pesque-pague etc
- Dessedentação de animais
- ETA
- ETE
- Aterro Controlado
- Lixão
- Lixão Recuperado
- Esgoto in natura
- Indústria
- Convenções:**
- ▲ Distritos
- Sedes
- ▨ Mancha Urbana
- - - Limite Municipal
- Sub-bacia Rio Lambari
- Bacia do Rio Verde

- Fontes dos Dados:**
- Atualização dos Usos: Ecoplan/Lume 2009
  - Limite Bacia e Sub bacias: Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
  - Limite Municipal e Sedes: IBGE
  - Distritos: IGA
  - Hidrografia /Enquadramento : FEAM, 1998
  - Unidades de Conservação: IEF, 2006
  - Estações de Qualidade e Fluviométricas: IGAM, ANA

**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969



### **Sub-Bacia do Rio São Bento**

O rio São Bento nasce no município de Campanha, à aproximadamente 1.000 m.

A sub-bacia do rio São Bento (Figura 233) tem uma área de 243,38 km<sup>2</sup>, drenando os municípios de Campanha, Três Corações e Cambuquira, sendo que a sede do último está dentro da sub-bacia. A população é de 10.212 habitantes, sendo 7.486 na área urbana e 2.706 na área rural.

A sub-bacia apresenta a menor taxa de crescimento entre 1980 e 2007. A densidade populacional é de 41 hab/km<sup>2</sup> e o grau de urbanização é de 73%. A população está quase estagnada e deverá ter aumento populacional até 2020 de menos de 400 habitantes.

O uso predominante do solo é o antrópico (86%) destacando-se como atividades econômicas a plantação de milho, citrus e café, além de possuir cerca de 2% do terreno com plantio de Eucalipto.

É a sub-bacia que possui a menor área de vegetação nativa, sendo que 11% dos remanescentes encontram-se distribuídos em 229 fragmentos

Com relação ao saneamento básico, no abastecimento de água existem problemas de saúde pública devido à falta de tratamento em Cambuquira e o índice de perdas é elevado. O índice de coleta de esgoto é de 85%. Não existe nenhum tipo de tratamento de esgotos. Os resíduos sólidos de Cambuquira são dispostos em um lixão.

Não existem estações de qualidade da água na sub-bacia, não havendo, portanto informações sobre a qualidade da água do rio.

A sub-bacia apresenta baixa favorabilidade hidrogeológica. Destaca-se como a sub-bacia de menor rendimento específico médio (11,18 l/s.km<sup>2</sup>). A demanda hídrica é de 2,7% da demanda total da bacia do rio Verde, sendo alocada principalmente para a irrigação (35%) e para o abastecimento público (47%).

Por se tratar da sub-bacia do rio Verde com menor disponibilidade hídrica, será necessária uma maior atenção para esta região.

### **Sub-Bacia do Rio do Peixe**

O rio do Peixe nasce no município de Cruzília, à aproximadamente 1.000 m.

A sub-bacia do rio do Peixe (Figura 234) tem uma área de 910,29 km<sup>2</sup>, drenando os municípios de Varginha, Três Corações, Baependi, Cruzília e São Thomé das Letras, sendo que a sede do último está dentro da sub-bacia.

A população na sub-bacia é de 35.121 habitantes, sendo 28.689 na área urbana e 6.432 na área rural. A sub-bacia apresentou aumento da densidade populacional e principalmente do grau de urbanização entre 1980 e 2007. A taxa de crescimento é superior à média da bacia. Entre 2009 e 2020 deverá ter um incremento populacional de 3.200 habitantes.



O uso predominante do solo é o antrópico (86%) destacando-se como atividades econômicas a extração de quartzito, o turismo, o parque industrial-alimentício e metalúrgico e o cultivo de feijão, milho, café e batata.

Os quase 12% de remanescentes florestais restantes estão distribuídos em 598 fragmentos. Os maiores fragmentos florestais existentes estão na serra de São Thomé.

Com relação ao saneamento básico, no abastecimento de água não existem problemas. Porém ocorrem conflitos de uso a montante da captação de São Thomé das Letras (recreação, propriedades rurais, etc).

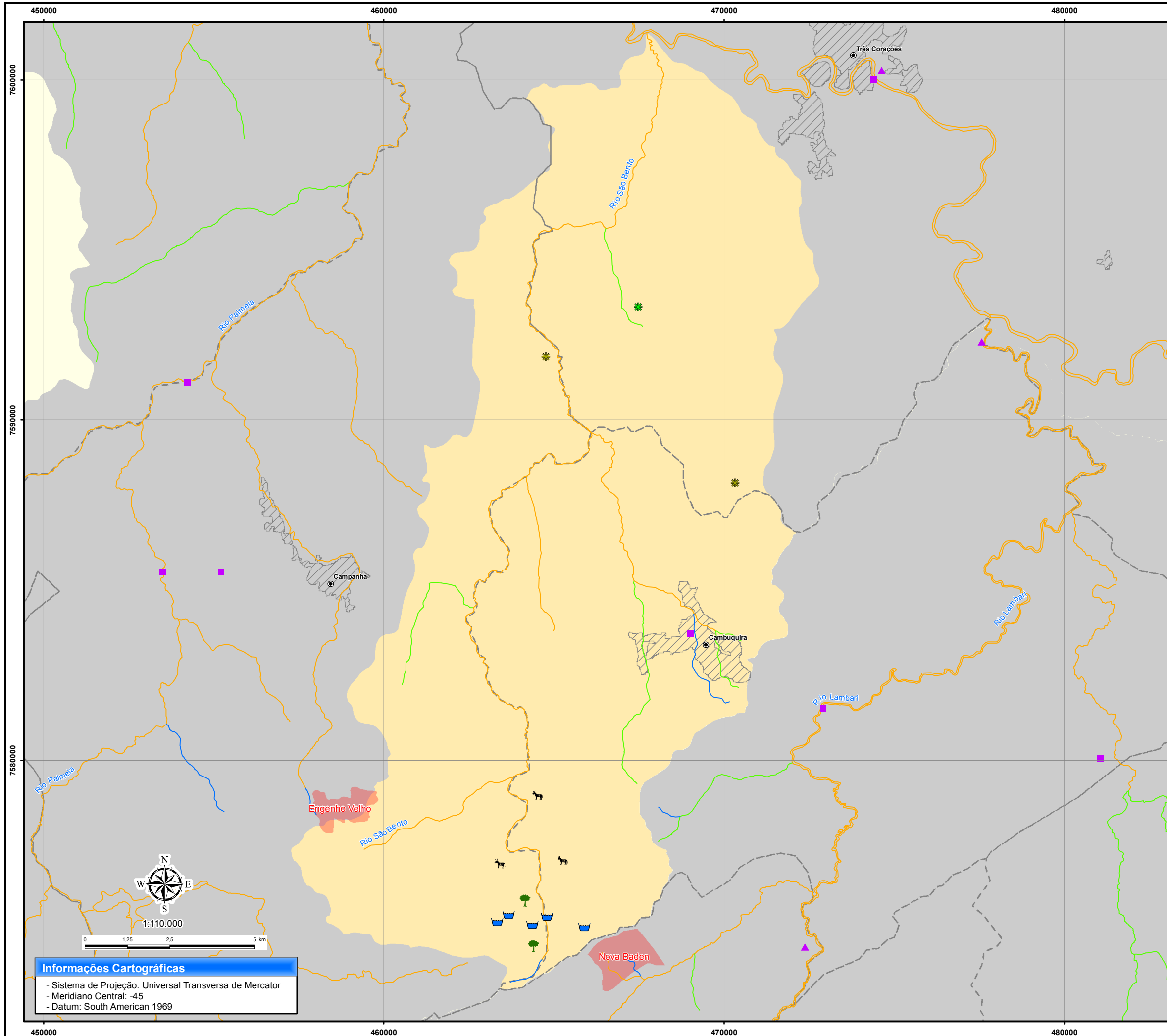
O índice de coleta de esgoto é próximo à 100%. Não existe nenhum tipo de tratamento de esgotos. Os resíduos sólidos de Cruzília e de São Thomé das Letras são dispostos em aterros controlados.

A sub-bacia do rio do Peixe apresenta boa favorabilidade hidrogeológica. É responsável por 13% da vazão média total da bacia do rio Verde. A demanda hídrica é de 6,3% da demanda total da bacia do rio Verde, com destaque para a irrigação (49%).

Observa-se que a captação do município de Cruzília é feita no córrego Batata na bacia do alto Grande.

Os principais problemas encontrados na sub-bacia em relação à qualidade da água são a carga orgânica e contaminação microbiológica proveniente do esgoto sanitário e da agricultura; sólidos, nutrientes como fósforo, metais como ferro, manganês e alumínio provenientes de fontes difusas e da mineração em São Thomé das Letras; e alguns nutrientes tóxicos como metais pesados e fenóis provenientes do parque industrial de Três Corações.

A destinação inadequada do lixo é um problema existente na sub-bacia que também afeta a qualidade das águas.



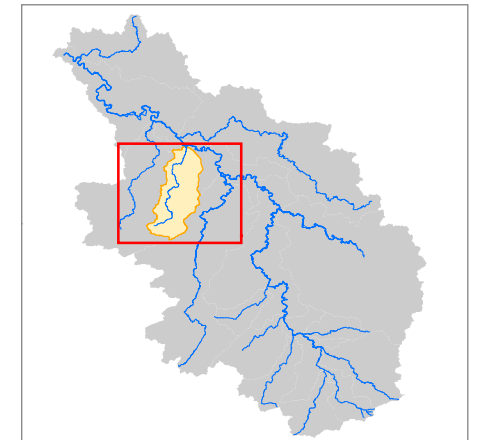
**233 - Sub-bacia do Rio São Bento**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

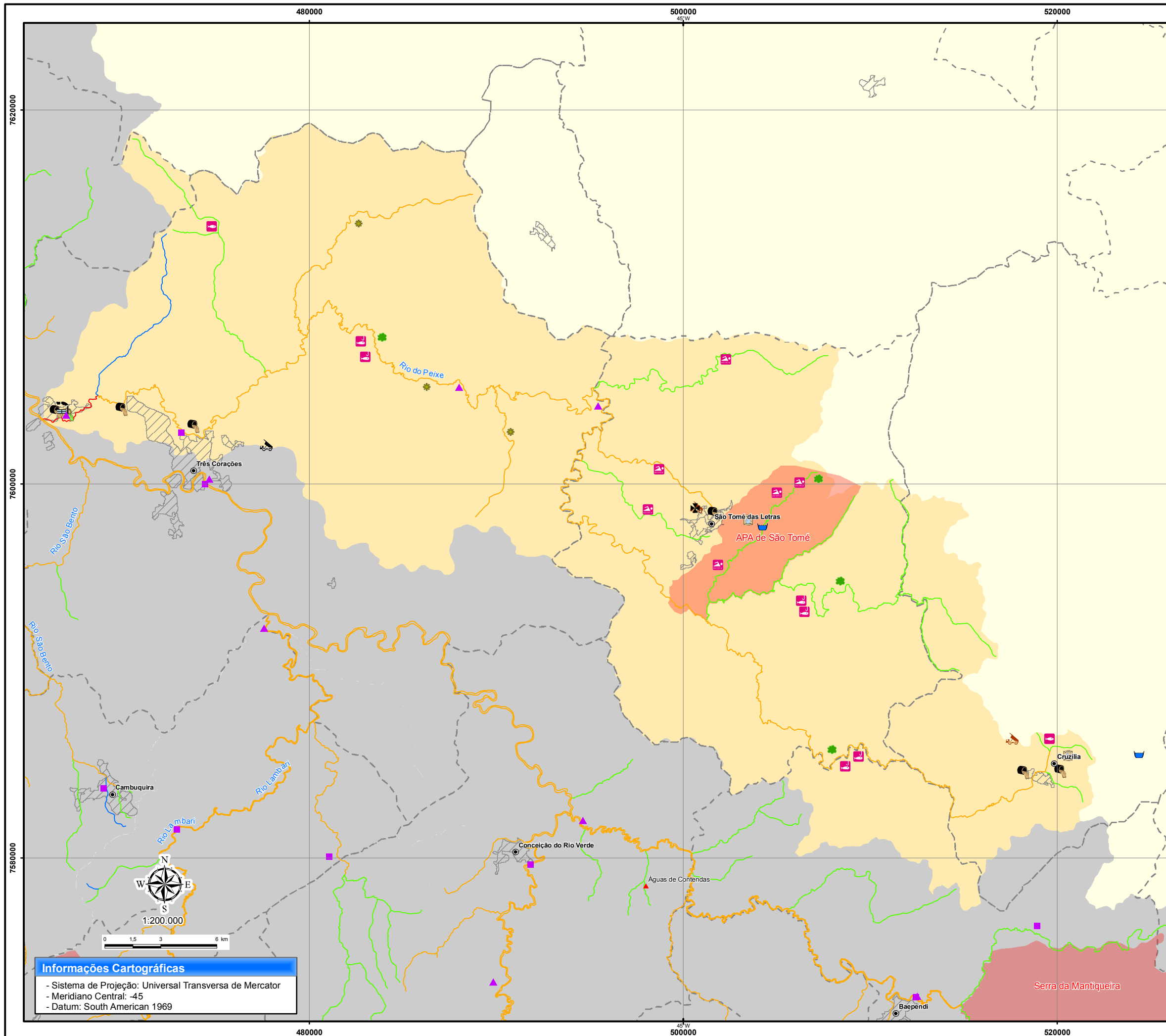
- Estações fluviométricas
  - ▲ Estações de qualidade
- Hidrografia - Enquadramento FEAM 1998**
- Classe Especial
  - Classe 1
  - Classe 2
  - Classe 3
- Unidades de Conservação**
- Proteção Integral e Uso Sustentável
- Usos das águas e estruturas mapeadas**
- Abastecimento Humano
  - Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas
  - Classe 1: Hortaliças consumidas cruas e frutas
  - Classe 2: Hortaliças e plantas frutíferas
  - Dessedentação de animais
- Convenções:**
- ▲ Distritos
  - Sedes
  - ▨ Mancha Urbana
  - ▭ Limite Municipal
  - Sub-bacia do Rio São Bento
  - Bacia do Rio Verde

Fontes dos Dados:

- Atualização dos Usos: Ecoplan/Lume 2009
- Limite Bacia e Sub bacias: Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Sedes: IBGE
- Distritos: IGA
- Hidrografia /Enquadramento : FEAM, 1998
- Unidades de Conservação: IEF, 2006
- Estações de Qualidade e Fluviométricas: IGAM, ANA

**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969



**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969

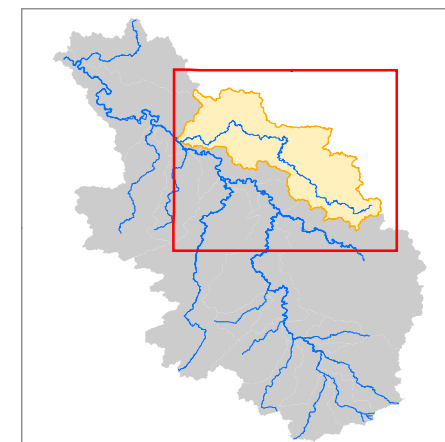
**234 - Sub-bacia do Rio do Peixe**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

- Estações fluviométricas
  - ▲ Estações de qualidade
- Hidrografia - Enquadramento FEAM 1998**
- Classe Especial
  - Classe 1
  - Classe 2
  - Classe 3
- Unidades de Conservação**
- Proteção Integral e Uso Sustentável
- Usos das águas e estruturas mapeadas**
- Abastecimento Humano
  - Proteção das comunidades aquáticas
  - Classe 2: Hortaliças e plantas frutíferas
  - Recreação de contato primário - rios, cachoeiras, lagos etc.
  - Pesca - Recreação em rios e lagos
  - Pesca - criação, pesque-pague etc
  - ETA
  - Aterro Sanitário
  - Aterro Controlado
  - Esgoto Tratado
  - Esgoto in natura
  - Indústria
  - UTC
- Convenções:**
- ▲ Distritos
  - Sedes
  - ▨ Mancha Urbana
  - ▭ Limite Municipal
  - Sub-bacia do Rio do Peixe
  - Bacia do Rio Verde

Fontes dos Dados:

- Atualização dos Usos: Ecoplan/Lume 2009
- Limite Bacia e Sub bacias: Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Sedes: IBGE
- Distritos: IGA
- Hidrografia /Enquadramento : FEAM, 1998
- Unidades de Conservação: IEF, 2006
- Estações de Qualidade e Fluviométricas: IGAM, ANA

### **Sub-Bacia do Rio Palmela**

O rio Palmela nasce com o nome de ribeirão Santa Cruz, no município de Campanha, e passa a se chamar Palmela na confluência com o córrego da Ressaca.

A sub-bacia do rio Palmela (Figura 235) tem uma área de 568,99 km<sup>2</sup>, drenando os municípios de São Gonçalo do Sapucaí, Monsenhor Paulo, Varginha, Três Corações e Campanha, sendo que a sede do último está dentro da sub-bacia, além do distrito de Ferreiras, pertencente ao município de São Gonçalo do Sapucaí. A população é de 17.417 habitantes, sendo 13.255 na área urbana e 4.182 na área rural.

A sub-bacia apresenta baixa densidade demográfica e grau de urbanização de 76%. A previsão de crescimento demográfico até 2020 é de pouco menos de 1.400 habitantes.

O uso predominante do solo é o antrópico (84%) destacando-se como atividades econômicas a plantação de café, milho, citrus, fruticultura e as granjas. Os quase 15% restantes são de remanescentes florestais distribuídos em 642 fragmentos, sendo que, cerca de 50% destes fragmentos apresentam áreas menores que 6 hectares.

Com relação ao saneamento básico, no abastecimento de água o índice de perdas é elevado (%) e existe pressão antrópica a montante do ponto de captação de água. O índice de coleta de esgoto é 96% em Campanha e inexistente no distrito de Ferreiras. Não existe nenhum tipo de tratamento de esgotos.

Os resíduos sólidos de Campanha são dispostos em um aterro controlado, e os de Ferreiras em um lixão.

A sub-bacia possui a maior disponibilidade hídrica subterrânea, porém com baixo nível de captações subterrâneas. A demanda hídrica é de 5,8% da demanda total da bacia do rio Verde, com destaque para o abastecimento público (62%).

Na sub-bacia existe a PCH Xicão no ribeirão Santa Cruz, município de Campanha.

Os principais problemas encontrados na sub-bacia do rio Palmela em relação à qualidade da água são a carga orgânica e contaminação microbiológica proveniente do esgoto sanitário; além de sólidos, metais como ferro e manganês provenientes de fontes difusas, e alguns contaminantes tóxicos como metais pesados provenientes da indústria e agricultura.

A destinação inadequada do lixo é um problema existente na sub-bacia que também afeta a qualidade das águas.

### **Sub-Bacia do Ribeirão da Espera**

O ribeirão da Espera nasce no município de Três Pontas, a aproximadamente 1.000 m.

A sub-bacia do ribeirão da Espera (Figura 236) tem uma área de 403,65 km<sup>2</sup>, drenando os municípios de Três Pontas, Varginha e Carmo da Cachoeira, sendo que nenhuma sede municipal está dentro da sub-bacia. A população na sub-bacia é de 4.609 habitantes, sendo que toda população está na área rural.

A sub-bacia não apresenta núcleos urbanos e tem baixa densidade demográfica, apenas 11 hab/ km<sup>2</sup>. A população terá acréscimo de apenas 70 habitantes até 2020, tornando-se praticamente estacionária.

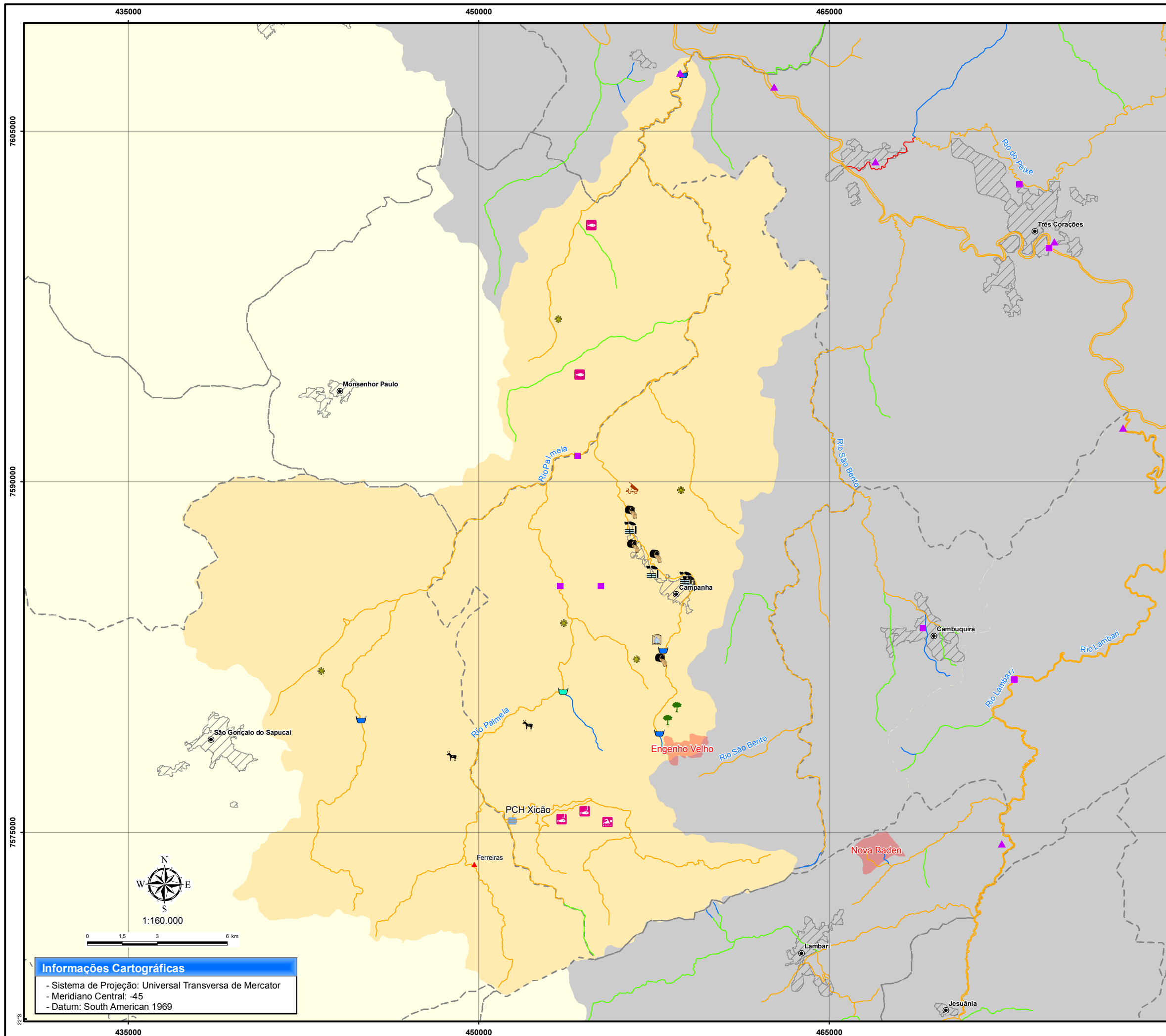
O uso predominante do solo é o antrópico (84%) destacando-se como atividade econômica a plantação de café, que se torna preocupante quanto ao uso de agrotóxicos.

A sub-bacia apresenta baixa favorabilidade hidrogeológica. É responsável por 6% da vazão média total da bacia do rio Verde. Apresenta situação bastante confortável frente às demandas hídricas, que é de 0,6% da demanda total da bacia do rio Verde, sendo cerca de 77% destinado à criação de animais, e 23% à irrigação. Não há demandas para abastecimento público e industrial.

Os principais problemas encontrados na sub-bacia em relação à qualidade da água são os contaminantes tóxicos (metais pesados) provenientes da carga difusa do lixão de Varginha. A destinação inadequada do lixo é um problema existente na sub-bacia que também afeta a qualidade das águas.

### **Considerações Finais**

Durante a elaboração da abordagem inter-temática, além da detecção dos problemas relacionados às águas da bacia, em suas diversas expressões, procurou-se identificar medidas que viessem a solucionar ou mitigar os problemas identificados, e que comporão o rol das ações do PDRH Rio Verde.



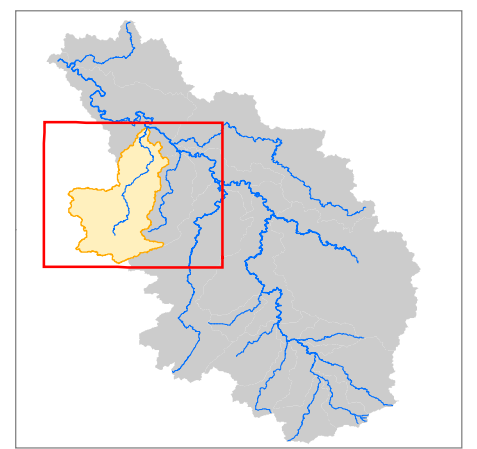
## 235 - Sub-bacia do Rio Palmela

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



### Legenda:

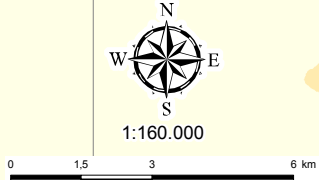
- Estações fluviométricas
  - ▲ Estações de qualidade
- Hidrografia - Enquadramento FEAM 1998**
- Classe Especial
  - Classe 1
  - Classe 2
  - Classe 3
- Unidades de Conservação**
- Proteção Integral e Uso Sustentável
- Usos das águas e estruturas mapeadas**
- Abastecimento Humano
  - Futura captação
  - Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas
  - Geração de energia
  - Classe 2: Hortaliças e plantas frutíferas
  - Recreação de contato primário - rios, cachoeiras, lagos etc.
  - Pesca - Recreação em rios e lagos
  - Pesca - criação, pesque-pague etc
  - Dessedentação de animais
  - ETA
  - Aterro Controlado
  - Esgoto in natura
  - Indústria
- Convenções:**
- ▲ Distritos
  - Sedes
  - ▨ Mancha Urbana
  - ▭ Limite Municipal
  - Sub-bacia do Rio Palmela
  - Bacia do Rio Verde

### Fontes dos Dados:

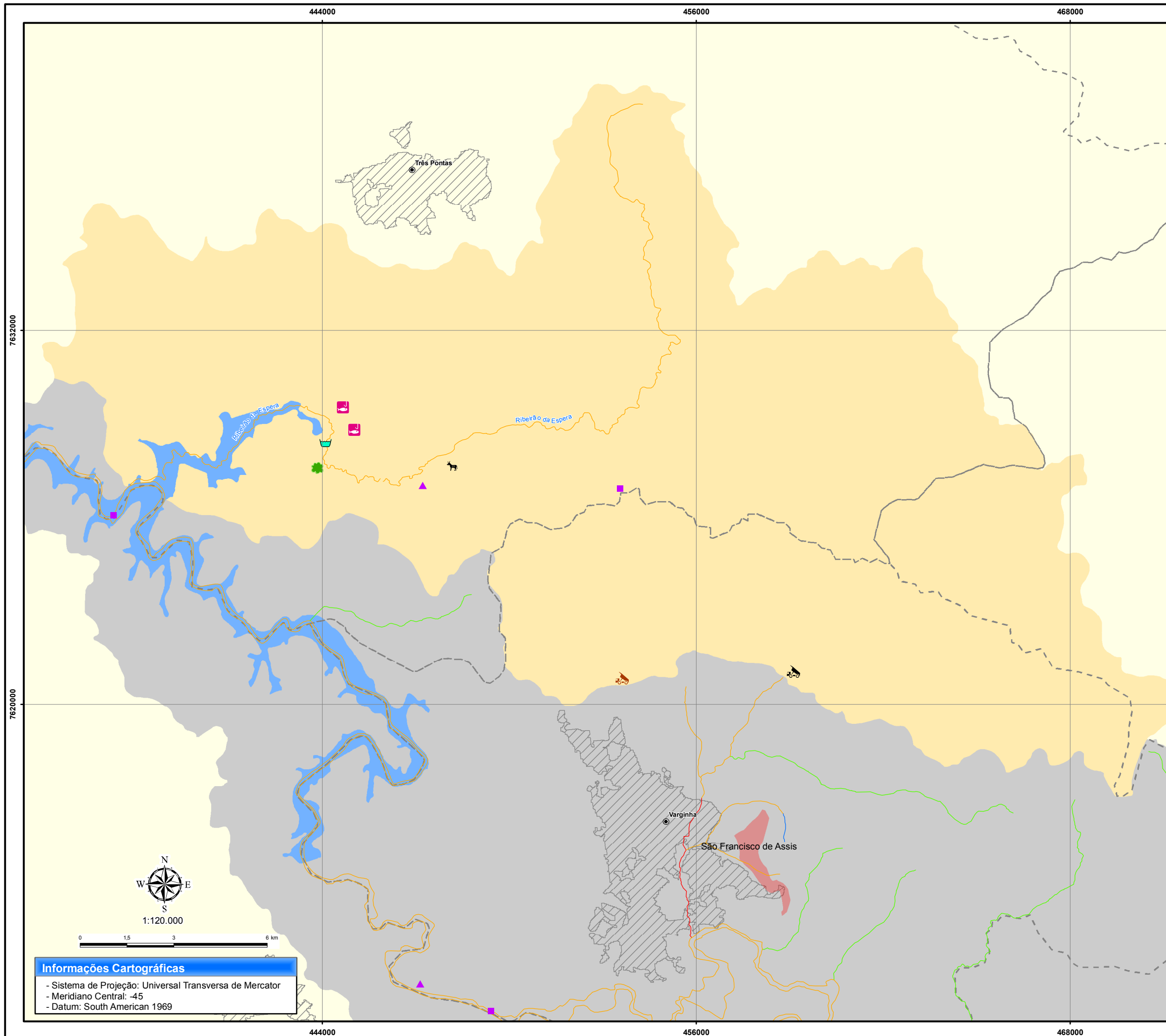
- Atualização dos Usos: Ecoplan/Lume 2009
- Limite Bacia e Sub-bacias: Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Sedes: IBGE
- Distritos: IGA
- Hidrografia /Enquadramento : FEAM, 1998
- Unidades de Conservação: IEF, 2006
- Estações de Qualidade e Fluviométricas: IGAM, ANA

### Informações Cartográficas

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969







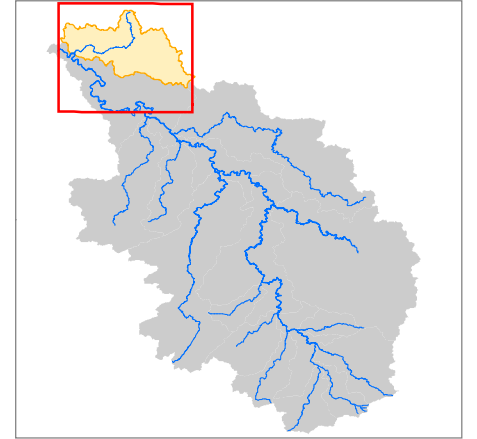
**236 - Sub bacia Ribeirão da Espera**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

- Estações fluviométricas
- ▲ Estações de qualidade
- Hidrografia - Enquadramento FEAM 1998**
- Classe Especial
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3
- Unidades de Conservação**
- Proteção Integral e Uso Sustentável
- Usos das águas e estruturas mapeadas**
- Futura captação
- Proteção das comunidades aquáticas
- Pesca - Recreação em rios e lagos
- Dessedentação de animais
- Aterro Sanitário
- Aterro Controlado
- Convenções:**
- ▲ Distritos
- Sedes
- Mancha Urbana
- Limite Municipal
- Represa de Furnas
- Sub bacia do Ribeirão da Espera
- Bacia do Rio Verde

Fontes dos Dados:

- Atualização dos Usos: Ecoplan/Lume 2009
- Limite Bacia e Sub bacias: Digitalizado a partir das cartas topográficas do IBGE
- Limite Municipal e Sedes: IBGE
- Distritos: IGA
- Hidrografia /Enquadramento : FEAM, 1998
- Unidades de Conservação: IEF, 2006
- Estações de Qualidade e Fluviométricas: IGAM, ANA

**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969

## BIBLIOGRAFIA

---

ABIC – Associação Brasileira das Indústrias de Café- Relação das 100 Maiores Industriais de Café Associadas da ABIC – Outubro 2008. Disponível em [www.abic.com.br](http://www.abic.com.br), acesso em 29/05/2009.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2007.

AGEVAP – Agência da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Cenário de Esgotamento Sanitário da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – 2007, 44 p.

ALMEIDA, F.F.M. O Cráton do São Francisco – Revista Brasileira de Geociências, 7:349-364. São Paulo.

ALMEIDA, F.F.M. O Cráton do Paramirim e suas relações com o do São Francisco- Anais do Simpósio sobre o Cráton do São Francisco e suas Faixas Marginais, Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Bahia, p. 1-9, 1981.

ANA – Agência Nacional de Águas – Caracterização da oferta atual de água e demandas para abastecimento humano no estado da Bahia – Grupo C – PROAGUA Nacional - abril 2008.

\_\_\_\_\_. Caracterização da oferta atual de água e demandas para abastecimento humano no estado de Minas Gerais - Grupo C – PROAGUA Nacional - abril 2008.

\_\_\_\_\_./IGAM Instituto Mineiro de Gestão das Águas - Estudos de Caracterização dos Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais. Primeira Etapa do Plano Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais. [Relatório Técnico]. 2007.

ANDRADE, João Paulo Dutra - Experiência dos Estados na Adoção do Modelo das Agências Reguladoras – Rio de Janeiro 8/08/2008 – Disponível em [www.ppp.mg.gov.br](http://www.ppp.mg.gov.br).

ARRUDA, R. Populações tradicionais e a proteção dos recursos naturais em unidades de conservação. *Ambiente & Sociedade*, 1999, 5:72-92.

ATAM – Associação Terras Altas da Mantiqueira, Circuito Terras Altas da Mantiqueira Disponível em [http:// www.terrasaltasdamantiqueira.org.br](http://www.terrasaltasdamantiqueira.org.br), acesso em 03/06/2009.

AUGUSTO, H & BRITO F. - O papel da mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais na migração interestadual - Trabalho apresentado no XVI Encontro Nacional de Estudos Populacionais, realizado em Caxambu- MG –Brasil, de 29 de setembro a 03 de outubro de 2008. Disponível em <http://www.apeb.nepo.unicamp.br>.

BASTIAN, O.Y. Elza - Guia técnico ambiental da indústria têxtil (Série P + L). São Paulo: CETESB, 2009. 85p.



BEATO, D.A.C.; OLIVEIRA, F.A.R & VIANA, H.S. Estudos Geoambientais das fontes hidrominerais de Águas de Contendas, Cambuquira, Caxambu, Lambari e São Lourenço, COMIG/CPRM, 142 p.,1999.

BENETTI, A.; BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos hídricos. In: TUCCI, C.E.M. (Org). Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: EDUSP/ABRH, 2001.

BORGES, M. E. – Aspectos Legislativos sobre o Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Minas Gerais – 2008.

BRANDÃO, T. & BRANDÃO, M. – 1958 – Cambuquira – Estância Hidro-Mineral e Climática. IBGE, RJ, 326 p.

BRASSINGTON, R. – 1998 – Field Hydrogeology. John Wiley & Sons, 2º Ed., 248p. New York.

BRINGHENTI, Jacqueline – Estabelecimento de indicadores nos processos de coleta seletiva – V SESMA – Seminário Estadual sobre saneamento e meio ambiente – Vitória, ES – agosto de 2003.

BRITO, F. & AUGUSTO H – Migrações em Minas Gerais- Tendências recentes a partir da análise de suas microregiões In: Seminário sobre Economia Mineira 8,2006,Diamantina. Anais... Belo Horizonte: Cedeplar/UFMG Anexos. Disponível em <http://www.cedeplar.ufmg.br/seminarios/diamantina>.

BRODLEY, C.E. & UTGOFF, P.E. (1995). Multivariate decision trees. *Machine Learning* 19:45–77.

BUENO, Laura Machado de Mello; CYMBALISTA, Renato. In: Planos Diretores Municipais: novos conceitos de planejamento territorial. (Ed. Anna Blume/Instituto Pólis/PUC-Campinas).

BUENO, Laura Machado de Mello. Inovações para a concretização dos direitos à cidade: limites e possibilidades da lei e da gestão. (Ed. Anna Blume/Instituto Pólis/PUC-Campinas).

CAMARGOS, L. M. M (coord.). Plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio das Velhas: resumo executivo dezembro 2004. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, 2005. 228 p.

CAMPOS NETO, M.C.; BASEI, M.A.S.; VLACH, S.R.F.; CABY, R.; SZABÓ, G. A. J. & VASCONCELOS, P. Migração de Orógenos e Superposição de Orogêneses: Um Esboço da Colagem Brasileira no Sul do Cráton do São Francisco, SE – Brasil - Revista do Instituto de Geociências – USP Geol. USP Sér. Cient., São Paulo, v. 4, n. 1, p. 13-40, abril 2004.

CARVALHO, LMT & SCOLFORO, J.R (Eds) (2008). Inventário Florestal de Minas Gerais: Mapeamento da Flora Nativa – 2005 – 2007. Lavras: UFLA, 357 p.

CASSARRO, Antonio Carlos – Sustentabilidade na Gestão das Atividades de Transporte e Saneamento - 5º SENATRANS - Seminário Nacional de Transportes das Utilities - São Paulo, 13 e 14 de Maio de 2008. Disponível em [cassarro@institutoadvb.org.br](mailto:cassarro@institutoadvb.org.br).

CASTANY, G.- Propección y Explotación de Las Águas Subterráneas. Barcelona: Omega. 1975

CASTRO, E. M.de O.– Mapeamento Geológico-Estrutural e Petrografia das Sucessões Precambrianas da Área de Lambari, Minas Gerais. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: 1997, UFRJ/CCMN/IGC/DG, 102p.

CETEC - Fundação Centro Tecnológico e Minas Gerais. - Mapa Geológico, Geomorfológico e Hidrogeológico, escala 1: 1000 000. In: Diagnóstico Ambiental de Minas Gerais. Belo Horizonte 1983. 158p. (Série de Publicações Técnicas, 10).

\_\_\_\_\_. Fundação Centro Tecnológico e Minas Gerais – Determinação do Funcionamento Hidráulico dos Aquíferos, Através de Parâmetros Químicos. Relatório Final. Sec. Estado Cienc. e Tecnol., 1993, Belo Horizonte, MG.

CETESB - Companhia De Tecnologia De Saneamento Ambiental. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2007. São Paulo: 2008. 537 p.

CNM- Confederação Nacional de Municípios. Dados Indicadores. Educação. Disponível em [http://www.cnm.org.br/educacao/br\\_educacao.asp](http://www.cnm.org.br/educacao/br_educacao.asp)

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente- Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas.

CONSERVATION INTERNATIONAL DO BRASIL / FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA / FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS / INSTITUTO DE PESQUISAS ECOLÓGICAS / SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO SEMAD / INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS - Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos. Brasília: 2000 MMA/SBF. 40p.

CONGRESSO NACIONAL - Plano Nacional de Educação. Lei Federal 10.172/2001. Estabelece as diretrizes para a educação no Brasil no período de 10 anos a contar da data de publicação da referida lei.

\_\_\_\_\_. Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a política nacional de recursos hídricos, cria o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, regulamenta o inciso XIX do art.21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da lei nº 8.001, de 13 de março de 1990. Brasília: 1997.

\_\_\_\_\_. Lei Federal nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Institui diretrizes para a política nacional de saneamento básico. Brasília: 2007.

\_\_\_\_\_. Decreto Federal nº 750 de 10 de fevereiro de 1993. Dispõe sobre o corte, a exploração e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração de Mata Atlântica, e dá outras providências. In: *Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil*, 1993, Brasília.

\_\_\_\_\_. Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. In: *Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil*, 2000, Brasília.

\_\_\_\_\_. Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade Presidência da República. Casa Civil: Subchefia para Assuntos Jurídicos.

CONTAG – Confederação Nacional dos trabalhadores na Agricultura. Auto-sustentação do Movimento Sindical dos Trabalhadores Rurais. Brasília, Sindical Gráfica, 1994.

\_\_\_\_\_. CNTTR - Congresso Nacional de Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais. Documento base. Brasília, 2001.

COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa nº 52, de 2001. Estabelece sobre a convocação de municípios para o licenciamento ambiental de sistemas de disposição final de lixo. Belo Horizonte, 2001.

\_\_\_\_\_. Deliberação Normativa nº 33, de 18 de dezembro de 1998. Dispõe sobre o enquadramento das águas da bacia do rio Verde. Belo Horizonte, 1998.

\_\_\_\_\_. Deliberação Normativa nº 74, de 09 de setembro de 2004. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ou de licenciamento ambiental no nível estadual, determina normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização e de licenciamento ambiental, e dá outras providências.

\_\_\_\_\_. Deliberação Normativa nº 95 de 12/04/2006 - Dispõe sobre critérios para o licenciamento ambiental de intervenções em cursos d'água de sistemas de drenagem urbana no Estado de Minas Gerais. Disponível em [www.siam.mg.gov.br](http://www.siam.mg.gov.br).

\_\_\_\_\_. CERH / Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n.º 1, de 05 de mai. de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Belo Horizonte, 2008.

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais – Banco de Dados das Concessões – Projetos concluídos, em andamento e em licitação -2008.

\_\_\_\_\_. Manual – Cuidado – Cianobactérias (algas azuis) O que você precisa saber 2005.

\_\_\_\_\_. Banco de dados de Poços Tubulares - 1980 , consulta em julho de 2009.

CORDEIRO, J. C - Gerenciamento de Resíduos Gerados em Estações Tradicionais de Tratamento de Águas de Abastecimento. São Carlos, SP agosto 2008.

COSTA, C.M.R., HERRMANN, G.; MARTINS, C.S.; LINS, L.V & LAMAS, I.R. (orgs) Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte 1998.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Projeto Circuito das Águas do Estado de Minas Gerais. 142p, Belo Horizonte/MG, 1999.

\_\_\_\_\_. Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações. 3 edição revisada e ampliada , 2009.

\_\_\_\_\_. Mapa de Domínios/Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil (BOMFIM *et al.*). 2006

\_\_\_\_\_./SIAGAS- Sistema de Informações das Águas Subterrâneas - Banco de Dados do Sistema de Informações das Águas Subterrâneas – Consulta em junho/2009.

CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M. R. - Hidrogeologia Subterrânea. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, Espanha, 2359p. 2v. 1976

CYMBALISTA, Renato - Instrumentos de planejamento e gestão da política urbana: um bom momento para uma avaliação.

DATASUS – Banco de dados do Sistema Único de Saúde. Indicadores e Dados Básicos Brasil 2007 IDB 2007. Disponível em <http://tabnet.datasus.gov.br>.

DELGADO, S.L.; Carmo, J.C.C. Costa, P.G.C. - Plano de Aproveitamento Econômico para as unidades de envasamento de água mineral – Caxabu , Cambuquira, Lambari e Araxá, 2006.

DESCHAMPS, *et al.* Controle Ambiental na mineração de quartzito – Pedra São Tomé, Projeto Minas Ambiente, 204 p., 2002.

DIEGUES, A.C. - Repensando e recriando as formas de apropriação comum dos espaços e recursos naturais. In: VIEIRA, P. F. & WEBER, J. (orgs.) Gestão de recursos naturais renováveis e desenvolvimento. São Paulo, Cortez Editora, 1996.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral - Anuário Mineral Brasileiro, 2006 (ano-base 2005), Brasília.

\_\_\_\_\_. Cadastro Mineiro, Disponível em <https://sistemas.dnpm.gov.br/SCM/extra/site/admin/Default.aspx>

DRUMMOND, G.M.; SOARES, C.S.; MACHADO, A.B.M.; SEBAIO, F.A. & ANTONINI, Y. (orgs) Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação. Segunda edição. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte. 222 p., 2005.

DURIGAN, G.; SEQUEIRA, M.F.; FRANCO, G.A.D. C & RATTER, J.A. Seleção de fragmentos prioritários para a criação de unidades de conservação do cerrado no Estado de São Paulo. *Rev. Inst. Rev. Inst. Flor*, 18: 23-37. 2006.

ECOLÓGICO Jornal – Edição de 7/6/2009, Publicação da Hiram Firmino Consultoria Ambiental e Comunicação Ltda. - página 26.

EIRADO, L.G.; HEILBRON, M. e ALMEIDA, J.C.H. - Os terrenos tectônicos da Faixa Ribeira na Serra da Bocaina e na Baía da Ilha Grande, Sudeste do Brasil, *Revista Brasileira de Geociências* 36 (3): 426-436 setembro de 2006.

FARLEY, Malcolm AND TROW, Stuart – Losses in Water Distribution Networks - IWA Publishing –2003.

FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - Pedra São Tomé *In Revista Minas Faz Ciência*, nº 10 março a maio de 2002. Disponível <http://www.revista.fapemig.br>.

