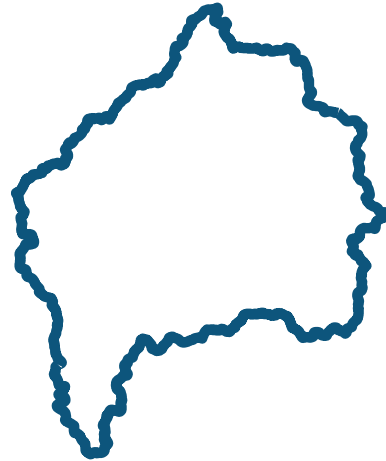


# PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ENTORNO DA REPRESA TRÊS MARIAS



## R5- RELATÓRIO FINAL FASE A - DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO E CENÁRIOS DE DESENVOLVIMENTO

VOLUME I - MEIO FÍSICO-BIÓTICO E DISPONIBILIDADES HÍDRICAS

CONTRATO Nº001/2013  
CONVÊNIO SEMAD/IGAM Nº1371010401210



Fonte: Acervo Gama Engenharia

**COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ENTORNO DA REPRESA DE TRÊS MARIAS  
CBH - SF4**

**PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO ENTORNO DA REPRESA TRÊS MARIAS**

**R5 - RELATÓRIO FINAL  
FASE A - DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO  
E CENÁRIOS DE DESENVOLVIMENTO**

**VOLUME I - MEIO FÍSICO-BIÓTICO E DISPONIBILIDADES HÍDRICAS**

**CONTRATO Nº001/2013  
CONVÊNIO SEMAD/IGAM Nº1371010401210**

**GAMA ENGENHARIA E RECURSOS HÍDRICOS LTDA.  
MACEIÓ/AL - JULHO/2015**

## **GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

### **GOVERNADOR**

Fernando Damata Pimentel

## **SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – SEMAD**

### **SECRETÁRIO**

Luiz Sávio de Souza Cruz

## **INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM**

### **DIRETORA GERAL**

Maria de Fátima Chagas Dias Coelho

### **CHEFE DE GABINETE**

Moacir Moreira da Assunção

## **DIRETORIA DE GESTÃO DAS ÁGUAS E APOIO AOS COMITÊS DE BACIA**

### **DIRETOR**

Breno Esteves Lasmar

## **DIRETORIA DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E MONITORAMENTO DAS ÁGUAS**

### **DIRETOR**

Marley Caetano de Mendonça

## **GERÊNCIA DE PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS E ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA**

### **GERENTE**

Nádia Antônia Pinheiro Santos (até outubro de 2014)

Robson Rodrigues dos Santos

## **EQUIPE TÉCNICA – IGAM**

### **COORDENAÇÃO TÉCNICA E ACOMPANHAMENTO**

Allan de Oliveira Mota – GPRHE

Analista Ambiental – Biólogo

Gestor do Convênio SEMAD/IGAM N°1371010401210

## **COLABORADORES TÉCNICOS**

Polyanna Custódio Duarte – Biólogo - GPRHE

Robson Rodrigues dos Santos – Geógrafo - GPRHE

Túlio Bahia Alves – Sociólogo - GPRHE

Laura Bertolino de Souza Lima – Geógrafa - GPRHE

Janis Lawren da Costa Santos – Estagiária Eng. Ambiental - GPRHE

Anna Marina do Couto Santos – Engenheira Civil – GPRHE

Sonia de Souza Ferreira – Geógrafa - GECOB

## **DIRETORIA DO COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ENTORNO DA REPRESA DE TRÊS MARIAS**

### **PRESIDENTE**

Silvia Freedman Ruas Durães – Instituto Opará Cultura, Meio Ambiente e Cidadania

### **VICE PRESIDENTE**

Eduardo Luis Rigotto – Abes – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

### **1º SECRETÁRIO**

Magno Gomes da Rocha – EMATER– Empresa de assistência Técnica e Extensão Rural/MG

### **2º SECRETÁRIO**

Itair Fernandes de Oliveira Junior – Prefeitura Municipal de Tiros

## **GT DE PLANOS**

Cássia Magali Nacif Gonçalves – Prefeitura Municipal de Três Marias

Magno Gomes da Rocha – EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural

Allan de Oliveira Mota – IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Silvia Freedman Ruas Duraes – Instituto Opará, Cultura, Meio Ambiente e Cidadania

Raquel Pereira de Sousa – COMLAGO - Consórcio dos Municípios do Lago de Três Marias

Altino Rodrigues Neto – APLIM – Associação de Proprietários de Lotes da Ilha do Mangabal