FEAM – Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais – Programa Minas Sem Lixões – Disponível em <http://www.siam.mg.gov.br>

\_\_\_\_\_. Avaliação da qualidade das águas na bacia do rio Verde – Período de 1987 a 1992. Belo Horizonte: FEAM, 1993. 96 p.

\_\_\_\_\_. Qualidade das águas superficiais em Minas Gerais - Série de relatórios de dados de 1997 a 2000. Belo Horizonte: 1998 a 2001.

\_\_\_\_\_. Banco de dados de automonitoramento. Belo Horizonte. 2009. Acesso a planilha eletrônica em 18 de junho de 2009.

\_\_\_\_\_. Projeto Gestão de Passivos Ambientais na Mineração (Dados parciais). Belo Horizonte, 2009.

\_\_\_\_\_. Extração de areia, cascalho e argila – técnicas e controle ambiental. Belo Horizonte, 2000. 92 p.

FEITOSA, F. A. C. & MANOEL FILHO, J. (Coord.) – Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações. CPRM, LABHID-UFPE, 3ª edição revisada e ampliada 2009.

FEREGUETTI, Adriane C. E SANTANA, REYNALDO C. – Quantificação dos resíduos sólidos urbanos e sua relação com um indicador sócio-econômico do Município de Linhares – ES - V SESMA – Seminário Estadual sobre Saneamento e Meio Ambiente – Vitória, ES – agosto de 2003.

FIEMG – Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais - Perfil Econômico de Minas Gerais/Gerência de Economia e Finanças - janeiro de 2009. Disponível em <http://www.fiemg.com.br>, acesso em 04/05/2009.

\_\_\_\_\_/MERCURY Srl.Turística - Desenvolvimento Turístico das Estações Termiais do Estado de Minas Gerais -2007. Disponível em <http://www.estradareal.org.br>.

FOLHA DE SÃO PAULO – Editorial - Desvio de Função do FGTS - 23/07/2008.

FUNDAÇÃO GORCEIX – Delgado, S.L.; Carmo, J.C.C. Costa, P.G.C. Definição das áreas de Proteção Ambiental das Estâncias Hidrominerais de Caxambu, Cambuquira, Marimbeiro, Lambari, Poços de Caldas, Tiradentes e Araxá – relatório inédito, 2001.

FJP - Fundação João Pinheiro – Perfil Demográfico do Estado de Minas Gerais 2000, 2002, Belo Horizonte. Disponível em <http://fjp.mg.gov.br>.

\_\_\_\_\_. / CEI- Centro de Estatísticas e Informações - PIB Minas Gerais Municipal – 2002 a 2006. Disponível em <http://fjp.mg.gov.br>, acesso em 01/04/2009

\_\_\_\_\_. Projeção da População Municipal Minas Gerais 2009-2020. 2009. Disponível em <http://www.fjp.gov.br>.

GASTON, K.J., PRESSEY, R.L. & MARGULES, C.R. (2002). *Persistence and vulnerability: retaining biodiversity in the landscape and in protected areas*. *J. Biosci.* 27(4): 361-384.

GELUDA, L.; YOUNG, C. E. F. (2004). Financiando o Éden: Potencial econômico e limitações da compensação ambiental prevista na Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Curitiba. IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. Curitiba: Fundação O Boticário de Proteção à Natureza v. 1. p. 641-651.

GOMES, S.T., Diagnóstico da Pecuária Leiteira do Estado de Minas Gerais em 2005, relatório de pesquisa-Belo Horizonte, 2006.

GONÇALVES, Y.K. Perspectivas do Desenvolvimento Turístico em Áreas Rurais; O caso das Terras Altas da Mantiqueira (MG), 2003 tese Mestrado Campinas.

HACKSPACHER, P.C.; FETTER, A.H.; EBERT, H. D.; JANASI, V.A.; DANTAS, E.L.; OLIVEIRA, M.A.F.; BRAGA, I.F. e NEGRI, F.A. Registros de Convergência Pré-Colisional na Aglutinação do Gondwana Ocidental - Revista do Instituto de Geociências - USP Geol. USP Sér. Cient., São Paulo, v. 3, p. 85-96, agosto 2003.

HACKSPACHER, P.C.; GODOY, D.F.; RIBEIRO, L.F.B.; HADLER NETO, J.C. e FRANCO, A.O.B. Modelagem térmica e geomorfologia da borda sul do Cráton do São Francisco: termocronologia por traços de fissão em apatita - Revista Brasileira de Geociências 37 (4º - suplemento): 76-86, dezembro de 2007.

HEILBRON, M.; VALERIANO, C.M.; VALLADARES, C.S. e MACHADO, N. A orogênese brasileira no segmento central da Faixa Ribeira, Brasil - Revista Brasileira de Geociências 25(4): 249-266 dezembro de 1995.

HERRMANN, G. Manejo de paisagem em grande escala: estudo de caso no Corredor Ecológico da Mantiqueira, MG. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Plano de ação para a prevenção e controle do desmatamento na Amazônia legal, Brasília, 2004. Disponível em [www.ibama.gov.br](http://www.ibama.gov.br).

\_\_\_\_\_. Environmental Outlooks in Brazil. Santos, T.C.C. ; Câmara, J. B. D. (Org.). GEO Brazil 2002, Brasília: Edições IBAMA, 2002. 447 p. Belo Horizonte, 1982.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro, RJ. 92p, 1992.

\_\_\_\_\_. Estatísticas Educacionais. Disponível em [www.ibge.gov.br/ibgeteen](http://www.ibge.gov.br/ibgeteen).

\_\_\_\_\_. Censo Demográfico: Amostra Educação. 2000.

\_\_\_\_\_. Censos Agropecuários: dados preliminares. Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. Cadastro Geral das Empresas, 2000 e 2006.

\_\_\_\_\_. Pesquisa da Pecuária Municipal, 2000 a 2007.

\_\_\_\_\_. Produção Agrícola Municipal, 2000 a 2007.

\_\_\_\_\_. Censos Demográficos 1970, 1980, 1991, 2000, Rio de Janeiro. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/estatisticas/população>.

\_\_\_\_\_. Contagem de População , Rio de Janeiro, 2007. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/estatisticas/população>

\_\_\_\_\_. Mapas Estatísticos Municipais – MME, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em <FTP://geoftp.gov.br/MME2007>.

\_\_\_\_\_. Perfil dos Municípios Brasileiros-2008, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/estatistica/economia/perfilmunic/2008>.

\_\_\_\_\_. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA banco de dados Rio de Janeiro

\_\_\_\_\_. Sinopse preliminar do censo demográfico-2000. Rio de Janeiro, 2000. v.7.

\_\_\_\_\_. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico -2000. Rio de Janeiro, 2000.

IEF – Instituto Estadual de Florestas do Estado de Minas Gerais: Disponível em [www.ief.org.br](http://www.ief.org.br).



IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas - Monitoramento da qualidade das águas superficiais na bacia do rio Grande - Série de relatórios de dados de 2001 a 2007. Belo Horizonte: 2002 a 2008.

\_\_\_\_\_. Estudo das metas de qualidade da bacia hidrográfica da bacia do rio Verde 2006: diagnóstico estratégico da bacia hidrográfica e cenários de desenvolvimento. Belo Horizonte: 2006. 63 p.

\_\_\_\_\_. Relação de outorgas concedidas. Belo Horizonte: 2009. Disponível em <http://www.meioambiente.mg.gov.br>, acesso em 25 de junho de 2009.

\_\_\_\_\_. PROAGUA - Projeto Águas de Minas– Série histórica de 1997 a 2007

\_\_\_\_\_. Banco de Dados Hidrogeológicos do Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Consulta ao Banco de Dados de Outorgas de Direito do Uso de Águas Subterrâneas. Consulta em junho de 2009.

INDI - Instituto de Desenvolvimento Integrado de Minas Gerais- Perfis municipais. Belo Horizonte. Disponível em <http://www.indi.mg.gov.br>,. acesso em 10 de junho de 2009.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Dados pluviométricos anuais da estação de São Lourenço. Disponível em <http://www.inmet.gov.br>; acesso em 25 de junho de 2009.

IPEADATA – Banco de Dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada: - Informações econômicas e sociais – Rio de Janeiro, 2008. Disponível em <http://www.ipeadata.gov.br>.

\_\_\_\_\_. Informações Municipais de Produção Agrícola - Séries Estatísticas

IPEMA – Instituto de Pesquisas da Mata Atlântica - Conservação da Mata Atlântica no Estado do Espírito Santo: Cobertura florestal e Unidades de Conservação. Vitória: 142p, 2005.

IWA - *International Water Association* – The Blue Pages – October/2000.

JORDÃO, EDUARDO P. e PESSOA, CONSTANTINO A. – Tratamento de Esgotos Sanitários-Editora ABES – Rio de Janeiro 4ª. Edição – 2005.

KING, L. C. A geomorfologia do Brasil Oriental – Revista Brasileira de Geografia, nº 2, p. 3-121, abril/junho de 1956.

LAMBERT, Alan – Non revenue Water and Water Losses – Salvador Seminar March/2002.

LIEMBERGER, Roland – Gerenciamento Integral de Perdas de Água Através da Terceirização Via Contratos de Risco na Malásia – Seminário do PNCDA – Recife - 2002.



MACHADO, José Nelson A. – Water Supply and Sewage Services: Current Situation and Perspectives in Brazil – Yearbook 2002 - IWA – International Water Association.

MAGALHÃES JR, A.P. & TRINDADE, ES Morfodinâmica fluvial cenozóica em zonas de contato entre faixas móveis e cunhas tectônicas na região Sul de Minas Gerais - GEONOMOS 2005, 13(1, 2): 59-74.

\_\_\_\_\_. Relações entre níveis (paleo) topográficos e domínios morfotectônicos na região Sul de Minas Gerais: contribuições aos estudos de superfícies erosivas no Sudeste brasileiro – Revista Brasileira de Geomorfologia, Ano 5, nº1, p.1-10, 2004.

MAGANHA, Martha - Guia técnico ambiental da indústria de produtos lácteos (Série P + L). São Paulo: CETESB, 2006. 95 p.

MARTINS, A. – 1949 – Lambari – Cidade das Águas Virtuosas.

MEC – Ministério da Educação: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Censo Escolar 2008 Disponível em <http://www.edudatabrasil.inep.gov.br>.

MENEZES-FILHO, Naércio Aquino. A Evolução da Educação no Brasil e seu Impacto no Mercado de Trabalho. Universidade de São Paulo – 2001.

MENTE, A. & CRUZ, W. B. da – 1998 – Áreas de Proteção das Fontes de Água Mineral da Região de Lindóia, Águas de Lindóia e Serra Negra, São Paulo. 2 vol., DNPM, Brasília. Relatório Interno.

MILÉO, N. J – A Água Mineral de Lambari. Gráfica Ed. Liberdade, 3º Ed., 78p., Cruzeiro/SP. 1968

MILKPOINT – 100 maiores Produtores de Leite 2008. Disponível em <http://www.milkpoint.com.br>, acesso em 23/05/2009.

MINISTÉRIO DAS CIDADES – SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2007. Disponível em [www.snis.gov.br](http://www.snis.gov.br)

\_\_\_\_\_. Diagnóstico dos Serviços de Resíduos Sólidos – 2006. Disponível em [www.snis.gov.br](http://www.snis.gov.br).

MOTA, S. Introdução à engenharia ambiental. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 2000.

MOURA, Antonio de Paiva – O Sul de Minas na História das Gerais – Arquivo Público Mineiro, BH. – 2002. Disponível em <http://www.asgeraes.com.br>.

MS - MINISTÉRIO DA SAÚDE – Sistema Nacional de Agravos de Notificação – SINAN - Disponível em [www.saude.gov.br/sinanweb](http://www.saude.gov.br/sinanweb) , acesso em 15/06/2009.

NASCIMENTO, F. M. de F.– Contribuição Hidrogeológica da Porção Oeste do Circuito das Águas, Sul de Minas Gerais, com o Emprego de Técnica de Sensoriamento Remoto. Dissertação de Mestrado. São Paulo: INPE, 111p. 1995.

NATAM - Núcleo da Avicultura das Terras Altas da Mantiqueira — O Ovo em Evidência nas Terras Altas da Mantiqueira. Disponível em <http://www.paraibuna.com.br>, acesso em 16/06/2009.

NOCE, C.M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; SILVA, L.C. e ALKMIM, F.F. O embasamento arqueano e paleoproterozóico do Orógeno Araçuaí - GEONOMOS 15(1): 17 - 23, 2007.

NUNES, R.P. M; TROUW, R.A.J. e CASTRO, E.O. Folha Varginha SF.23-V-D-VI – escala 1:100.000, CPRM-UFRJ, 2008.

OMS – Organização Mundial de Saúde – Água e Saúde – Publicação de junho de 1998.

ONNOLLY, JAMES – A experiência do Rio Anacostia – USA – apresentada no First Seminar on River Revitalization – Belo Horizonte, setembro/2008.

PACHECO, José Wagner. Guia técnico ambiental de frigoríficos – industrialização de carnes (bovina e suína) (Série P + L). São Paulo: CETESB, 2006. 85 p.

PACIULLO, F.V.P., FONSECA, A.C., ANDREIS, R.R., TROUW, R.A e WIEDEMANN, C.M. - Contribuição à geologia do Sul de Minas Gerais – edição das Folhas 1:50.000 Itumirim, Itutinga, Madre de Deus, Luminárias, Minduri e Andrelândia – Anuário do Instituto de Geociências. v. 19, 1996.

PACIULLO, F. V. P.; RIBEIRO, A.; ANDREIS, R.R. e TROUW, R.A. The Andrelândia Basin, a Neoproterozoic Intraplate continental margin, Southern Brasília Belt, Brazil - Revista Brasileira de Geociências 30(1): 200-202 março de 2000.

PACIULLO, F. V. P. & RIBEIRO, A. Folha Nepomuceno – SF.23-V-D-III – escala 1:100.000 – CPRM-UFRJ, 2008.

PARANHOS, Paulo – Primeiros Núcleos Populacionais no Sul de Minas Gerais, Revista Eletrônica do Arquivo do Estado - ed. nº 7 – 2005. Disponível em <http://www.historica.arquivodoestado.sp.gov>.

PEDROSA SOARES, A.C., DARDENNE, M.A., HASUI, Y. CASTRO, F.D. C, CARVALHO, M.V.A. Nota explicativa dos Mapas Geológico, Metalogenético e de Ocorrências Mineraias do Estado de Minas Gerais, Escala 1:1.000.000 Belo Horizonte: COMIG – Companhia Mineradora de Minas Gerais, 1994.

PERH - Plano Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais – Relatório Final de Consolidação da 1ª Etapa Dezembro de 2006.

PETERNEL, R.; TROUW, R.A.J.& SCHMITT, R.S. Interferência entre duas faixas móveis neoproterozóicas: o caso das Faixas Brasília e Ribeira no Sudeste do Brasil - Revista Brasileira de Geociências 35(3):297-310, setembro de 2005.

PIATTI, Tânia Maria; RODRIGUES, Reinaldo Augusto Ferreira. Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais. Maceió: EDUFAL, 2005. 51 p.

PNUD – Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente *Et al.* Atlas de desenvolvimento humano no Brasil. Belo Horizonte, 2003. Disponível em <http://www.fjp.mg.gov.br>.

PRESSEY, R.I. 1994. Ad hoc Reservations: forward or backward steps in developing representative reserve systems. *Conservation Biology* 8: 662-668.

RECH, ANTÔNIO LINUS – Água, micromedição e perdas – 2ª edição – Editora Scorteci – São Paulo – 1999.

REIS, R.P.; Richetti, A.A L.; Lima, A.L. – Fronteira de Produção e Eficiência Econômica na Cultura do Café; Um Estudo no Sul de Minas, 2004.

REVISTA EXAME – Brasil - Infraestrutura 20 de maio de 2009 – páginas 38 e 39.

RIBEIRO, José Carlos. O Sindicalismo de Trabalhadores Rurais no Brasil – Origem do sindicalismo no Brasil. São Paulo, 2001.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO S.M.; ALMEIDA, SP DE & RIBEIRO, J.F. (Org.). Cerrado: Ecologia e Flora. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 151-212. 2008.

RIBEIRO, MTF; Mezzano, C.P.L. – Dinâmica do Processo de Inovação na Cadeia Agro alimentar do Café- A Trajetória do Sul de Minas 2006.

RIVA, A. V. – Qualidade para os serviços de saneamento – AMAE – Agência Reguladora de Joinville – SC. Disponível em [www.aguasdejoinville.com.br](http://www.aguasdejoinville.com.br).

ROUSE J. W., HAAS R. H., DEERING D. W. & SCHELL J. A. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (Green wave effect) of natural vegetation. Final Rep. RSC 1978-4, Remote Sensing Center, Texas A&M Univ., College Station. 1994.

SAADI, A. Modelos morfogenéticos e tectônica global: reflexões conciliatórias GEONOMOS, 6 (2): 55-63.

SANCHES, A.M.N. Processo de Produção e processo de Trabalho na Cultura do Café: uma comparação entre café commodity e café especial do Sul de Minas Gerais Disponível em <http://www.btdt.ufscar.br>, acesso em 16/05/2009.

SCOLFORO, J.R. & CARVALHO, L.M. T (Eds) Mapeamento e inventário da flora nativas dos reflorestamentos de Minas Gerais. Lavras: UFLA, 288 p.2006.

SEE - Secretaria de Estado da Educação de Minas Gerais: Departamento de Pesquisa e Disponível em <http://www.educacao.mg.gov.br/SEE>.

SEF - Secretaria de Estado da Fazenda – Divisão de Tratamento de Informações, Arrecadação de Informações- Evolução da Receita/arrecadação de ICMS, Disponível em <http://www.fazenda.mg.gov.br>, acesso em 18/06/2009.

SEMAD – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Disponível em <http://www.semاد.mg.gov.br>.

\_\_\_\_\_. SIAM – Sistema Integrado de Informações Ambientais. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br>, acesso em 9 de abril de 2009.

SILVA, E.A.L. Proteção das Águas Minerais como Bem Ecológico e Sócio Cultural: Perspectivas - 7º Fórum das Águas de Minas Gerais e 1º Fórum das Águas do Rio Verde.

SILVÉRIO, Silvano – Publicação no Jornal ABES informa número 89 de 20/08/2008.

TAVARES, F.M. Evolução geotectônica da região de Santa Rita do Sapucaí, MG - dissertação de mestrado UFRJ/IG, Rio de Janeiro, fevereiro de 2008.

TRAIN, Russell Errol. Quality Criteria for Water. United States Environmental Protection Agency. Washington, 1979.

TROUW, R.A.J.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P. e VALENÇA, J.G. Síntese Geológica Regional do Bloco Ocidental (Campo das Vertentes e Sul de Minas) - Projeto Sul de Minas, COMIG – UFMG – UFRJ – UERJ, Capítulo 3, 2003.

TROUW, R.A.J.; RIBEIRO, A. e PACIULLO, F.V.P. Geologia da Folha Caxambu - Projeto Sul de Minas, COMIG – UFMG – UFRJ – UERJ, Capítulo 5, 2003.

\_\_\_\_\_. Geologia da Folha Pouso Alto – Projeto Sul de Minas, COMIG – UFMG – UFRJ – UERJ, Capítulo 9, 2003.

TROUW, R.A.J.; PACIULLO, F.V.P.; RIBEIRO, A.; BITTAR, S. e ALMEIDA, C.H. Folha Caxambu – SF.23-X-C-IV – escala 1:100.000 - Projeto Sul de Minas, COMIG – UFMG – UFRJ – UERJ, 2003.

TROUW, R.A.J.; JUNHO, M.C. B; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P.; ALMEIDA, M.E. e VALERIANO, C.M. Folha Pouso Alto – SF.23-Z-A-1 – escala 1:100.000- Projeto Sul de Minas, COMIG – UFMG – UFRJ – UERJ, 2003.

TROUW, R.A.J.; NUNES, R.P.M.; TROUW, C.C. e MATOS, G.C. Folha Itajubá – SF.23-Y-B-III – escala 1:100.000 – CPRM-UFRJ, 2008.

TSUTIYA, Milton T.- Redução do custo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água -2001.

\_\_\_\_\_. Abastecimento de Água – 2004.

TUCCI – Carlos E. M.– Gestão de Inundações Urbanas – Publicação do Ministério das Cidades 2005.

UHLEIN, A.; TROMPETTE, R. e EGYDIO-SILVA, M. Rifteamentos superpostos e tectônica de inversão na borda Sudeste do Cráton do São Francisco - GEONOMOS 3 (1): 99-107.

UNESCO - WWAP. Water for People. Water for Life: The United Nations World Water Development Report. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris and Berghahn Books, Oxford and New York, NY, 2006.

VIANA, V.M. (1995). Conservação da biodiversidade de fragmentos de florestas tropicais em paisagens intensivamente cultivadas. In: Abordagens interdisciplinares para a conservação da biodiversidade e dinâmica do uso da terra no novo mundo. Belo Horizonte/Gainesville: *Conservation International* do Brasil/Universidade Federal de Minas Gerais.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996.

VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p.

WERNICK, E. & FIORI, A.P. Contribuição à geologia da borda sul do Cráton de São Francisco, Anais do Simpósio sobre o Cráton do São Francisco e suas Faixas Marginais, Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Bahia, p. 169 – 179 1981.

WERNICK, E. FIORI, A.P., BETTENCOURT, J.S. e CHOUDHURI, A. A tectônica rígida do fim do Ciclo Brasileiro e sua implicação na estruturação da borda sul e sudoeste do Cráton do São Francisco: tentativa de um modelo preliminar - Anais do Simpósio sobre o Cráton do São Francisco e suas Faixas Marginais, Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Bahia, p. 164 – 168, 1981.

Anexo H

Indicadores operacionais de água e esgoto - Sedes na bacia do rio Verde







**ANEXO H  
ESGOTO - SEDES NA BACIA DO RIO VERDE  
INDICADORES OPERACIONAIS**

Número de Ordem	MUNICÍPIOS	SUB-BACIA	População na bacia			Sede na Bacia	Porcentagem do município na bacia (%)	SIGLA DO PRESTADOR Esgotos Sanitários	Volume de esgoto produzido 1000m³/ano	Índice de atendimento de coleta de esgoto %	Volume de esgoto coletado 1000m³/ano	Índice de tratamento de esgoto coletado %	Volume de esgoto tratado 1000m³/ano	Tipo de tratamento de esgotos	Corpo receptor de esgotos sanitários urbanos	COORDENADAS DA ETE OU PONTO DE LANÇAMENTO		A ETE possui licença ambiental	Carga remanescente de DBO (54g/habxdia) (kg/dia)
			IBGE Censo 2007													Latitude S	Longitude W		
			Total	Urbana	Rural														
1	Itanhandu	Rio Passa Quatro e Alto Rio Verde	14.303	11.620	2.683	Sim	100	Prefeitura	1340,25	100,0	1340,25	0,00	Não tem	Rio Verde e Rio Passa Quatro	Difuso		X	627,48	
2	São Sebastião Rio Verde	Alto Rio Verde	1.761	1.262	499	Sim	100	Prefeitura	145,56	100,0	145,56	30	43,67	ND	Rio Verde	502858	7542619	X	53,85
1	Passa Quatro - SEDE	Rio Passa Quatro	11.607	9.674	1.933	Sim	88	Prefeitura	1053,31	100	1053,31	0	0,00	Não tem	Rio Passa Quatro	Difuso	Difuso		522,40
2	Passa Quatro PÉ DO MORRO	Rio Passa Quatro	1.414	830	584	Sim	100	Prefeitura	95,73	0,0	0,00	0	0,00	Não tem	Rio	X	X	X	44,82
3	Passa Quatro PINHEIRINHOS	Rio Passa Quatro	1.941	1.128	813	Sim	100	Prefeitura	130,10	0,0	0,00	0	0,00	Não tem	Rio	X	X	X	60,91
									1279,15	0,0	1053,31								628,13
1	Itamonte	Rio Capivari	12.371	7.784	4.587	Sim	60	Prefeitura	544,42	100,0	544,42	0	0,00	Não tem	Rio Capivari	Difuso	Difuso	X	420,34
2	Pouso Alto SANTANA DO CAPIVARI	Rio Capivari	1.544	1.064	480	Sim	100	Prefeitura	122,72	0,0	0,00	0	0,00	Não tem	Rio Capivari	Difuso	Difuso	X	57,46
3	Pouso Alto - SEDE	Ribeirão Pouso Alto	4.761	2.418	2.343	Sim	100	Prefeitura	278,89	100,0	278,89	0	0,00	Não tem	Ribeirão Pouso Alto	Difuso	Difuso	X	130,57
1	Virgínia	Ribeirão Caeté	8.298	3.547	4.751	Sim	64	Prefeitura	403,79	89,4	360,99	0	0,00	Não tem	Ribeirão Caeté	Difuso	Difuso	X	191,54
1	Dom Viçoso	Ribeirão do Aterrado	3.013	978	2.035	Sim	100	Prefeitura	112,80	97,2	109,64	0	0,00	X	Ribeirão Rosário	Difuso	Difuso	X	52,81
1	Conceição do Rio Verde SEDE	Médio Rio Verde	12.100	10.706	1.394	Sim	100	Prefeitura	514,08	100,0	514,08	15	77,12	Não tem	Rio Verde	489579	7579742	X	520,38
2	São Lourenço	Médio Rio Verde	40.117	40.117		Sim	100	SAAE	3651,96	96,01	3506,25	0	0,00	Não tem	Rio Verde	494296	7556309	LP	2166,32
3	Soledade de Minas	Médio Rio Verde	5.480	3.508	1.972	Sim	100	Prefeitura	390,86	86,1	336,53	0	0,00	Não tem	Rio Verde	Difuso	Difuso	X	189,43
1	Carmo de Minas	Ribeirão do Carmo	13.593	8.777	4.816	Sim	100	Prefeitura	765,49	98	750,18	0	0,00	Não tem	Ribeirão do Carmo	Difuso	Difuso	X	473,96
1	Baependi	Rio Baependi	17.744	12.600	5.144	Sim	98	Prefeitura	738,02	100	738,02	0	0,00	Não tem	Rio Baependi	Difuso	Difuso	X	680,40
2	Caxambu	Rio Baependi	20.934	20.358	576	Sim	100	COPASA	1131,81	94,2	1066,05	100	1066,05	RAFA/ Lagoas 66,62 L/s	Ribeirão João Pedro	509148	75711813	LO 92% população	374,51
	Conceição do Rio Verde ÁGUAS DE CONTENDAS	Rio Baependi	509	213	296	Sim	100	Prefeitura	9,33	100,0	9,33	100	9,33	Fossa séptica individual	Solo	Individual	Individual	X	3,45
									1879,16	98,1	1813,40		1075,38						1058,36
1	Três Corações	Baixo Rio Verde Rio do Peixe	70.753	64.516	6.237	Sim	100	COPASA	3861,58	92,6	3573,90	0	0,00	Não tem	Rio Verde e Rio do Peixe	Difuso	Difuso	Em projeto	3483,86

**ANEXO H  
ESGOTO - SEDES NA BACIA DO RIO VERDE  
INDICADORES OPERACIONAIS**

Número de Ordem	MUNICÍPIOS	SUB-BACIA	População na bacia			Sede na Bacia	Porcentagem do município na bacia (%)	SIGLA DO PRESTADOR Esgotos Sanitários	Volume de esgoto produzido 1000m³/ano	Índice de atendimento de coleta de esgoto %	Volume de esgoto coletado 1000m³/ano	Índice de tratamento de esgoto coletado %	Volume de esgoto tratado 1000m³/ano	Tipo de tratamento de esgotos	Corpo receptor de esgotos sanitários urbanos	COORDENADAS DA ETE OU PONTO DE LANÇAMENTO		A ETE possui licença ambiental	Carga remanescente de DBO (54g/habxdia) (kg/dia)
			IBGE Censo 2007													Latitude S	Longitude W		
			Total	Urbana	Rural														
2	Varginha	Baixo Rio Verde	115.410	111.684	3.726	Sim	100	COPASA	7152,55	97,4	6967,30	100	6967,30	ETE Santana 249,51 L/s	Rio Verde	ND FEAM	ND FEAM	LO	1809,28
														ETE São José 178,08	Rio Verde	ND FEAM	ND FEAM	LO	
														ETE Walita 2,3 L/s,	Rio Verde	ND FEAM	ND FEAM	LO	
1	Cristina	Rio Lambari	10.861	5.933	4.928	Sim	100	Prefeitura	641,88	100	641,88	0	0,00	Não tem	Rio Lambari e do Bode	Difuso	Difuso	X	320,38
2	Jesuânia	Rio Lambari	4.777	3.055	1.722	Sim	100	Prefeitura	346,02	97,0	335,64	0	0,00	Não tem	Rio Lambari	Difuso	Difuso	X	164,97
3	Lambari	Rio Lambari	17.463	13.512	3.951	Sim	69	SAAE	1266,88	82,0	1038,84	0	0,00	Não tem	Rio Mumbuca	Difuso	Difuso	X	729,65
4	Olimpio Noronha	Rio Lambari	2.501	2.045	456	Sim	100	Prefeitura	235,87	100,0	235,87	0	0,00	0	Córrego Pico Agudo	Difuso	Difuso	X	110,43
									2489,78	85,8	2026,61								1325,88
1	Cambuquira	Rio São Bento	12.391	10.084	2.307	Sim	100	Prefeitura	1109,59	84,8	940,93	0	0,00	Não tem	Rio Lambari (córregos Marimbeiro e Cambuquira)	Difuso	Difuso	X	544,54
1	Cruzília	Rio do Peixe	13.144	13.144		Sim	20	Prefeitura	580,42	97,4	565,33	0	0,00	Em projeto	Rio			Em projeto	709,78
2	São Thomé das Letras	Rio do Peixe	6.153	3.434	2.719	Sim	91	Prefeitura	169,05	98,6	166,68	0	0,00	Não tem	Rio	Difuso	Difuso	X	185,44
1	Campanha	Rio Palmela	15.030	12.873	2.157	Sim	100	COPASA	793,68	95,9	761,22	0	0,00	Projeto em andamento	Ribeirão Santo Antônio	7.588.621	456.325	Não	695,14
2	São Gonçalo do Sapucaí FERREIRAS	Rio Palmela	943	244	699	Sim	100	Prefeitura	28,14	0,0	0	0,0	0	Não tem	Rio Palmela	Difuso	Difuso		13,18

9 Municípios com concessão COPASA  
14 com operação do município  
12 não constam do SNIS 2007

     Não disponíveis no SNIS  
     Sistemas com gestão Municipal

     100% área da bacia  
     Sede na bacia e parte da área rural

ND = Não Disponível

**SIGLAS DOS GESTORES**  
COPASA DTRV COPASA - Distrito Rio Verde  
COPASA DTAM COPASA - Distrito Alto da Mantiqueira  
SAAE Serviço Municipal de Água e Esgoto

Percapita médio  
Percapita não medido 70%  
Perdas  
Média informada 158,24  
Máxi. Informado 215,57  
Mín. Informado 117,43

Anexo I

Investimentos em abastecimento de água e esgotamento sanitário - Bacia do rio Verde

**ANEXO I**  
**ÁGUA E ESGOTO - GERAL BACIA DO RIO VERDE**  
**INVESTIMENTOS EM ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

Número de Ordem	Municípios	Sub-bacia	Sigla do Prestador - Abastecimento de água	Sigla do Prestador - Esgotos Sanitários	Empreendimentos previstos para abastecimento de água e esgotamento sanitário		
					Financiamento	Empreendimento	Valor
1	Baependi	Rio Baependi	COPASA DTRV	Prefeitura	COPASA	Esgoto: Projeto pronto para rede coletora e interceptores para lançamento na ETE Caxambu.	R\$ 7.300.00,00
2	Cambuira	Rio São Bento	Prefeitura	Prefeitura	COPASA	Água: COPASA tem projeto para nova captação; melhorias da ETA para 48 l/s; e da rede. Depende de concessão.	R\$ 5.000.000,00
3	Campanha	Rio Palmela	COPASA DTRV	COPASA	COPASA	Água: COPASA tem projeto para nova captação. Rede está em obras para substituição de 15km no valor de R\$ 2,9 milhões. Esgoto: Há projeto para sistema completo de rede e ETE com RAFA R\$ 13 milhões. Contrato de concessão assinado.	R\$ 15.900.000,00
4	Carmo de Minas	Ribeirão do Carmo	Prefeitura	Prefeitura	ND	ND	
5	Caxambu	Rio Baependi	COPASA DTRV	COPASA	COPASA	Obras de melhoria na distribuição; ampliação da ETA de Baependi para 180 l/s. Melhoria na rede também em Baependi.	
6	Conceição do Rio Verde		COPASA DTRV	Prefeitura			
	SEDE	Médio Rio Verde	COPASA	Prefeitura		Sistema recebeu investimentos recentemente e está satisfatório.	
	ÁGUAS DE CONTENDAS	Rio Baependi	ND	Prefeitura	COPASA	Sistema de água em obras com previsão de início de operação em dezembro de 2009. Esgotamento estático.	R\$ 250.000,00
7	Cristina	Rio Lambari	Prefeitura	Prefeitura	ND	ND	
8	Cruzília	Rio do Peixe	COPASA DTRV	Prefeitura	COPASA	Água: Melhorias diversas. Produção e rede R\$3,3 milhões. Esgoto: Projeto pronto sistema completo R\$ 9,0 milhões depende de concessão.	R\$12.300.000,00
9	Dom Viçoso	Ribeirão do Aterrado	Prefeitura	Prefeitura	ND	ND	
10	Itamonte	Rio Capivari	COPASA DTAM	Prefeitura	ND	ND	
11	Itanhandu	Rio Passa Quatro e Alto Rio Verde	Prefeitura	Prefeitura	ND	ND	
12	Jesuânia	Rio Lambari	Prefeitura	Prefeitura	ND	Há projeto de rede coletora de esgotos e ETE.	
13	Lambari	Rio Lambari	SAAE	SAAE	ND	Há projeto de ETE com local já definido.	
14	Olimpio Noronha	Rio Lambari	Prefeitura	Prefeitura	ND	ND	
15	Passa Quatro		Prefeitura	Prefeitura			
	SEDE	Rio Passa Quatro	Prefeitura	COPASA	ND	ND	
	PÉ DO MORRO	Rio Passa Quatro	Prefeitura	Prefeitura	ND	ND	
	PINHEIRINHOS	Rio Passa Quatro	Prefeitura	Prefeitura	ND	ND	
16	Pouso Alto		Prefeitura	Prefeitura			
	SEDE	Ribeirão Pouso Alto	Prefeitura	Prefeitura	ND	ND	
	SANTANA DO CAPIVARI	Rio Capivari	Prefeitura	Prefeitura	ND	ND	
17	São Lourenço	Médio Rio Verde	SAAE	SAAE	Em negociação	LP - ETE para 100% - população de final de plano 40441 habitantes. COPASA tem recursos de R\$ 30 milhões depende de concessão.	R\$ 30.000.000,00
18	São Sebastião do Rio Verde	Alto Rio Verde	Prefeitura	Prefeitura	ND	ND	
19	São Thomé das Letras	Rio do Peixe	COPASA DTRV	Prefeitura	COPASA	Água: ampliação da ETA, AB e AT para 24l/s (R\$ 600 mil). Diagnóstico de esgoto pronto: depende de concessão.	
20	Soledade de Minas	Médio Rio Verde	Prefeitura	Prefeitura	ND	ND	
21	Três Corações	Baixo Rio Verde e Rio do Peixe	COPASA DTRV	COPASA	COPASA	Em projeto a ETE Rio do Peixe (48,5 l/s) e ETE Rio Verde (83,09 l/s)	
22	Varginha	Baixo Rio Verde	COPASA DTRV	COPASA	COPASA	Obra de construção captação, AB e ETA rio Verde Juriti, melhorias na distribuição	
23	Virginia	Baixo Rio Verde	Prefeitura	Prefeitura	ND	ND	

9 Municípios com concessão da COPASA

14 Com operação do município

12 Não constam do SNIS 2007

Anexo J

Esperança de vida e mortalidade infantil - Bacia do rio Verde

**ANEXO J - ESPERANÇA DE VIDA E MORTALIDADE INFANTIL**  
**Bacia do rio Verde**

Municípios	Esperança de vida ao nascer (anos)			Mortalidade infantil (por 1000 nascidos vivos)			Mortalidade até cinco anos de idade (por 1000 nascidos vivos)	
	1980	1991	2000	1980	1991	2000	1991	2000
Aiuruoca	59,07	64,53	70,64	55,83	39,90	26,76	62,85	29,30
Alagoa	58,95	65,49	71,53	56,39	36,85	24,22	58,15	26,52
Baependi	58,95	66,54	72,07	56,39	33,65	22,75	53,20	24,92
Cambuquira	58,51	68,78	74,61	58,58	27,38	16,35	43,45	17,92
Campanha	60,97	68,99	73,18	46,93	26,83	19,83	42,60	21,72
Carmo da Cachoeira	54,95	64,14	72,25	77,79	41,20	22,25	64,83	24,37
Carmo de Minas	58,72	68,14	72,07	57,53	29,10	22,75	46,14	24,92
Caxambu	57,72	69,27	73,78	62,57	26,09	18,33	41,43	20,08
Conceição do Rio Verde	57,26	68,14	71,53	64,97	29,10	24,24	46,14	26,54
Cristina	58,24	65,06	69,77	59,90	38,20	29,37	60,49	32,14
Cruzília	59,19	66,28	70,78	55,21	34,44	26,36	54,43	28,86
Dom Viçoso	56,24	65,25	69,77	70,50	37,62	29,37	59,33	32,14
Elói Mendes	58,03	68,03	72,75	60,99	29,40	20,95	46,60	22,94
Itamonte	64,27	68,14	75,17	33,21	29,10	15,06	46,14	16,50
Itanhandu	58,95	66,66	72,83	56,39	33,31	20,74	52,67	22,72
Jesuânia	56,76	68,14	71,53	67,65	29,10	24,22	46,14	26,52
Lambari	60,84	68,14	72,83	47,50	29,10	20,74	46,14	22,72
Monsenhor Paulo	54,94	65,38	72,25	77,86	37,20	22,25	58,68	24,39
Olímpio Noronha	58,95	66,69	72,83	56,39	33,21	20,74	52,52	22,72
Passa Quatro	56,67	65,49	72,83	68,12	36,85	20,74	58,15	22,72
Pedralva	56,36	66,85	70,90	69,83	32,74	26,01	51,79	28,47
Pouso Alto	59,35	68,14	71,63	54,45	29,10	23,95	46,14	26,23
São Gonçalo do Sapucaí	58,38	69,42	72,12	59,24	25,72	22,61	40,86	24,76
São Lourenço	58,95	69,27	76,90	56,39	26,09	11,34	41,43	12,43
São Sebastião do Rio Verde	58,51	68,14	72,07	58,58	29,10	22,75	46,14	24,92
São Thomé das Letras	55,38	64,81	68,42	75,35	38,99	33,66	61,45	36,83
Soledade de Minas	61,95	68,14	75,17	42,65	29,10	15,06	46,14	16,50
Três Corações	58,03	67,37	71,00	60,99	31,24	25,74	49,47	28,18
Três Pontas	56,35	67,53	72,22	69,84	30,80	22,34	48,77	24,47
Varginha	60,77	70,14	74,00	47,84	23,89	17,81	38,00	19,52
Virgínia	56,24	67,00	70,71	70,45	32,32	26,57	51,14	29,09
<b>Bacia do rio Verde</b>	<b>59,04</b>	<b>68,32</b>	<b>73,07</b>	<b>56,21</b>	<b>28,78</b>	<b>20,36</b>	<b>45,63</b>	<b>22,3</b>

Fonte: PNUD - Fundação João Pinheiro

Média 72,26

Máx. 76,90

Mín 68,42

Média 22,45

Máx. 33,66

Mín. 11,34

## Anexo K

Histograma de dados das estações fluviométricas utilizadas nos estudos de disponibilidade hídrica da bacia do rio Verde





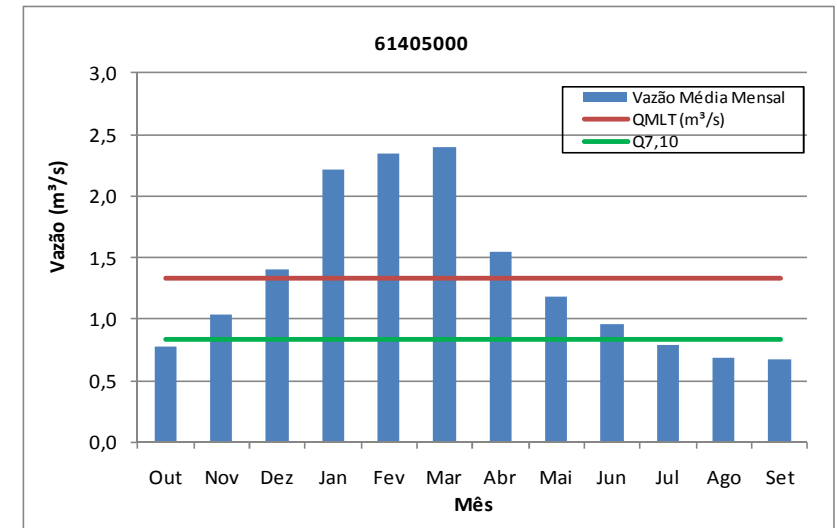
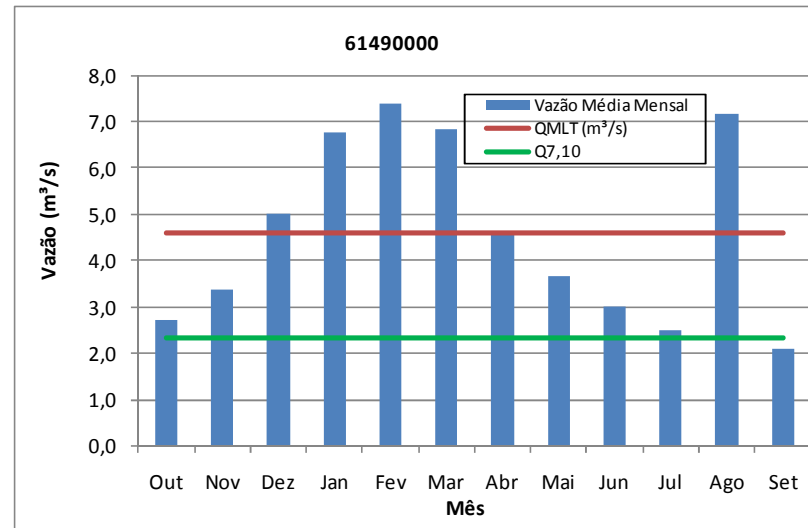
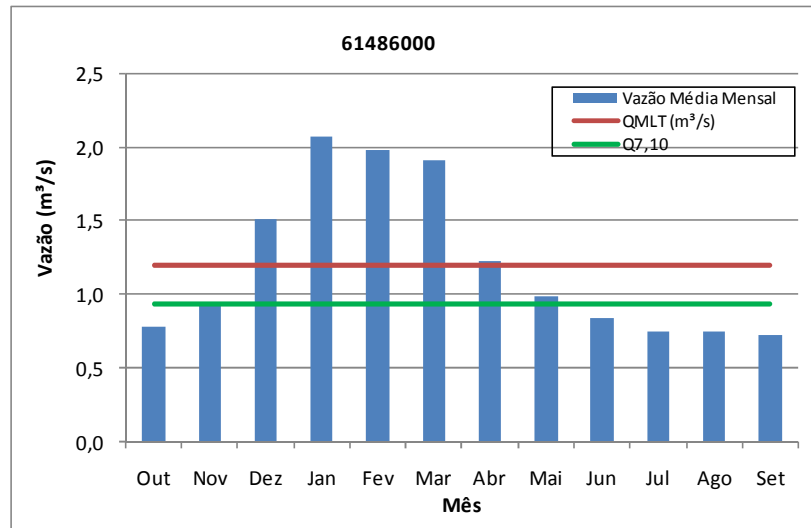
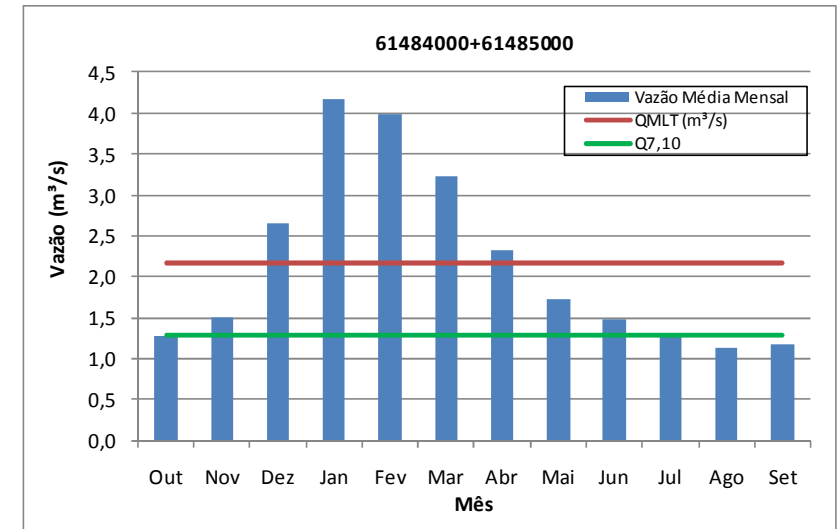
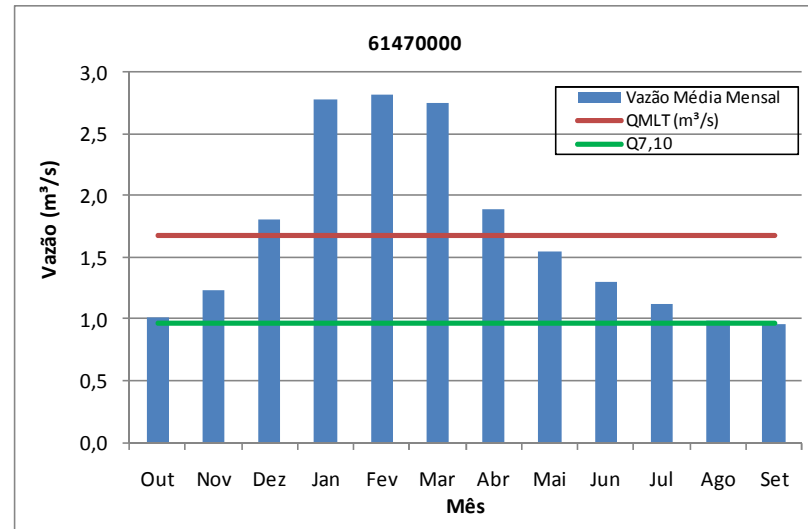
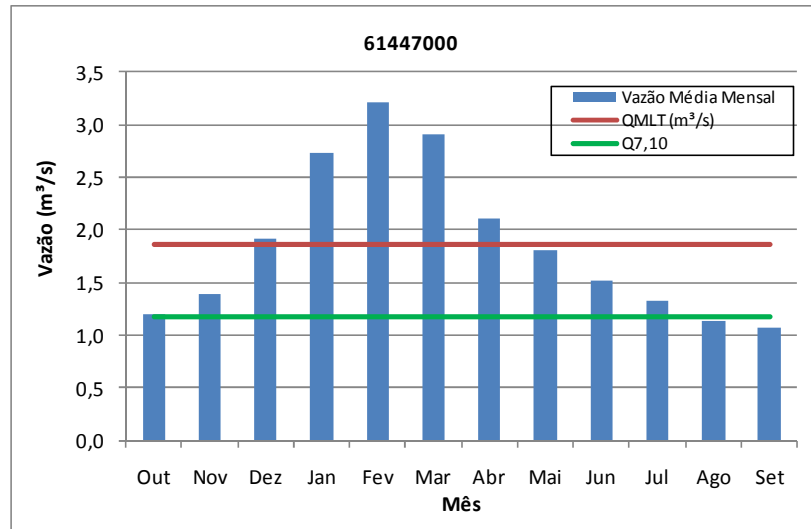
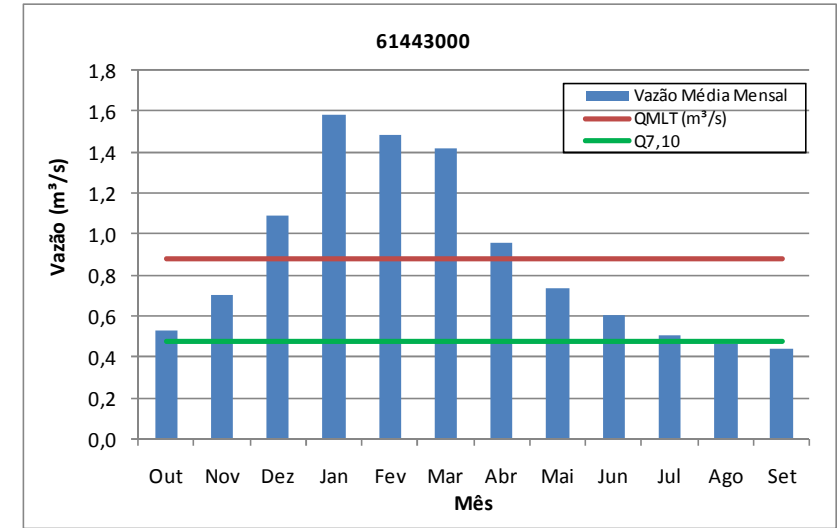
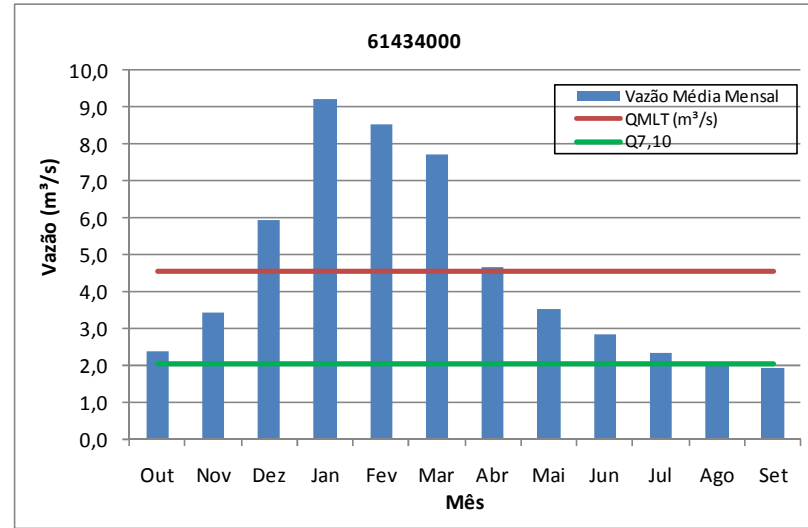
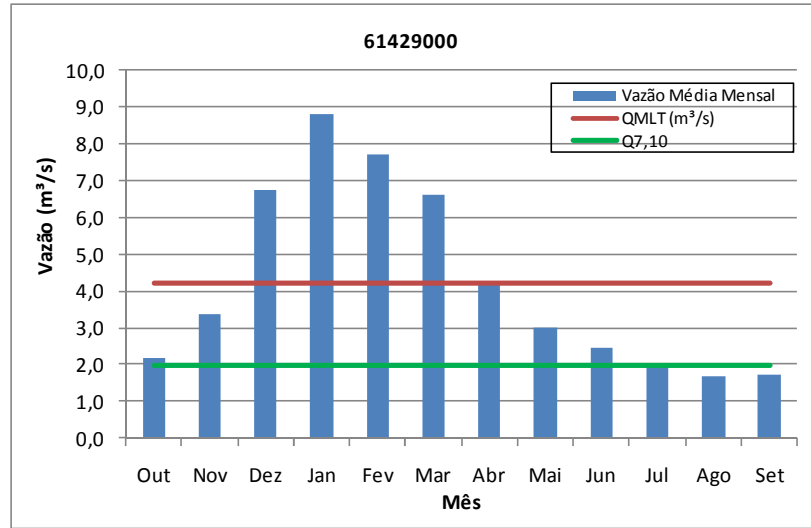




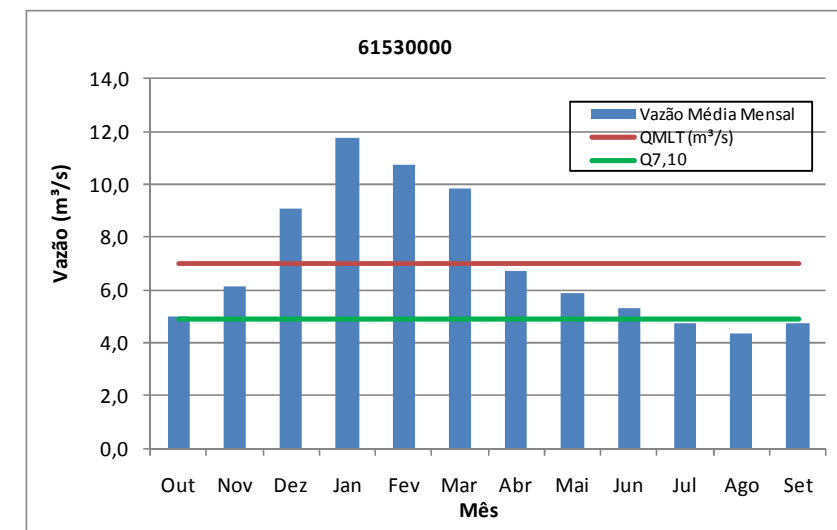
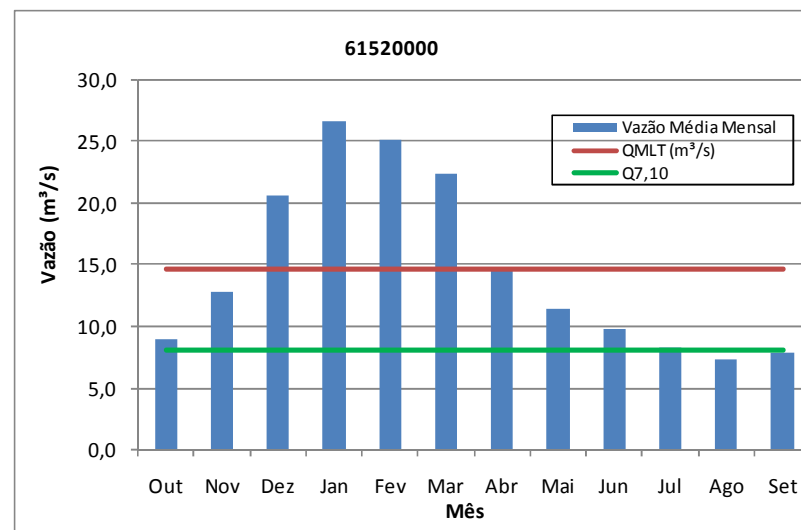
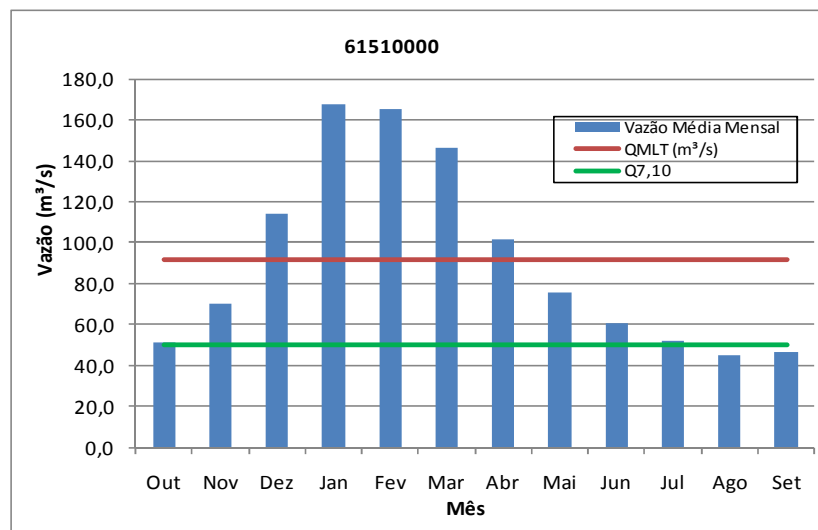
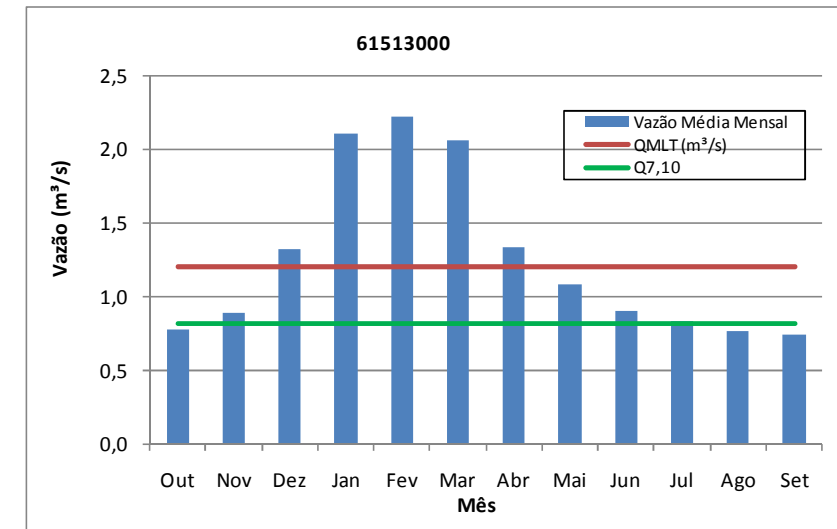
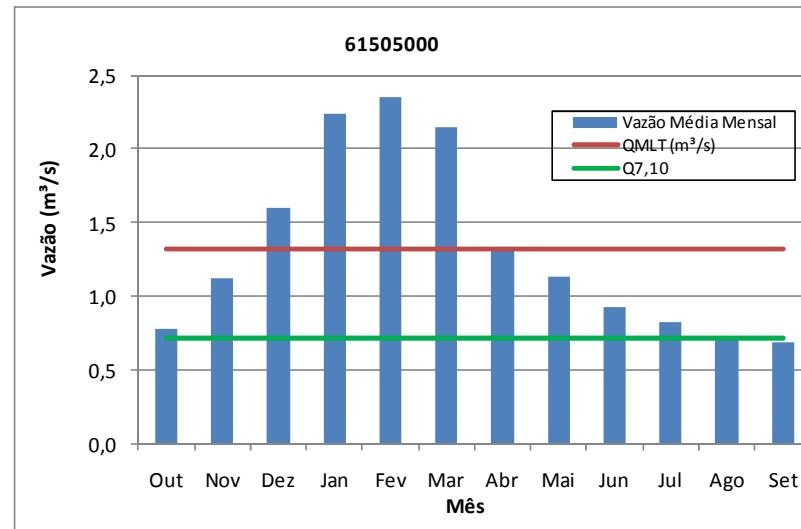
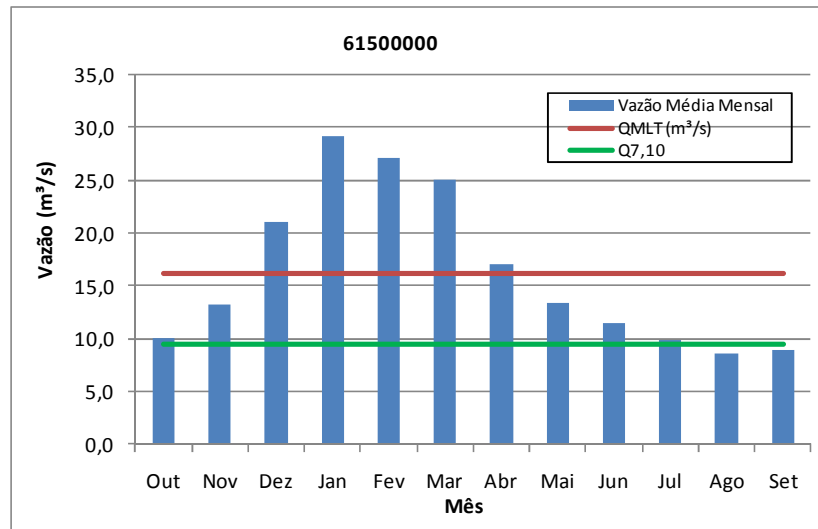
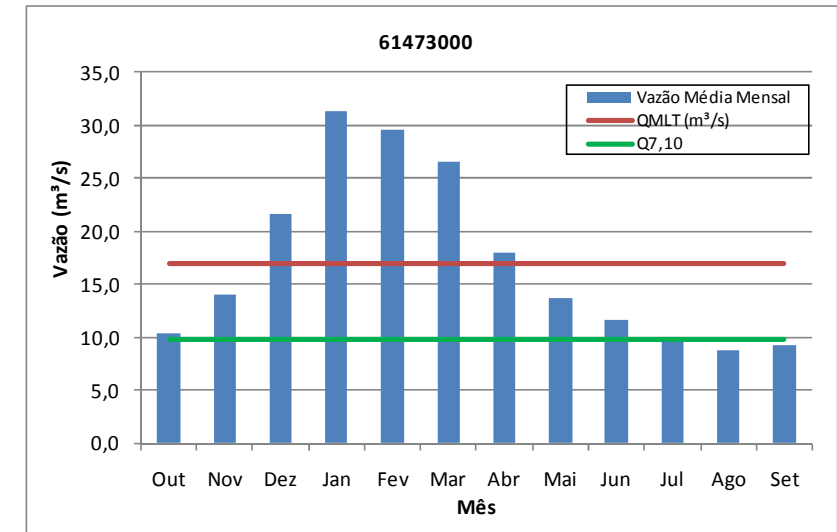
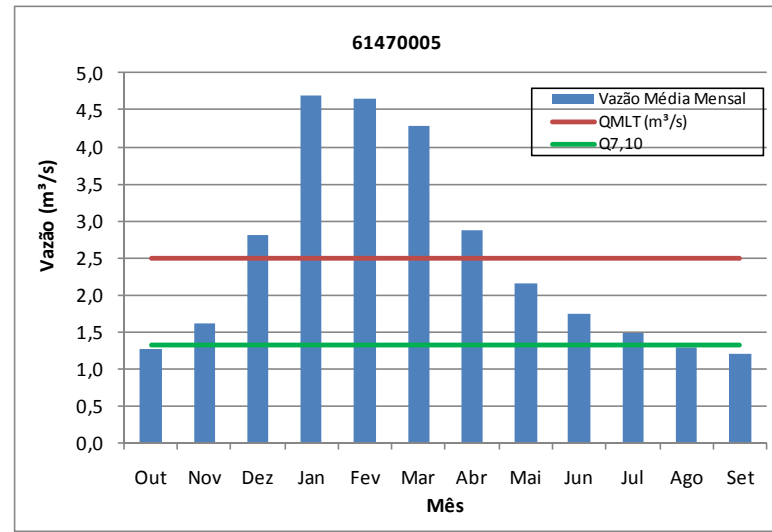
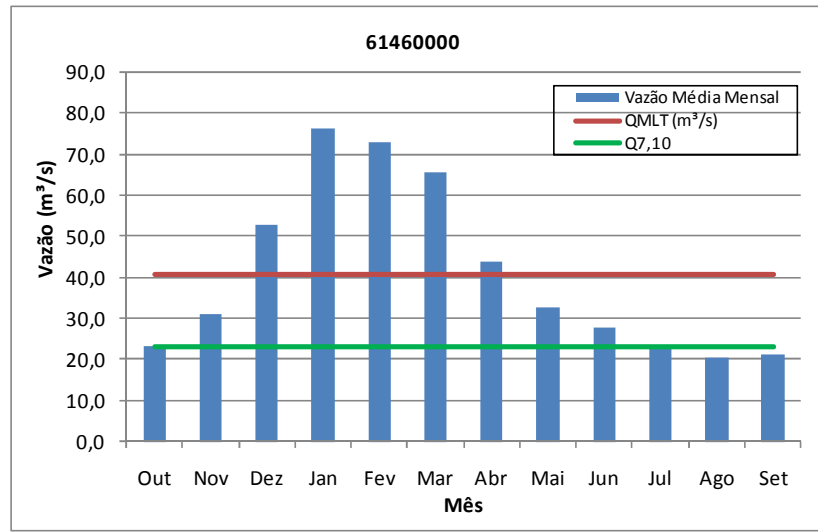
## Anexo L

Comportamento hidrológico das estações fluviométricas utilizadas nos estudos de disponibilidade hídrica da bacia do rio Verde

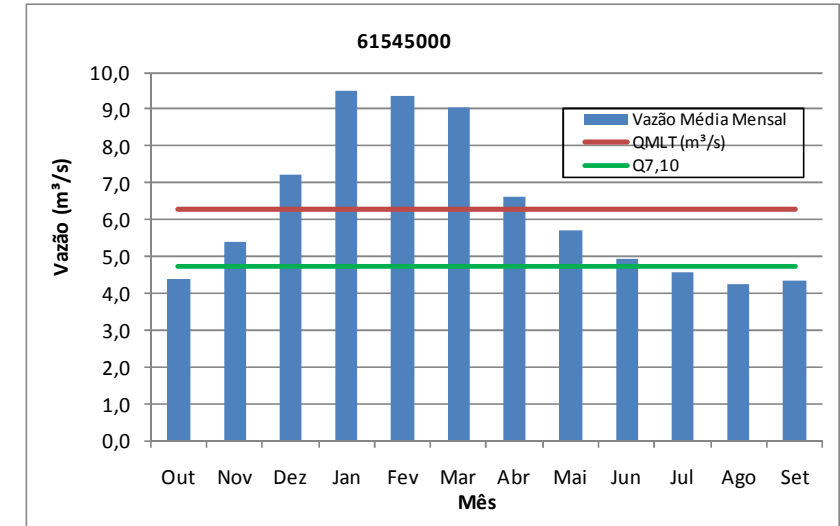
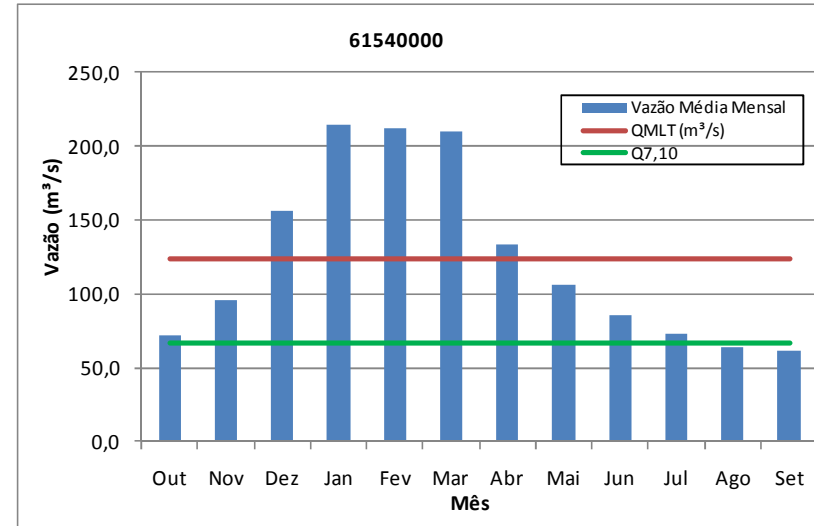
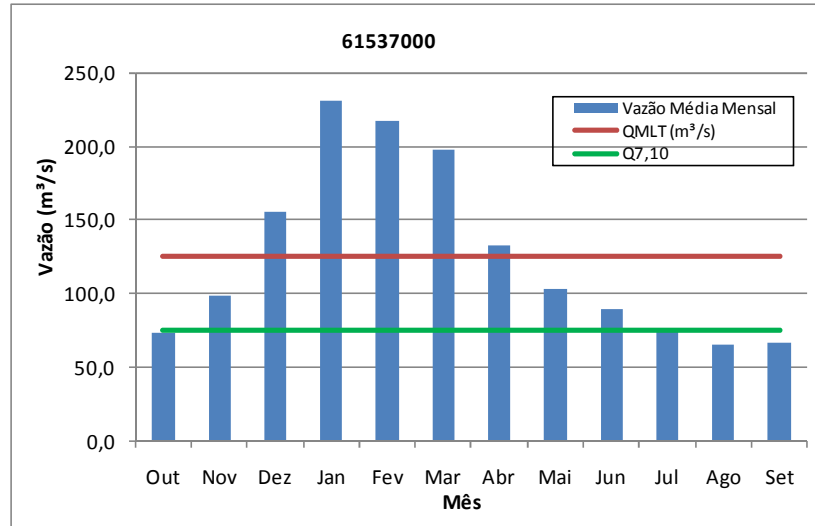
ANEXO L: Comportamento hidrológico das estações fluviométricas utilizadas nos estudos de disponibilidade hídrica da bacia do rio Verde



ANEXO L: Comportamento hidrológico das estações fluviométricas utilizadas nos estudos de disponibilidade hídrica da bacia do rio Verde



ANEXO L: Comportamento hidrológico das estações fluviométricas utilizadas nos estudos de disponibilidade hídrica da bacia do rio Verde



Anexo M

Hidrogramas Bacia do rio Verde

**ANEXO M - Hidrogramas rio Verde**

Dados da Estação					
	1	2	3	4	5
Código	61405000	61425000	61429000	61431000	61434000
Nome	USINA SÃO MIGUEL	PARAGUAÇU (PONTE BAGUARI)	ITANHANDU	BAIRRO SÃO GERALDO	ITANHANDU
Código Adicional	-	RESOLUÇÃO/396	-	-	-
Bacia	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)
Sub-bacia	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)
Rio	RIBEIRÃO SÃO MIGUEL	RIO SAPUCAÍ	RIO VERDE	RIO PASSA QUATRO	RIO PASSA QUATRO
Estado	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS
Município	CAREAÇU	PARAGUAÇU	ITANHANDU	ITANHANDU	ITANHANDU
Responsável	ANA	FURNAS	ANA	ANA	ANA
Operadora	DESATIVADA	FURNAS	IGAM	DESATIVADA	DESATIVADA
Latitude	-22:0:0	-21:35:7	-22:17:40	-21:23:0	-22:17:0
Longitude	-45:0:0	-45:40:26	-44:56:12	-44:58:0	-45:0:0
Altitude (m)	900	-	886	953	885
Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	64,39	9424	116	75,39	177

Dados da Estação					
	6	7	8	9	10
Código	61440000	61443000	61447000	61460000	61470000
Nome	ITAMONTE	CONQUISTA	USINA POUSO ALTO	CONCEIÇÃO DO RIO VERDE	FAZENDA SEVERINO MEIRELES
Código Adicional	-	-	-	-	-
Bacia	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)
Sub-bacia	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)
Rio	RIO CAPIVARI	RIBEIRÃO DA CONQUISANTA	RIBEIRÃO POUSO ALTO	RIO VERDE	RIBEIRÃO DAS FURNAS
Estado	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS
Município	ITAMONTE	CONQUISTA	POUSO ALTO	CONCEIÇÃO DO RIO VERDE	CRUZÍLIA
Responsável	ANA	ANA	ANA	ANA	ANA
Operadora	DESATIVADA	DESATIVADA	DESATIVADA	IGAM	DESATIVADA
Latitude	-22:17:0	-22:15:0	-22:12:0	-21:53:14	-21:55:0
Longitude	-44:38:0	-44:50:0	-44:58:0	-45:4:45	-44:49:0
Altitude (m)	895	990	-	843	-
Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	130	19,69	44,1	1837	59,19

Dados da Estação					
	11	12	13	14	15
Código	61470005	61473000	61484000	61485000	61486000
Nome	CRUZÍLIA	BAEPENDI	CRISTINA - MONTANTE	CRISTINA	CRISTINA
Código Adicional	-	-	-	-	-
Bacia	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)
Sub-bacia	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)
Rio	RIBEIRÃO DAS FURNAS	RIO BAEPENDI	RIO LAMBARI	RIO LAMBARI	RIBEIRÃO DA GLÓRIA
Estado	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS
Município	CRUZÍLIA	BAEPENDI	CRISTINA	CRISTINA	CRISTINA
Responsável	ANA	ANA	ANA	ANA	ANA
Operadora	DESATIVADA	IGAM	IGAM	DESATIVADA	DESATIVADA
Latitude	-21:55:0	-21:57:4	-22:12:37	-22:12:0	-22:12:0
Longitude	-44:49:0	-44:52:47	-45:15:57	-45:18:0	-45:18:0
Altitude (m)	-	903	-	-	-
Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	155	599	73	72,8	26,6



**ANEXO M - Hidrogramas rio Verde**

Dados da Estação					
	16	17	18	19	20
Código	61490000	61500000	61505000	61510000	61513000
Nome	CACHOEIRA MANDEMBO	FAZENDA JUCA CASIMIRO	USINA BOCAINA	TRÊS CORAÇÕES	CACHOEIRA GOULART
Código Adicional	-	-	-	-	-
Bacia	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)
Sub-bacia	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)
Rio	RIO LAMBARI	RIO LAMBARI	RIO LAMBARIZINHO	RIO VERDE	RIO SÃO BENTO
Estado	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS
Município	CRISTINA	CAMBUQUIRA	CRISTINA	TRÊS CORAÇÕES	CAMBUQUIRA
Responsável	ANA	ANA	ANA	ANA	ANA
Operadora	DESATIVADA	IGAM	DESATIVADA	IGAM	DESATIVADA
Latitude	-22:10:0	-21:52:12	-21:53:0	-21:42:11	-21:51:0
Longitude	-45:18:0	-45:15:44	-45:11:0	-45:14:51	-45:18:0
Altitude (m)	860	843	-	832	850
Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	166	707	70,5	4172	49,1

Dados da Estação					
	21	22	23	24	25
Código	61520000	61525000	61526000	61530000	61537000
Nome	CHACARA SANTANA	CAPELINHA DO CAMPO GRANDE	ACIMA DA BARRAGEM	PALMELA DOS COELHOS	PORTO DOS BUENOS
Código Adicional	-	-	-	-	INPE - RES/396
Bacia	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)
Sub-bacia	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)
Rio	RIO DO PEIXE	RIBEIRÃO SANTA CRUZ	RIBEIRÃO SANTA CRUZ	RIO PALMELA	RIO VERDE
Estado	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS
Município	TRÊS CORAÇÕES	SÃO GONÇALO DO SAPUCAÍ	CAMPANHA	CAMPANHA	VARGINHA
Responsável	ANA	ANA	ANA	ANA	ANA
Operadora	IGAM	DESATIVADA	DESATIVADA	IGAM	ANA
Latitude	-21:40:42	-21:50:0	-21:50:0	-21:46:59	-21:36:39
Longitude	-45:15:35	-45:26:0	-45:27:0	-45:26:34	-45:29:20
Altitude (m)	832	-	950	860	781
Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	851	21,4	48	358	6271

Dados da Estação						
	26	27	28	29	30	31
Código	61540000	61545000	61550000	61565000	61568000	61573000
Nome	BATISTA DE MELO	FAZENDA DA AROEIRA	PONTALETE	CACHOEIRA POÇO FUNDO	MACHADO	FAMA
Código Adicional	-	-	-	-	-	-
Bacia	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)	RIO PARANÁ (6)
Sub-bacia	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)	RIO GRANDE (61)
Rio	RIO VERDE	RIBEIRÃO ESPERA	RIO SAPUCAÍ	RIO DO MACHADO	RIO DO MACHADO	RIO SAPUCAÍ
Estado	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS	MINAS GERAIS
Município	CAMPOS GERAIS	TRÊS PONTAS	TRÊS PONTAS	POÇO FUNDO	MACHADO	FAMA
Responsável	ANA	ANA	ANA	ANA	ANA	ANA
Operadora	DESATIVADA	DESATIVADA	DESATIVADA	CPRM	CPRM	DESATIVADA
Latitude	-21:31:0	-21:27:0	-21:27:0	-21:47:18	-21:41:15	-21:24:0
Longitude	-45:21:0	-45:27:0	-45:30:0	-46:7:20	-45:54:17	-45:33:0
Altitude (m)	751	-	747	820	795	743
Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	6551	300	16450	339	732	17667

**ANEXO M - Hidrogramas rio Verde**

**Resumo de Descargas Médias Mensais (m³/s)**

Área de drenagem (km²): **116**

Período crítico: jun/49 a nov/56

Estação **61429000**  
Rio **RIO VERDE**

Q<sub>pc</sub>(m³/s): **3,68**

Ano	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Média	Máxima	Mínima
1946	1,62	1,40	5,25	13,36	16,66	6,76	5,50	5,03	2,89	2,40	1,96	1,55	5,37	16,66	1,55
1947	1,35	1,64	2,30	3,55	11,38	12,96	21,44	5,91	3,36	2,31	2,06	2,06	5,86	21,44	2,06
1948	1,95	2,34	4,96	7,15	5,47	5,64	7,67	3,63	2,52	2,01	1,71	1,42	3,87	7,67	1,42
1949	1,48	1,61	3,04	5,22	13,77	9,05	4,99	3,59	2,30	1,90	1,34	1,01	4,11	13,77	1,01
1950	0,98	1,30	1,46	5,01	9,71	10,25	5,58	4,14	2,74	2,17	1,50	1,33	3,85	10,25	1,33
1951	1,11	1,19	3,34	4,28	4,63	4,74	5,13	2,73	1,70	1,21	1,06	1,04	2,68	5,13	1,04
1952	0,76	0,82	1,56	1,94	5,03	9,08	9,27	3,50	1,93	2,70	1,87	1,53	3,33	9,27	1,53
1953	1,52	1,81	2,85	2,53	2,77	3,06	3,76	4,67	2,39	1,72	1,41	1,05	2,46	4,67	1,05
1954	1,09	2,96	3,60	5,45	7,37	7,36	4,08	3,48	4,00	2,42	1,68	1,69	3,77	7,37	1,68
1955	1,78	0,98	1,09	2,76	8,55	4,27	6,15	4,38	3,54	2,12	1,46	1,29	3,20	8,55	1,29
55/56	1,01	1,39	1,67	8,34	7,37	6,88	7,39	3,37	3,60	3,40	1,75	1,98	3,86	7,39	1,75
56/57	1,89	1,88	3,43	9,34	11,08	12,21	9,48	8,27	5,23	2,73	2,15	1,83	5,79	12,21	1,83
1958	2,39	1,63	2,65	5,63	9,45	7,93	7,58	4,61	3,92	4,49	2,55	1,86	4,56	9,45	1,86
1959	2,36	3,54	3,52	5,23	17,77	7,40	5,61	3,94	2,49	2,07	1,63	1,36	4,74	17,77	1,36
1960	0,95	1,13	2,17	2,96	8,26	8,34	8,06	4,34	3,28	2,17	1,69	1,36	3,73	8,34	1,36
1961	1,14	1,28	3,75	15,42	15,63	9,22	9,20	5,76	3,91	2,63	1,87	1,24	5,92	15,63	1,24
1962	0,94	1,33	2,28	2,40	4,52	7,96	5,71	3,01	2,32	1,67	1,22	1,39	2,90	7,96	1,22
1963	1,27	2,85	3,47	8,89	11,04	6,88	3,83	2,37	1,62	1,26	0,96	0,87	3,78	11,04	0,87
1964	0,78	0,97	1,57	1,73	5,85	11,50	5,00	3,05	2,83	1,86	1,89	1,37	3,20	11,50	1,37
1965	1,33	3,60	3,95	7,61	13,16	13,57	13,43	5,86	5,56	3,18	2,57	1,69	6,29	13,57	1,69
1966	1,43	4,14	4,46	11,77	12,38	10,86	10,82	4,50	3,12	2,02	1,54	1,23	5,69	12,38	1,23
Média	1,39	1,89	2,97	6,24	9,60	8,38	7,60	4,29	3,06	2,26	1,71	1,44	Q <sub>MLT</sub>		Q <sub>esp</sub>
Máxima	2,39	4,14	5,25	15,42	17,77	13,57	21,44	8,27	5,56	4,49	2,57	2,06	(m³/s)		(L/s.km²)
Mínima	0,76	0,82	1,09	1,73	2,77	3,06	3,76	2,37	1,62	1,21	0,96	0,87	4,24		36,51

XXX preenchido com a média do mês

ANEXO M - Hidrogramas rio Verde

Resumo de Descargas Médias Mensais (m³/s)

Área de drenagem (km²): 1837

Estação 61460000  
Rio RIO VERDE

Período crítico: jun/49 a nov/56

Q<sub>pc</sub>(m³/s): 35,33

Ano	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Média	Máxima	Mínima
1946	15,04	16,50	37,97	68,31	212,53	92,70	42,32	42,97	28,47	24,93	23,79	22,20	52,31	212,53	22,20
1947	18,71	22,05	23,03	27,19	78,39	99,54	179,76	71,59	45,88	35,59	31,66	29,87	55,27	179,76	29,87
1948	28,12	27,04	38,21	68,53	39,04	61,75	71,83	41,09	31,35	25,55	22,94	19,06	39,54	71,83	19,06
1949	17,02	19,97	27,68	38,35	87,96	88,21	53,85	38,54	28,22	25,05	20,46	17,42	38,56	88,21	17,42
1950	15,37	17,31	19,32	32,76	79,41	110,54	65,61	47,11	33,53	27,05	23,66	18,65	40,86	110,54	18,65
1951	16,31	19,40	31,44	50,59	47,63	55,80	58,36	39,36	28,55	22,82	21,26	18,33	34,15	58,36	18,33
1952	14,86	16,51	17,47	27,49	38,24	80,19	100,98	43,28	28,57	31,20	21,96	18,90	36,64	100,98	18,90
1953	18,34	19,85	30,19	23,79	19,03	21,42	25,97	31,93	20,75	18,12	15,60	13,69	21,56	31,93	13,69
1954	14,55	21,35	25,67	37,83	52,10	51,14	32,49	27,04	30,35	22,91	17,31	13,67	28,87	52,10	13,67
1955	12,12	15,39	15,25	23,08	57,42	33,78	49,47	30,43	22,31	19,59	15,50	13,70	25,67	57,42	13,70
1956	12,51	13,24	16,88	50,82	59,56	41,09	75,87	32,00	28,10	24,46	20,77	22,79	33,17	75,87	20,77
1957	18,13	17,16	26,28	64,70	96,02	85,41	90,16	74,24	48,71	34,65	30,24	24,16	50,82	96,02	24,16
1958	32,42	24,04	35,18	49,69	64,96	88,72	80,17	46,21	46,60	40,41	31,80	24,70	47,08	88,72	24,70
1959	28,08	33,08	30,80	40,11	137,07	80,46	67,94	54,32	34,64	27,70	25,65	25,85	48,81	137,07	25,65
1960	22,45	22,45	32,29	48,35	115,55	111,80	181,30	77,70	59,73	40,46	31,33	26,88	64,19	181,30	26,88
1961	25,06	22,81	27,19	103,21	138,55	143,00	169,00	63,50	51,60	35,50	28,10	23,30	69,24	169,00	23,30
1962	21,20	21,00	24,50	24,60	37,20	76,20	48,20	33,00	25,60	21,96	19,55	19,54	31,05	76,20	19,54
1963	20,12	26,46	35,76	63,14	96,98	66,09	46,16	30,64	25,02	22,01	19,36	17,12	39,07	96,98	17,12
1964	14,48	16,65	19,40	14,66	44,37	89,01	48,79	29,84	25,67	21,81	22,05	16,80	30,30	89,01	16,80
1965	15,09	26,31	30,11	49,17	90,10	101,52	106,39	54,36	59,70	37,55	34,85	26,20	52,61	106,39	26,20
1966	22,73	27,79	43,27	85,52	111,88	100,32	104,10	58,46	45,75	35,08	29,13	25,55	57,46	111,88	25,55
Média	19,18	21,26	28,00	47,23	81,14	79,94	80,89	46,08	35,67	28,30	24,14	20,87	Q <sub>MLT</sub>		Q <sub>esp</sub>
Máxima	32,42	33,08	43,27	103,21	212,53	143,00	181,30	77,70	59,73	40,46	34,85	29,87	(m³/s)		(L/s.km²)
Mínima	12,12	13,24	15,25	14,66	19,03	21,42	25,97	27,04	20,75	18,12	15,50	13,67	42,73		23,26

XXX preenchido com a média do mês

ANEXO M - Hidrogramas rio Verde

Resumo de Descargas Médias Mensais (m³/s)

Área de drenagem (km²): 599

Período crítico: jun/49 a nov/56

Estação 61473000  
Rio RIO BAEPENDI

Q<sub>pc</sub>(m³/s): 15,01

Ano	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Média	Máxima	Mínima
1946	6,33	6,20	11,79	31,00	67,65	27,36	21,98	27,42	14,71	12,41	11,26	9,24	20,61	67,65	9,24
1947	8,25	9,62	10,22	10,44	28,80	29,65	65,60	26,19	15,81	10,99	10,20	9,52	19,61	65,60	9,52
1948	8,60	8,00	12,15	20,68	17,92	18,18	24,63	17,05	13,39	11,05	9,93	8,50	14,17	24,63	8,50
1949	7,97	9,22	11,52	16,96	2,51	35,30	22,90	15,49	12,09	10,35	7,76	6,79	13,24	35,30	2,51
1950	6,17	7,32	7,20	13,67	44,70	39,23	35,89	23,92	15,84	12,88	10,86	8,81	18,87	44,70	8,81
1951	8,33	10,25	15,55	19,17	25,44	26,80	29,39	25,77	19,63	11,40	8,72	7,72	17,35	29,39	7,72
1952	6,41	7,50	9,07	11,60	19,62	26,67	31,47	12,80	6,96	8,81	8,97	7,82	13,14	31,47	6,96
1953	7,57	7,64	10,09	13,74	9,94	12,20	13,11	14,65	9,78	8,55	9,34	6,03	10,22	14,65	6,03
1954	7,80	8,13	8,13	13,96	23,63	22,34	13,51	10,22	11,81	8,74	6,87	6,22	11,78	23,63	6,22
1955	5,60	5,87	6,62	8,31	18,73	11,99	18,96	11,44	8,27	7,87	6,36	4,81	9,57	18,96	4,81
1956	4,47	4,80	5,79	18,70	23,98	14,94	25,27	12,42	11,34	9,58	8,22	9,40	12,41	25,27	8,22
1957	7,46	8,01	11,01	26,41	40,84	41,62	33,42	26,84	19,66	15,36	12,69	11,68	21,25	41,62	11,68
1958	12,81	10,28	14,44	16,16	32,90	31,97	35,83	20,46	16,10	14,63	12,07	9,92	18,96	35,83	9,92
1959	9,32	10,98	9,88	12,16	61,51	26,85	20,76	16,65	12,85	10,30	8,44	8,38	17,34	61,51	8,38
1960	6,61	6,61	8,21	20,01	34,84	27,65	26,97	13,91	16,37	13,45	12,11	10,35	16,42	34,84	10,35
1961	10,87	6,69	8,50	32,72	58,29	38,07	37,17	24,43	19,32	13,96	11,15	9,27	22,54	58,29	9,27
1962	7,90	7,52	7,88	9,93	13,68	53,71	24,38	11,09	11,21	8,85	5,34	5,72	13,93	53,71	5,34
1963	7,23	10,32	22,24	30,90	32,47	33,95	19,72	13,04	10,45	8,69	6,57	5,97	16,80	33,95	5,97
1964	5,58	7,94	8,40	8,48	15,38	33,52	14,37	9,02	8,18	8,09	7,10	5,35	10,95	33,52	5,35
1965	5,62	7,44	7,15	16,49	46,73	50,29	47,54	23,44	20,49	13,90	11,91	7,54	21,55	50,29	7,54
1966	6,79	9,34	16,41	26,87	41,02	47,37	57,92	21,58	15,66	11,87	9,77	7,91	22,71	57,92	7,91
Média	7,51	8,08	10,58	18,02	31,46	30,94	29,56	17,99	13,81	11,04	9,32	7,95	Q <sub>MLT</sub>		Q <sub>esp</sub>
Máxima	12,81	10,98	22,24	32,72	67,65	53,71	65,60	27,42	20,49	15,36	12,69	11,68	(m³/s)		(L/s.km²)
Mínima	4,47	4,80	5,79	8,31	2,51	11,99	13,11	9,02	6,96	7,87	5,34	4,81	16,35		27,30

XXX preenchido com a média do mês

ANEXO M - Hidrogramas rio Verde

Resumo de Descargas Médias Mensais (m³/s)