# **GAMA ENGENHARIA**

## **DIRETOR GERAL**

Alex Gama de Santana

## **DIRETORA FINANCEIRA**

Valbia Suely Moraes Monteiro Gama

## **DIRETOR TÉCNICO**

Luis Gustavo de Moura Reis

## **EQUIPE TÉCNICA**

### **COORDENADOR TÉCNICO**

Alex Gama de Santana

### **GERENTE DO PROJETO**

Luis Gustavo de Moura Reis

### **ESPECIALISTA EM RECURSOS HÍDRICOS**

Luis Gustavo de Moura Reis/Denis Duda Costa

### **ESPECIALISTA EM HIDROGEOLOGIA**

Olga Venimar

### **ESP. EM INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E SENSORIAMENTO REMOTO**

Thyago Anthony Soares Lima

### **ESP. EM PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

Antonio Eduardo Leão Lanna

### **ESPECIALISTA EM IRRIGAÇÃO**

Altamirano Vaz Lordello Neto

### **ESPECIALISTA EM LIMNOLOGIA**

Carlos Ruberto Fragoso

## **Volume I – MEIO FÍSICO-BIÓTICO E DISPONIBILIDADES HÍDRICAS**

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página i
------------------------------	---	-------------------------------	-------------

## Índice

<b>1. APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Considerações a respeito de temas relevantes norteadores da elaboração do Plano Diretor de Recursos Hídricos UPGRH SF4. ....	5
1.2. Subdivisão da UPGRH SF4 .....	7
<b>2. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA .....</b>	<b>10</b>
2.1. Índices físicos .....	10
2.1.1. Área de Drenagem, Perímetro e Comprimento do Rio Principal .....	10
2.1.2. Forma da bacia .....	11
2.1.3. Densidade de drenagem (Dd).....	13
2.1.4. Ordem dos cursos .....	14
2.1.5. Curva hipsométrica .....	16
2.1.6. Declividade da bacia .....	17
2.1.7. Declividade do curso de água principal .....	18
<b>3. CARACTERIZAÇÃO INFRAESTRUTURA HÍDRICA.....</b>	<b>20</b>
<b>4. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA.....</b>	<b>23</b>
4.1. Unidades Litológicas .....	23
4.1.1. Depósitos aluvionares .....	23
4.1.2. Depósitos aluvionares antigos.....	26
4.1.3. Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas.....	27
4.1.4. Grupo Mata da Corda.....	29
4.1.5. Grupo Areado.....	31
4.1.6. Formação Três Marias.....	32
4.1.7. Subgrupo Paraopeba Indiviso .....	35
4.1.8. Formação Lagoa do Jacaré.....	37
4.1.9. Formação Serra da Saudade.....	38
4.1.10. Formação Serra de Santa Helena .....	40
4.1.11. Grupo Canastra Indiviso.....	42
4.1.12. Conclusões parciais .....	43
<b>5. CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS CONSIDERANDO A APTIDÃO AGRÍCOLA E PARA IRRIGAÇÃO .....</b>	<b>44</b>

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página ii
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

5.1.	Caracterização dos Solos.....	44
5.1.1.	Cambissolos.....	44
5.1.2.	Latosolos.....	49
5.1.3.	Argissolos .....	49
5.1.4.	Neossolos .....	50
5.2.	Aptidão dos solos .....	51
5.2.1.	Aptidão agrícola .....	52
5.2.2.	Categorias do sistema.....	54
5.2.3.	Aptidão agrícola na UPGRH SF4 .....	56
5.2.4.	Aptidão para irrigação.....	62
5.2.5.	Aptidão para irrigação na UPGRH SF4 .....	64
<b>6.</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA .....</b>	<b>69</b>
6.1.	Descrição geral .....	69
6.2.	Estações climatológicas.....	70
6.3.	Temperatura Média .....	72
6.4.	Umidade Relativa .....	73
6.5.	Evaporação.....	74
6.5.1.	Evapotranspiração .....	75
6.5.2.	Evaporação em reservatórios.....	81
6.6.	Pluviometria.....	82
6.6.1.	Conclusões parciais.....	85
<b>7.</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DO USO E DA OCUPAÇÃO DO SOLO.....</b>	<b>87</b>
7.1.	Unidades de Conservação .....	94
7.2.	Análise Espacial dos Padrões de Ocupação .....	97
<b>8.</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DO MEIO BIÓTICO .....</b>	<b>98</b>
8.1.	Bioma Cerrado .....	99
8.2.	Cobertura Vegetal .....	103
8.3.	Fauna.....	106
8.3.1.	Avifauna .....	106
8.3.2.	Mastofauna.....	112
8.3.3.	Herpetofauna .....	116
8.3.4.	Ictiofauna .....	119

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página iii
------------------------------	---	-------------------------------	---------------



8.4.	Discussão .....	122
<b>9.</b>	<b>PROCESSOS EROSIVOS E SEDIMENTOLÓGICOS .....</b>	<b>128</b>
9.1.	Tipos de Processos Erosivos que ocorrem na UPGRH SF4.....	128
9.1.1.	Erosões Laminares.....	128
9.1.2.	Erosões Lineares .....	132
9.1.3.	Movimentos de Massa.....	134
9.2.	Processos Sedimentológicos .....	135
9.2.1.	Processos sedimentológicos nas drenagens.....	135
9.2.2.	Processos sedimentológicos no reservatório da UHE Três Marias .....	145
<b>10.</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS .....</b>	<b>149</b>
10.1.	Regime Pluviométrico .....	149
10.1.1.	Levantamento e Seleção dos Postos Pluviométricos.....	149
10.1.1.	Análise de estacionariedade e variabilidade da precipitação.....	153
10.1.2.	Síntese das informações pluviométricas selecionadas.....	155
10.2.	Regime Fluviométrico.....	159
10.2.1.	Levantamento e Seleção dos Postos.....	159
10.2.2.	Análise de Consistência - Estacionariedade .....	161
10.2.3.	Análise Descritiva das Séries Fluviométricas.....	164
10.3.	Estimativa da Disponibilidade Hídrica Superficial.....	167
10.3.1.	Curvas adimensionais de probabilidades e regiões homogêneas .....	169
10.3.2.	Regionalização de Vazões .....	172
10.3.3.	Disponibilidade hídrica por sub-bacia.....	177
10.3.4.	Resumo da análise quantitativa .....	180
10.4.	Disponibilidade qualitativa dos recursos hídricos na UPGRH SF4 .....	180
10.4.1.	Metodologia .....	180
10.4.2.	Resultados: qualidade das águas .....	188
10.4.3.	Análise multivariada: similaridade entre as seções de monitoramento quanto aos fatores que causam a poluição.....	206
10.5.	Proposta preliminar de segmentação para o enquadramento.....	213
10.5.1.	Processo automático de segmentação .....	213
10.5.2.	Direções de Fluxo.....	214
10.5.3.	Determinação da área acumulada .....	214
10.5.4.	Determinação da rede de drenagem numérica .....	214

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página iv
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

10.5.5.	Identificação de trechos individuais da rede de drenagem numérica .....	215
10.5.6.	Definição das sub-bacias incrementais (microbacias) .....	215
10.5.7.	Determinação da rede de drenagem vetorial.....	215
10.5.8.	Definição da área de montante de cada microbacia .....	216
10.5.9.	Proposta de segmentação para análise do enquadramento .....	221
<b>11.</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....</b>	<b>223</b>
11.1.	Descrição dos domínios hidrogeológicos e das unidades aquíferas .....	224
11.2.	Síntese da Caracterização Hidrogeológica .....	233
11.3.	Reservas Subterrâneas.....	234
11.3.1.	Reserva Permanente.....	235
11.3.2.	Reserva Reguladora.....	236
11.3.3.	Reserva Totais ou Naturais.....	237
11.4.	Hidrogeoquímica e Qualidade das Águas Subterrânea na UPGRH SF4 .....	237
11.4.1.	Cátions Principais .....	238
11.4.2.	Ânions Principais .....	239
11.4.3.	Apresentação dos resultados hidroquímicos .....	240

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página v
------------------------------	---	-------------------------------	-------------

## Índice de Quadros

QUADRO 1.1 – NOMENCLATURA DAS SUB-BACIAS. ....	9
QUADRO 2.1 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE ÁREA DE DRENAGEM, PERÍMETRO E COMPRIMENTO DO RIO PRINCIPAL DAS SUB-BACIAS DA UPGRH SF4 .....	11
QUADRO 2.2 – COEFICIENTES DE FORMA DAS SUB-BACIAS DA UPGRH SF4.....	12
QUADRO 2.3 – DENSIDADE DE DRENAGEM DAS SUB-BACIAS.....	14
QUADRO 2.4 – ORDENAMENTO DAS SUB-BACIAS DA UPGRH SF4.....	15
QUADRO 2.5 – RELAÇÃO COTA-ÁREA PARA CONSTRUÇÃO DA CURVA HIPSOMÉTRICA .....	16
QUADRO 2.6 – DECLIVIDADE MÉDIA DAS SUB-BACIAS DA UPGRH SF4.....	18
QUADRO 2.7 – DECLIVIDADE DOS CURSOS DE ÁGUA DAS SUB-BACIAS .....	19
QUADRO 4.1 – ASPECTOS GERAIS DA UNIDADE LITOLÓGICA DEPÓSITOS ALUVIONARES. ....	26
QUADRO 4.2 – ASPECTOS GERAIS DA UNIDADE LITOLÓGICA DEPÓSITOS ALUVIONARES ANTIGOS. ....	27
QUADRO 4.3 – ASPECTOS GERAIS DA UNIDADE LITOLÓGICA COBERTURA DENTRITO-LATERÍTICA FERRUGINOSA. ....	28
QUADRO 4.4 – ASPECTOS GERAIS DA UNIDADE LITOLÓGICA GRUPO MATA DA CORDA.....	31
QUADRO 4.5 – ASPECTOS GERAIS DA UNIDADE LITOLÓGICA GRUPO AREADO.....	32
QUADRO 4.6 – ASPECTOS GERAIS DA UNIDADE LITOLÓGICA TRÊS MARIAS. ....	35
QUADRO 4.7 – ASPECTOS GERAIS DA UNIDADE LITOLÓGICA SUBGRUPO PARAPEBA ÍNDIVISO.....	37
QUADRO 4.8 – ASPECTOS GERAIS DA UNIDADE LITOLÓGICA FORMAÇÃO LAGOA DO JACARÉ. ....	38
QUADRO 4.9 – ASPECTOS GERAIS DA UNIDADE LITOLÓGICA FORMAÇÃO SERRA DA SAUDADE. ....	40
QUADRO 4.10 – ASPECTOS GERAIS DA UNIDADE LITOLÓGICA FORMAÇÃO SERRA DE SANTA HELENA. ....	41
QUADRO 4.11 – ASPECTOS GERAIS DA UNIDADE LITOLÓGICA GRUPO CANASTRA ÍNDIVISO. ....	42