Área de drenagem (km²): 73

Estação 61484000+61485000

Período crítico: jun/49 a nov/56

Rio RIO LAMBARI

Q<sub>pc</sub>(m³/s): 1,52

Ano	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Média	Máxima	Mínima
1946					6,79	3,38	3,15	2,43	1,72	1,43	1,29	1,00	2,65	6,79	1,00
1947	0,88	1,06	1,02	1,34	3,14	2,89	8,28	3,89	2,67	2,11	2,03	1,98	2,61	8,28	1,98
1948	1,74	2,44	1,99	2,72	2,49	1,90	2,66	2,45	1,67	0,92	1,21	0,90	1,92	2,66	0,90
1949	0,61	0,76	0,48	3,35	5,13	4,64	3,57	2,89	1,95	2,11	1,44	1,16	2,34	5,13	1,16
1950	1,05	1,27	1,11	1,75	3,00	4,80	4,06	3,01	1,77	1,48	1,26	1,05	2,13	4,80	1,05
1951	0,95	0,97	0,99	1,88	1,98	1,98	2,89	2,37	1,45	1,42	1,10	0,99	1,58	2,89	0,99
1952	0,94	0,73	1,11	1,08	1,18	2,42	2,45	1,87	1,54	1,42	1,16	0,93	1,40	2,45	0,93
1953	0,85	0,83	0,98	0,82	0,82	1,20	1,90	1,56	1,15	1,04	0,94	0,82	1,08	1,90	0,82
1954	0,72	0,73	0,85	1,01	1,18	2,01	1,38	1,05	1,84	0,91	0,78	0,77	1,10	2,01	0,77
1955	0,75	0,69	0,61	0,80	1,57	1,09	1,44	1,14	1,02	0,92	0,80	0,74	0,96	1,57	0,74
1956	0,66	0,68	0,73	2,16	1,35	1,35	1,81	1,15	1,07	0,99	0,84	0,86	1,14	1,81	0,84
1957	0,78	0,82	0,82	1,20	3,98	2,75	2,86	2,33	1,78	1,43	1,20	1,04	1,75	3,98	1,04
1958	1,22	0,93	1,27	1,27	2,58	2,36	2,49	1,75	1,65	1,55	1,26	1,03	1,61	2,58	1,03
1959	1,03	1,00	0,99	0,96	4,32	1,95	1,11	0,87	0,74	0,76	0,52	0,56	1,23	4,32	0,52
1960	0,40	0,51	1,01	1,43	2,18	3,41	3,63	2,25	1,62	1,35	1,49	1,25	1,71	3,63	1,25
1961	0,96	1,01	1,25	5,20	6,32	5,51	6,74	3,80	3,26	1,96	1,67	1,27	3,25	6,74	1,27
1962	1,01	1,29	1,10	1,08	1,66	4,52	3,20	1,97	1,46	1,22	1,13	1,21	1,74	4,52	1,13
1963	1,04	1,55	1,24	5,60	5,46	4,18	2,74	1,59	1,41	1,14	1,01	1,09	2,34	5,46	1,01
1964	1,03	1,05	1,35	0,96	2,58	4,63	2,45	2,52	2,12	1,44	1,59	2,05	1,98	4,63	1,44
1965	1,77	1,59	1,32	3,14	5,24	4,62	5,11	3,40	2,92	2,19	1,90	1,59	2,90	5,24	1,59
1966	1,42	2,01	0,54	0,82	5,25	4,43	5,22	2,97	2,54	1,73	1,63	1,48	2,50	5,25	1,48
Média	0,99	1,10	1,04	1,93	3,25	3,14	3,29	2,25	1,78	1,41	1,25	1,13	Q <sub>MLT</sub>		Q <sub>esp</sub>
Máxima	1,77	2,44	1,99	5,60	6,79	5,51	8,28	3,89	3,26	2,19	2,03	2,05	(m³/s)		(L/s.km²)
Mínima	0,40	0,51	0,48	0,80	0,82	1,09	1,11	0,87	0,74	0,76	0,52	0,56	1,86		25,53

XXX preenchido com a média do mês

**ANEXO M - Hidrogramas rio Verde**

**Resumo de Descargas Médias Mensais (m³/s)**

Área de drenagem (km²): 166

Estação 61490000  
Rio RIO LAMBARI

Período crítico: jun/49 a nov/56

Q<sub>PC</sub>(m³/s): 4,52

Ano	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Média	Máxima	Mínima
1946	2,13	2,75	3,42	4,88	17,20	8,01	6,76	5,37	4,02	3,33	3,01	2,16	5,25	17,20	2,16
1947	1,94	2,82	2,44	3,98	8,61	7,44	14,80	7,57	5,17	4,02	3,35	3,05	5,43	14,80	3,05
1948	2,66	3,45	3,97	6,90	5,50	7,10	7,85	4,81	3,68	2,87	2,36	1,93	4,42	7,85	1,93
1949	1,63	2,12	2,57	4,73	8,10	10,40	5,95	4,18	3,10	2,76	2,29	1,95	4,15	10,40	1,95
1950	1,71	1,96	1,95	3,38	5,36	8,99	7,30	7,06	4,83	4,38	3,76	3,25	4,49	8,99	3,25
1951	2,96	3,46	4,88	5,94	7,35	7,91	8,38	6,38	4,90	4,36	4,02	3,69	5,35	8,38	3,69
1952	3,04	3,62	4,11	5,32	5,83	8,68	9,98	4,95	3,30	4,51	2,32	1,80	4,79	9,98	1,80
1953	1,83	2,57	4,22	1,66	2,34	4,65	5,58	5,00	2,88	2,58	2,27	1,63	3,10	5,58	1,63
1954	1,87	2,85	4,37	5,01	4,94	12,50	5,35	3,28	4,54	2,71	1,83	1,51	4,23	12,50	1,51
1955	1,62	2,16	1,85	3,89	6,41	3,82	5,40	3,51	2,77	2,22	1,68	1,61	3,08	6,41	1,61
1956	1,00	2,51	3,65	8,51	4,23	7,37	6,54	3,92	3,93	3,46	2,81	3,18	4,26	7,37	2,81
1957	2,54	2,83	3,24	6,57	9,71	7,09	7,41	5,95	4,78	3,61	3,15	2,72	4,97	9,71	2,72
1958	3,81	3,42	4,59	3,90	6,98	7,38	6,91	4,48	4,54	4,17	3,48	2,63	4,69	7,38	2,63
1959	3,39	3,21	3,63	4,70	9,85	5,54	4,79	3,55	2,63	2,12	1,87	1,90	3,93	9,85	1,87
1960	1,56	2,66	3,53	4,50	4,81	5,73	7,35	3,93	3,83	3,11	2,60	2,11	3,81	7,35	2,11
1961	1,96	2,45	3,42	7,59	10,60	10,20	9,59	5,90	4,54	3,40	2,58	2,11	5,36	10,60	2,11
1962	1,89	1,78	2,39	2,86	4,06	7,34	5,39	3,61	2,91	2,01	2,08	2,30	3,22	7,34	2,01
1963	2,12	3,43	2,87	6,26	6,08	4,45	3,58	2,67	2,32	1,82	1,55	1,41	3,21	6,08	1,41
1964	1,15	1,66	2,91	1,84	3,76	6,75	3,39	2,87	2,62	1,74	1,92	1,53	2,68	6,75	1,53
1965	1,45	2,33	2,50	3,44	7,20	5,96	5,83	4,72	4,63	3,04	2,67	2,27	3,84	7,20	2,27
1966	2,03	3,41	3,33	4,40	9,42	8,65	8,90	5,66	4,68	3,80	3,28	2,96	5,04	9,42	2,96
Média	2,11	2,74	3,33	4,77	7,06	7,43	7,00	4,73	3,84	3,14	2,61	2,27	Q <sub>MLT</sub>		Q <sub>esp</sub>
Máxima	3,81	3,62	4,88	8,51	17,20	12,50	14,80	7,57	5,17	4,51	4,02	3,69	(m³/s)		(L/s.km²)
Mínima	1,00	1,66	1,85	1,66	2,34	3,82	3,39	2,67	2,32	1,74	1,55	1,41	4,25		25,62

XXX preenchido com a média do mês

ANEXO M - Hidrogramas rio Verde

Resumo de Descargas Médias Mensais (m³/s)

Área de drenagem (km²): 707

Período crítico: jun/49 a nov/56

Estação 6150000  
Rio RIO LAMBARI

Q<sub>PC</sub>(m³/s): 14,73

Ano	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Média	Máxima	Mínima
1946	7,49	7,76	14,53	30,23	79,02	25,65	21,68	19,13	14,07	12,15	11,55	9,09	21,03	79,02	9,09
1947	8,29	9,86	9,76	11,56	29,72	29,26	71,93	27,41	18,22	14,68	13,21	12,45	21,36	71,93	12,45
1948	10,84	11,35	15,34	25,42	24,35	27,91	27,46	16,16	12,84	10,39	9,05	7,72	16,57	27,91	7,72
1949	6,69	8,24	12,42	21,11	31,77	33,65	22,45	16,14	12,79	11,81	9,69	8,28	16,25	33,65	8,28
1950	7,36	8,68	8,61	15,56	28,12	37,90	26,27	21,53	15,18	12,61	10,59	8,86	16,77	37,90	8,86
1951	7,96	8,63	15,92	18,95	30,04	26,23	23,03	16,62	12,15	10,52	9,33	7,77	15,59	30,04	7,77
1952	5,79	6,07	6,30	9,35	16,15	26,51	31,49	16,42	11,55	12,23	9,26	7,91	13,25	31,49	7,91
1953	8,00	8,11	11,25	8,81	8,19	11,67	14,30	17,83	10,02	8,52	7,72	6,53	10,08	17,83	6,53
1954	7,18	7,18	10,63	15,49	16,53	28,90	14,66	11,61	13,95	9,97	8,04	6,98	12,59	28,90	6,98
1955	6,46	6,79	6,46	9,14	19,25	12,49	19,16	11,80	9,00	8,18	6,78	6,02	10,13	19,25	6,02
1956	5,28	5,78	7,73	21,69	17,22	15,99	33,11	13,40	12,21	10,94	9,41	10,60	13,61	33,11	9,41
1957	8,26	7,82	10,44	24,10	37,08	27,50	34,82	25,05	18,80	14,32	12,51	10,45	19,26	37,08	10,45
1958	15,44	10,70	17,27	17,70	24,75	29,72	30,20	20,38	21,19	16,52	14,06	11,50	19,12	30,20	11,50
1959	11,91	12,47	11,53	13,26	52,37	26,30	22,38	18,30	13,58	11,14	9,57	9,38	17,68	52,37	9,38
1960	7,56	8,59	13,99	15,62	27,32	25,39	38,66	19,77	18,19	13,32	11,28	9,47	17,43	38,66	9,47
1961	8,26	8,41	10,40	39,51	49,29	49,70	62,80	28,05	22,71	16,92	13,91	11,61	26,80	62,80	11,61
1962	9,81	7,99	10,68	13,21	20,96	38,11	28,60	14,69	13,33	11,29	8,71	7,34	15,39	38,11	7,34
1963	7,30	12,28	16,21	26,26	39,81	30,92	19,50	12,62	11,93	10,69	9,03	8,17	17,06	39,81	8,17
1964	7,12	8,15	8,46	6,70	24,71	32,66	19,45	13,63	11,68	9,60	10,47	7,71	13,36	32,66	7,71
1965	7,18	10,30	13,70	34,35	25,33	16,24	17,21	3,64	2,69	0,72	8,21	7,10	12,22	25,33	0,72
1966	6,39	6,77	24,74	29,64	41,20	17,35	20,54	22,59	18,15	13,90	11,82	10,44	18,63	41,20	10,44
Média	8,12	8,66	12,21	19,41	30,63	27,14	28,56	17,46	14,01	11,45	10,20	8,83	Q <sub>MLT</sub>		Q <sub>esp</sub>
Máxima	15,44	12,47	24,74	39,51	79,02	49,70	71,93	28,05	22,71	16,92	14,06	12,45	(m³/s)		(L/s.km²)
Mínima	5,28	5,78	6,30	6,70	8,19	11,67	14,30	3,64	2,69	0,72	6,78	6,02	16,39		23,18

XXX preenchido com a média do mês

**ANEXO M - Hidrogramas rio Verde**

**Resumo de Descargas Médias Mensais (m³/s)**

Área de drenagem (km²): **4172**

Estação **61510000**  
Rio **RIO VERDE**

Período crítico: jun/49 a nov/56

Q<sub>PC</sub>(m³/s): **80,48**

Ano	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Média	Máxima	Mínima
1946	21,88	22,03	63,00	146,83	411,70	145,24	116,74	111,03	69,42	56,97	50,78	39,12	104,56	411,70	39,12
1947	33,14	39,98	43,00	51,11	149,44	185,21	368,31	168,81	108,03	84,90	73,77	67,04	114,39	368,31	67,04
1948	64,61	59,76	81,20	143,69	140,12	146,17	160,84	97,11	72,50	58,92	50,85	43,77	93,29	160,84	43,77
1949	38,54	45,06	63,36	98,83	182,61	200,42	125,71	87,57	65,18	59,83	48,04	39,91	87,92	200,42	39,91
1950	34,34	41,00	44,84	75,68	165,76	237,34	157,64	123,95	85,63	66,56	55,20	44,76	94,39	237,34	44,76
1951	38,84	44,55	78,68	109,73	146,24	156,56	135,86	87,14	60,73	49,88	44,63	41,62	82,87	156,56	41,62
1952	32,44	34,89	36,69	53,38	92,87	150,13	189,26	93,26	60,59	61,63	45,06	36,58	73,90	189,26	36,58
1953	37,25	36,78	61,66	58,62	43,86	49,27	62,00	86,80	51,65	43,83	37,84	31,44	50,08	86,80	31,44
1954	33,01	41,15	54,77	90,38	112,34	150,85	79,58	62,79	77,70	52,74	39,53	32,63	68,96	150,85	32,63
1955	30,15	33,64	32,13	51,53	121,60	73,33	107,27	72,90	50,58	43,47	34,37	29,80	56,73	121,60	29,80
1956	27,68	29,50	39,60	116,49	123,03	87,90	167,82	71,45	62,83	54,58	43,95	52,12	73,08	167,82	43,95
1957	39,78	38,73	57,62	132,23	221,80	198,04	205,45	168,65	115,59	81,30	69,62	54,52	115,28	221,80	54,52
1958	74,15	54,19	87,07	124,35	145,02	195,00	159,91	90,96	97,75	78,72	64,40	50,84	101,86	195,00	50,84
1959	58,01	69,69	61,47	78,93	268,96	158,99	136,99	111,98	70,88	55,94	46,46	45,43	96,98	268,96	45,43
1960	35,52	39,93	77,77	80,98	166,62	153,27	208,43	106,39	103,74	76,35	64,21	53,52	97,23	208,43	53,52
1961	45,82	44,39	56,04	221,88	310,73	272,71	310,85	174,12	137,85	96,07	76,92	64,31	150,97	310,85	64,31
1962	53,01	46,49	68,33	74,45	114,04	234,76	152,32	86,18	68,08	67,69	51,82	43,21	88,36	234,76	43,21
1963	48,94	73,58	97,28	179,65	284,68	197,96	116,54	75,14	63,61	55,51	49,91	42,81	107,13	284,68	42,81
1964	40,28	50,51	58,88	33,99	182,65	256,61	144,22	68,52	68,80	49,72	57,45	35,42	87,25	256,61	35,42
1965	31,18	56,22	81,78	124,13	255,85	285,35	226,15	141,21	107,03	57,37	43,76	37,24	120,61	285,35	37,24
1966	33,17	35,34	148,23	181,03	260,67	217,50	253,74	134,08	105,25	78,34	65,46	57,07	130,82	260,67	57,07
Média	40,56	44,64	66,35	106,09	185,74	178,69	170,74	105,72	81,11	63,35	53,05	44,91	Q <sub>MLT</sub>		Q <sub>esp</sub>
Máxima	74,15	73,58	148,23	221,88	411,70	285,35	368,31	174,12	137,85	96,07	76,92	67,04	(m³/s)		(L/s.km²)
Mínima	21,88	22,03	32,13	33,99	43,86	49,27	62,00	62,79	50,58	43,47	34,37	29,80	95,08		22,79

XXX preenchido com a média do mês



ANEXO M - Hidrogramas rio Verde

Resumo de Descargas Médias Mensais (m³/s)

Área de drenagem (km²): 851

Período crítico: jun/49 a nov/56

Estação 61520000  
Rio RIO DO PEIXE

Q<sub>PC</sub>(m³/s): 12,96

Ano	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Média	Máxima	Mínima
1946	4,77	4,94	12,07	20,22	53,29	21,36	19,95	17,92	12,09	10,84	9,30	7,85	16,22	53,29	7,85
1947	7,10	10,42	11,96	11,81	25,11	21,82	52,50	21,63	14,31	12,72	11,23	11,58	17,68	52,50	11,23
1948	11,90	11,14	13,50	25,83	31,08	38,68	37,36	17,73	12,93	11,85	10,15	8,90	19,25	38,68	8,90
1949	8,03	7,58	13,29	21,55	32,78	45,31	21,87	16,15	12,57	11,12	9,07	7,75	17,26	45,31	7,75
1950	7,26	7,52	8,41	15,15	28,50	44,78	24,57	19,82	17,06	10,47	9,62	7,79	16,75	44,78	7,79
1951	7,27	11,40	25,42	39,26	21,35	22,68	20,01	13,51	13,59	11,79	10,61	9,55	17,20	22,68	9,55
1952	8,40	9,76	11,75	17,45	27,16	24,15	25,61	13,67	9,94	10,13	8,18	6,96	14,43	27,16	6,96
1953	7,03	7,92	13,74	21,11	13,44	13,23	13,39	15,87	8,31	7,45	6,71	4,97	11,10	15,87	4,97
1954	5,12	6,59	8,33	14,36	11,29	15,97	9,27	11,07	8,04	6,59	5,13	4,49	8,85	15,97	4,49
1955	4,39	5,11	8,41	12,17	21,99	12,02	19,49	12,93	7,28	6,55	5,16	4,60	10,01	21,99	4,60
1956	4,07	5,03	9,99	18,85	10,63	13,13	17,70	9,03	8,04	8,04	6,46	6,68	9,80	17,70	6,46
1957	6,64	6,25	8,57	16,51	22,91	24,36	19,03	19,59	14,78	8,74	7,90	6,62	13,49	24,36	6,62
1958	8,24	6,96	13,61	17,69	14,29	15,79	14,34	9,35	12,39	9,67	7,57	6,39	11,36	15,79	6,39
1959	6,36	13,13	11,78	15,55	28,22	16,33	24,44	22,40	10,62	8,89	7,18	6,64	14,29	28,22	6,64
1960	5,88	6,71	14,97	16,61	25,48	22,06	29,20	14,86	17,98	12,59	8,61	7,13	15,17	29,20	7,13
1961	6,09	6,02	10,33	32,24	48,62	40,82	37,76	23,91	18,20	12,43	10,75	8,69	21,32	48,62	8,69
1962	7,71	6,60	13,26	12,68	20,60	44,96	22,00	13,08	11,58	8,81	7,78	7,18	14,69	44,96	7,18
1963	7,98	11,33	14,64	25,61	26,67	28,57	15,44	10,33	8,63	7,45	6,78	6,33	14,15	28,57	6,33
1964	5,17	5,25	5,93	4,72	20,04	42,20	17,28	11,05	9,97	7,91	7,30	5,55	11,86	42,20	5,55
1965	4,78	8,48	9,73	18,64	41,49	36,74	32,90	16,86	19,72	11,18	9,89	7,94	18,20	41,49	7,94
1966	7,95	13,40	15,96	21,96	38,40	23,16	31,18	18,21	15,18	11,44	9,39	8,30	17,88	38,40	8,30
Média	6,77	8,17	12,17	19,05	26,83	27,05	24,06	15,66	12,53	9,84	8,32	7,23	Q <sub>MLT</sub>		Q <sub>esp</sub>
Máxima	11,90	13,40	25,42	39,26	53,29	45,31	52,50	23,91	19,72	12,72	11,23	11,58	(m³/s)		(L/s.km²)
Mínima	4,07	4,94	5,93	4,72	10,63	12,02	9,27	9,03	7,28	6,55	5,13	4,49	14,81		17,40

XXX preenchido com a média do mês

**ANEXO M - Hidrogramas rio Verde**

**Resumo de Descargas Médias Mensais (m³/s)**

Estação **61530000**  
Rio **RIO PALMELA**

Área de drenagem (km²): **358**

Período crítico: jun/49 a nov/56

Q<sub>pc</sub>(m³/s): **5,68**

Ano	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Média	Máxima	Mínima
1936					4,18	7,95	13,06	5,75	4,53	3,60	3,28	3,99	5,79	13,06	3,28
1946	3,32	3,13	5,83	10,18	16,90	6,63	6,66	5,63	4,16	3,67	4,07	3,15	6,11	16,90	3,15
1947	2,98	3,75	3,37	4,14	8,99	6,34	18,58	8,27	6,57	5,65	5,49	5,84	6,66	18,58	5,49
1948	5,93	5,60	7,93	9,47	8,48	9,77	11,75	6,79	6,02	5,24	5,23	4,74	7,24	11,75	4,74
1949	4,38	4,74	5,45	7,92	12,66	11,65	7,50	5,88	5,02	4,90	4,34	4,28	6,56	12,66	4,28
1950	3,77	4,35	4,20	7,13	13,40	14,81	12,44	8,73	5,42	4,70	4,17	3,78	7,24	14,81	3,78
1951	3,44	3,84	6,59	6,73	12,13	9,20	7,51	6,13	4,94	4,40	4,28	4,12	6,11	12,13	4,12
1952	3,76	3,64	3,81	4,55	6,41	10,23	9,58	6,01	4,58	4,98	4,00	3,70	5,44	10,23	3,70
1953	3,36	4,54	5,08	4,22	3,70	5,10	4,47	5,18	3,16	3,12	3,05	2,83	3,99	5,18	2,83
1954	3,18	3,44	4,25	5,68	5,95	9,03	4,41	3,71	5,95	3,73	3,08	2,80	4,60	9,03	2,80
1955	2,90	2,85	3,10	5,39	7,78	4,95	6,78	4,63	3,53	3,44	2,97	2,85	4,26	7,78	2,85
1956	2,79	3,06	4,49	8,05	6,61	7,43	8,31	4,81	4,85	4,68	4,31	4,86	5,35	8,31	4,31
1957	4,18	3,80	4,74	7,52	13,46	11,31	13,16	9,68	7,85	5,80	5,30	4,64	7,62	13,46	4,64
1958	5,77	4,47	7,47	7,97	8,11	9,86	10,62	7,39	9,03	7,28	6,28	5,31	7,46	10,62	5,31
1959	5,54	6,69	4,78	5,06	12,83	10,31	11,87	10,56	7,52	6,79	6,13	6,06	7,84	12,83	6,06
1960	5,47	6,19	7,21	8,10	13,39	10,79	11,48	7,60	8,77	6,72	6,15	5,64	8,13	13,39	5,64
1961	5,36	5,53	6,62	14,53	20,13	24,14	18,08	10,75	9,66	6,99	6,08	5,65	11,13	24,14	5,65
1962	5,29	5,70	7,21	6,90	8,67	15,58	10,00	6,47	6,00	5,54	5,26	5,66	7,36	15,58	5,26
1963	6,33	6,84	7,03	11,10	11,69	10,44	6,19	6,04	6,16	6,05	6,36	6,79	7,58	11,69	6,04
1964	7,93	7,80	6,15	8,27	11,22	10,80	6,81	6,40	6,12	5,87	7,11	7,67	7,68	11,22	5,87
1965	7,86	7,15	6,58	8,16	12,08	12,38	12,31	7,10	7,46	8,50	7,79	6,17	8,63	12,38	6,17
1966	6,68	3,76	9,22	10,02	16,87	12,89	15,96	7,96	6,47	5,53	5,53	5,20	8,84	16,87	5,20
Média	4,77	4,80	5,77	7,67	10,71	10,53	10,34	6,89	6,08	5,33	5,01	4,81	Q <sub>MLT</sub>		Q <sub>esp</sub>
Máxima	7,93	7,80	9,22	14,53	20,13	24,14	18,58	10,75	9,66	8,50	7,79	7,67	(m³/s)		(L/s.km²)
Mínima	2,79	2,85	3,10	4,14	3,70	4,95	4,41	3,71	3,16	3,12	2,97	2,80	6,95		19,40

XXX preenchido com a média do mês

ANEXO M - Hidrogramas rio Verde

Resumo de Descargas Médias Mensais (m³/s)

Área de drenagem (km²): 6271

Estação 61537000  
Rio RIO VERDE

Período crítico: jun/49 a nov/56

Q<sub>pc</sub>(m³/s): 108,85

Ano	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Média	Máxima	Mínima
1946					606,56	274,98	156,20	148,74	94,16	77,67	69,44	70,38	187,27	606,56	69,44
1947	59,79	69,93	72,87	85,37	234,36	294,29	517,05	214,92	140,60	110,37	98,72	93,41	165,97	517,05	93,41
1948	88,17	84,95	118,11	206,15	186,57	186,67	215,61	126,59	97,81	80,47	72,63	60,86	127,05	215,61	60,86
1949	54,62	63,62	86,87	118,54	261,55	262,26	163,83	119,08	88,46	78,98	65,10	55,84	118,23	262,26	55,84
1950	49,56	55,52	61,64	102,00	237,25	325,22	197,76	144,22	104,26	84,96	74,77	59,59	124,73	325,22	59,59
1951	52,45	61,88	98,07	154,36	145,72	169,48	176,87	121,51	89,46	72,25	67,54	58,64	105,68	176,87	58,64
1952	47,99	53,06	56,01	86,30	118,19	239,49	298,36	133,01	89,52	97,34	69,66	60,35	112,44	298,36	60,35
1953	58,65	63,25	94,36	75,17	60,77	68,02	81,73	99,53	66,00	57,99	50,28	44,38	68,34	99,53	44,38
1954	47,03	67,81	80,83	117,00	158,74	155,94	101,18	84,94	94,82	72,51	55,51	44,32	90,05	158,74	44,32
1955	39,51	49,61	49,20	73,05	174,16	105,03	151,10	95,07	70,72	62,47	49,96	44,42	80,36	174,16	44,42
1956	40,73	42,99	54,20	155,03	180,36	126,59	227,15	99,74	88,12	77,19	66,03	72,15	102,52	227,15	66,03
1957	58,01	55,07	82,66	195,14	284,35	254,32	267,78	222,50	148,87	107,61	94,49	76,28	153,92	284,35	76,28
1958	100,98	75,93	109,17	151,72	195,91	263,71	239,42	141,59	142,73	124,59	99,14	77,93	143,57	263,71	77,93
1959	88,06	102,95	96,16	123,71	399,25	240,24	204,47	165,18	107,58	86,91	63,70	62,32	145,04	399,25	62,32
1960	49,04	54,95	105,18	109,40	220,85	203,60	274,64	142,69	139,23	103,30	87,28	73,09	130,27	274,64	73,09
1961	62,83	60,93	85,38	304,64	403,38	415,71	487,50	191,70	157,29	110,11	88,11	73,70	203,44	487,50	73,70
1962	67,35	66,75	77,31	77,61	115,13	228,10	147,39	102,70	80,62	69,64	62,34	62,31	96,44	228,10	62,31
1963	64,09	83,19	110,86	190,67	287,06	199,16	141,43	95,69	78,87	69,80	61,77	54,93	119,79	287,06	54,93
1964	46,83	53,48	61,89	47,39	136,21	264,52	149,12	93,32	80,84	69,19	69,93	53,95	93,89	264,52	53,95
1965	48,71	82,76	94,12	150,23	267,62	299,88	313,58	165,29	180,73	116,18	108,19	82,42	159,14	313,58	82,42
1966	71,97	87,19	132,99	254,63	328,98	296,49	307,13	177,16	140,23	108,87	91,20	80,45	173,11	328,98	80,45
Média	59,82	66,79	86,39	138,91	238,24	232,08	229,49	137,39	108,62	87,54	74,56	64,84	Q <sub>MLT</sub>		Q <sub>esp</sub>
Máxima	100,98	102,95	132,99	304,64	606,56	415,71	517,05	222,50	180,73	124,59	108,19	93,41	(m³/s)		(L/s.km²)
Mínima	39,51	42,99	49,20	47,39	60,77	68,02	81,73	84,94	66,00	57,99	49,96	44,32	125,70		20,04

XXX preenchido com a média do mês

ANEXO M - Hidrogramas rio Verde

Resumo de Descargas Médias Mensais (m³/s)

Área de drenagem (km²): 6551

Estação 61540000  
Rio RIO VERDE

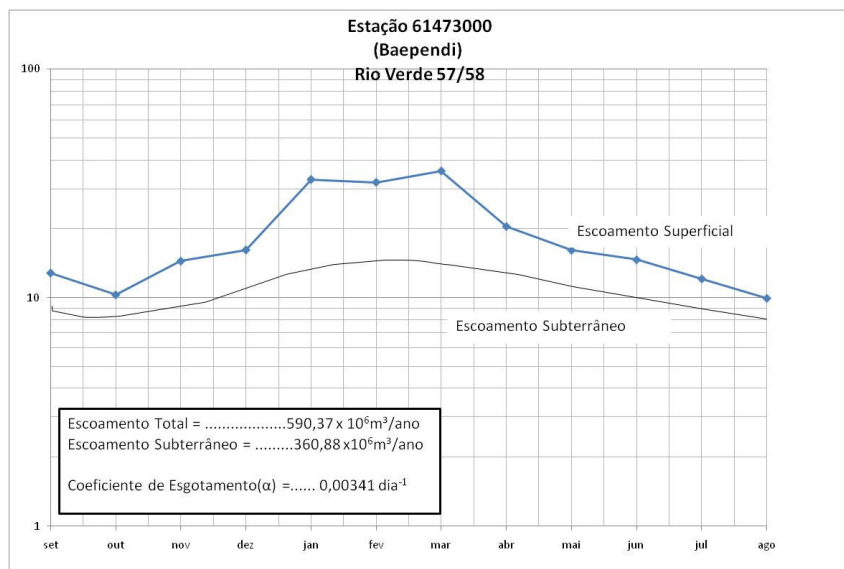
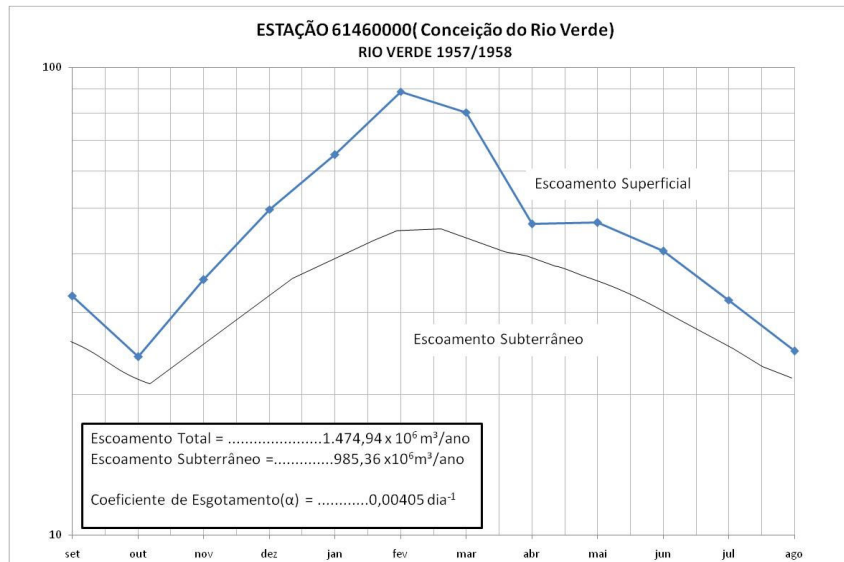
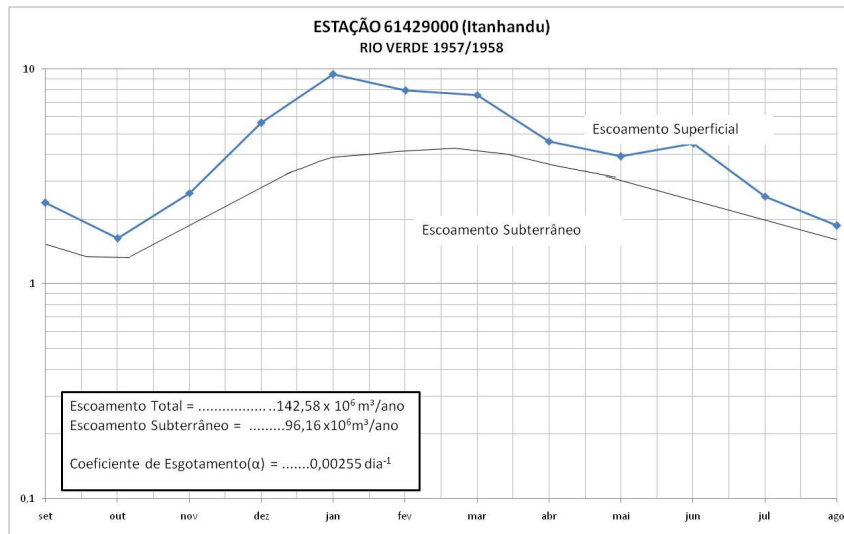
Período crítico: jun/49 a nov/56

Q<sub>pc</sub>(m³/s): 112,72

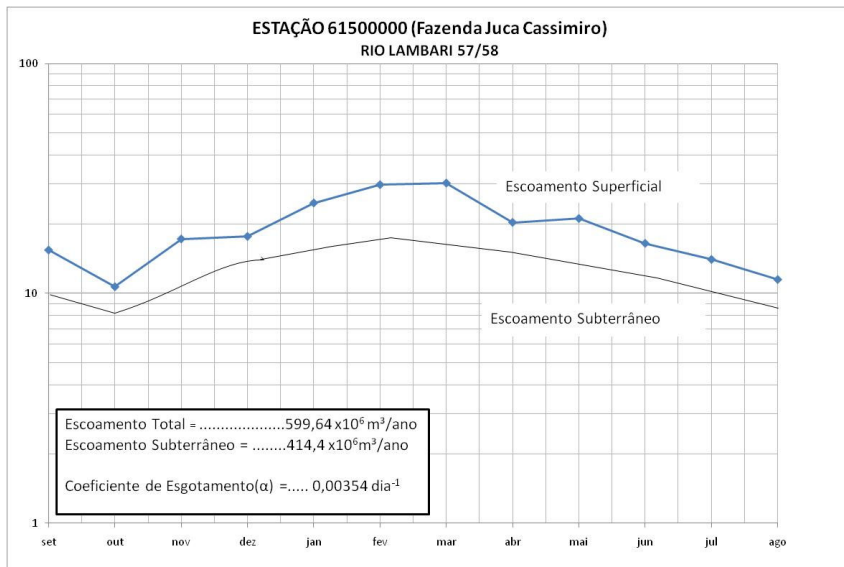
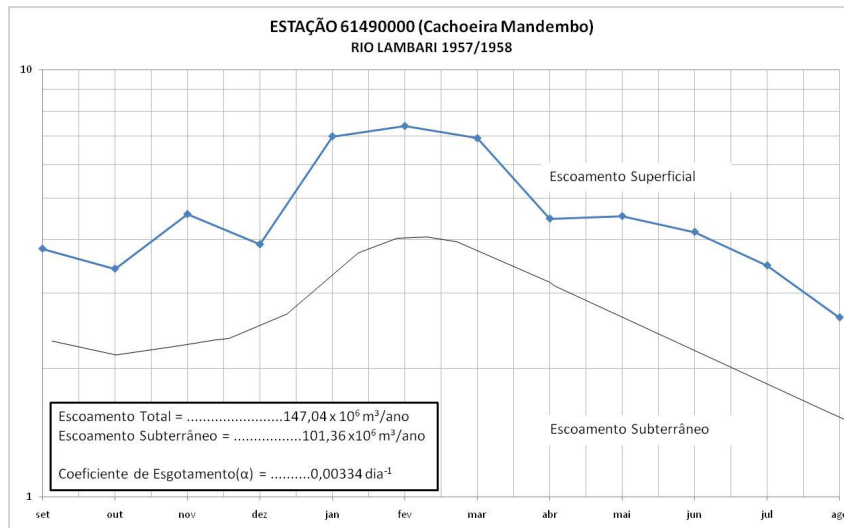
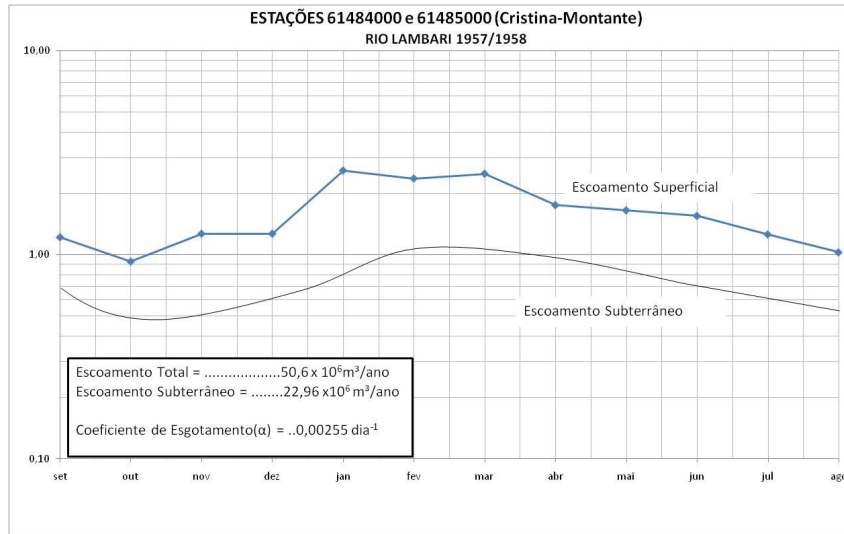
Ano	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Média	Máxima	Mínima
1946	46,30	46,10	105,00	145,63	485,00	213,00	183,00	170,00	114,00	95,70	86,90	68,60	146,60	485,00	68,60
1947	57,40	73,10	76,10	84,80	198,00	195,00	624,00	222,00	161,00	103,00	86,40	78,40	163,27	624,00	78,40
1948	80,40	74,30	95,90	168,00	171,00	193,00	201,00	136,00	116,00	89,40	74,90	63,40	121,94	201,00	63,40
1949	55,90	61,20	94,80	144,00	255,00	289,00	172,00	132,00	114,00	97,30	70,50	60,80	128,88	289,00	60,80
1950	52,10	61,70	66,20	111,00	237,00	330,00	223,00	172,00	127,00	107,00	85,10	65,20	136,44	330,00	65,20
1951	58,70	73,90	134,00	171,00	213,00	231,00	194,00	137,00	112,00	91,80	82,70	78,00	131,43	231,00	78,00
1952	57,50	63,00	66,10	102,00	164,00	203,00	248,00	136,00	104,00	111,00	84,80	61,40	116,73	248,00	61,40
1953	62,80	62,00	96,10	102,00	62,76	81,40	92,20	116,00	62,00	57,60	48,70	43,10	73,89	116,00	43,10
1954	47,10	57,10	74,10	104,00	124,00	190,00	95,00	77,50	94,30	67,90	57,20	46,80	86,25	190,00	46,80
1955	42,80	50,00	52,70	70,90	161,00	92,20	150,00	90,50	67,00	58,40	47,90	41,30	77,06	161,00	41,30
1956	36,70	39,30	57,00	138,00	140,00	108,00	188,00	79,70	80,20	73,20	59,90	70,30	89,19	188,00	59,90
1957	56,00	54,50	80,00	154,00	253,00	195,00	141,00	139,00	123,00	68,70	74,10	79,50	118,15	253,00	68,70
1958	116,29	81,35	129,69	132,84	184,18	220,07	223,52	152,39	158,29	124,18	81,30	68,60	139,39	223,52	68,60
1959	71,40	99,00	89,00	111,00	371,00	209,00	195,00	158,00	99,10	79,20	67,00	63,40	134,34	371,00	63,40
1960	58,13	65,78	105,62	117,60	202,74	188,80	283,92	147,94	136,44	100,73	85,67	72,28	130,47	283,92	72,28
1961	63,30	64,41	79,15	289,98	358,79	361,62	452,24	208,01	169,37	127,13	105,02	88,06	197,26	452,24	88,06
1962	74,76	61,29	81,19	99,87	156,62	279,98	211,96	110,78	100,81	85,76	66,62	56,45	115,51	279,98	56,45
1963	56,21	93,03	121,93	195,12	292,08	228,67	146,00	95,54	90,48	81,32	69,01	62,66	127,67	292,08	62,66
1964	54,85	62,53	64,77	51,77	183,89	241,15	145,66	102,98	88,64	73,27	79,64	59,23	100,70	241,15	59,23
1965	55,29	81,35	103,50	253,19	188,39	122,13	129,27	28,96	21,83	7,14	65,20	56,55	92,73	188,39	7,14
1966	51,07	54,00	191,36	228,27	314,90	130,27	153,60	175,15	141,46	109,02	93,03	82,43	143,71	314,90	82,43
Média	59,76	65,66	93,53	141,67	224,59	204,87	212,02	132,73	108,62	86,13	74,84	65,07	Q <sub>MLT</sub>		Q <sub>esp</sub>
Máxima	116,29	99,00	191,36	289,98	485,00	361,62	624,00	222,00	169,37	127,13	105,02	88,06	(m³/s)		(L/s.km²)
Mínima	36,70	39,30	52,70	51,77	62,76	81,40	92,20	28,96	21,83	7,14	47,90	41,30	122,46		18,69

XXX preenchido com a média do mês

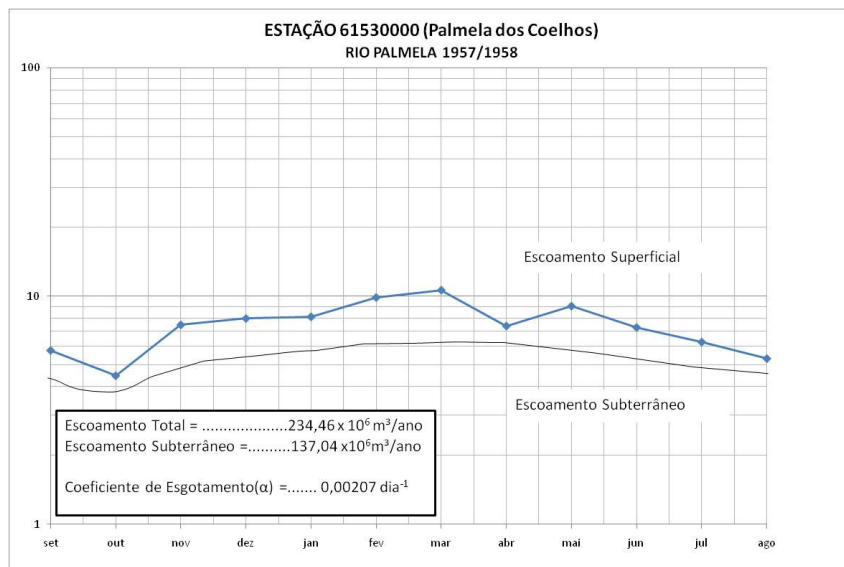
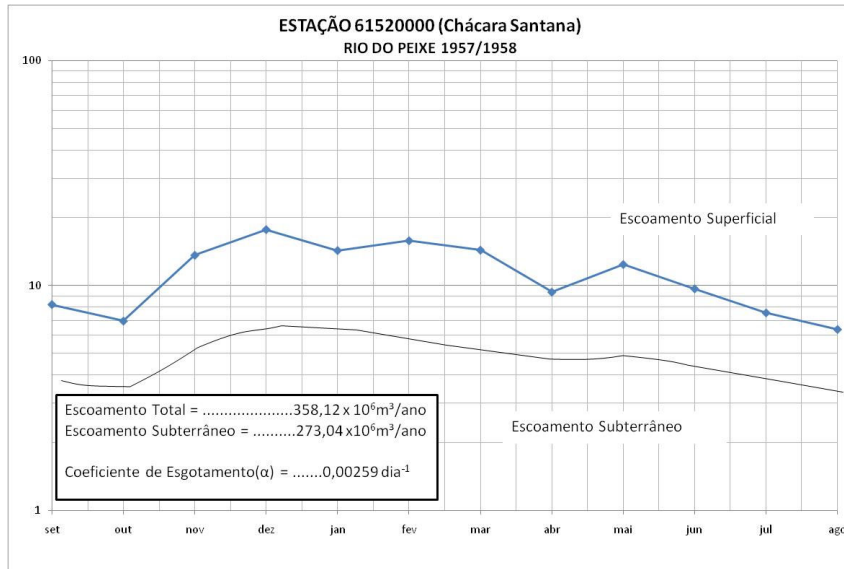
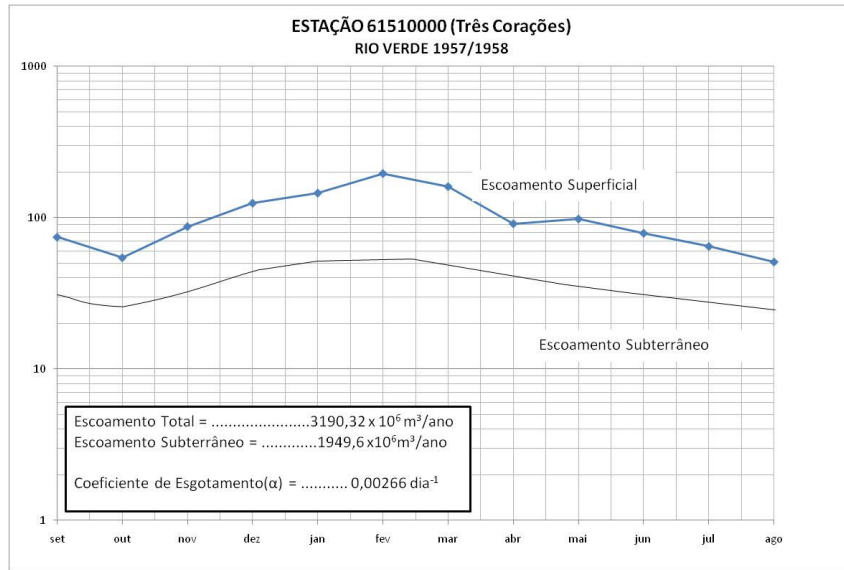
## ANEXO M - Hidrogramas rio Verde