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página vi
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

QUADRO 5.1 – DESCRIÇÃO DAS UNIDADES DE MAPEAMENTO DE SOLOS. ....	46
QUADRO 5.2 – ALTERNATIVAS DE UTILIZAÇÃO DAS TERRAS DE ACORDO COM OS GRUPOS DE APTIDÃO AGRÍCOLA. .....	55
QUADRO 5.3 – SIMBOLOGIA CORRESPONDENTE ÀS CLASSES DE APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS.....	56
QUADRO 5.4 – CLASSES DE APTIDÃO AGRÍCOLA IDENTIFICADAS NA UPGRH SF4.....	58
QUADRO 5.5 – CORRELAÇÃO ENTRE UNIDADE PEDOLÓGICA, APTIDÃO AGRÍCOLA E APTIDÃO À IRRIGAÇÃO. .	65
QUADRO 5.6 – CLASSES DE APTIDÃO À IRRIGAÇÃO NA UPGRH SF4. ....	68
QUADRO 6.1 – ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS PRÓXIMAS À UPGRH SF4. ....	71
QUADRO 6.2 – TEMPERATURAS MÁXIMAS, MÉDIAS E MÍNIMAS OBSERVADAS NAS ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS PRÓXIMAS À UPGRH SF4.....	72
QUADRO 6.3 – UMIDADE RELATIVA MÉDIA NAS ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS PRÓXIMAS À UPGRH SF4.....	73
QUADRO 6.4 – DADOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA EM BAMBUÍ.....	76
QUADRO 6.5 – DADOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA EM PATOS DE MINAS. ....	77
QUADRO 6.6 – DADOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA EM POMPÉU. ....	77
QUADRO 6.7 – POSTOS PLUVIOMÉTRICOS PRÓXIMOS A BACIA HIDROGRÁFICA DO ENTORNO DA REPRESA DE TRÊS MARIAS. ....	82
QUADRO 7.1– CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS E GEOMÉTRICAS DAS CLASSES DE USO DO SOLO NA COMPOSIÇÃO COLORIDA FALSA COR 4(R)/3(G)/2(B). ....	88
QUADRO 7.2 – ÁREAS PROTEGIDAS INSERIDAS NA UPGRH SF4.....	95
QUADRO 7.3 – ÁREA OCUPADA POR CADA CLASSE DE USO/OCUPAÇÃO DO SOLO NA UPGRH SF4. ....	97
QUADRO 8.1 – LISTA PRELIMINAR DE PROVÁVEIS ESPÉCIES PARA REGIÃO DA SF 4. ....	103
QUADRO 8.2 – ESPÉCIES DA AVIFAUNA REGISTRADA NA REGIÃO DE PATOS DE MINAS (WIKIAVES) E EEP. ....	108
QUADRO 8.3 – ESPÉCIES DA MASTOFAUNA DE PROVÁVEL REGISTRO NA REGIÃO DA UPGRH SF4.....	115

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página vii
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

QUADRO 8.4 – ESPÉCIES DA HERPETOFAUNA DE PROVÁVEL REGISTRO NA REGIÃO DA UPGRH SF4. ....	118
QUADRO 8.5 – PROVÁVEIS ESPÉCIES DO RESERVATÓRIO DE TRÊS MARIAS. ....	121
QUADRO 8.6 - CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DAS ESPÉCIES DE MAIOR CAPTURA NOS CÓRREGOS ESPÍRITO SANTO, CACHOEIRA E LUCINDA.....	125
QUADRO 10.1 - POSTOS PLUVIOMÉTRICOS SELECIONADOS PARA O ESTUDO. ....	150
QUADRO 10.2 - ANOS HIDROLÓGICOS SUPRIMIDOS DA SÉRIE HISTÓRICA APÓS ANÁLISE DE ESPACIALIDADE E VARIABILIDADE. ....	155
QUADRO 10.3 - DISTRIBUIÇÃO MÉDIA MENSAL DA PRECIPITAÇÃO E MEDIDA DA CONCENTRAÇÃO SAZONAL DO VOLUME ANUAL PRECIPITADO. ....	156
QUADRO 10.4 - POSTOS FLUVIOMÉTRICOS INVENTARIADOS NA UPGRH SF4.....	161
QUADRO 10.5 - ESTATÍSTICAS DAS SÉRIES DE VAZÕES NAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS. ....	164
QUADRO 10.6 - VAZÕES MÍNIMAS, MÉDIAS E MÁXIMAS MENSAS (M <sup>3</sup> /S). ....	166
QUADRO 10.7 - VAZÕES DE REFERÊNCIA NAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS DA BACIA. ....	168
QUADRO 10.8- EQUAÇÕES DE REGRESSÃO OBTIDAS NA REGIONALIZAÇÃO DAS VAZÕES DE REFERÊNCIA. ....	176
QUADRO 10.9 - COMPARAÇÃO DOS VALORES DE Q <sub>7,10</sub> ESTIMADOS PELA REGIONALIZAÇÃO E PELA SÉRIE DE DADOS OBSERVADOS. ....	176
QUADRO 10.10 - COMPARAÇÃO DOS VALORES DE QMLT ESTIMADOS PELA REGIONALIZAÇÃO E PELA SÉRIE DE DADOS OBSERVADOS. ....	176
QUADRO 10.11 - COMPARAÇÃO DOS VALORES DE Q90 ESTIMADOS PELA REGIONALIZAÇÃO E PELA SÉRIE DE DADOS OBSERVADOS. ....	177
QUADRO 10.12 - COMPARAÇÃO DOS VALORES DE Q95 ESTIMADOS PELA REGIONALIZAÇÃO E PELA SÉRIE DE DADOS OBSERVADOS. ....	177
QUADRO 10.13 - VAZÕES DE REFERÊNCIA ESTIMADAS PARA AS SUB-BACIAS POR REGIONALIZAÇÃO. ....	178

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página viii
------------------------------	---	-------------------------------	----------------

QUADRO 10.14 – INFORMAÇÕES SOBRE AS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA SELECIONADAS PARA O ESTUDO. ....	183
QUADRO 10.15 – DENSIDADE DE ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA POR SUB-BACIA. ....	184
QUADRO 10.16 – LISTA DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA ANALISADOS PELO IGAM. ....	184
QUADRO 10.17 – CLASSE DE ESTADO TRÓFICO E SUAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS. ....	187
QUADRO 11.1 – COLUNA ESTRATIGRÁFICA DO GRUPO BAMBUÍ. ....	227
QUADRO 11.2 – ÁREA DOS DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS POR SUB-BACIA DA UPRGH SF4. ....	230
QUADRO 11.3 – PARÂMETROS UTILIZADOS NO CÁLCULO DA UPRGH SF4. ....	236
QUADRO 11.4 – ESTIMATIVAS DAS RESERVAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA BACIA UPRGH SF4. ....	237
QUADRO 11.5 – PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA ....	241

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página ix
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

## Índice de Figuras

FIGURA 1.1 – SUB-BACIAS DE ANÁLISE DA UPGRH SF4.....	8
FIGURA 2.1 – ORDENAMENTO DAS SUB-BACIAS DA UPGRH SF4 .....	15
FIGURA 2.2 – CURVA HIPSOMÉTRICA DA UPGRH SF4.....	17
FIGURA 3.1 – INFRAESTRUTURA HÍDRICA NA UPGRH SF4 .....	21
FIGURA 3.2 – PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS, ATUAIS E PREVISTAS NA UPGRH SF4 .....	22
FIGURA 4.1 – MAPA GEOLÓGICO DA UPGRH SF4.....	24
FIGURA 4.2 – TIPOS DE AQUÍFEROS NA UPGRH SF4. ....	25
FIGURA 4.3 – (A) DEPÓSITO ALUVIONAR NA CONFLUÊNCIA DO RIO SÃO FRANCISCO COM O RIO ABAETÉ (JUNTO DA MARGEM CONVEXA) (B) ILHA FLUVIAL NO RIO ABAETÉ. FONTE: GOOGLE EARTH (2014). ....	26
FIGURA 4.4 – EXEMPLOS DE CONFIGURAÇÃO DO RELEVO EM LOCAIS DE OCORRÊNCIA DE COBERTURAS DENTRITO-LATERÍTIAS FERRUGINOSAS. FONTE: GOOGLE EARTH (2014). ....	28
FIGURA 4.5 – RELEVO DAS BORDAS DOS PLATÔS, CARACTERIZADO POR ALTA DENSIDADE DE VALES E PROCESSOS EROSIVOS. FONTE: GOOGLE EARTH (2014). ....	29
FIGURA 4.6 – ASPECTOS DOS TIPOS DE RELEVO E USO DO SOLO QUE SE DESENVOLVEM SOBRE A UNIDADE LITOLÓGICA. ....	30
FIGURA 4.7 – ASPECTOS DOS TIPOS DE RELEVO E USO DO SOLO QUE SE DESENVOLVEM SOBRE A UNIDADE LITOLÓGICA. FONTE: GOOGLE EARTH (2014). ....	31
FIGURA 4.8 – RELEVO DE COLINAS DISSECADAS E MORROS BAIXOS. FONTE: GOOGLE EARTH (2014). ....	32
FIGURA 4.9 – FORMAS DE RELEVO. FONTE: GOOGLE EARTH (2014). ....	33
FIGURA 4.10 – RELEVO DE MORROS E SERRAS BAIXAS. FONTE: GOOGLE EARTH (2014). ....	34
FIGURA 4.11 – PROCESSOS EROSIVOS. FONTE: MACÊDO (2009). ....	34
FIGURA 4.12 – RELEVO DE COLINAS DISSECADAS E MORROS BAIXOS. FONTE: GOOGLE EARTH (2014). ....	36