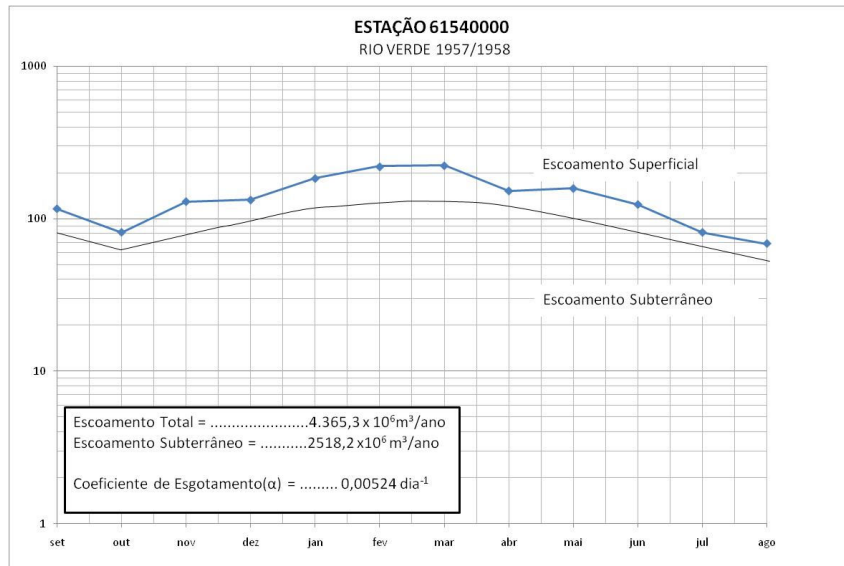
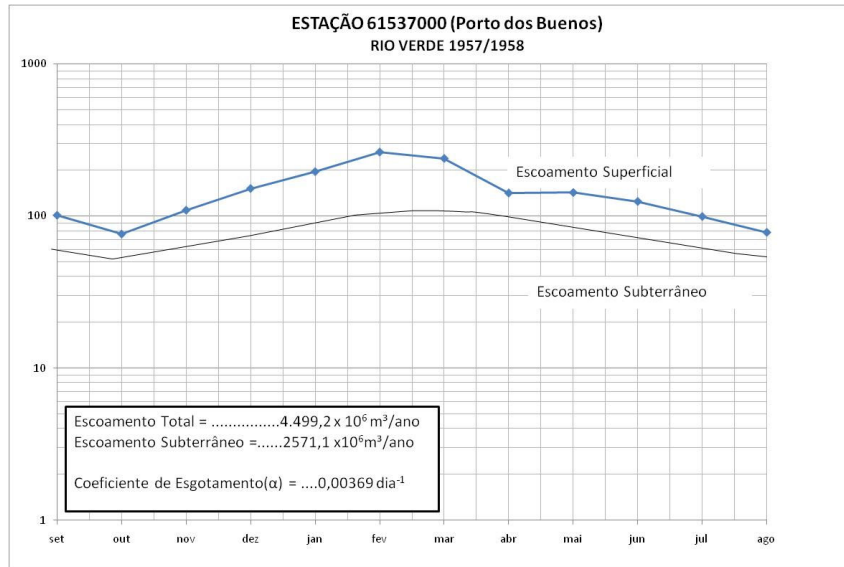
## ANEXO M - Hidrogramas rio Verde



## ANEXO M - Hidrogramas rio Verde



## ANEXO M - Hidrogramas rio Verde





Anexo N

Quadros e Figuras Complementares ao Diagnóstico da Qualidade das Águas Superficiais

**Quadro N.1- Parâmetros analisados nas águas superficiais nas campanhas completas**

Parâmetros analisados nas campanhas completas		
Alcalinidade bicarbonato	Cromo III <sup>(1)</sup>	
Alcalinidade total	Cromo VI <sup>(1)</sup>	
Alumínio total <sup>(1)</sup>	Cromo total <sup>(2)</sup>	Óleos e Graxas
Alumínio dissolvido <sup>(2)</sup>	Demanda bioquímica de oxigênio - DBO	Oxigênio dissolvido - OD
Arsênio total	Demanda química de oxigênio - DQO	pH <i>in loco</i>
Bário total	Dureza de cálcio	Potássio dissolvido
Boro total	Dureza de magnésio	Selênio total
Cádmio total	Estreptococos fecais	Sódio dissolvido
Cálcio	Ferro dissolvido	Sólidos dissolvidos totais - SDT
Chumbo total	Fósforo total	Sólidos em suspensão totais - SST
Cianeto livre	Fenóis totais	Sólidos totais
Clorofila <i>a</i> <sup>(3)</sup>	Magnésio	Substâncias tensoativas
Cloreto total	Manganês total	Sulfato total
Cobre dissolvido <sup>(1)</sup>	Mercurio total	Sulfeto (H <sub>2</sub> S não dissociado)
Cobre total <sup>(2)</sup>	Níquel total	Temperatura da água
Coliformes termotolerantes	Nitrato	Temperatura do ar
Coliformes totais	Nitrito	Turbidez
Condutividade elétrica <i>in loco</i>	Nitrogênio amoniacal total	Zinco total
Cor verdadeira	Nitrogênio orgânico	

Fonte: IGAM, 2008

(1) Parâmetro analisado apenas nas campanhas de 1998 a 2005

(2) Parâmetro inserido a partir de 2005

(3) Parâmetro inserido a partir de 2007

**Quadro N.2 - Parâmetros específicos analisados nas águas superficiais nas campanhas intermediárias**

<b>Código</b>	<b>Parâmetros específicos</b>
BG025	Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Fenóis totais
BG027	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Níquel total, Substâncias tensoativas, Sulfetos, Zinco total
BG028	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Substâncias tensoativas, Sulfetos, Ensaio ecotoxicológico, Zinco total
BG029	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Níquel total, Substâncias tensoativas, Sulfetos, Ensaio ecotoxicológico, Zinco total
BG030	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Zinco total
BG031	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Substâncias tensoativas, Sulfetos, Ensaio ecotoxicológico, Zinco total
BG032	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Substâncias tensoativas, Sulfetos, Zinco total
BG033	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Substâncias tensoativas, Sulfetos, Zinco total
BG034	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total, Substâncias tensoativas, Sulfetos, Zinco total
BG035	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Níquel total, Substâncias tensoativas, Sulfetos, Ensaio ecotoxicológico, Zinco total
BG036	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Substâncias tensoativas, Sulfetos, Ensaio ecotoxicológico, Zinco total
BG037	Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre dissolvido, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Níquel total, Substâncias tensoativas, Sulfetos, Zinco total
BG067	Cádmio total, Cianeto livre, Cromo total, Fenóis totais, Mercúrio total, Ensaio ecotoxicológico

Fonte: IGAM, 2008

### Quadro N.3 - Métodos analíticos

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
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
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
Manganês total	Espectrometria de AA* - plasma	APHA 3120 B
Mercurio 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-NO3- E
Nitrito	Colorimetria	APHA 4500-NO2- 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

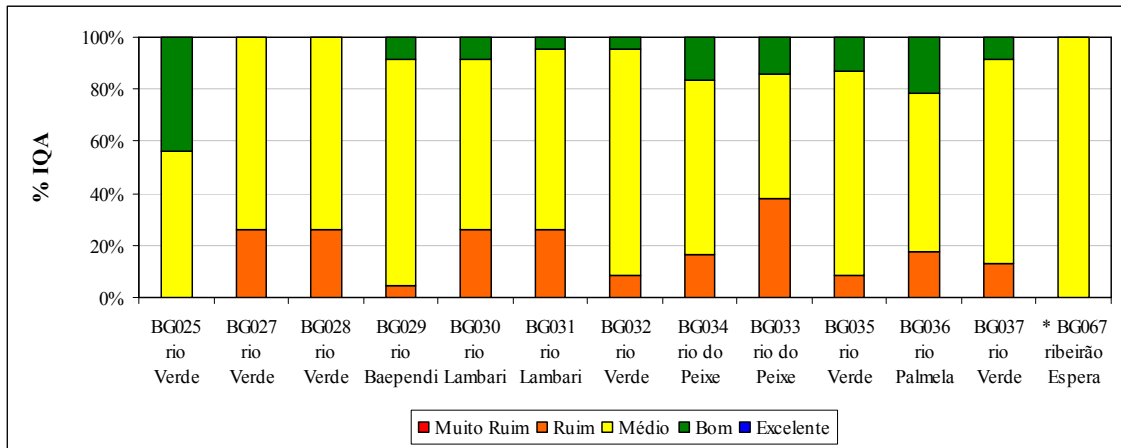
**Quadro N.4 – Resultados do índice do estado trófico das campanhas trimestrais**

<b>Pontos</b>	<b>Corpo de água</b>	<b>Trimestre 1</b>	<b>Trimestre 2</b>	<b>Trimestre 3</b>	<b>Trimestre 4</b>
BG025	2007	49,0	54,7	51,2	54,5
	2008	51,9	54,8	59,4	56,0
BG027	2007	55,8	53,1	30,5	59,1
	2008	55,7	64,3	59,3	62,1
BG028	2007	54,2	48,9	53,6	60,3
	2008	59,7	50,6	61,5	68,2
BG030	2007	57,9	47,3	51,6	66,4
	2008	63,1	56,2	49,7	59,7
BG029	2007	53,1	50,9	59,3	62,8
	2008	58,3	55,1	56,7	32,3
BG031	2007	55,7	53,0	58,0	47,5
	2008	61,3	30,5	61,8	57,5
BG032	2007	58,9	49,9	64,3	66,2
	2008	59,9	51,5	61,7	58,3
BG034	2007	45,1	49,2	30,0	59,4
	2008	57,6	27,7	58,1	52,5
BG033	2007	57,3	52,3	55,6	60,1
	2008	61,4	29,5	59,3	60,7
BG035	2007	59,2	57,0	65,3	60,7
	2008	58,2	55,1	63,7	57,8
BG036	2007	51,0	52,1	48,1	55,6
	2008	47,5	55,1	61,8	56,4
BG037	2007	58,9	56,6	69,0	60,0
	2008	61,5	55,6	64,4	52,4

**Quadro N.5 - Efeito tóxico observado no período de agosto de 2001 a outubro de 2008**

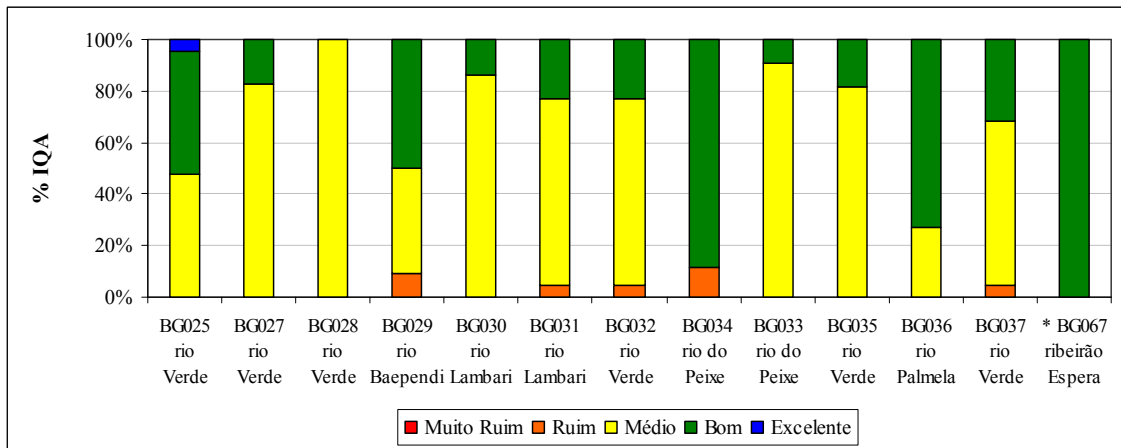
Mês e ano de amostragem	Estações de amostragem de águas superficiais							
	BG027	BG028	BG029	BG031	BG035	BG036	BG037	BG067
Ago/01	Crônico	-	-	-	-	-	-	
Set/01	-	-	-	-	-	-	Crônico	
Nov/01	Ausente	-	-	-	-	-	Agudo	
Fev/02	Agudo	-	-	-	-	-	Ausente	
Mai/02	Ausente	-	-	-	-	-	Ausente	
Ago/02	Ausente	-	-	-	-	-	-	
Set/02		-	-	-	-	-	Ausente	
Nov/02	Ausente	-	-	-	-	-	Ausente	
Dez/02		-	-	-	-	-	-	
Fev/03	Ausente	-	-	-	-	-	Ausente	
Mai/03	Crônico	-	-	-	-	-	Crônico	
Ago/03	-	Ausente	Ausente	Ausente	Crônico	Ausente	-	
Nov/03	-	Crônico	Crônico	Ausente	Ausente	Crônico	-	
Mar/04	-	Ausente	Crônico	Crônico	Ausente	Ausente	-	
Mai/04	-	Crônico	Crônico	Crônico	Ausente	Crônico	-	
Ago/04	-	Ausente	Crônico	Crônico	Crônico	Crônico	-	
Nov/04	-	Ausente	Crônico	Agudo	Crônico	Crônico	-	
Fev/05	-	Crônico	Crônico	Crônico	Crônico	Crônico	-	
Mai/05	-	Ausente	Ausente	Ausente	Crônico	Crônico	-	
Ago/05	-	Ausente	Crônico	Ausente	Crônico	Ausente	-	
Nov/05	-	Crônico	Crônico	Crônico	Ausente	Agudo	-	
Mar/06	-	Crônico	Crônico	Crônico	Ausente	Ausente	-	
Mai/06	-	Crônico	Crônico	Crônico	Crônico	Crônico	-	
Ago/06	-	Crônico	Crônico	Crônico	Crônico	Ausente	-	
Dez/06	-	Ausente	Ausente	Ausente	Crônico	Crônico	-	
Mar/07	-	Crônico	Ausente	Ausente	Crônico	Crônico	-	
Mai/07	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-	
Ago/07	-	Crônico	Crônico	Ausente	Ausente	Crônico	-	
Nov/07	-	Ausente	Crônico	Crônico	Ausente	Crônico	-	Ausente
Fev/08	-	Crônico	Ausente	Ausente	Ausente	Crônico	-	Ausente
Mai/08	-	Ausente	Ausente	Crônico	Ausente	Ausente	-	Ausente
Ago/08	-	Ausente	Crônico	Ausente	Ausente	Ausente	-	Ausente
Out/08	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-	Ausente

Fonte: IGAM, 2009



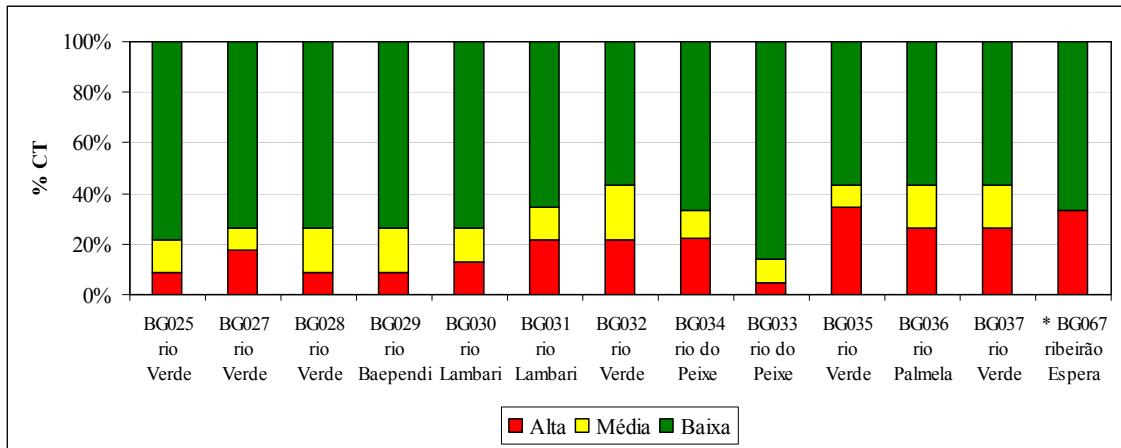
**Figura N.1 - Distribuição percentual das faixas do IQA por estação de amostragem no período de chuva de outubro de 1997 a novembro de 2008.**

(\*) estação com resultados de cinco coletas realizadas trimestralmente a partir de novembro de 2007



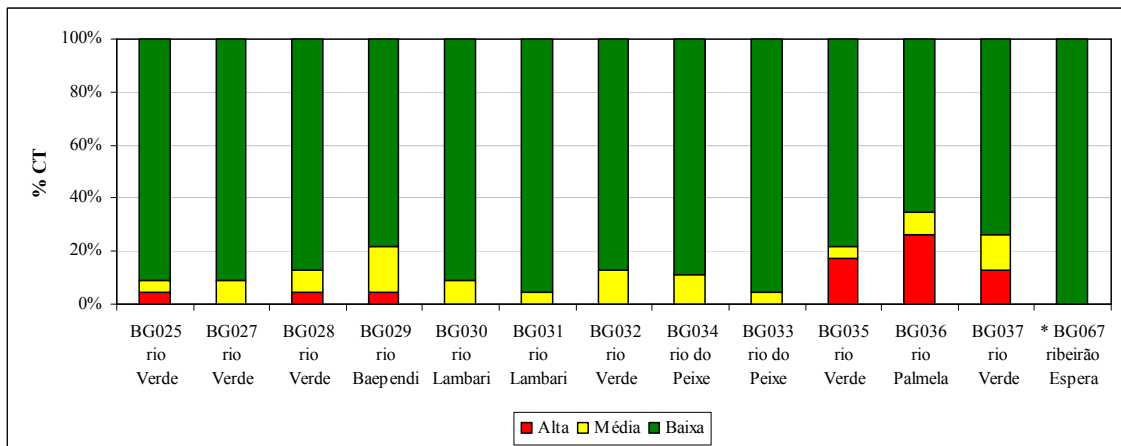
**Figura N.2 - Distribuição percentual das faixas do IQA por estação de amostragem no período de estiagem de outubro de 1997 a novembro de 2008.**

(\*) estação com resultados de cinco coletas realizadas trimestralmente a partir de novembro de 2007



**Figura N.3 - Distribuição percentual das faixas de CT por estação de amostragem no período de chuva de outubro de 1997 a novembro de 2008.**

(\*) estação com resultados de cinco coletas realizadas trimestralmente a partir de novembro de 2007



**Figura N.4 - Distribuição percentual das faixas de CT por estação de amostragem no período de estiagem de outubro de 1997 a novembro de 2008.**

(\*) estação com resultados de cinco coletas realizadas trimestralmente a partir de novembro de 2007



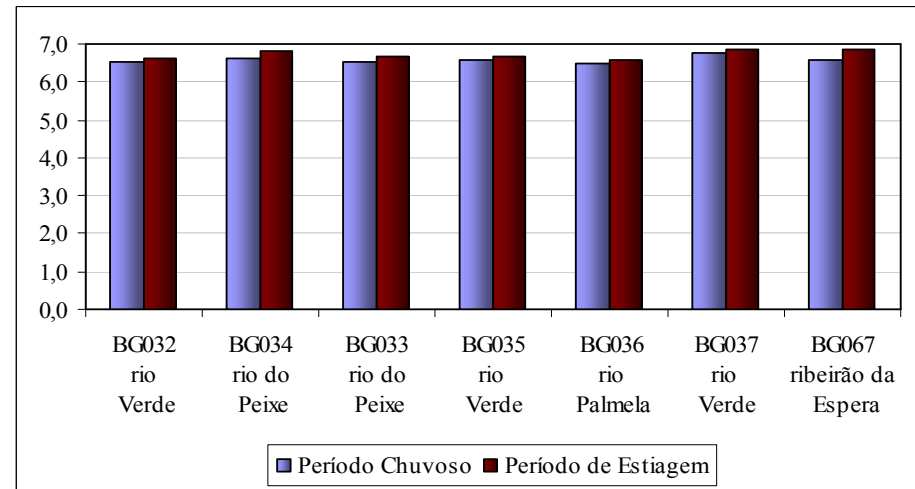
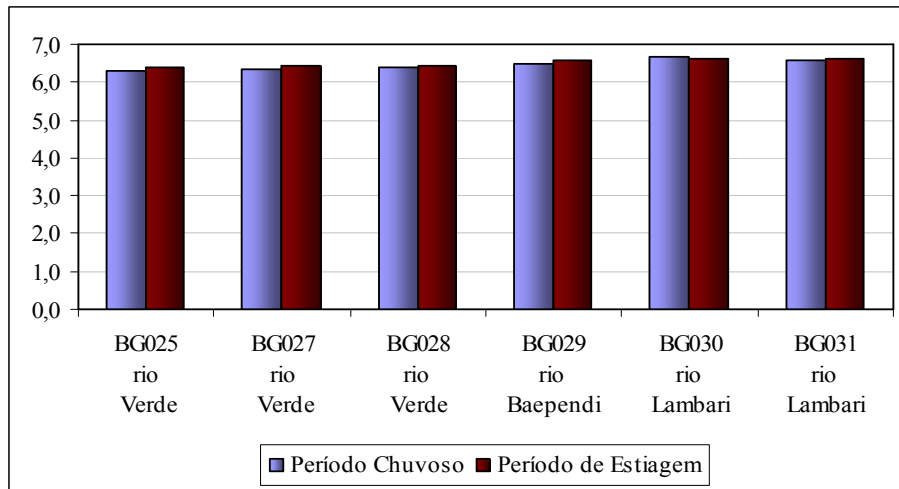


Figura N.5 - Valores médios de pH entre outubro de 1997 a novembro de 2008.

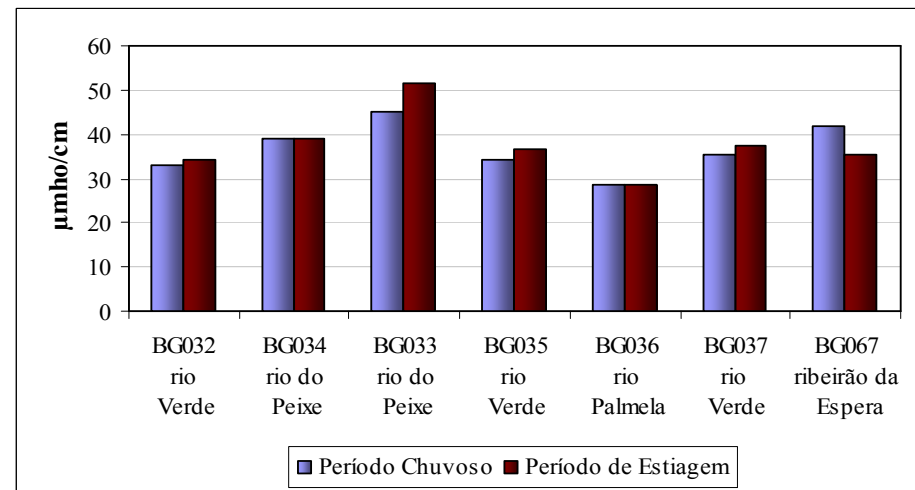
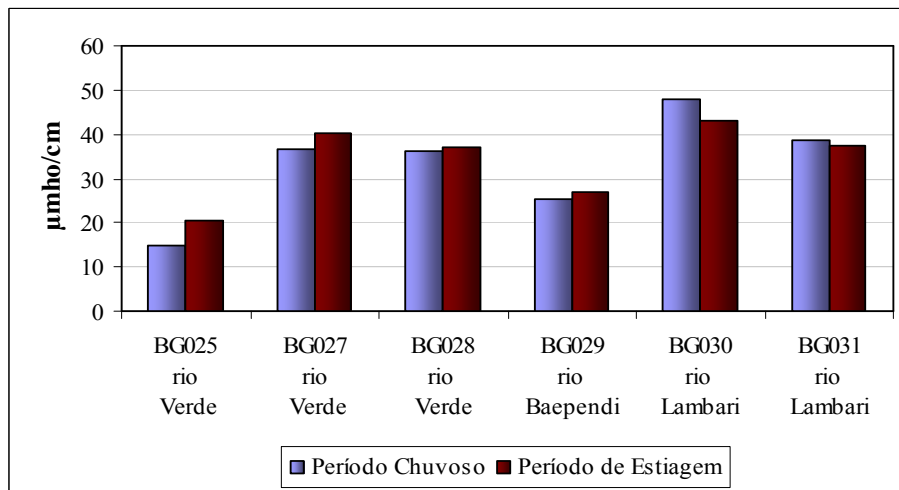


Figura N.6 - Valores médios de condutividade elétrica entre outubro de 1997 a novembro de 2008.

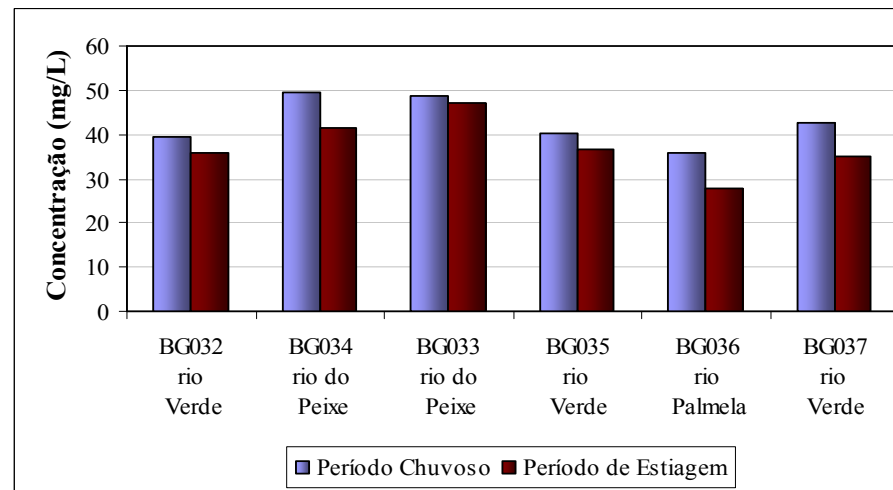
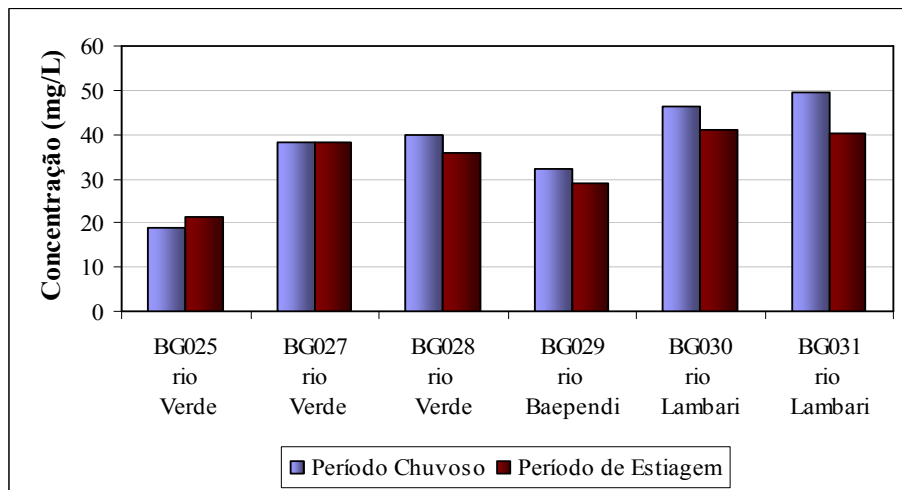


Figura N.7 - Valores médios de sólidos dissolvidos totais entre outubro de 1997 a novembro de 2008.

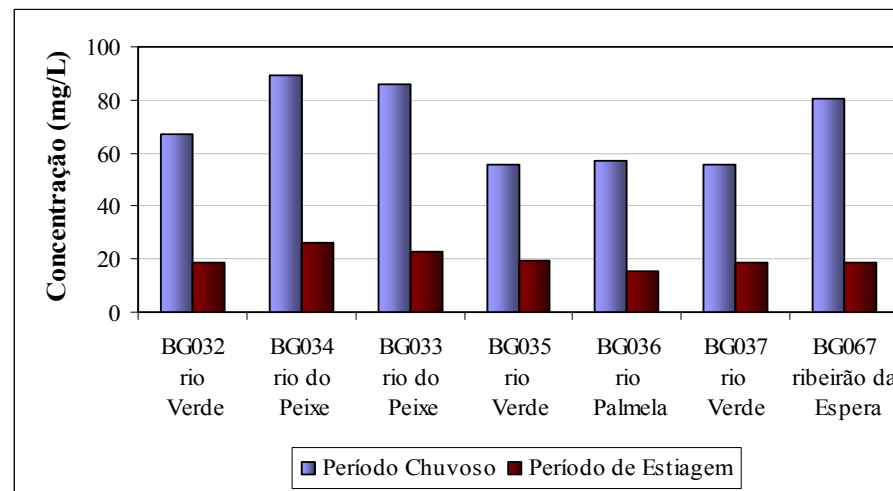
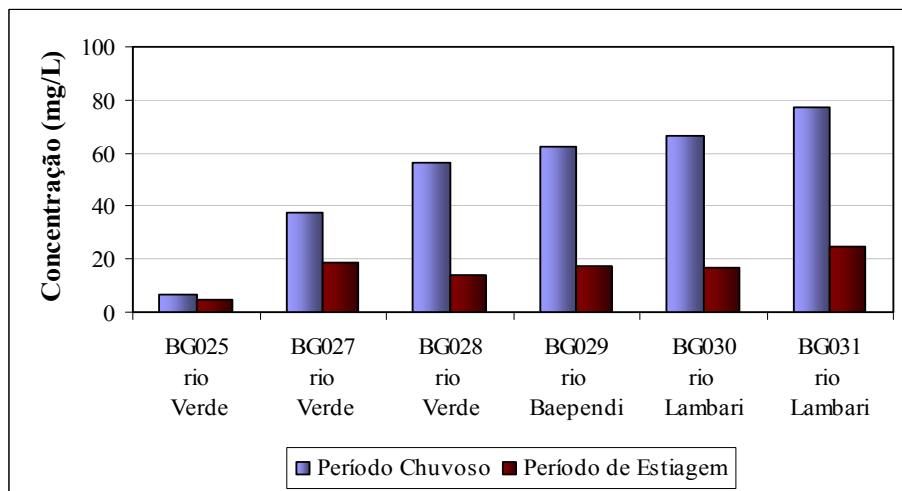


Figura N.8 - Valores médios de sólidos em suspensão totais entre outubro de 1997 a novembro de 2008.

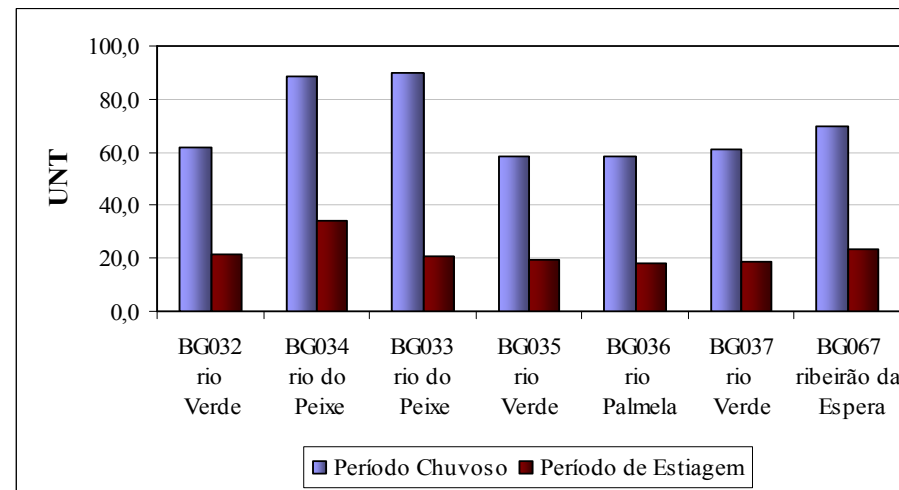
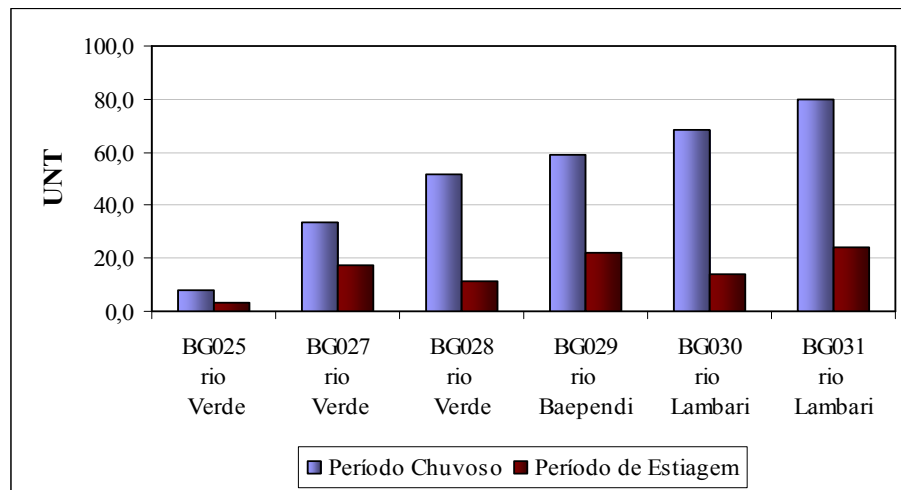


Figura N.9 - Valores médios de turbidez entre outubro de 1997 a novembro de 2008.

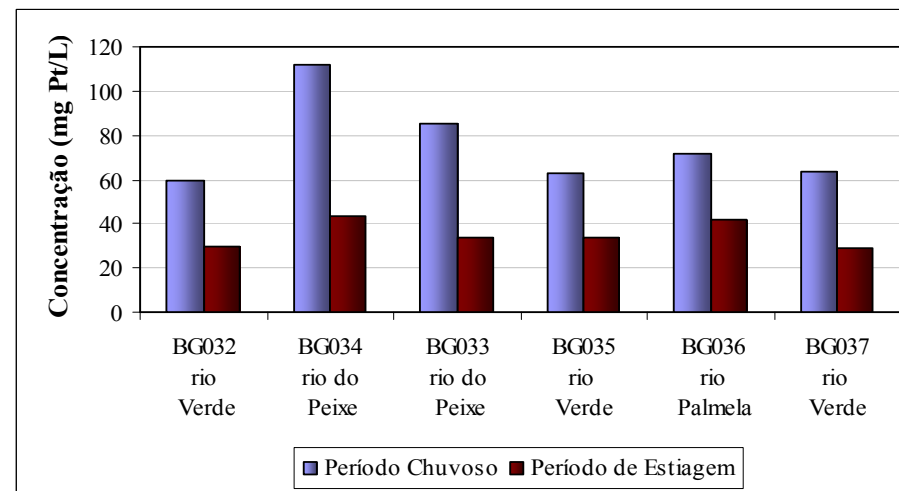
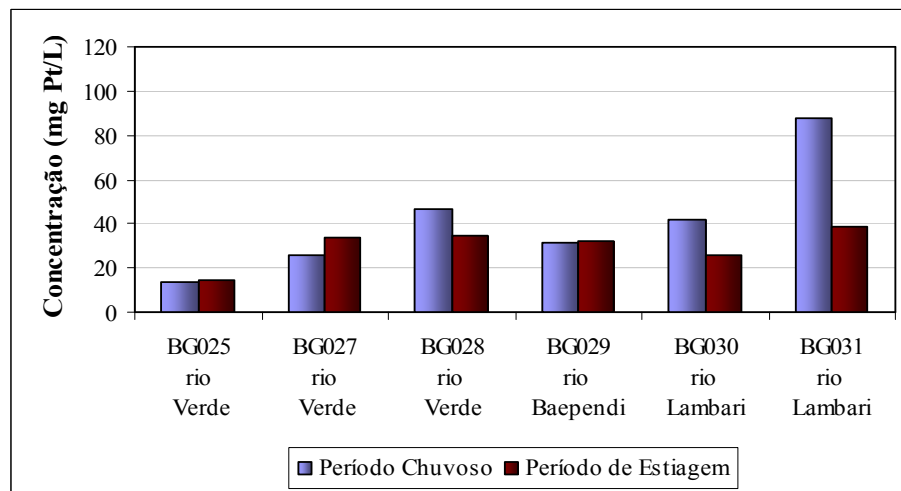


Figura N.10 - Valores médios de cor verdadeira entre outubro de 1997 a novembro de 2008.

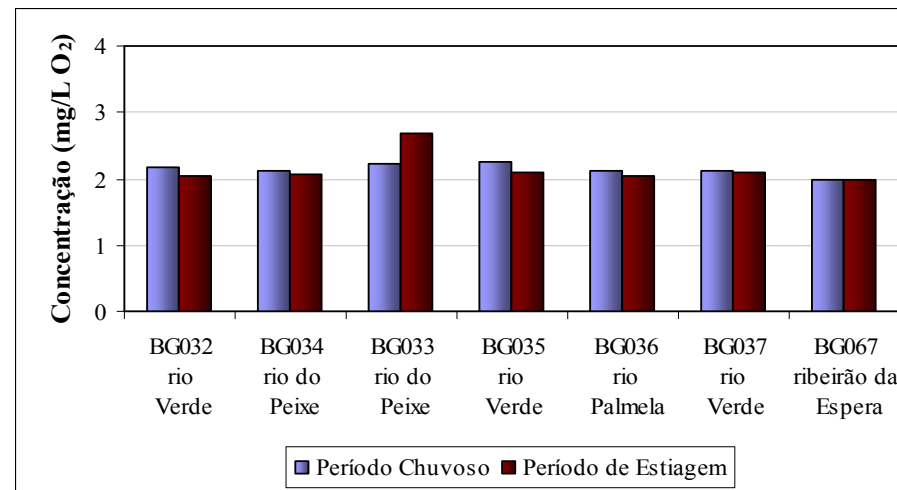
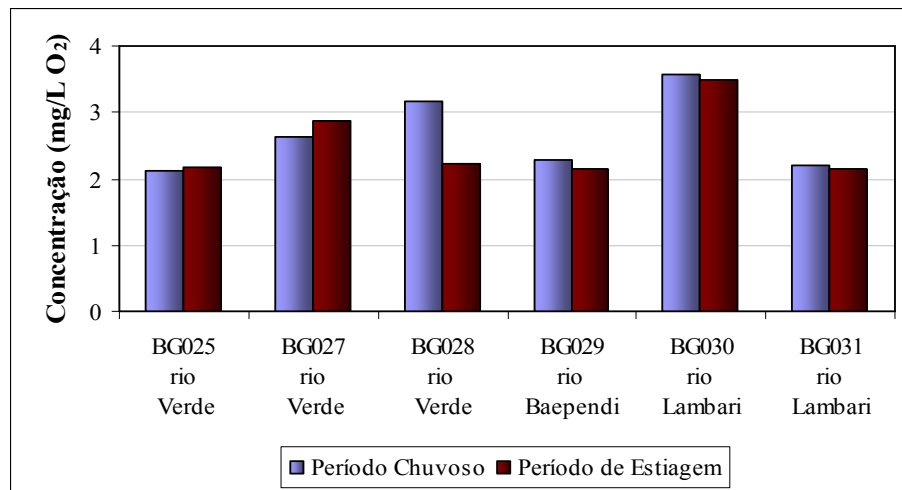


Figura N.11 - Valores médios de demanda bioquímica de oxigênio entre outubro de 1997 a novembro de 2008.

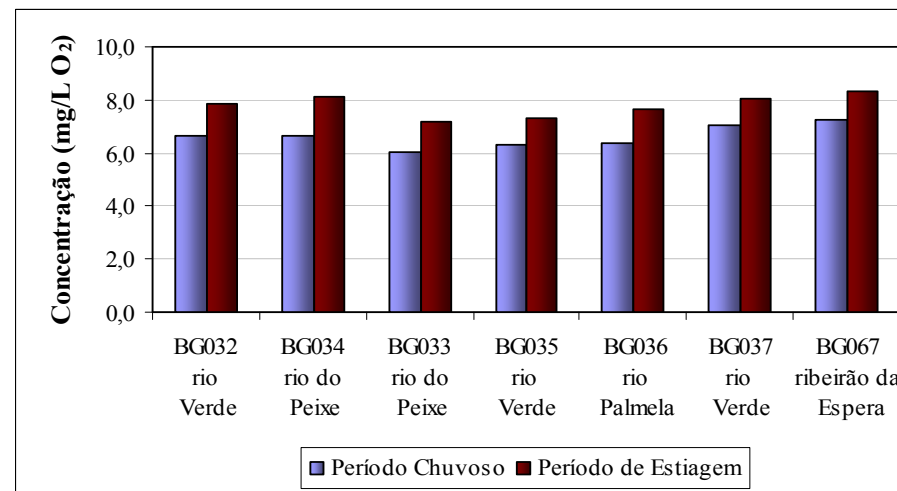
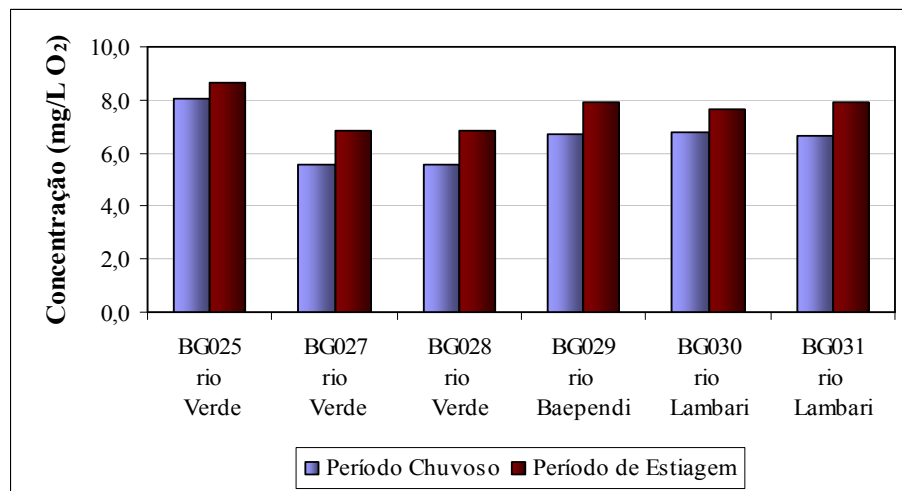


Figura N.12 - Valores médios de oxigênio dissolvido entre outubro de 1997 a novembro de 2008.

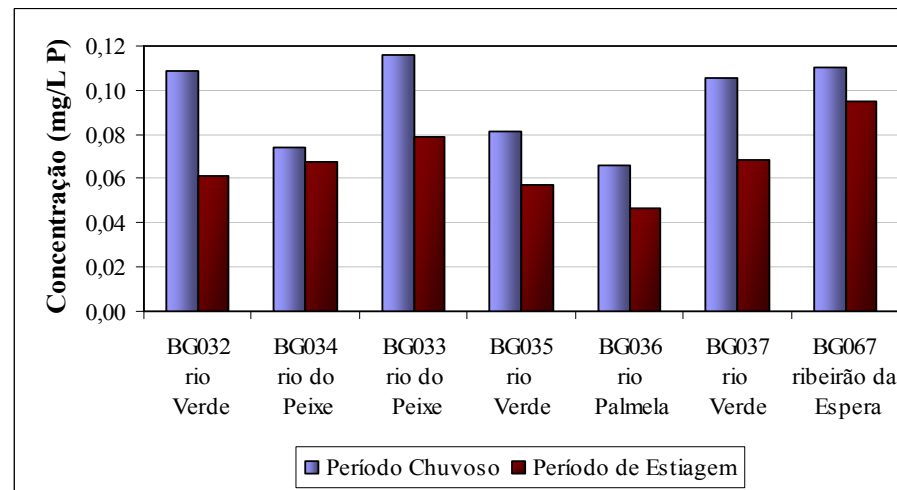
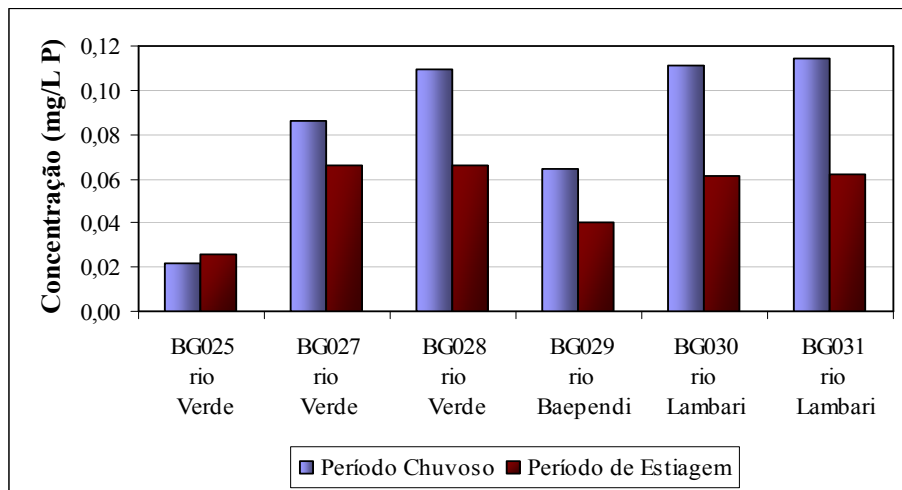


Figura N.13 - Valores médios de fósforo total entre outubro de 1997 a novembro de 2008.