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página x
------------------------------	---	-------------------------------	-------------

FIGURA 4.13 – RELEVO DE MORROS E SERRAS BAIXAS. FONTE: GOOGLE EARTH (2014).....	37
FIGURA 4.14 – RELEVO DE MORROS E SERRAS BAIXAS. FONTE: GOOGLE EARTH (2014).....	38
FIGURA 4.15 – RELEVO DE MORROS E SERRAS BAIXAS. FONTE: GOOGLE EARTH (2014).....	39
FIGURA 4.16 – CALHAS FLUVIAIS COM PRESENÇA DE DIVERSAS BARRAS. FONTE: GOOGLE EARTH (2014). .	40
FIGURA 4.17 – RELEVO DE COLINAS DISSECADAS E MORROS BAIXOS. FONTE: GOOGLE EARTH (2014). ...	41
FIGURA 4.18 – RELEVO DE COLINAS DISSECADAS E MORROS BAIXOS. FONTE: GOOGLE EARTH (2014). ...	42
FIGURA 5.1 – MAPA PEDOLÓGICO DA UPGRH SF4. ....	45
FIGURA 5.2 – NÍVEL DE MANEJO B EM PLANTAÇÃO DE CENOURA SITUADA ENTRE SÃO GOTARDO E MATUTINA. .....	53
FIGURA 5.3 – NÍVEL DE MANEJO C EM PLANTAÇÃO DE FEIJÃO SITUADA EM SÃO GOTARDO.....	54
FIGURA 5.4 – MAPA DE APTIDÃO AGRÍCOLA DA UPGRH SF4. ....	59
FIGURA 5.5 – ÁREAS DE LAVOURA NA BACIA. ....	60
FIGURA 5.6 – ÁREA DE PASTAGEM PLANTADA NA REGIÃO DE ESTUDO. ....	61
FIGURA 5.7 – ÁREA DE SILVICULTURA NA REGIÃO DE ESTUDO. ....	61
FIGURA 5.8 – CARVOARIAS NA REGIÃO DE ESTUDO. ....	61
FIGURA 5.9 – MAPA DE APTIDÃO PARA IRRIGAÇÃO DA UPGRH SF4. ....	67
FIGURA 6.1 – MAPA COM A DISTRIBUIÇÃO CLIMÁTICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ENTORNO DA REPRESA DE TRÊS MARIAS. ....	70
FIGURA 6.2 – LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS PRÓXIMAS A BACIA HIDROGRÁFICA DO ENTORNO DA REPRESA DE TRÊS MARIAS. FONTE: INMET (2014). ....	71
FIGURA 6.3 – TEMPERATURA MÉDIA MENSAL NAS ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS DE BAMBUÍ, CURVELO, POMPEU E PATOS DE MINAS. FONTE: INMET (2014).....	72

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página xi
------------------------------	---	-------------------------------	--------------



FIGURA 6.4 – EVAPORAÇÃO MÉDIA MENSAL, MEDIDO PELO EVAPORÍMETRO PICHÉ, NAS ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS DE BAMBUÍ, CURVELO, POMPEU E PATOS DE MINAS. ....	74
FIGURA 6.5 – BALANÇO HÍDRICO MENSAL NAS ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS PRÓXIMAS A BACIA HIDROGRÁFICA DO ENTORNO DA REPRESA DE TRÊS MARIAS. ....	78
FIGURA 6.6 – DIFERENÇA ENTRE EXCEDENTE E DÉFICIT HÍDRICO NAS ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS PRÓXIMAS À BACIA HIDROGRÁFICA DO ENTORNO DA REPRESA DE TRÊS MARIAS. FONTE: INMET (2014). ....	79
FIGURA 6.7 – RESUMO DO BALANÇO HÍDRICO DAS ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS. FONTE: INMET (2014)...	80
FIGURA 6.8 – EVAPORAÇÃO LÍQUIDA DO RESERVATÓRIO DA UHE DE TRÊS MARIAS NO ANO DE 2003. ....	81
FIGURA 6.9 – LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS PRÓXIMOS A UPGRH. FONTE: HIDROWEB (2014). ....	83
FIGURA 6.10 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL NA UPGRH SF4. FONTE: HIDROWEB (2014). ....	84
FIGURA 6.11 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL QUE OCORRE NO TRIMESTRE MAIS ÚMIDO (DEZEMBRO, JANEIRO E FEVEREIRO). FONTE: HIDROWEB (2014). ....	85
FIGURA 6.12 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL QUE OCORRE NO TRIMESTRE MAIS SECO (JUNHO, JULHO E AGOSTO). FONTE: HIDROWEB (2014). ....	86
FIGURA 7.1 – MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA UPGRH SF4. ....	89
FIGURA 7.2 – ÁREA DE CERRADO LOCALIZADA NA PORÇÃO NORDESTE DA UPGRH SF4. ....	90
FIGURA 7.3 – MANCHAS DE VEGETAÇÃO ARBÓREA NATIVA, LOCALIZADAS NA PORÇÃO SUL DA UPGRH SF4.	90
FIGURA 7.4 – ÁREAS DE PLANTIO FLORESTAL E CARVOARIA NAS PROXIMIDADES DO RESERVATÓRIO DA UHE TRÊS MARIAS. ....	91
FIGURA 7.5 – PLANTAÇÃO DE CAFÉ NA REGIÃO SUDOESTE DA UPGRH SF4. ....	91
FIGURA 7.6 – CULTIVOS AGRÍCOLAS LOCALIZADOS NA PORÇÃO EXTREMO OESTE DA UPGRH SF4. ....	92
FIGURA 7.7 – PASTAGENS CULTIVADAS NA REGIÃO SUL DA UPGRH SF4. ....	93

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página xii
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

FIGURA 7.8 – EXEMPLOS DE PASTAGENS DEGRADADAS COM MANCHAS DE SOLO EXPOSTO LOCALIZADAS NA MANCHA DE CERRADO DA MARGEM ESQUERDA DO RESERVATÓRIO DA UHE TRÊS MARIAS. ....	93
FIGURA 7.9 – LOCALIZAÇÃO DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA UPGRH SF4. ....	96
FIGURA 7.10 – PORCENTAGEM DA ÁREA OCUPADA POR TIPO DE USO NA UPGRH SF4. ....	97
FIGURA 8.1 - LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA PIRAPITINGA (EEP). ....	99
FIGURA 8.2 – BIOMAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS. ....	100
FIGURA 8.3– CLASSIFICAÇÃO FITOSSOCIOLÓGICA DA ÁREA SF4. ....	101
FIGURA 8.4 – CERRADÃO .....	102
FIGURA 8.5- CAMPO LIMPO .....	102
FIGURA 8.6 - VEREDA.....	103
FIGURA 8.7 – CERRADO <i>STRICTO SENSU</i> .....	103
FIGURA 8.8 - <i>MACHETORNIS RIXOSA</i> . ....	107
FIGURA 8.9 - <i>ARA ARARAUNA</i> ESPÉCIE AMEAÇADA REGISTRADA NA EEP DENTRO DA UPGRH SF4. ....	107
FIGURA 8.10 - CERDOCYON THOUS, VÍTIMA DE ATROPELAMENTO NA BR 459. ....	113
FIGURA 8.11 - DIDELPHIS ALBIVENTRIS. ....	114
FIGURA 8.12 - <i>TROPIDURUS SP.</i> .....	117
FIGURA 8.13–DISTRIBUIÇÃO DE EXEMPLARES POR CLASSES DE PESO PARA OS PEIXES REGISTRADOS DURANTE O PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA ICTIOFAUNA NOS CÓRREGOS SOB A ÁREA DE INFLUÊNCIA DA VOTORANTIM METAIS ZINCO.....	123
FIGURA 9.1 – IMAGEM DA REGIÃO DO BAIXO RIO INDAIÁ, REGIÃO COM ALTA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS POR ÁREA (MACÊDO, 2009).....	129
FIGURA 9.2 – PROCESSOS EROSIVOS LAMINARES NO CENTRO DA UPGRH SF4. A SETA INDICA OS CAMINHOS PREFERENCIAS DE GADO, RESULTANDO EM ÁREAS DE SOLO EXPOSTO. ....	130

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página xiii
------------------------------	---	-------------------------------	----------------