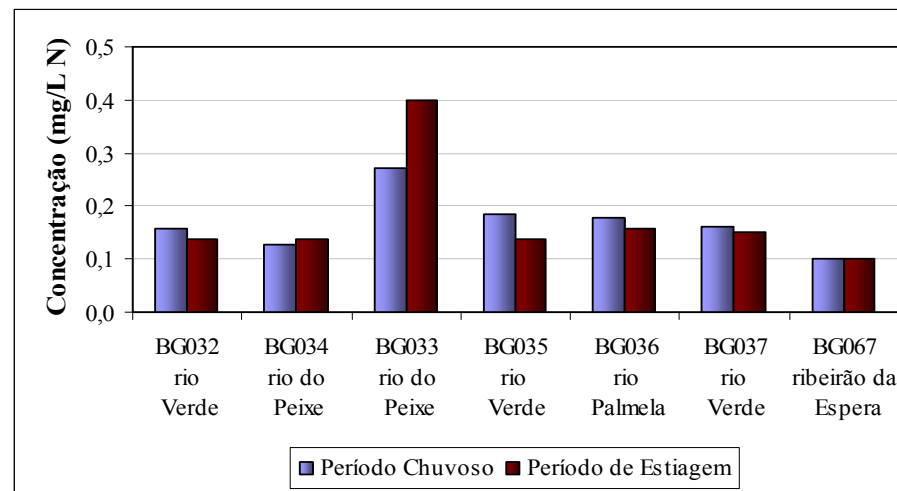
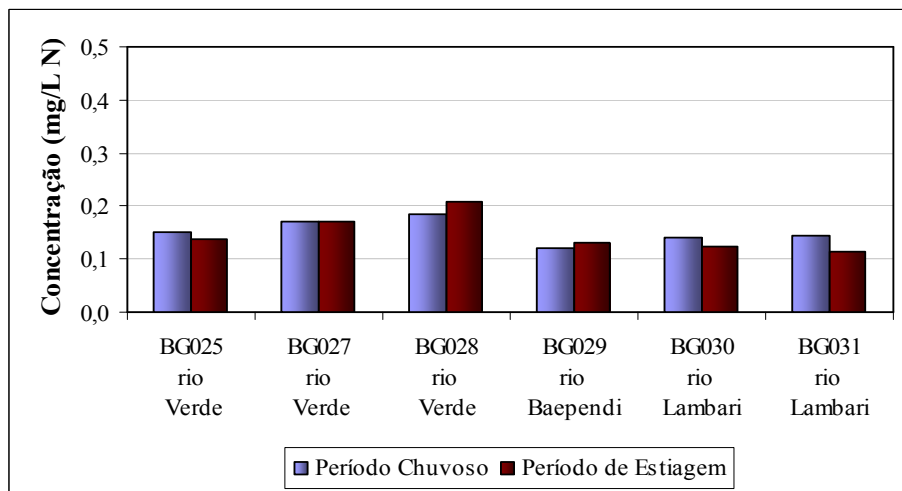


Figura N.14 - Valores médios de nitrogênio amoniacal total entre outubro de 1997 a novembro de 2008.

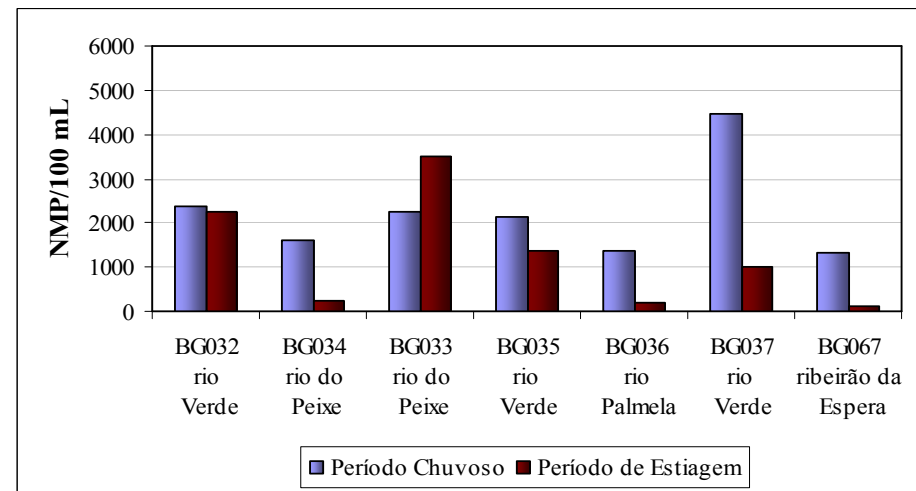
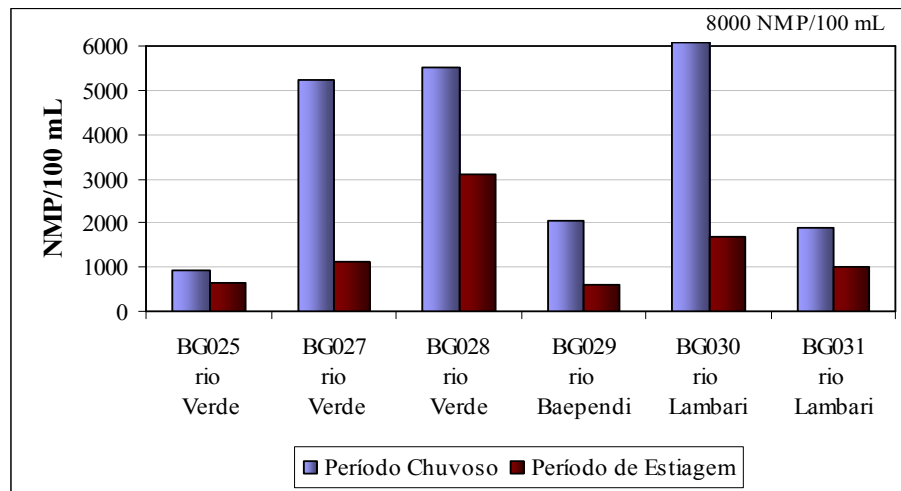


Figura N.15 - Valores médios de coliformes termotolerantes entre outubro de 1997 a novembro de 2008.

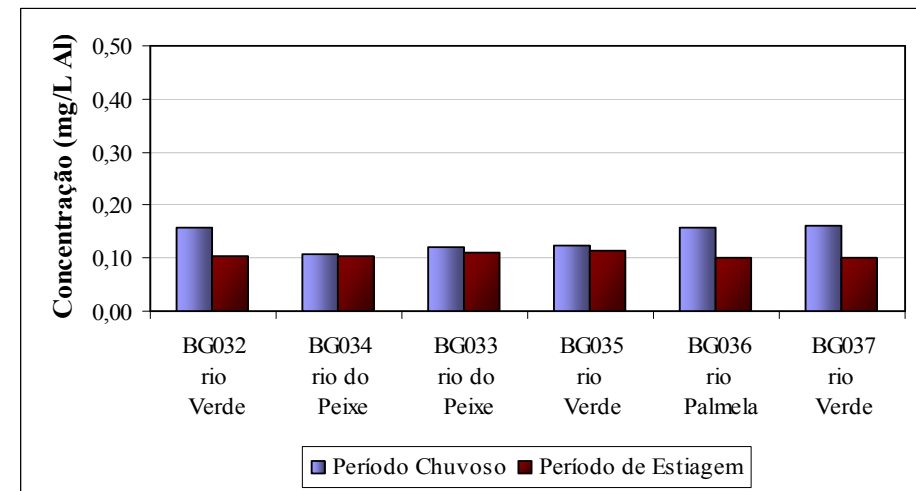
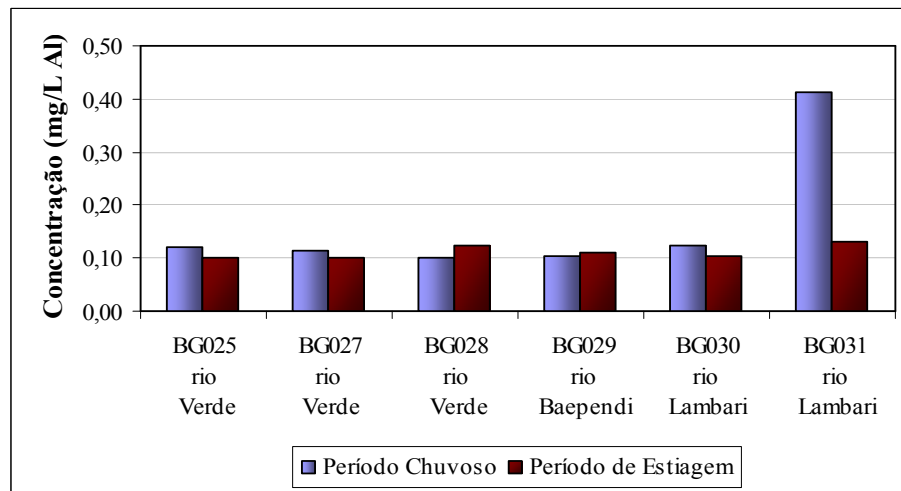


Figura N.16 - Valores médios de alumínio dissolvido entre outubro de 1997 a novembro de 2008.

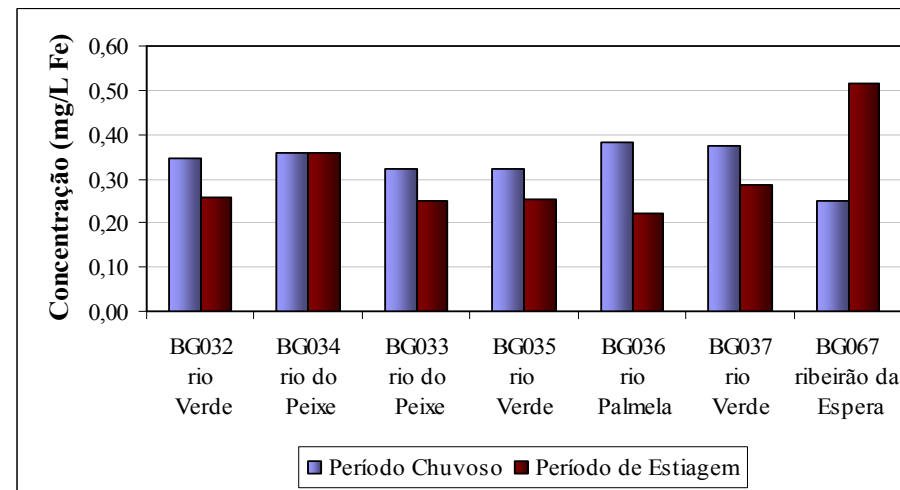
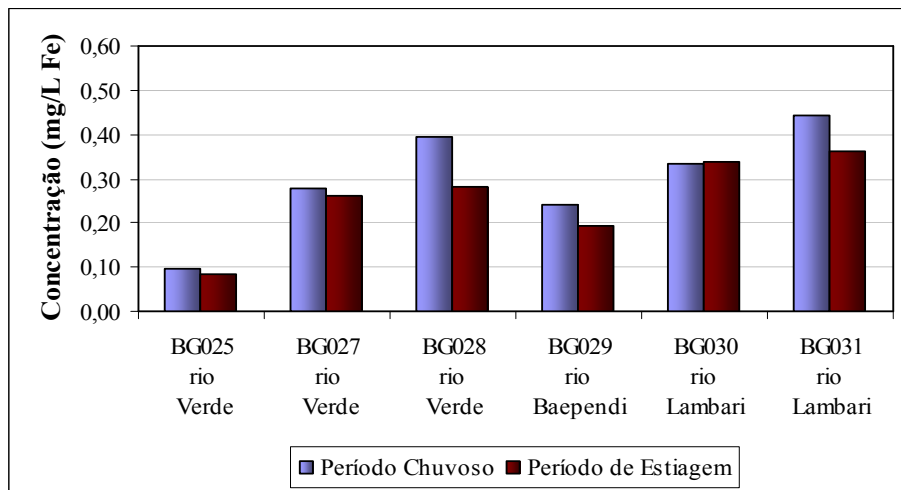


Figura N.17 - Valores médios de ferro dissolvido entre outubro de 1997 a novembro de 2008.

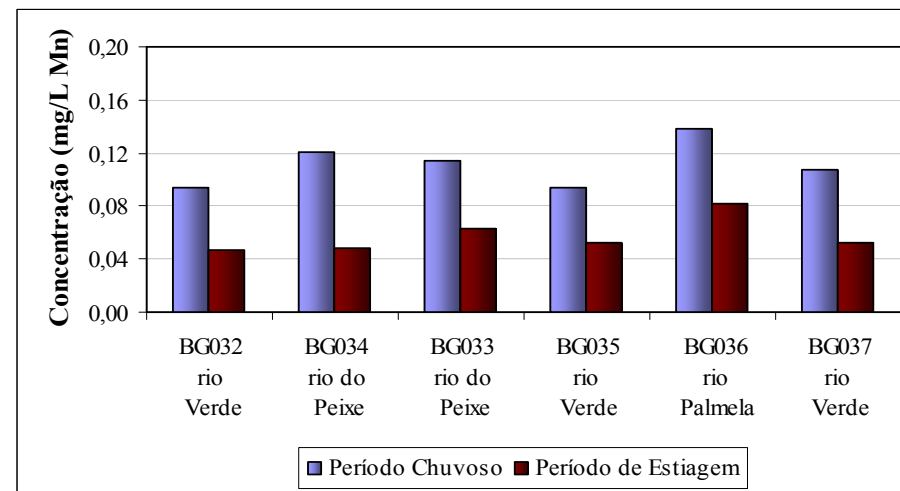
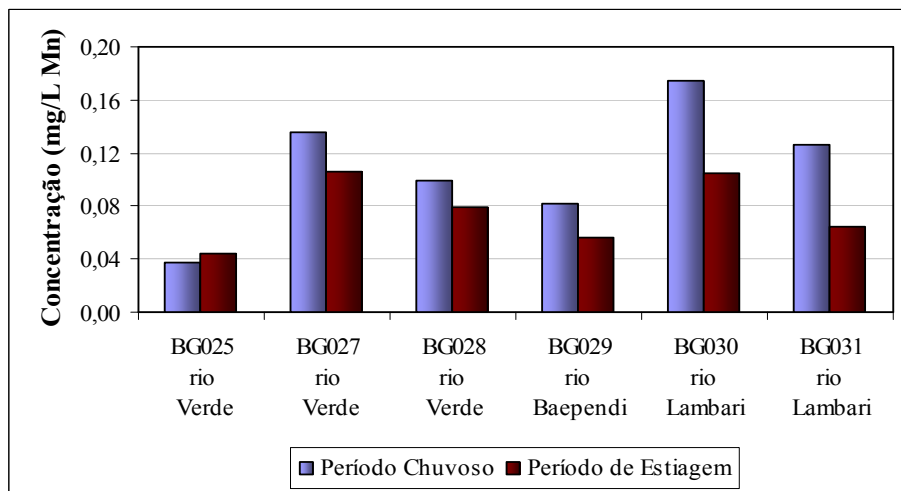


Figura N.18 - Valores médios de manganês total entre outubro de 1997 a novembro de 2008.

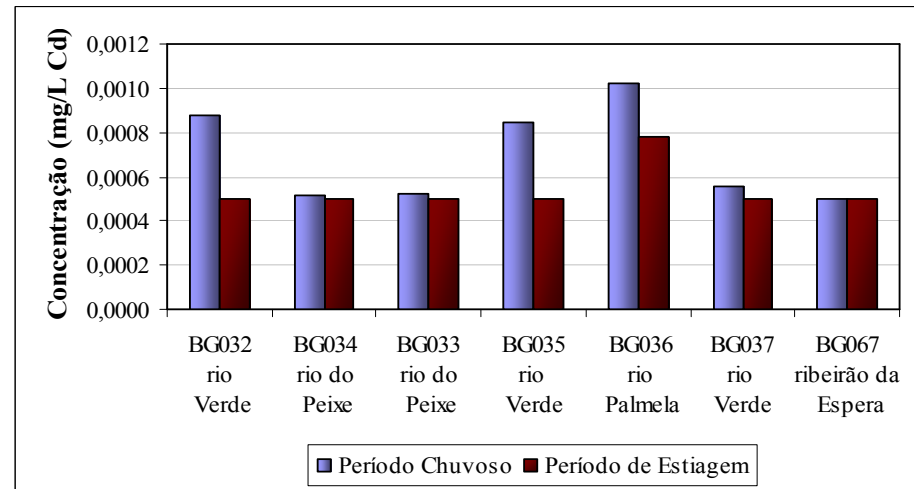
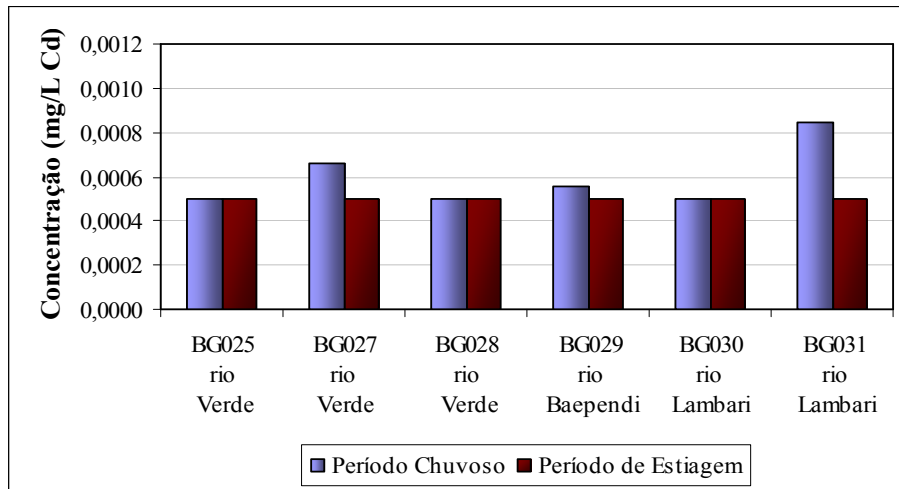


Figura N.19 - Valores médios de cádmio total entre outubro de 1997 a novembro de 2008.

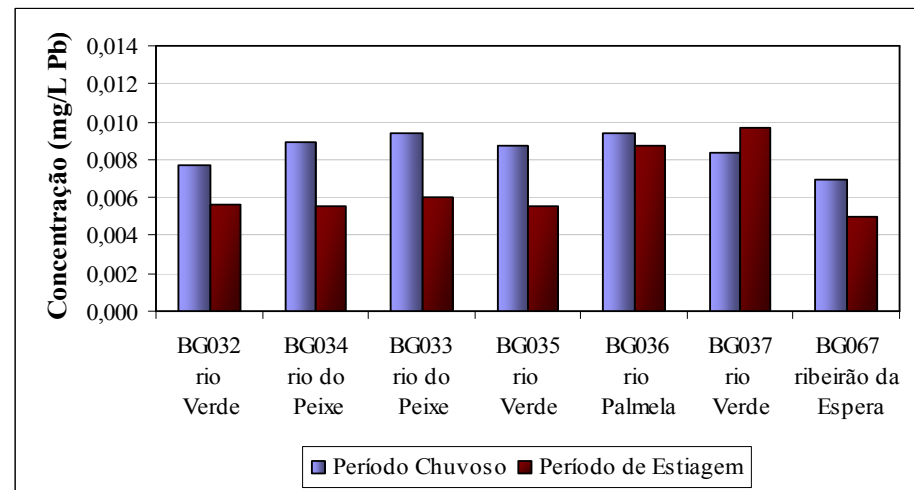
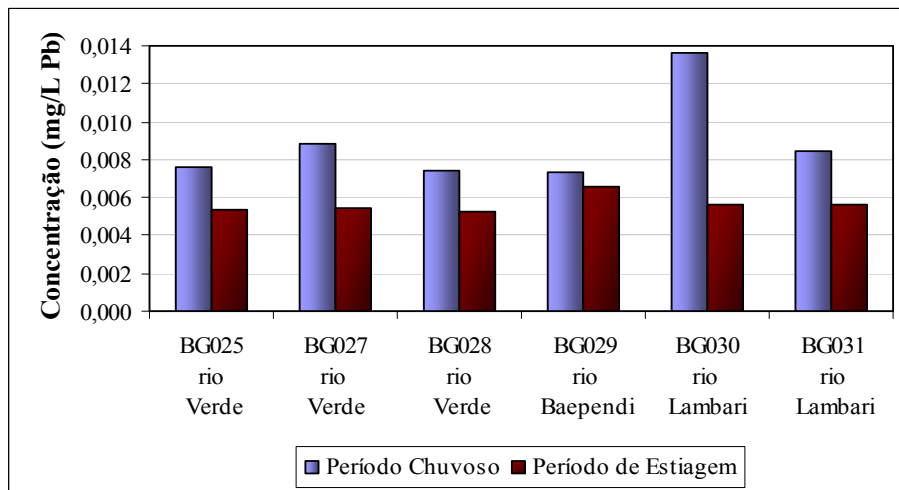


Figura N.20 - Valores médios de chumbo total entre outubro de 1997 a novembro de 2008.



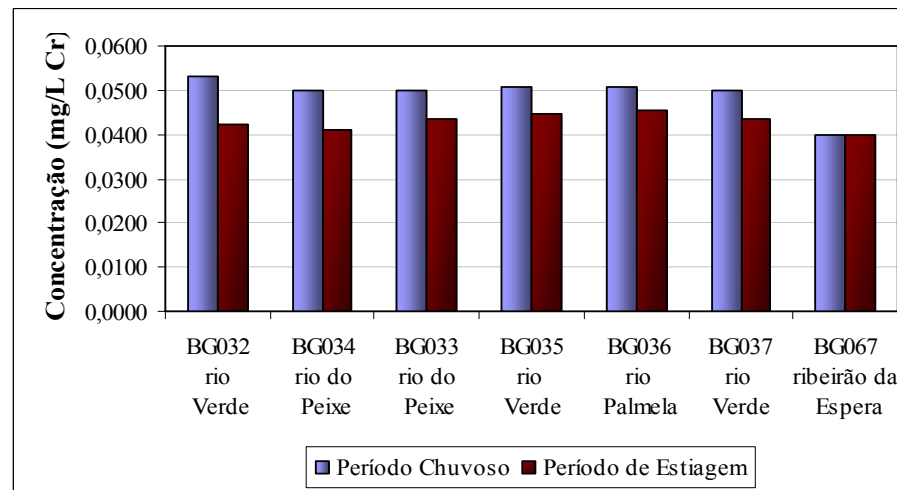
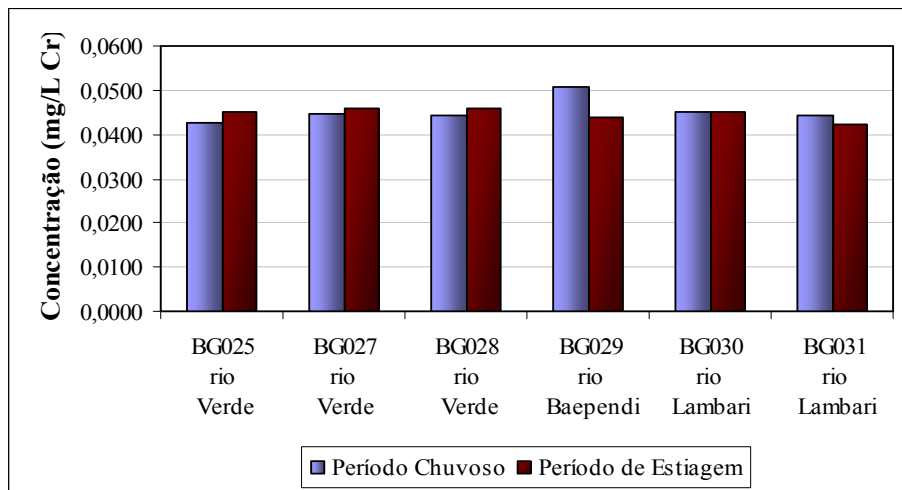


Figura N.21 - Valores médios de cromo total entre outubro de 1997 a novembro de 2008.

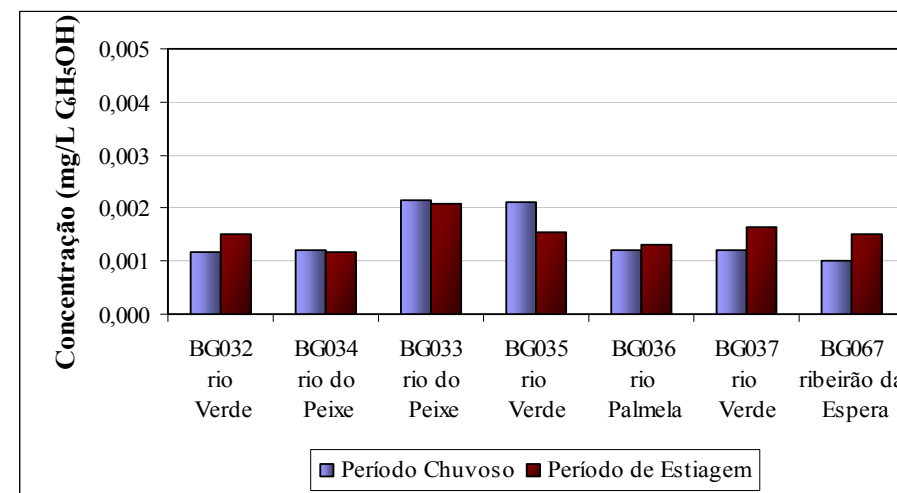
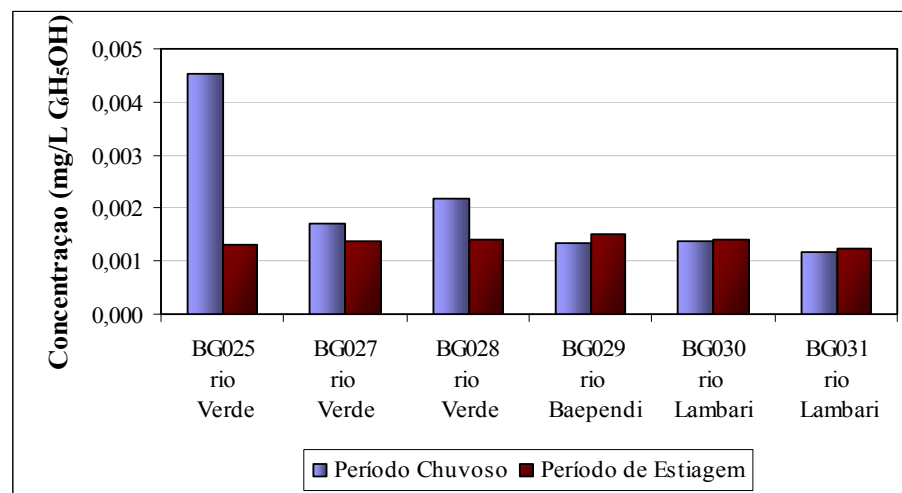


Figura N.22 - Valores médios de fenóis totais entre outubro de 1997 a novembro de 2008.

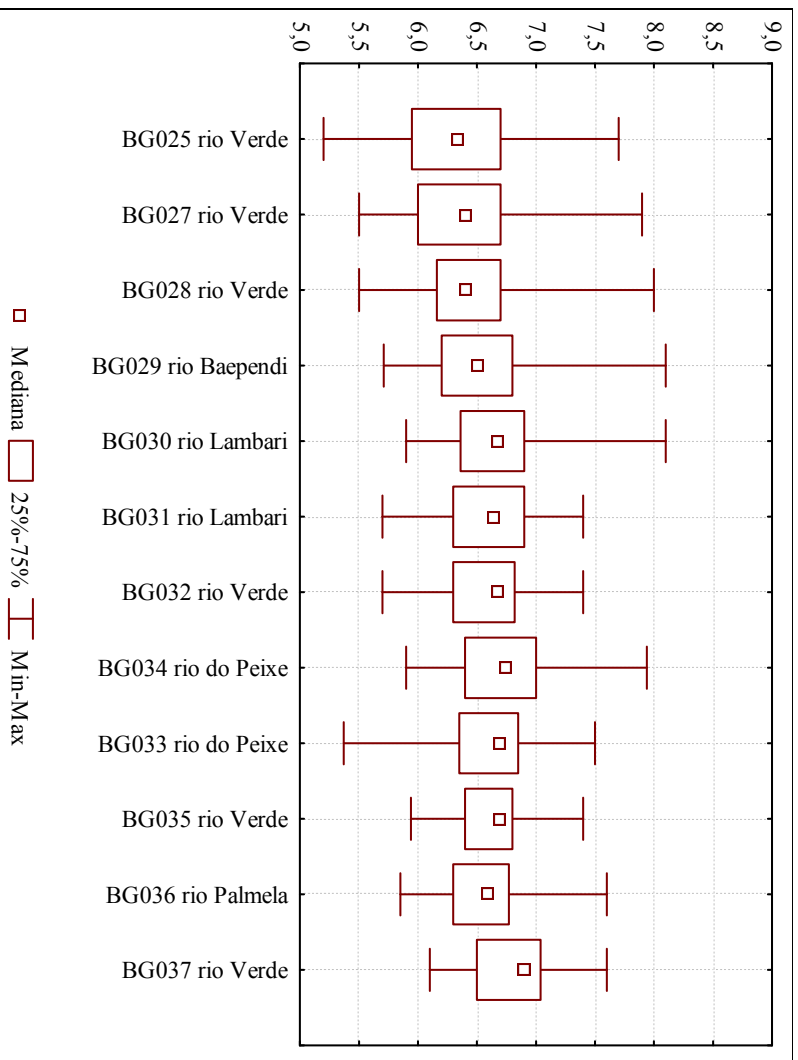


Figura N.23 - Gráfico *Box Plot* de dados de pH no período de outubro de 1997 a novembro de 2008.

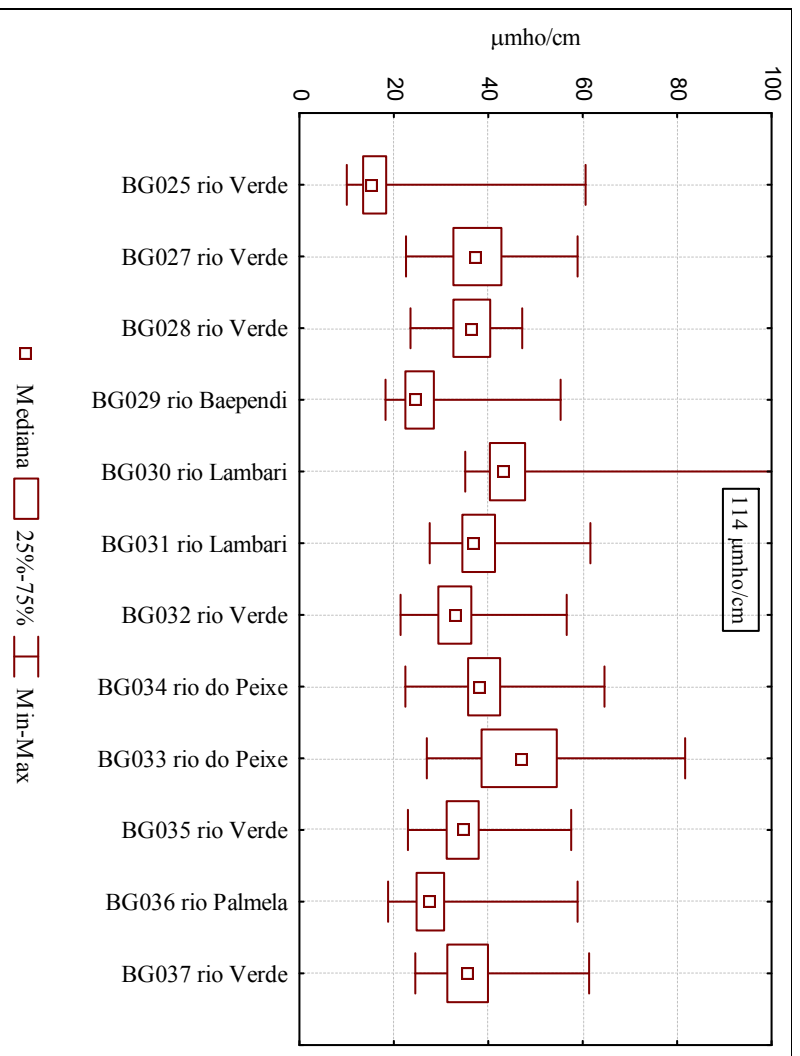


Figura N.24 – Gráfico *Box Plot* de dados de condutividade elétrica no período de outubro de 1997 a novembro de 2008.

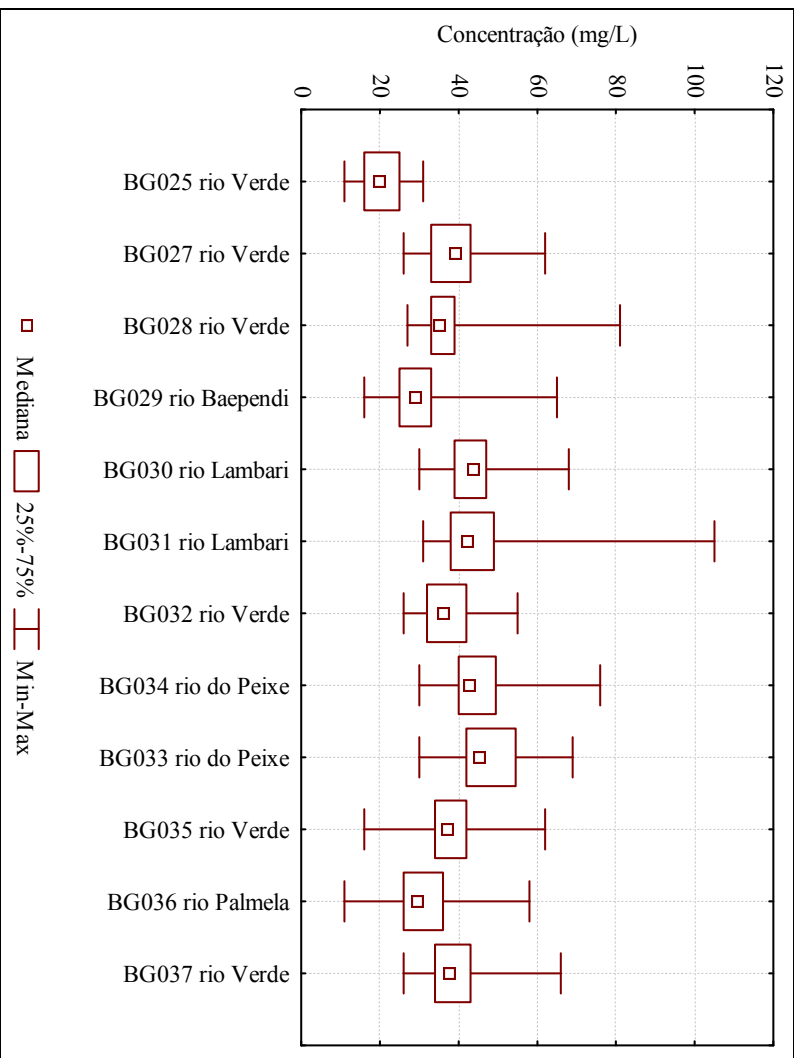


Figura N.25 - Gráfico *Box Plot* de dados de sólidos dissolvidos totais no período de outubro de 1997 a novembro de 2008.

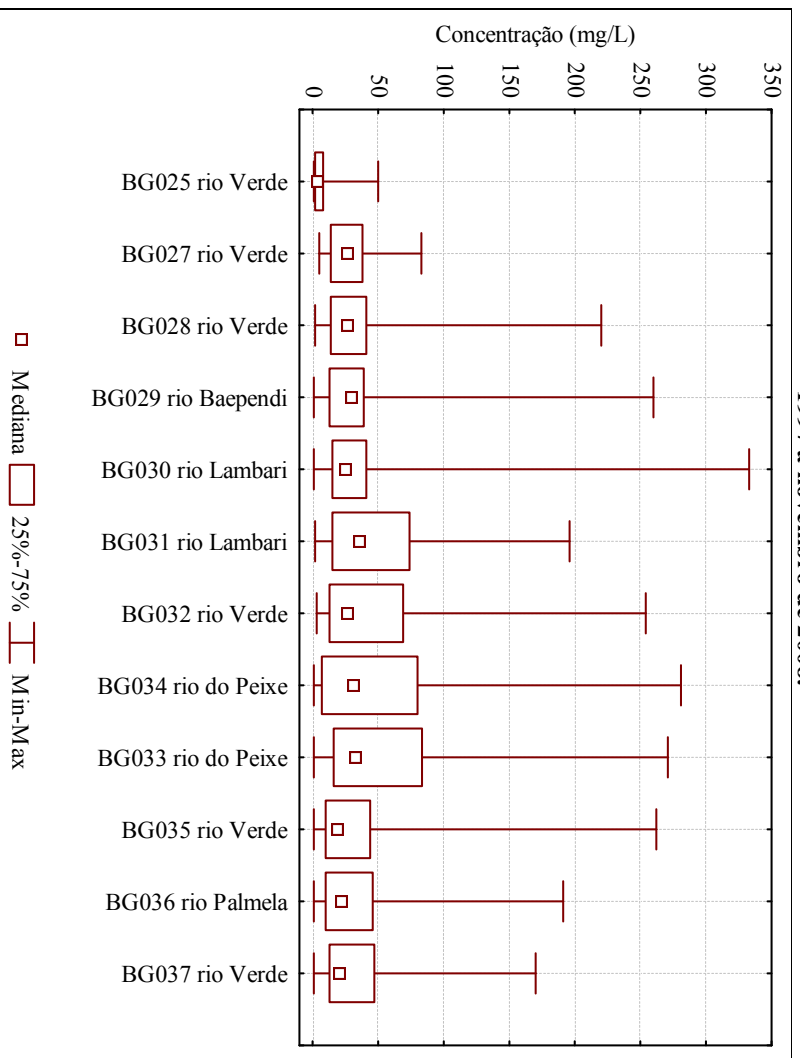


Figura N.26 - Gráfico *Box Plot* de dados de sólidos em suspensão totais no período de outubro de 1997 a novembro de 2008.

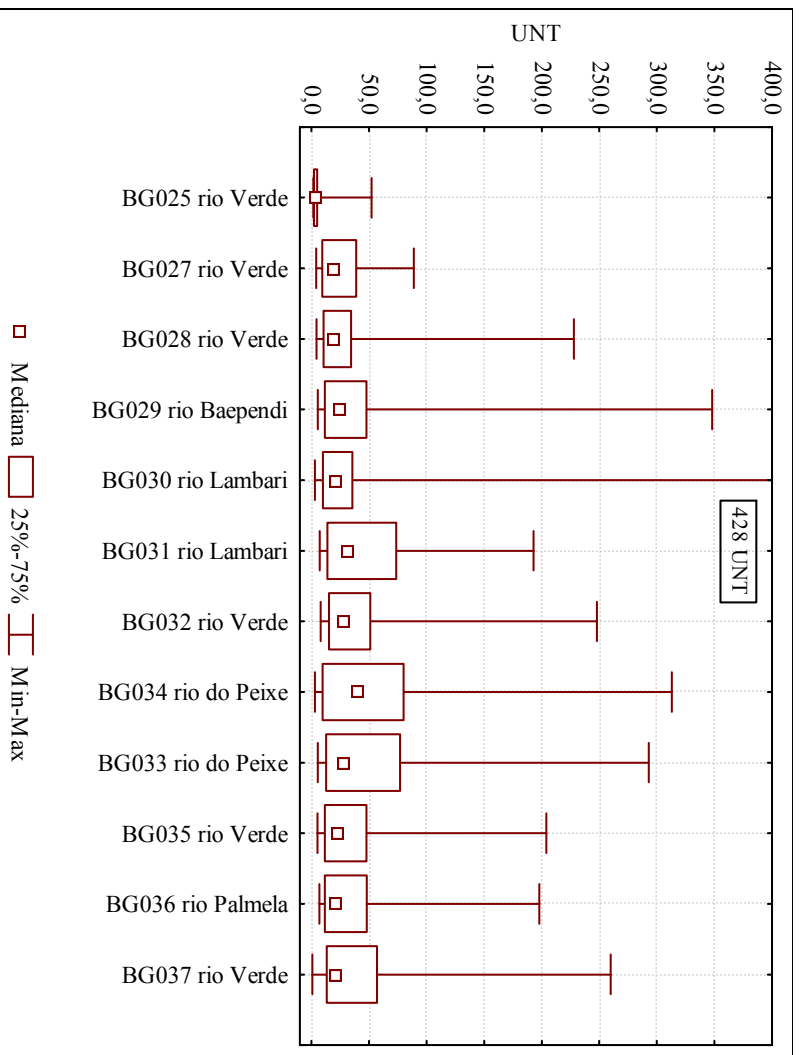


Figura N.27 - Gráfico *Box Plot* de dados de turbidez no período de outubro de 1997 a novembro de 2008.

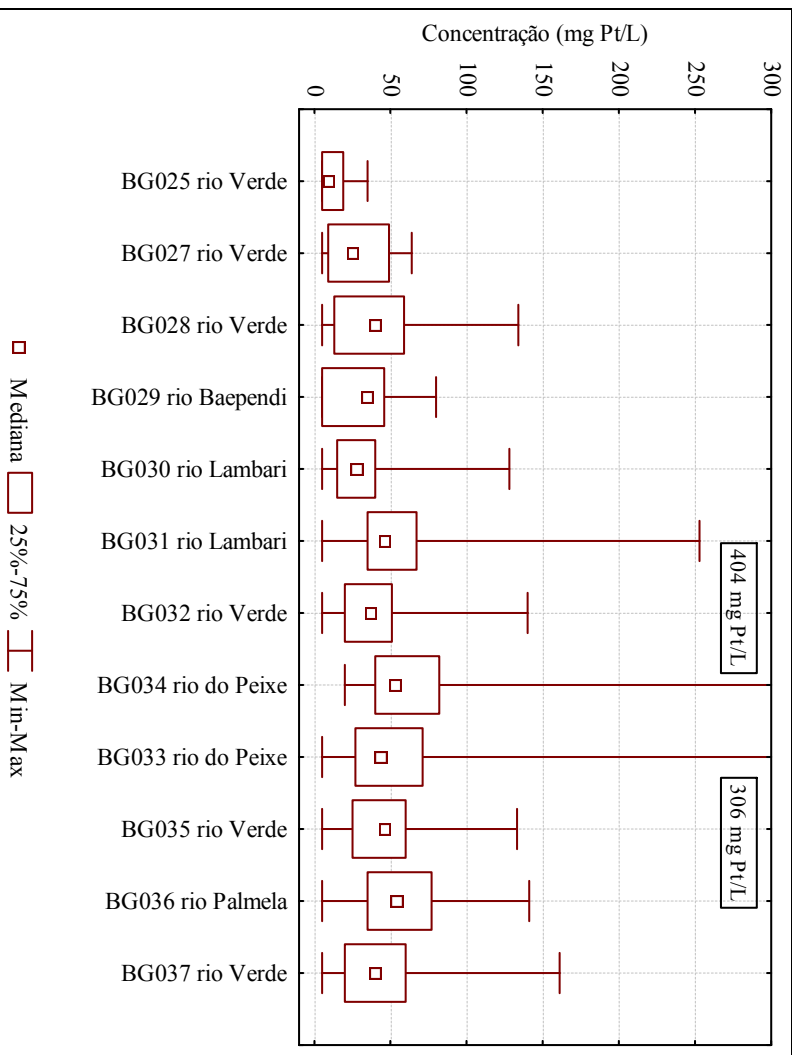


Figura N.28 - Gráfico *Box Plot* de dados de cor verdadeira no período de outubro de 1997 a novembro de 2008.

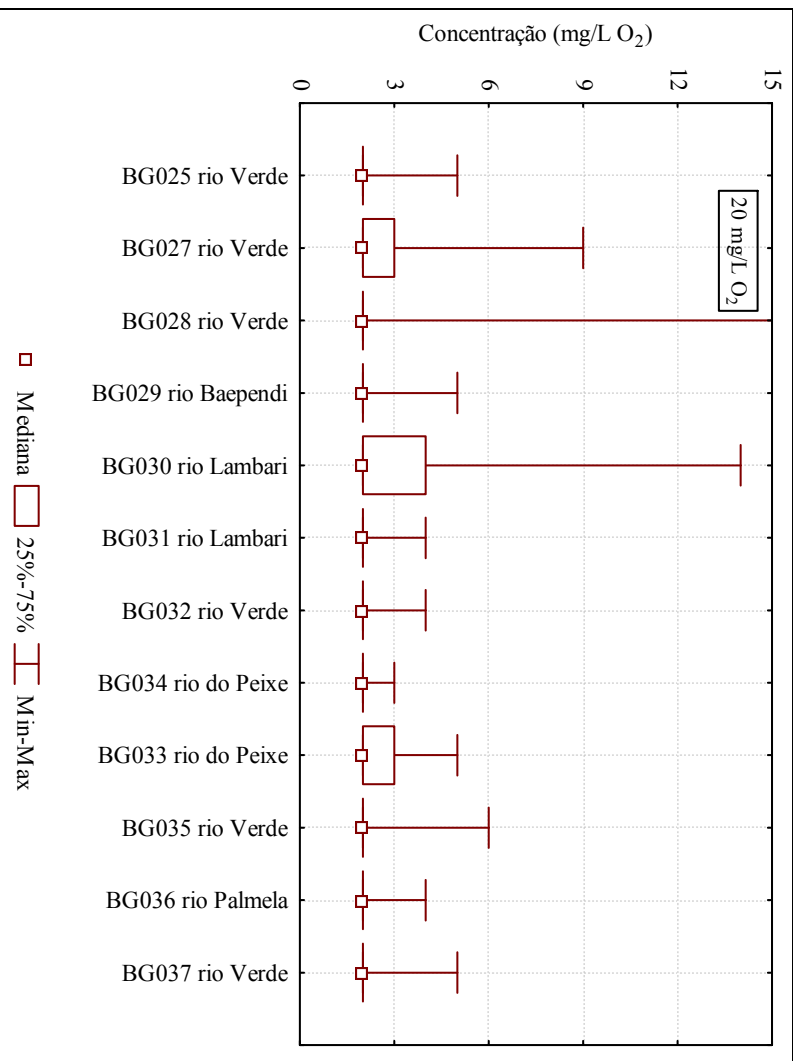


Figura N.29 - Gráfico *Box Plot* de dados de demanda bioquímica de oxigênio no período de outubro de 1997 a novembro de 2008.

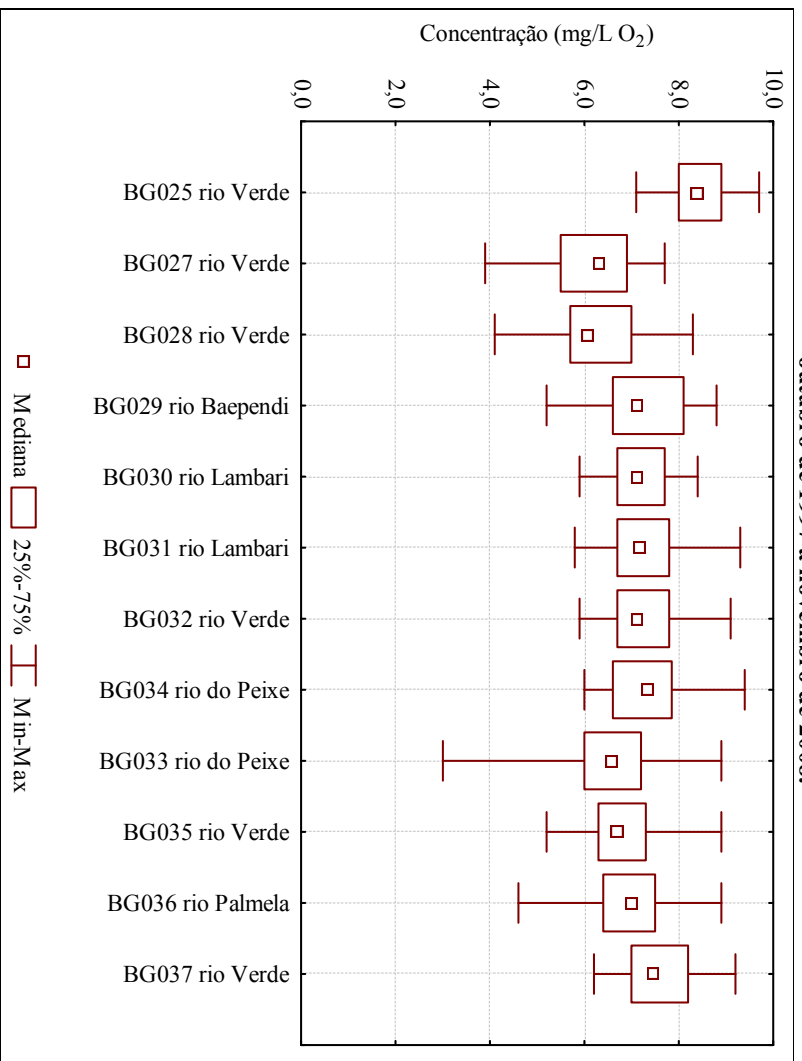


Figura N.30 - Gráfico *Box Plot* de dados de oxigênio dissolvido no período de outubro de 1997 a novembro de 2008.

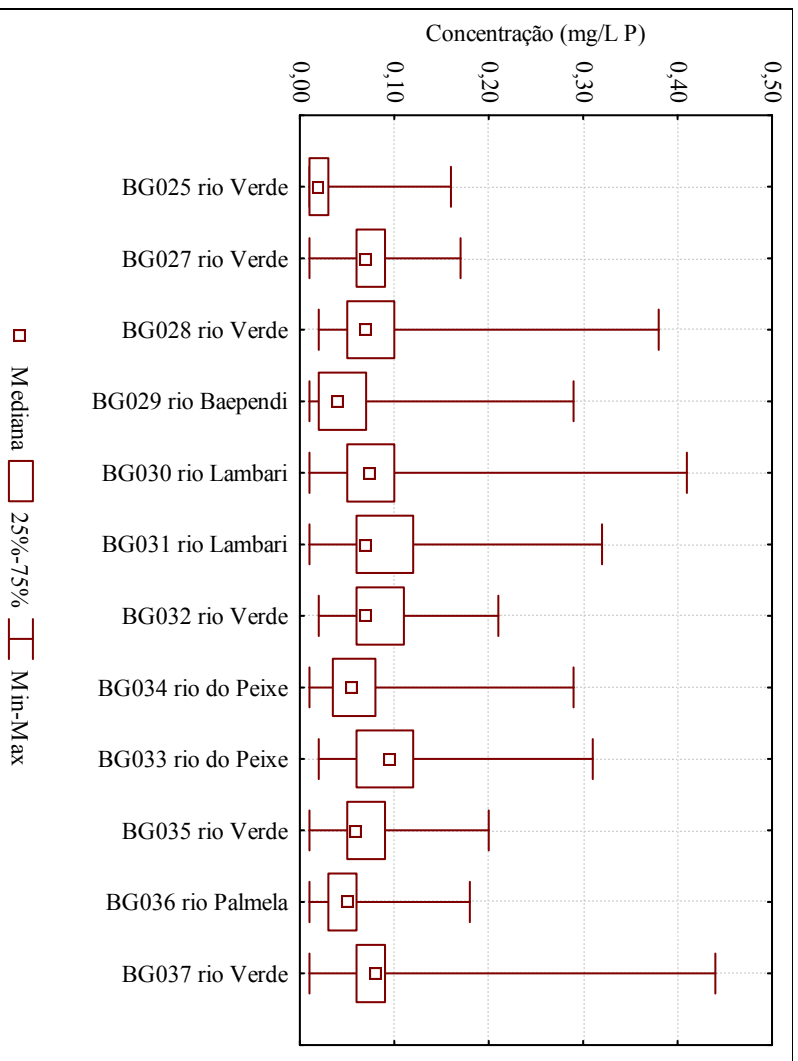


Figura N.31 - Gráfico *Box Plot* de dados de fósforo total no período de outubro de 1997 a novembro de 2008.

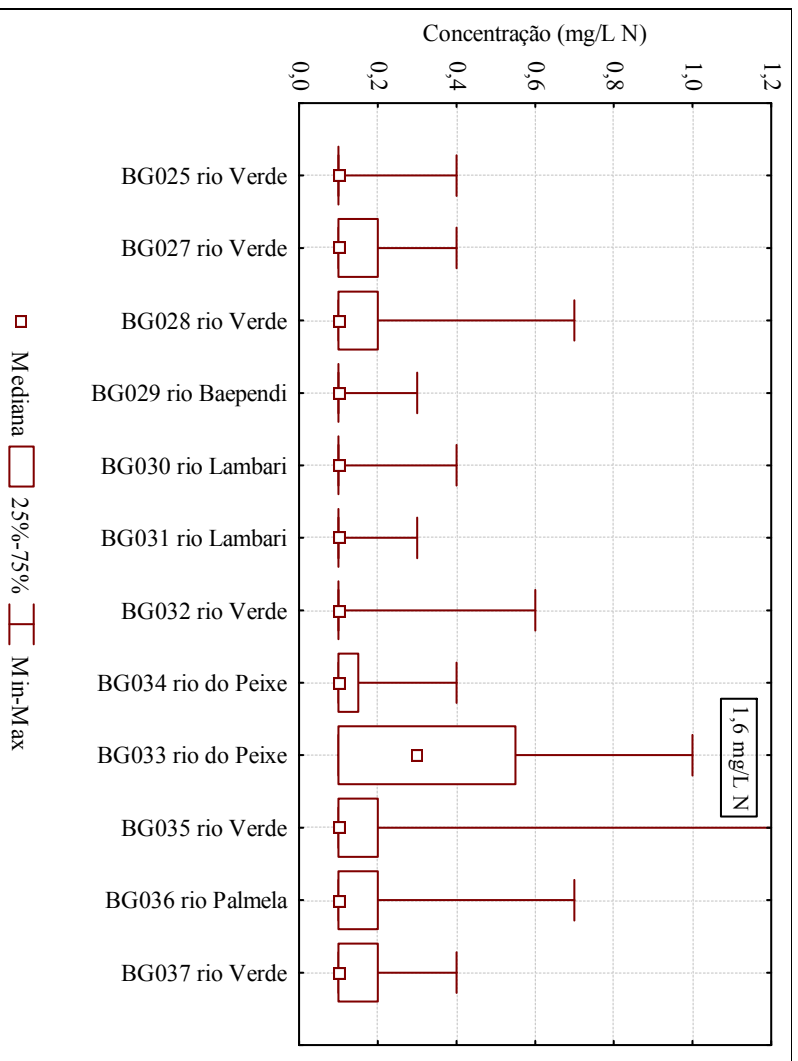


Figura N.32 - Gráfico *Box Plot* de dados de nitrogênio amoniacal total no período de outubro de 1997 a novembro de 2008.

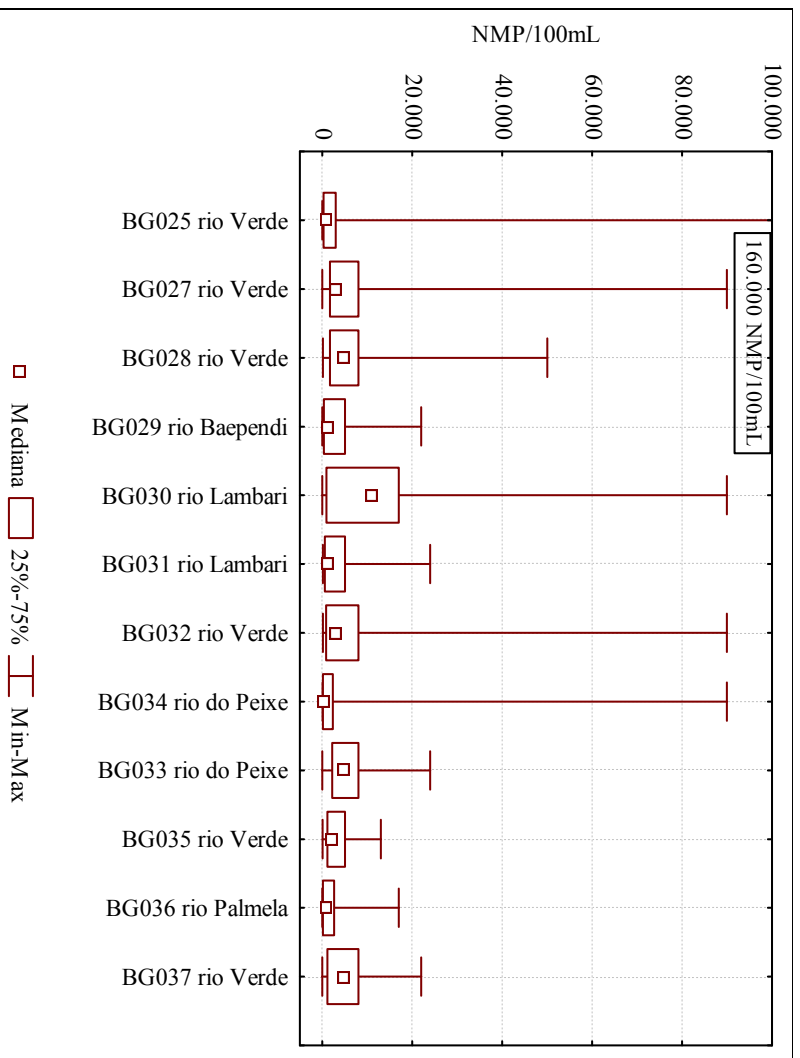


Figura N.33 - Gráfico Box Plot de dados de coliformes termotolerantes no período de outubro de 1997 a novembro de 2008.

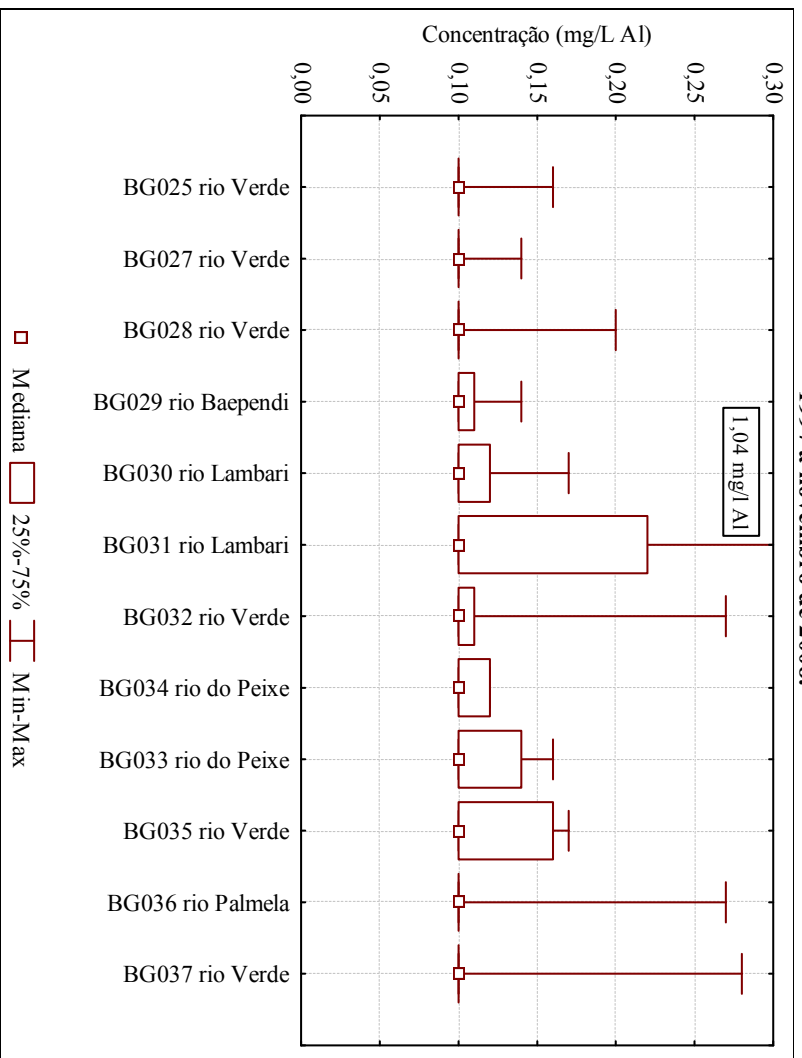


Figura N.34 - Gráfico Box Plot de dados de alumínio total no período de outubro de 1997 a novembro de 2008.

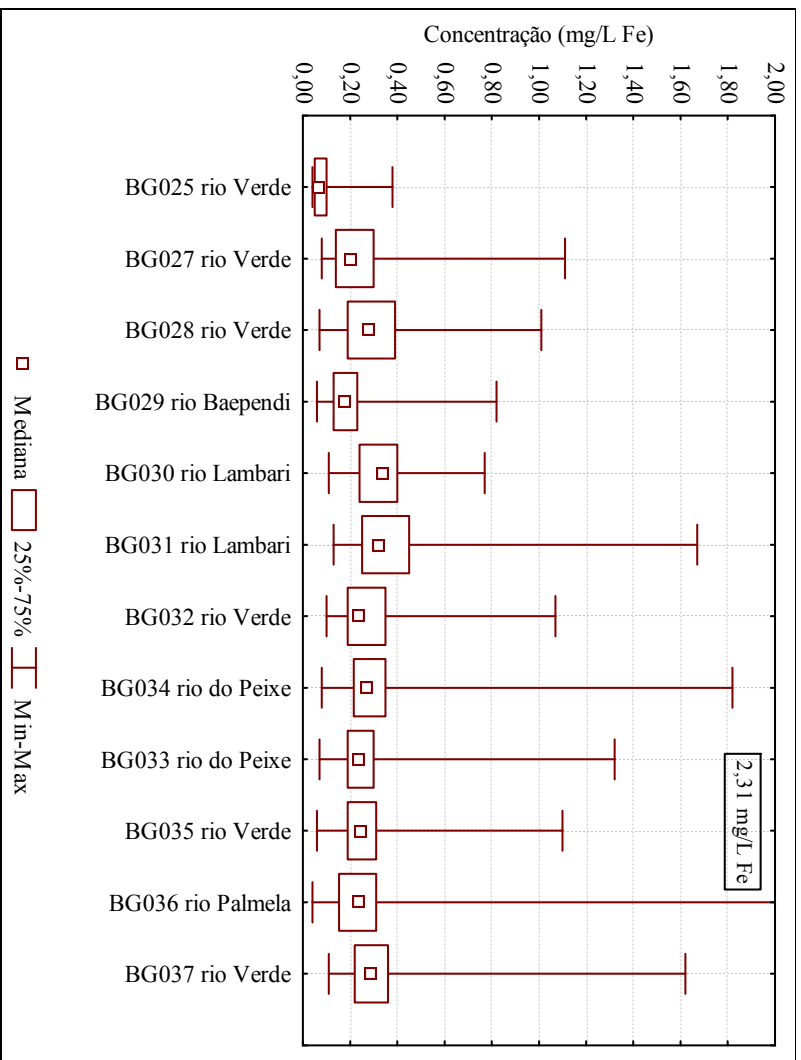


Figura N.35 - Gráfico *Box Plot* de dados de ferro dissolvido no período de outubro de 1997 a novembro de 2008.

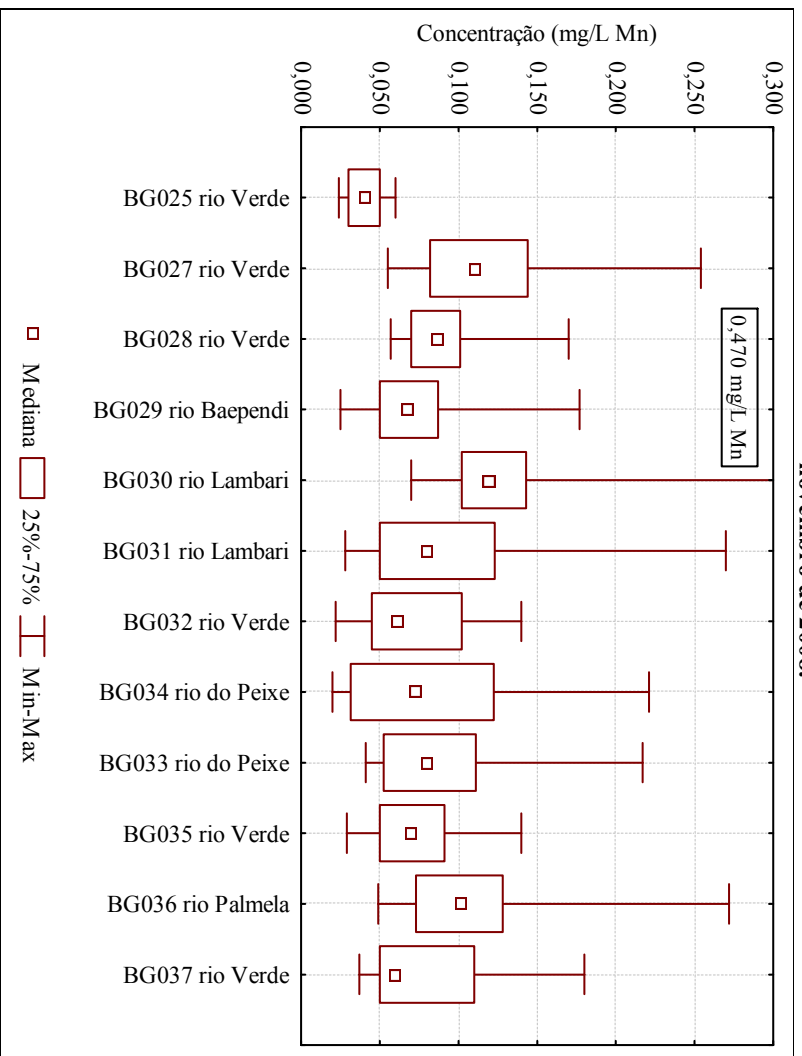


Figura N.36 - Gráfico *Box Plot* de dados de manganês total no período de outubro de 1997 a novembro de 2008.



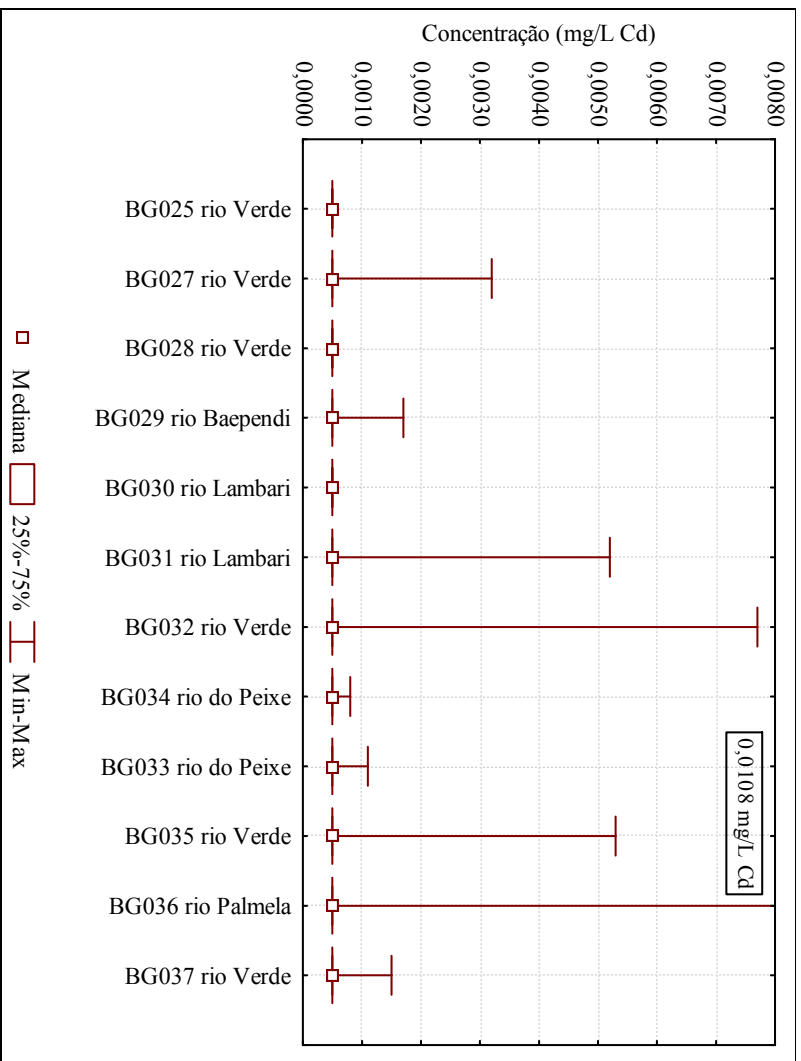


Figura N.37 - Gráfico *Box Plot* de dados de cádmio total no período de outubro de 1997 a novembro de 2008.

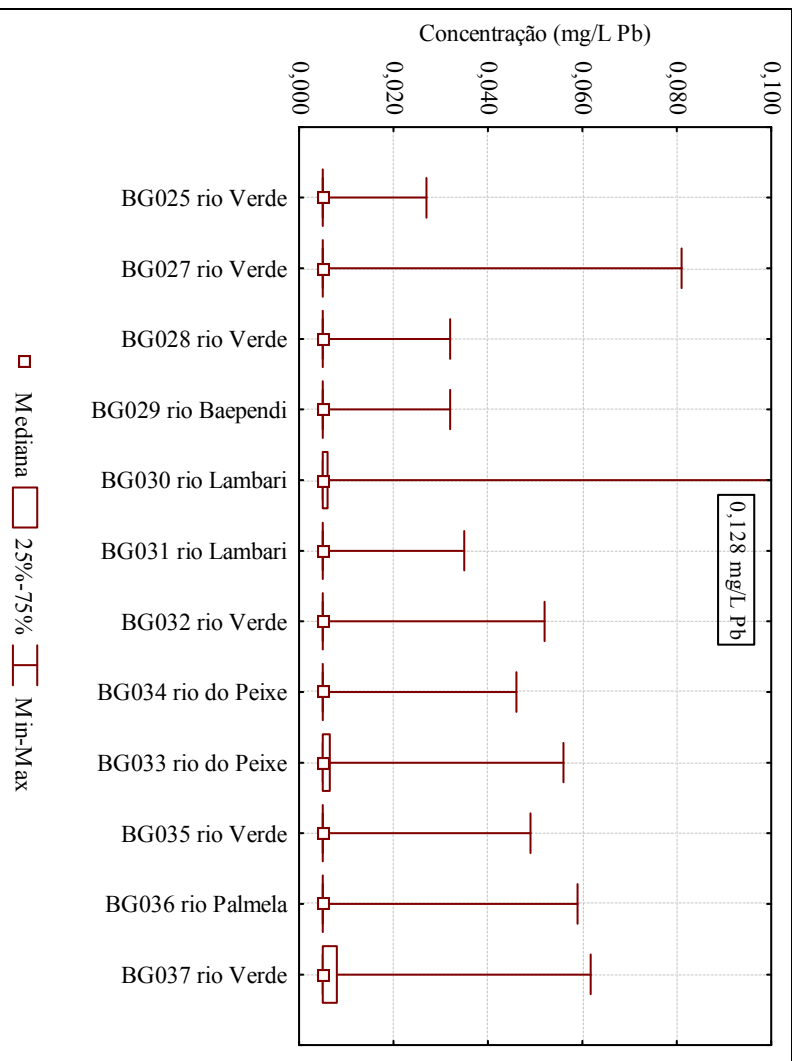


Figura N.38 - Gráfico *Box Plot* de Dados de Chumbo Total no Período de Outubro de 1997 a Novembro de 2008.

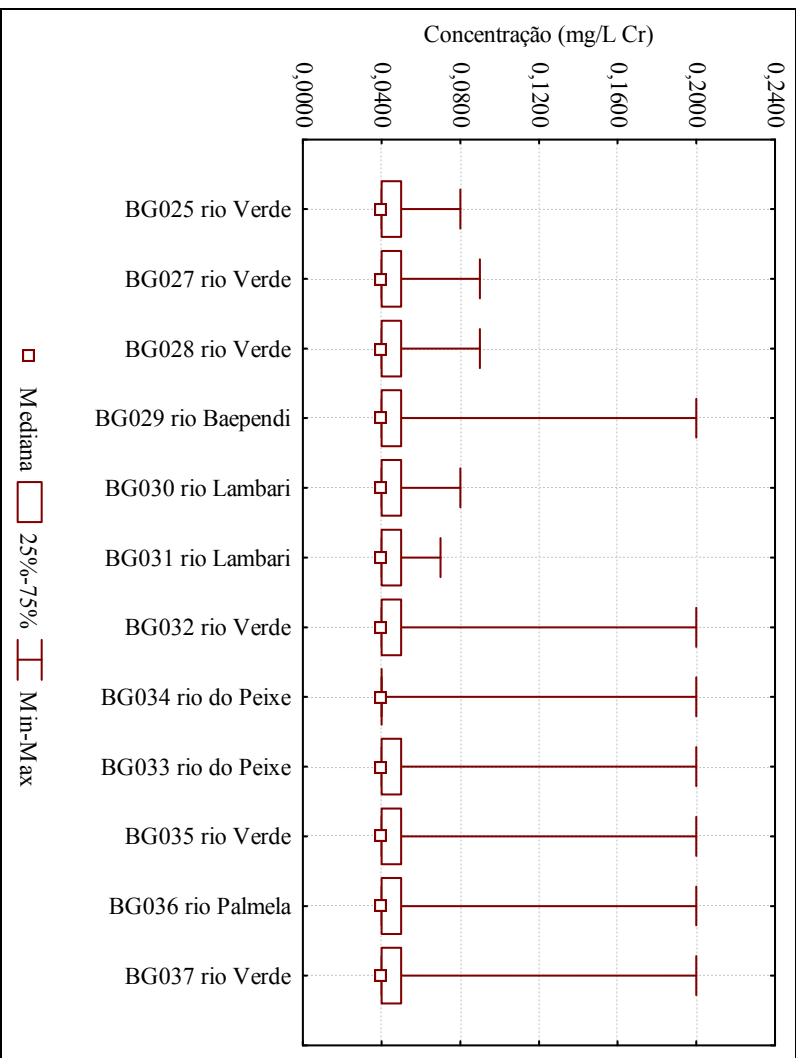


Figura N.39 - Gráfico *Box Plot* de dados de cromo total no período de outubro de 1997 a novembro de 2008.

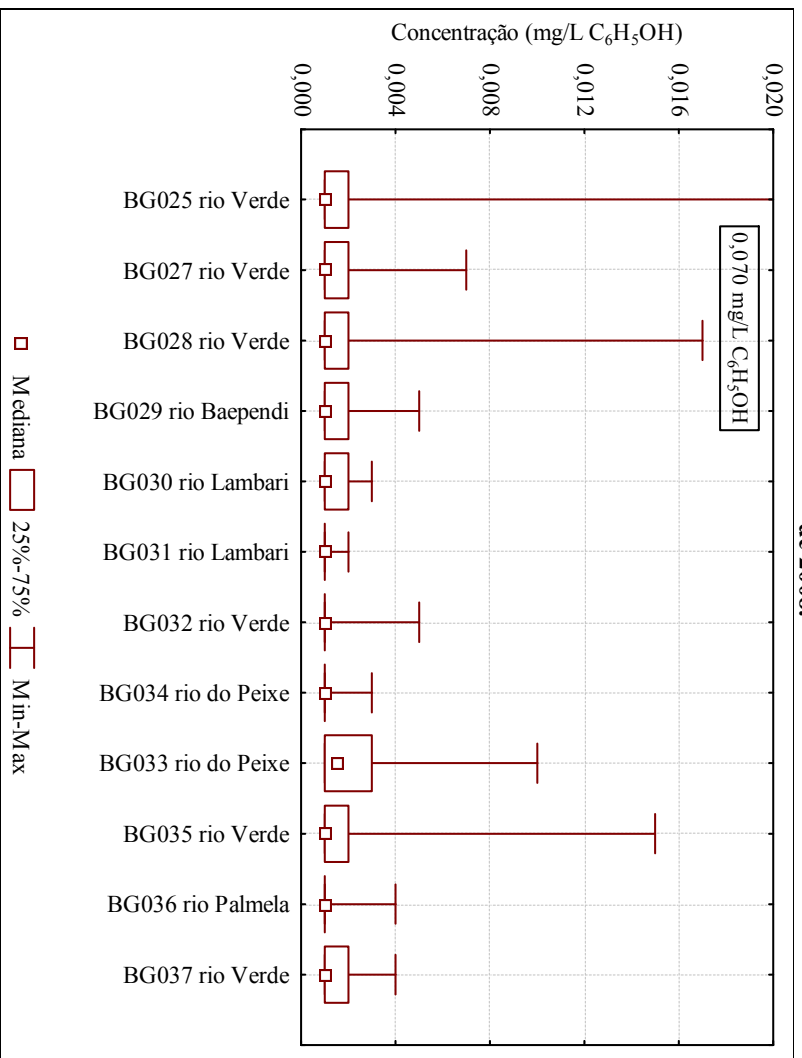


Figura N.40 - Gráfico *Box Plot* de dados de fenóis totais no período de outubro de 1997 a novembro de 2008.

**N41 – Condição Média da Qualidade das Águas em Relação ao Parâmetro Turbidez no Período de 2004 a 2008.**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

	Turbidez
<b>Classe 1</b>	Turb<40
<b>Classe 2</b>	Turb<100
<b>Classe 3</b>	Turb<100
<b>Classe 4</b>	-

Simbologia da hidrografia para o Enquadramento atual:

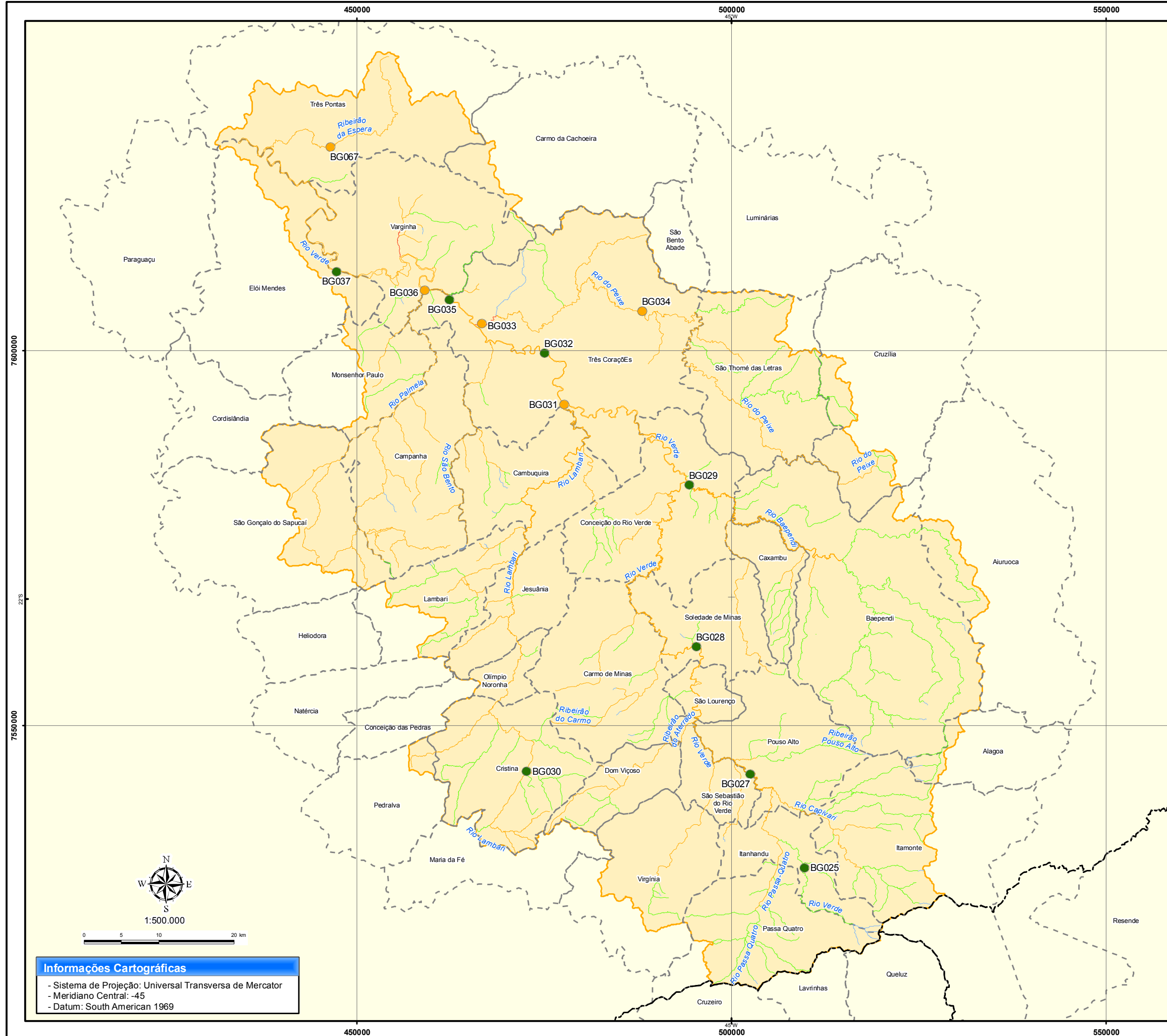
- Classe Especial
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

Convenções:

- Limite Estadual
- Limite da Bacia
- Limite Municipal

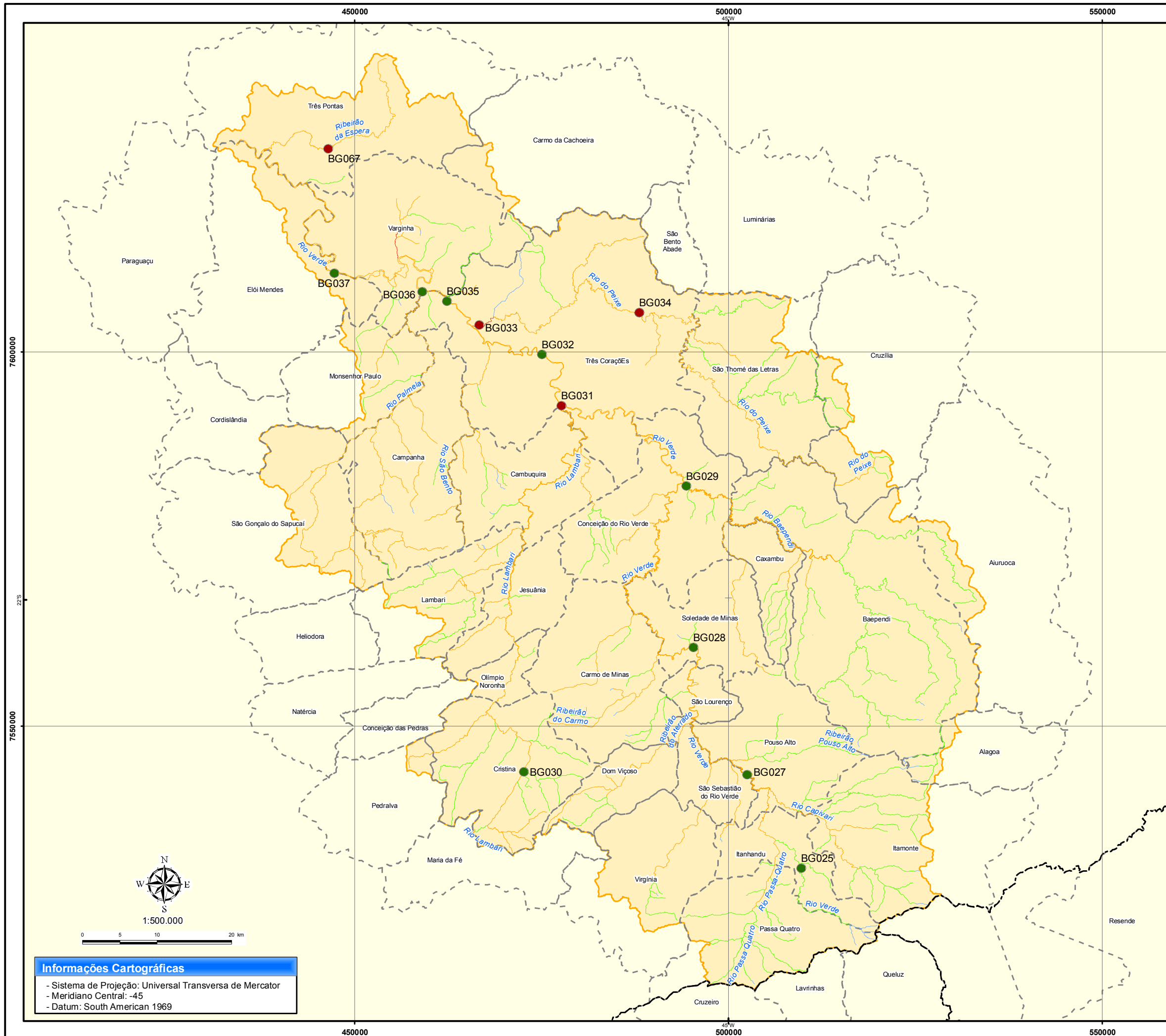
Fontes dos Dados:

- Limite da Bacia: Digitalizado a partir das cartas do IBGE
- Hidrografia: ANA
- Limite Municipal e Estadual: IBGE



**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969



## N 42 – Condição média da qualidade das águas em relação ao parâmetro cor verdadeira no período de 2004 a 2008.

Projeto:

### PDRH Rio Verde



Localização:



Legenda:

	Cor Verdadeira
Classe 1	Cor < 75
Classe 2	Cor < 75
Classe 3	Cor < 75
Classe 4	-

### Simbologia da hidrografia para o Enquadramento atual:

- Classe Especial
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

### Convenções:

- Limite Estadual
- Limite da Bacia
- Limite Municipal

### Fontes dos Dados:

- Limite da Bacia: Digitalizado a partir das cartas do IBGE
- Hidrografia: ANA
- Limite Municipal e Estadual: IBGE

### Informações Cartográficas

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969



**N 43 – Condição média da qualidade das águas em relação ao parâmetro DBO no período de 2004 a 2008.**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

	DBO
<b>Classe 1</b>	DBO < 3
<b>Classe 2</b>	DBO < 5
<b>Classe 3</b>	DBO < 10
<b>Classe 4</b>	-

Simbologia da hidrografia para o Enquadramento atual:

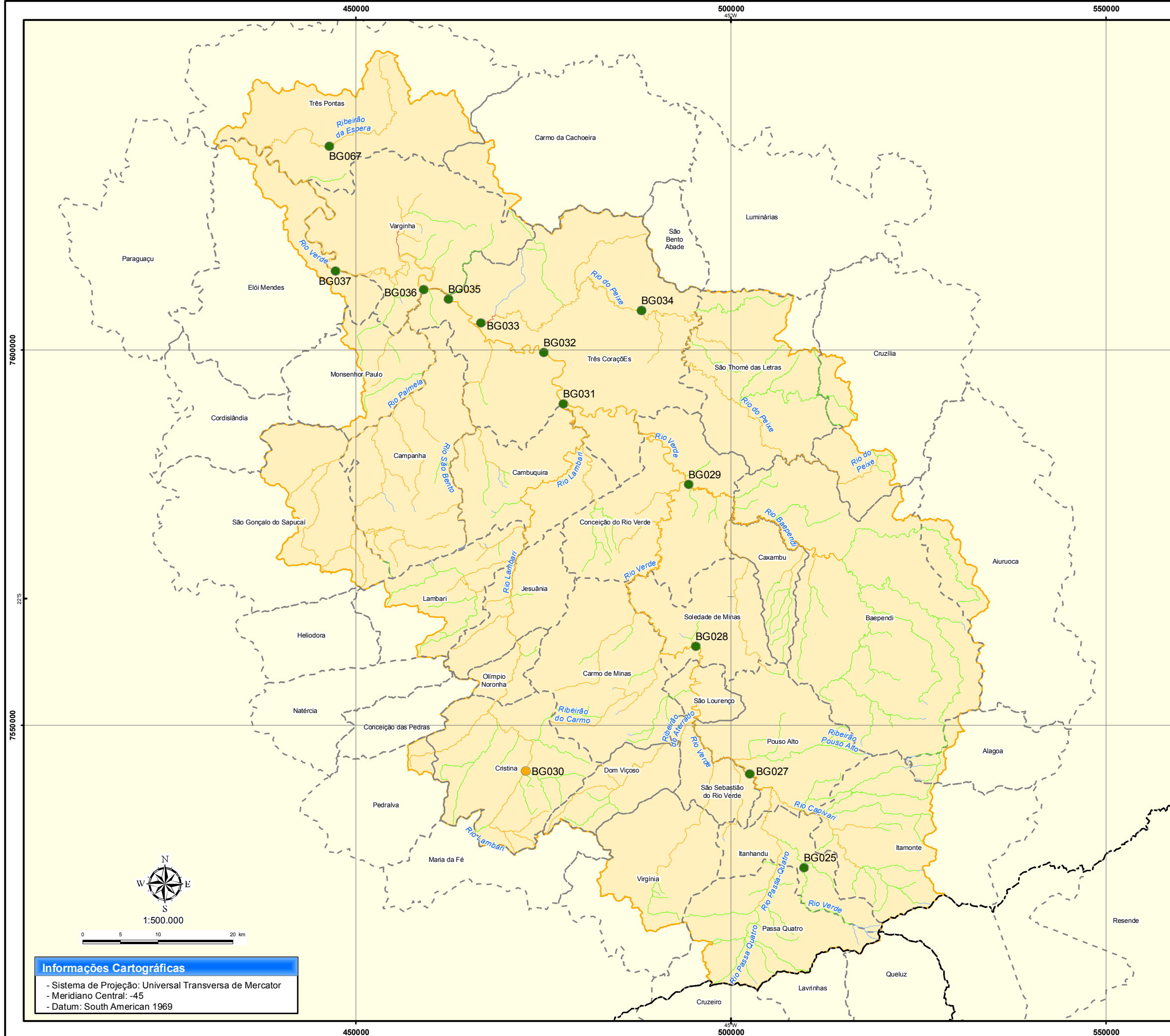
- Classe Especial
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

Convenções:

- Limite Estadual
- Limite da Bacia
- Limite Municipal

Fontes dos Dados:

- Limite da Bacia: Digitalizado a partir das cartas do IBGE
- Hidrografia: ANA
- Limite Municipal e Estadual: IBGE



**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969

**N 44 – Condição média da qualidade das águas em relação ao parâmetro OD no período de 2004 a 2008.**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

	OD
Classe 1	OD >= 6
Classe 2	OD >= 5
Classe 3	OD >= 4
Classe 4	OD >= 2
	Fora de Classe

Simbologia da hidrografia para o Enquadramento atual:

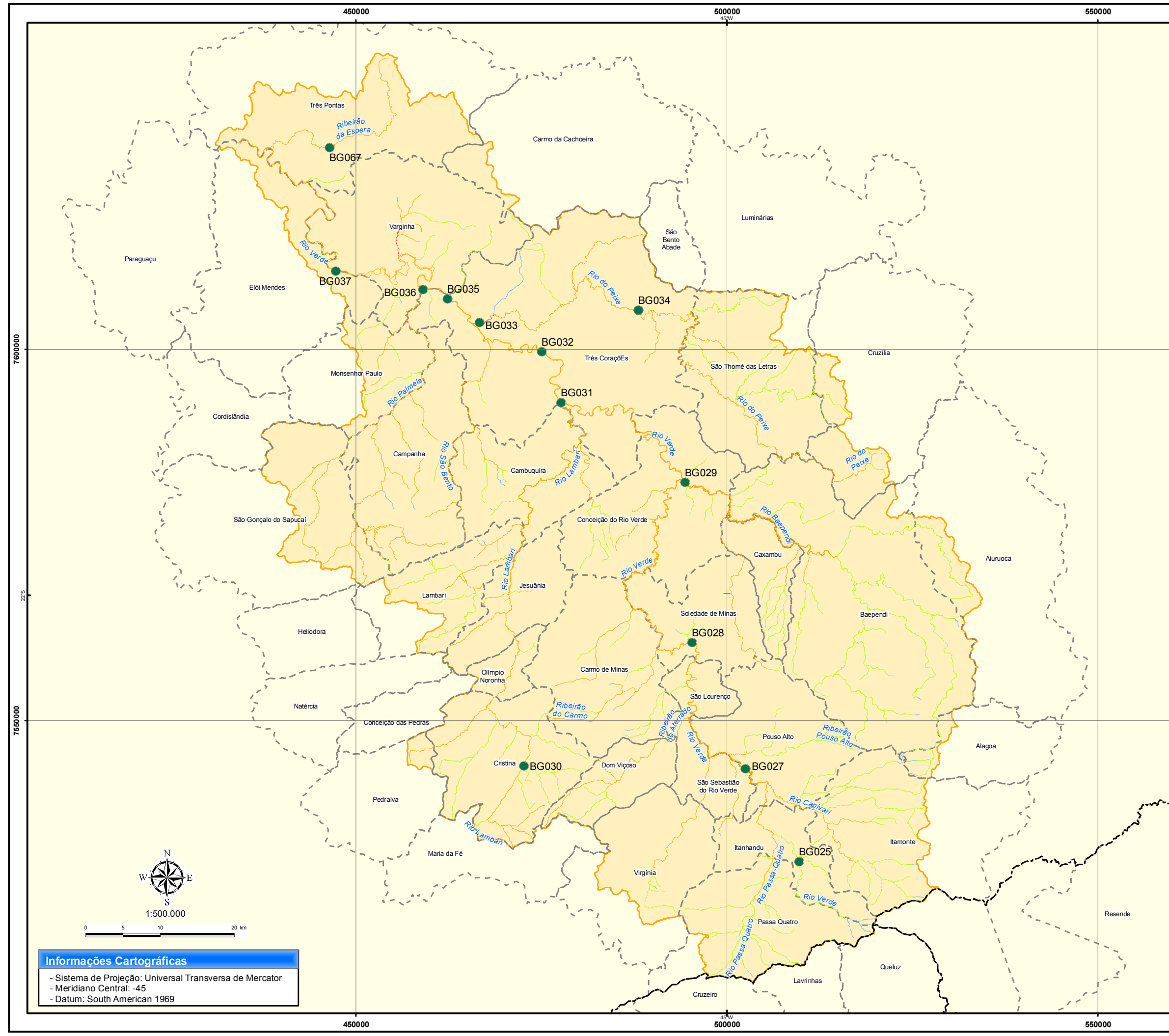
- Classe Especial
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

Convenções:

- Limite Estadual
- Limite da Bacia
- Limite Municipal

Fontes dos Dados:

- Limite da Bacia: Digitalizado a partir das cartas do IBGE
- Hidrografia: ANA
- Limite Municipal e Estadual: IBGE



**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969



**N 45 – Condição média da qualidade das águas em relação ao parâmetro fósforo total no período de 2004 a 2008.**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

Fósforo Total	
<b>Classe 1</b>	Conc P ≤ 0,1
<b>Classe 2</b>	Conc P ≤ 0,1
<b>Classe 3</b>	Conc P ≤ 0,15
<b>Classe 4</b>	-

Simbologia da hidrografia para o Enquadramento atual:

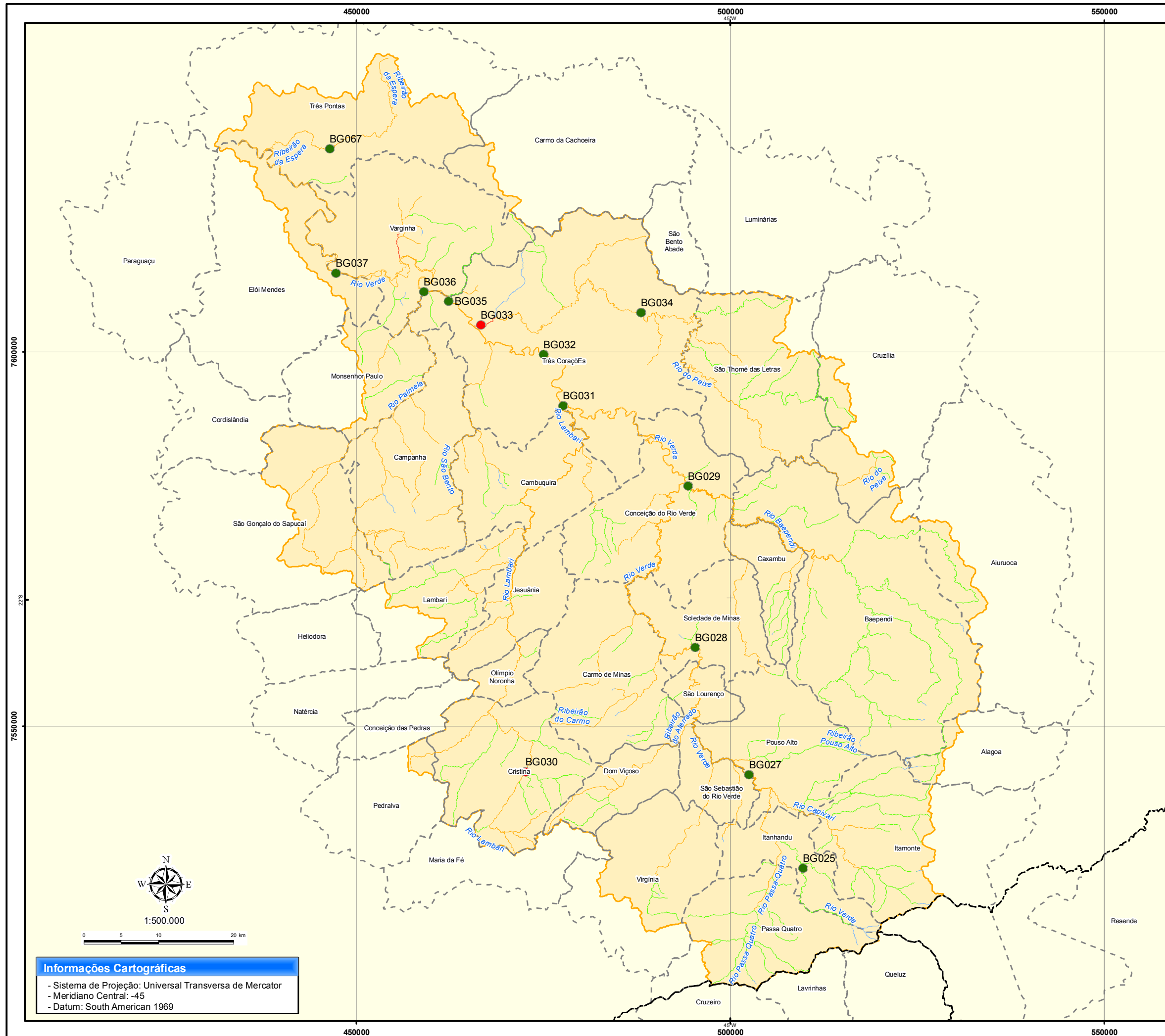
- Classe Especial
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

Convenções:

- Limite Estadual
- Limite da Bacia
- Limite Municipal

Fontes dos Dados:

- Limite da Bacia: Digitalizado a partir das cartas do IBGE
- Hidrografia: ANA
- Limite Municipal e Estadual: IBGE



**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969

**N 46 – Condição média da qualidade das águas em relação ao parâmetro coliformes termotolerantes no período de 2004 a 2008.**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

Coliformes Termotolerantes	
<b>Classe 1</b>	Coli Termo < 200
<b>Classe 2</b>	Coli Termo < 1000
<b>Classe 3</b>	Coli Termo < 4000
<b>Classe 4</b>	-

Simbologia da hidrografia para o Enquadramento atual:

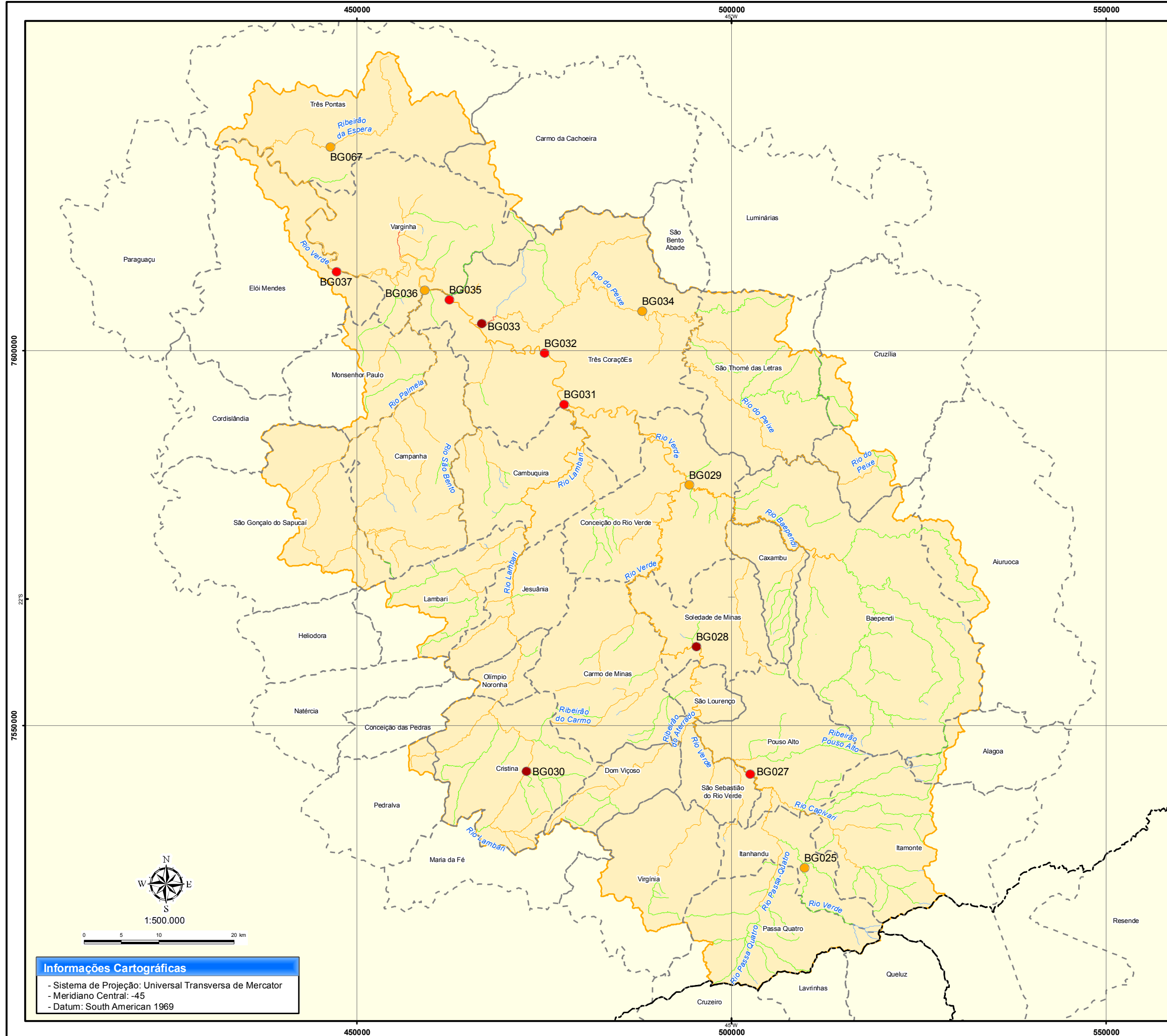
- Classe Especial
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

Convenções:

- Limite Estadual
- Limite da Bacia
- Limite Municipal

Fontes dos Dados:

- Limite da Bacia: Digitalizado a partir das cartas do IBGE
- Hidrografia: ANA
- Limite Municipal e Estadual: IBGE



**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969



1:500.000  
0 5 10 20 km



**N 47 – Condição média da qualidade das águas em relação ao parâmetro alumínio dissolvido no período de 2004 a 2008.**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

Alumínio Dissolvido	
<b>Classe 1</b>	Conc Al < 0,1
<b>Classe 2</b>	Conc Al < 0,1
<b>Classe 3</b>	Conc Al < 0,2
<b>Classe 4</b>	-

Simbologia da hidrografia para o Enquadramento atual:

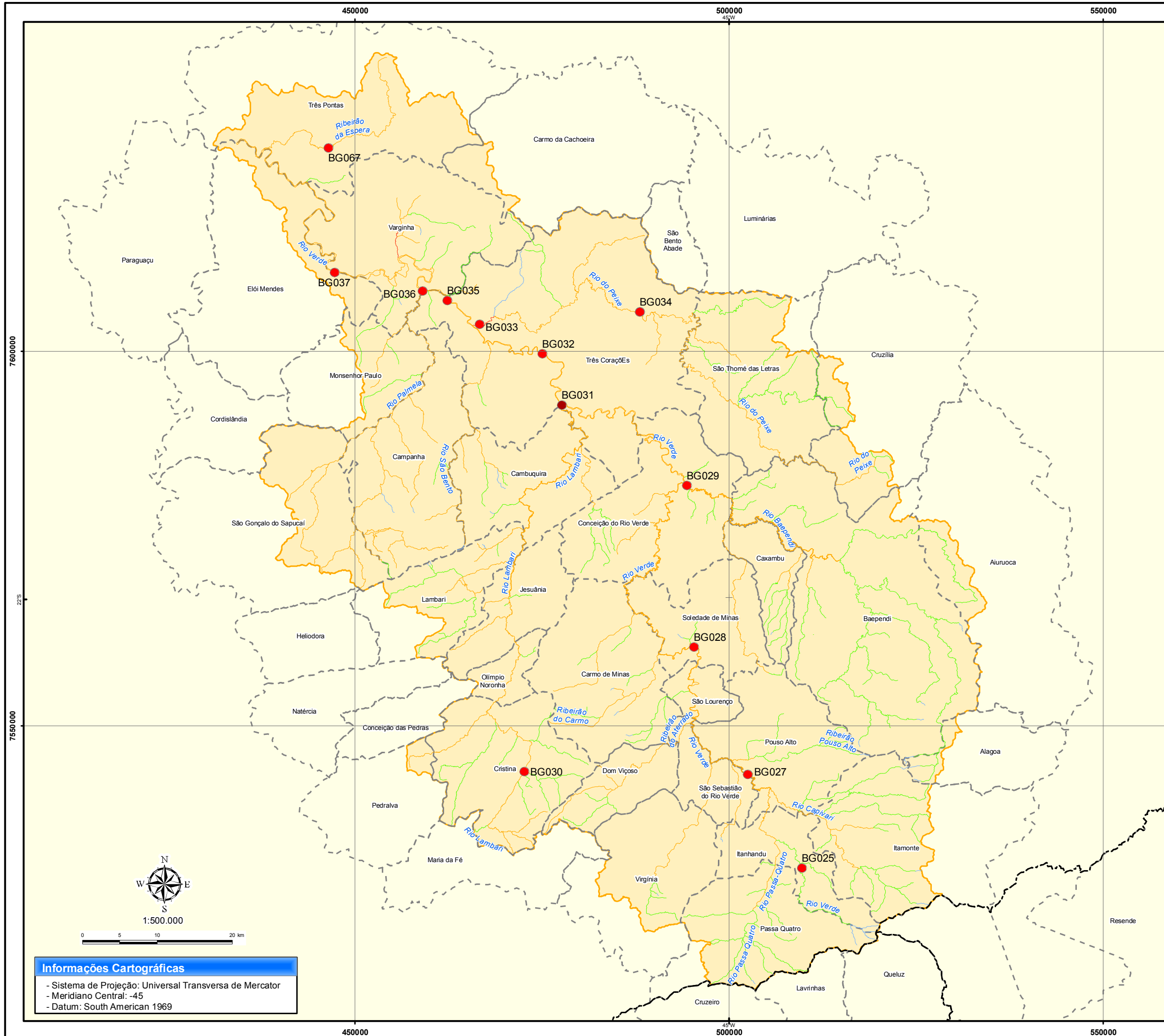
- Classe Especial
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

Convenções:

- Limite Estadual
- Limite da Bacia
- Limite Municipal

Fontes dos Dados:

- Limite da Bacia: Digitalizado a partir das cartas do IBGE
- Hidrografia: ANA
- Limite Municipal e Estadual: IBGE



**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969

**N 48 – Condição média da qualidade das águas em relação ao parâmetro ferro dissolvido no período de 2004 a 2008.**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

Ferro Dissolvido	
<b>Classe 1</b>	Conc Fe < 0,30
<b>Classe 2</b>	Conc Fe < 0,30
<b>Classe 3</b>	Conc Fe < 5,0
<b>Classe 4</b>	-

Simbologia da hidrografia para o Enquadramento atual:

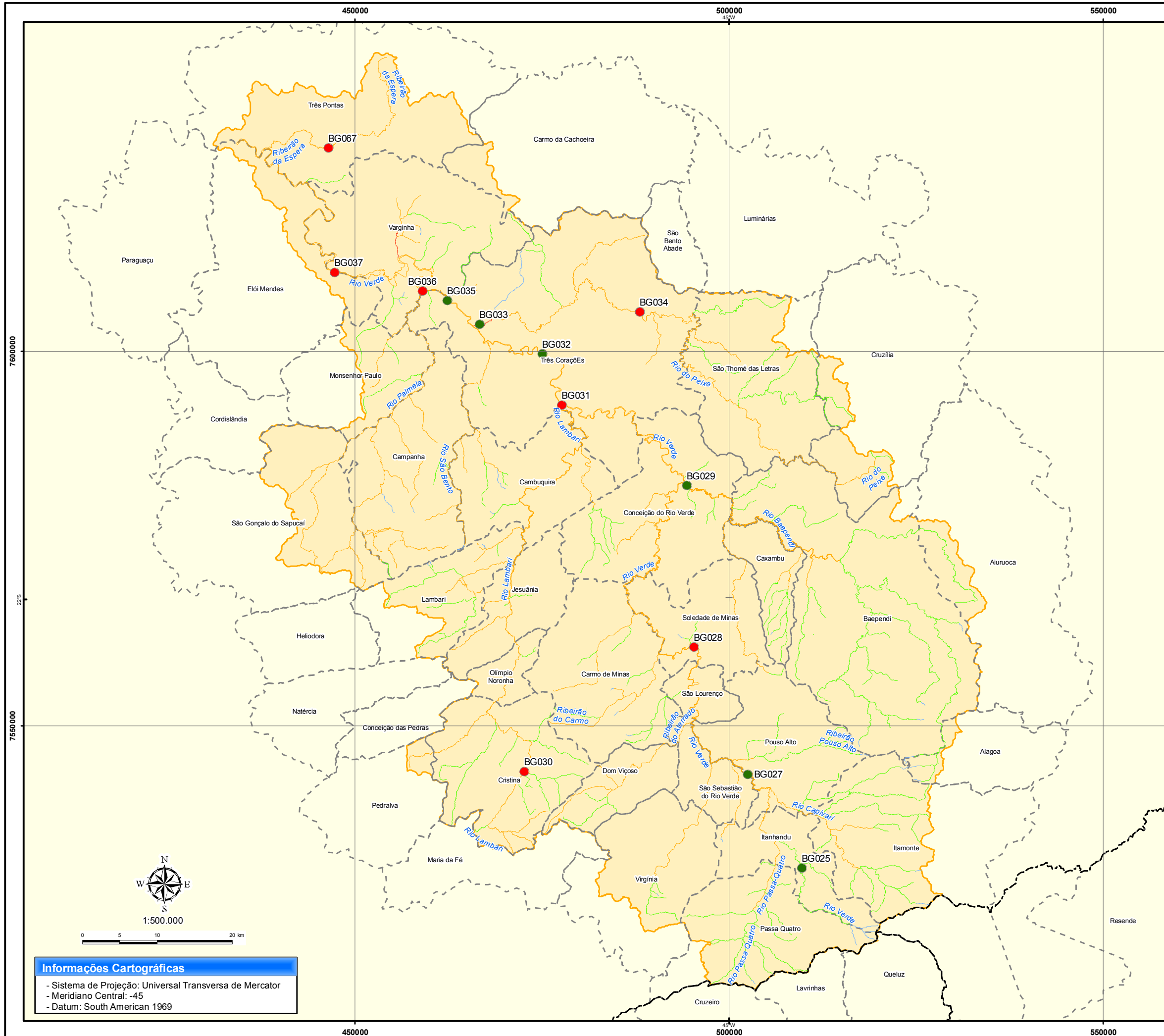
- Classe Especial
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

Convenções:

- Limite Estadual
- Limite da Bacia
- Limite Municipal

Fontes dos Dados:

- Limite da Bacia: Digitalizado a partir das cartas do IBGE
- Hidrografia: ANA
- Limite Municipal e Estadual: IBGE



**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969



**N 49 – Condição média da qualidade das águas em relação ao parâmetro manganês total no período de 2004 a 2008.**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

Manganês Total	
<b>Classe 1</b>	Conc Mn < 0,10
<b>Classe 2</b>	Conc Mn < 0,10
<b>Classe 3</b>	Conc Mn < 0,5
<b>Classe 4</b>	-

Simbologia da hidrografia para o Enquadramento atual:

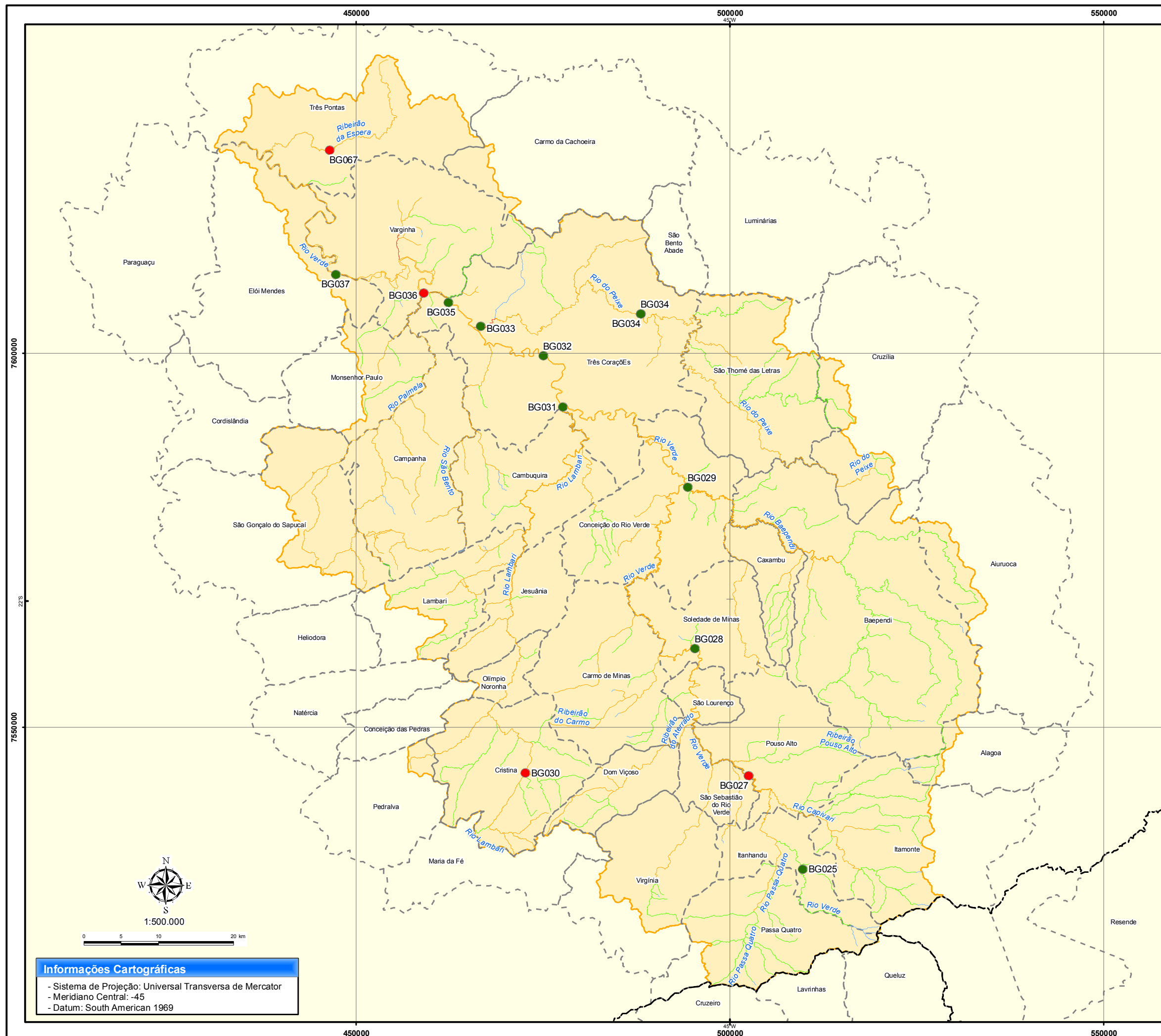
- Classe Especial
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

Convenções:

- Limite Estadual
- Limite da Bacia
- Limite Municipal

Fontes dos Dados:

- Limite da Bacia: Digitalizado a partir das cartas do IBGE
- Hidrografia: ANA
- Limite Municipal e Estadual: IBGE



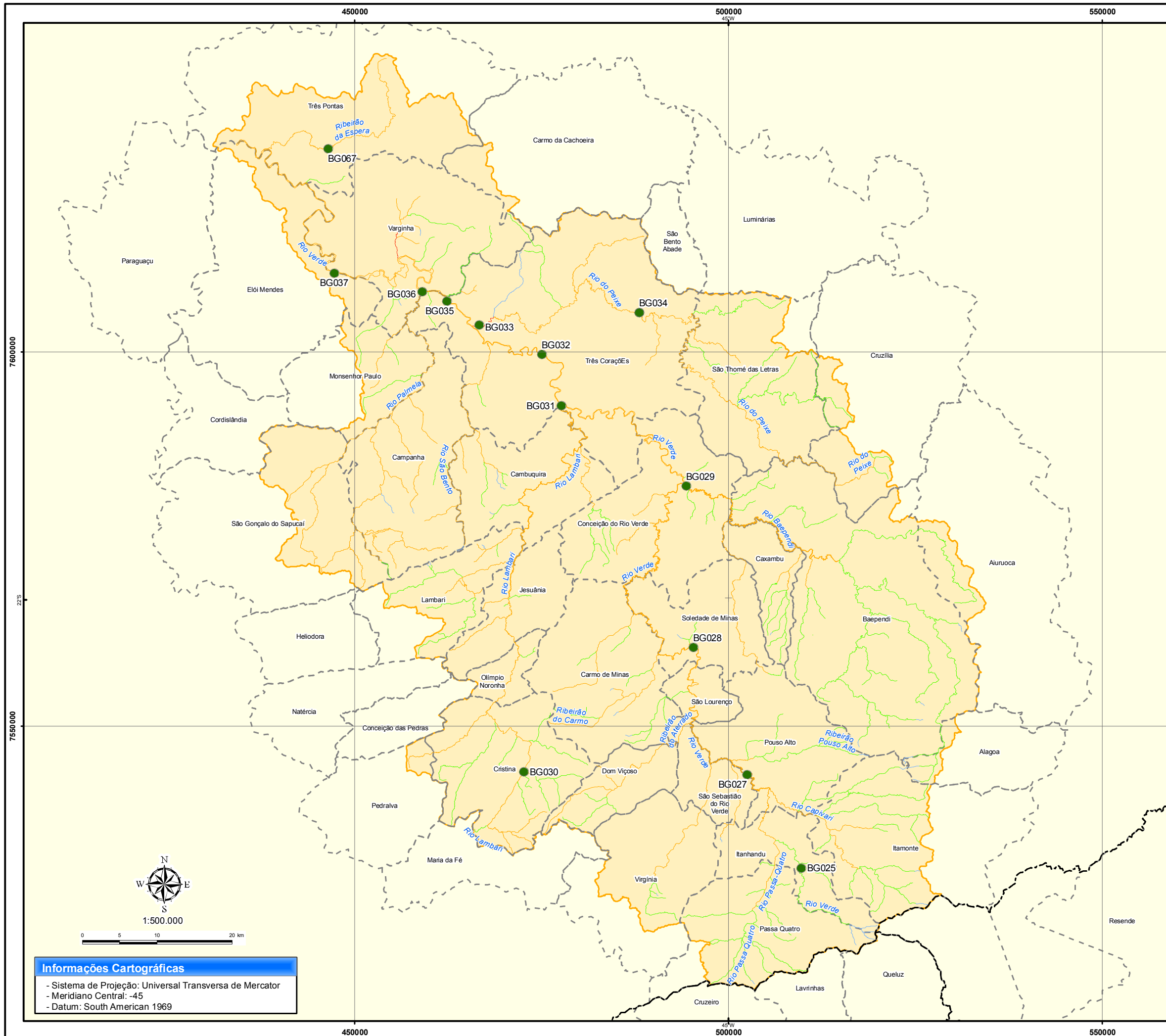
**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969



1:500.000





**N 50 – Condição média da qualidade das águas em relação ao parâmetro cádmio total no período de 2004 a 2008.**

Projeto:



Localização:



Legenda:

	Cádmio Total
<b>Classe 1</b>	Conc Cd < 0,001
<b>Classe 2</b>	Conc Cd < 0,001
<b>Classe 3</b>	Conc Cd < 0,01
<b>Classe 4</b>	-

Simbologia da hidrografia para o Enquadramento atual:

- Classe Especial
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

Convenções:

- Limite Estadual
- Limite Municipal
- Limite da Bacia

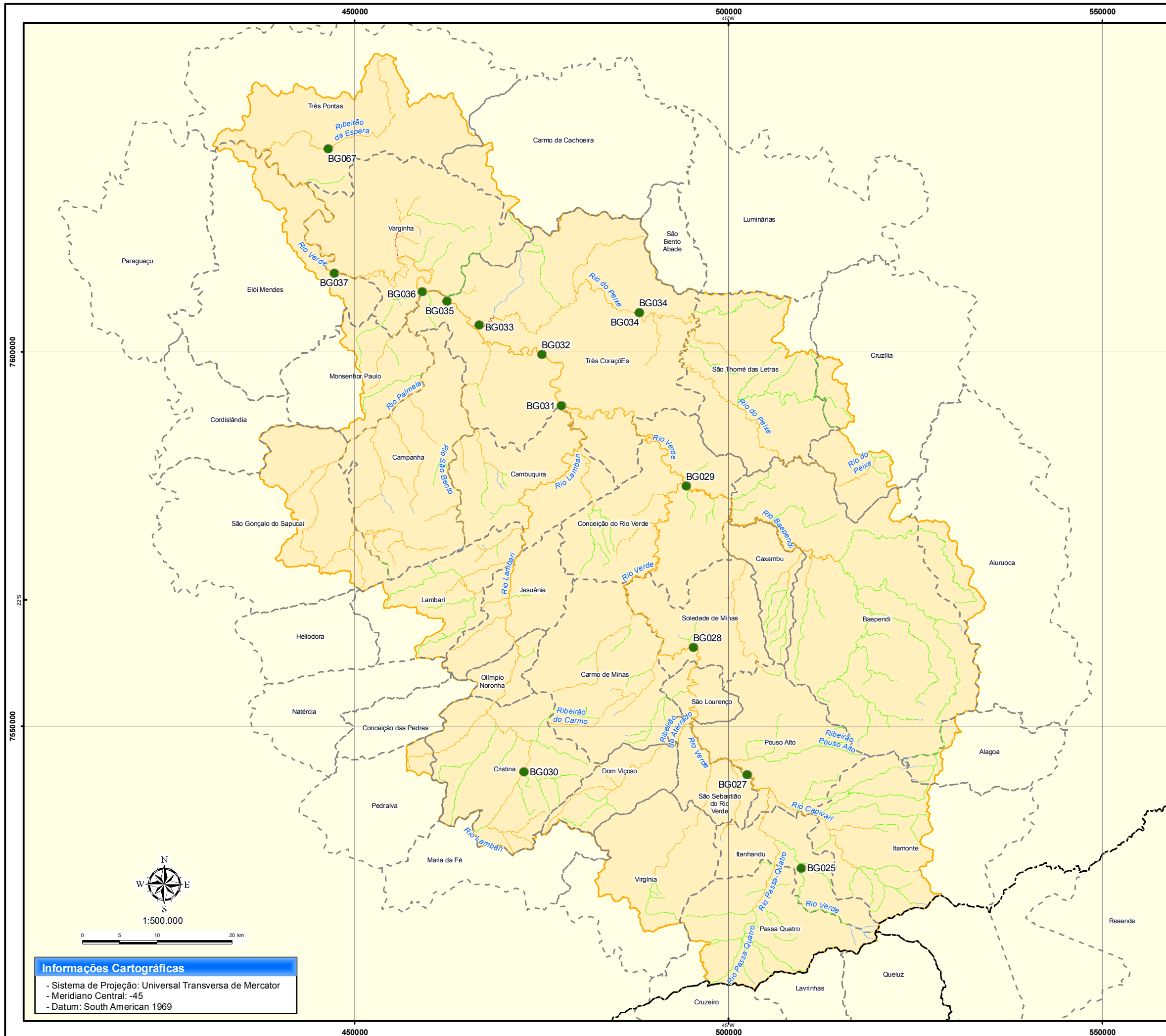
Fontes dos Dados:

- Limite da Bacia: Digitalizado a partir das cartas do IBGE
- Hidrografia: ANA
- Limite Municipal e Estadual: IBGE

**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969





**N 51 – Condição média da qualidade das águas em relação ao parâmetro chumbo total no período de 2004 a 2008.**

Projeto:



Localização:



Legenda:

	Chumbo Total
<b>Classe 1</b>	Conc Pb < 0,01
<b>Classe 2</b>	Conc Pb < 0,01
<b>Classe 3</b>	Conc Pb < 0,033
<b>Classe 4</b>	-

Simbologia da hidrografia para o Enquadramento atual:

- Classe Especial
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

Convenções:

- Limite Estadual
- Limite da Bacia
- Limite Municipal

Fontes dos Dados:

- Limite da Bacia: Digitalizado a partir das cartas do IBGE
- Hidrografia: ANA
- Limite Municipal e Estadual: IBGE

**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969

**N 52 – Condição média da qualidade das águas em relação ao parâmetro cromo total no período de 2004 a 2008.**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

	Cromo Total
<b>Classe 1</b>	Conc Cr < 0,05
<b>Classe 2</b>	Conc Cr < 0,05
<b>Classe 3</b>	Conc Cr < 0,05
<b>Classe 4</b>	-

Simbologia da hidrografia para o Enquadramento atual:

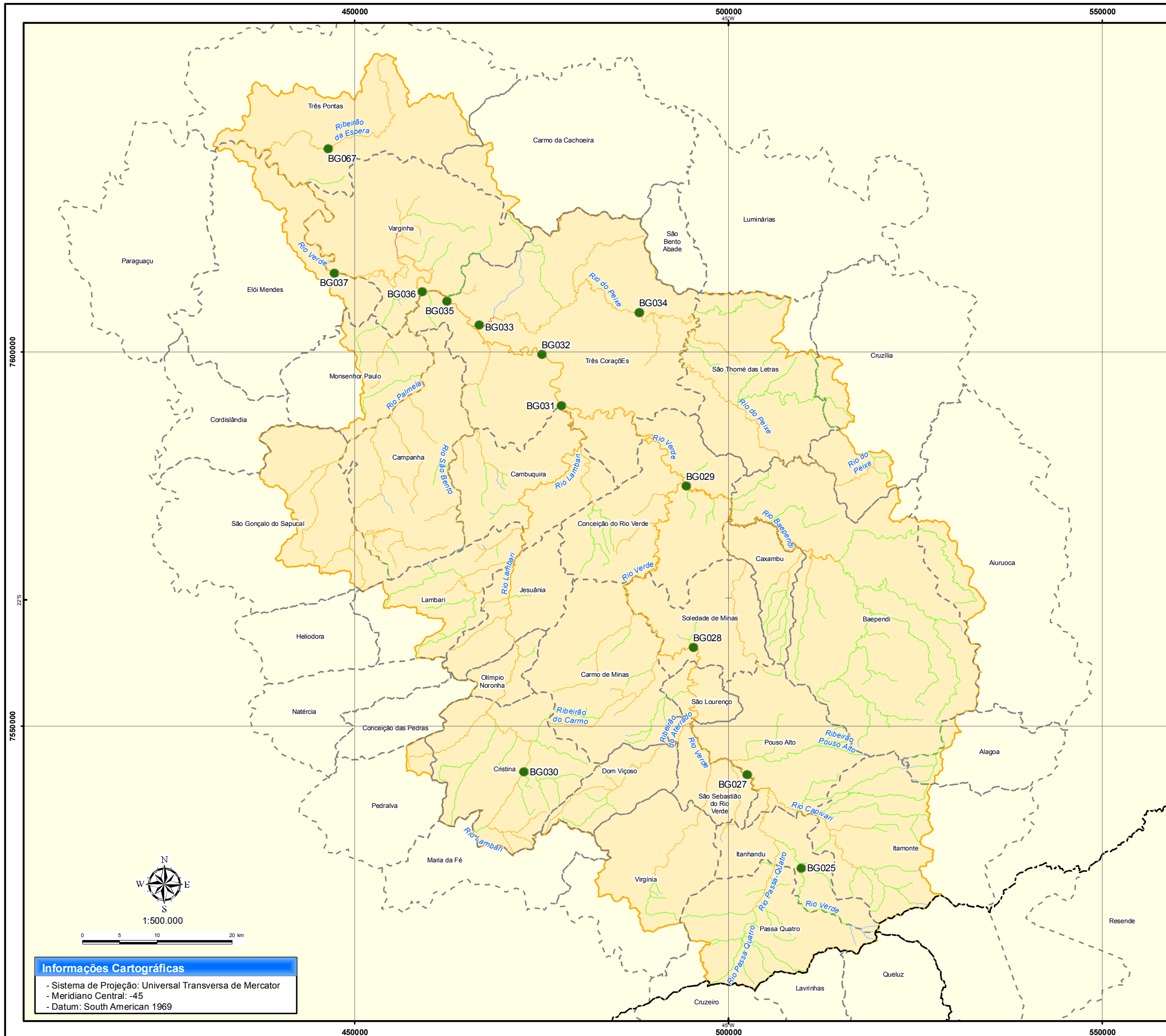
- Classe Especial
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

Convenções:

- Limite Estadual
- Limite da Bacia
- Limite Municipal

Fontes dos Dados:

- Limite da Bacia: Digitalizado a partir das cartas do IBGE
- Hidrografia: ANA
- Limite Municipal e Estadual: IBGE



**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969



**N 53 – Condição média da qualidade das águas em relação ao parâmetro fenóis totais no período de 2004 a 2008.**

Projeto:

**PDRH Rio Verde**



Localização:



Legenda:

Fenóis Totais	
<b>Classe 1</b>	Conc $C_6H_5OH \leq 0,003$
<b>Classe 2</b>	Conc $C_6H_5OH \leq 0,003$
<b>Classe 3</b>	Conc $C_6H_5OH \leq 0,01$
<b>Classe 4</b>	-

Simbologia da hidrografia para o Enquadramento atual:

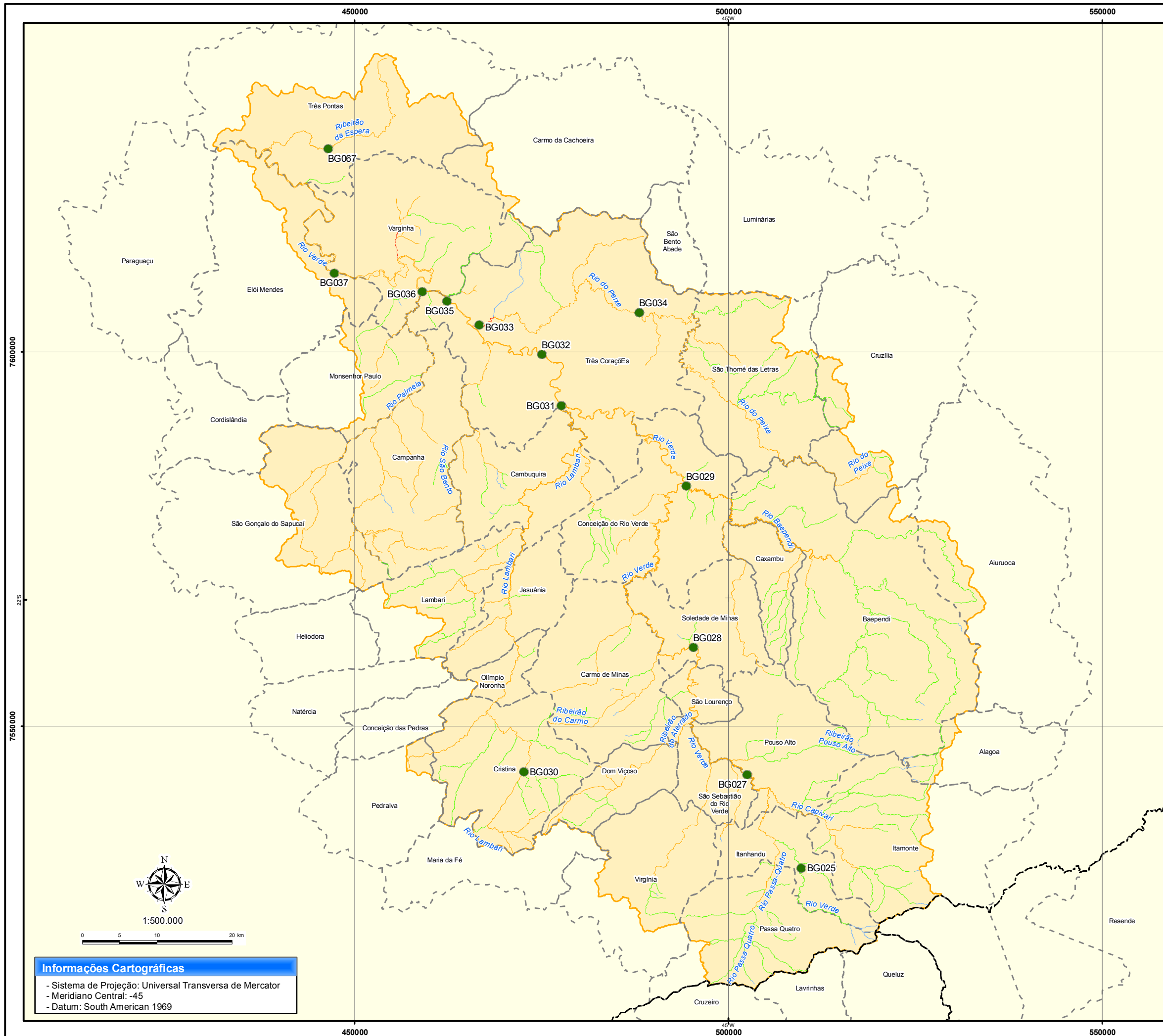
- Classe Especial
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

Convenções:

- Limite Estadual
- Limite da Bacia
- Limite Municipal

Fontes dos Dados:

- Limite da Bacia: Digitalizado a partir das cartas do IBGE
- Hidrografia: ANA
- Limite Municipal e Estadual: IBGE



**Informações Cartográficas**

- Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
- Meridiano Central: -45
- Datum: South American 1969