FIGURA 9.3 – ÁREAS DEGRADADAS COM PRESENÇA DE ESTRADAS VICINAIS E CAMINHOS DE GADO (SETA), NA PORÇÃO SUL DA UPGRH SF4. ....	130
FIGURA 9.4 – OCORRÊNCIA DE EROÇÃO LAMINAR EM UMA ÁREA DE BORDA DE TABULEIRO LATERÍTICO.....	131
FIGURA 9.5 – ÁREAS DE SOLO EXPOSTO PROVOCADAS PELA VARIAÇÃO DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO DA UHE TRÊS MARIAS. ....	132
FIGURA 9.6 – ÁREAS DEGRADADAS POR EROÇÕES LAMINARES E LINEARES. DESTAQUE AOS VOÇOROCAMENTOS ALINHADOS COM A ESTRUTURA ROCHOSA. ....	133
FIGURA 9.7 – PROCESSOS DE VOÇOROCAMENTO EM ÁREAS DE SOLOS PROFUNDOS E INCOESOS.....	134
FIGURA 9.8 – PROCESSOS DE MOVIMENTO DE MASSA EM BORDAS DE PLANALTO. À DIREITA, MOVIMENTO DE MASSA QUE EVOLUI POR EVENTOS ROTACIONAIS, E À ESQUERDA, DESLIZAMENTOS RASOS. ....	135
FIGURA 9.9 – IMAGENS DE SENSOR REMOTO DE CALHAS FLUVIAIS DA UPGRH SF4. ....	136
FIGURA 9.10 – EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS DA BACIA DO RIO INDAIÁ. PS: PRODUÇÃO ESPECÍFICA ANUAL DE SEDIMENTOS. Q: DESCARGAS LÍQUIDAS ANUAIS. ....	137
FIGURA 9.11 – ÁREAS DE DRENAGEM DOS POSTOS ANALISADOS E MÉDIA DOS VALORES DE PRODUÇÃO DIÁRIA DE VAZÃO SÓLIDA TOTAL DE JUN./1978 A SET./2002. ....	138
FIGURA 9.12 – LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS FLUVIOSEDIMENTOMÉTRICOS AVALIADOS.....	138
FIGURA 9.13 – MÉDIAS MENSAIS DE MEDIDAS DIÁRIAS DE VAZÕES SÓLIDAS TOTAIS DOS POSTOS PORTO ANDORINHAS (RIO SÃO FRANCISCO), PORTO PARÁ (RIO PARÁ), PORTO INDAIÁ (RIO INDAIÁ) E PORTO MESQUITA (RIO PARAPEBA), ENTRE OS ANOS DE 1978 E 2002. ....	141
FIGURA 9.14 – MÉDIAS MENSAIS DE MEDIDAS DIÁRIAS DE VAZÕES SÓLIDAS TOTAIS DOS POSTOS PORTO ANDORINHAS (RIO SÃO FRANCISCO), PORTO PARÁ (RIO PARÁ), PORTO INDAIÁ (RIO INDAIÁ) E PORTO MESQUITA (RIO PARAPEBA), ENTRE OS ANOS 1994 A 2002. ....	142
FIGURA 9.15 – IMAGENS DE SENSOR REMOTO DAS FOZES DE ALGUNS RIOS NO RESERVATÓRIO DA UHE TRÊS MARIAS.....	145
FIGURA 9.16 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS SEÇÕES TOPOBATIMÉTRICAS REALIZADAS PELO LEVANTAMENTO DA CEMIG (2003). ....	146

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página xiv
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

FIGURA 9.17 – LEVANTAMENTO TOPOBATIMÉTRICO NO RIO BORRACHUDO. FONTE: CEMIG (2003)..... 147

FIGURA 9.18 – LEVANTAMENTO TOPOBATIMÉTRICO NO RIO INDAIÁ. FONTE: CEMIG (2003). ..... 147

FIGURA 9.19 – LEVANTAMENTO TOPOBATIMÉTRICO NO RIO PARAPEBA. FONTE: CEMIG (2003). ..... 148

FIGURA 10.1 - GRÁFICO DE GANTT DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS..... 151

FIGURA 10.2 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS. .... 152

FIGURA 10.3 - ANÁLISE DA ESTACIONARIEDADE DA PRECIPITAÇÃO NA BACIA. OS VALORES DE PRECIPITAÇÃO ANUAIS DOS POSTOS FORAM NORMALIZADOS PELA PRECIPITAÇÃO ANUAL MÉDIA DO PRÓPRIO POSTO. .... 154

FIGURA 10.4 - ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO NA BACIA. OS VALORES DE PRECIPITAÇÃO ANUAIS DOS POSTOS FORAM NORMALIZADOS PELA PRECIPITAÇÃO ANUAL MÉDIA DA BACIA. .... 154

FIGURA 10.5 - PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS..... 158

FIGURA 10.6 - DISPERSÃO DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL DOS POSTOS. .... 158

FIGURA 10.7 - ISOIETAS TOTAIS ANUAIS NA UPGRH SF4..... 160

FIGURA 10.8 – ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS INVENTARIADAS NA BACIA..... 162

FIGURA 10.9 - GRÁFICO DE GANTT DOS POSTOS FLUVIOMÉTRICOS DA BACIA. .... 163

FIGURA 10.10 - ANÁLISE DA ESTACIONARIEDADE DOS POSTOS FLUVIOMÉTRICOS DA BACIA. .... 164

FIGURA 10.11 - HIDROGRAMAS DAS SÉRIES DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS DO ANO CIVIL PARA OS POSTOS FLUVIOMÉTRICOS SELECIONADOS E PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL NA BACIA. .... 167

FIGURA 10.12 - CURVAS ADIMENSIONAIS DE PROBABILIDADE DAS VAZÕES MÍNIMAS DE 7 DIAS DOS POSTOS FLUVIOMÉTRICOS..... 170

FIGURA 10.13 - CURVAS ADIMENSIONAIS DE PROBABILIDADE DAS VAZÕES MÉDIAS DOS POSTOS FLUVIOMÉTRICOS. .... 171

FIGURA 10.14 - CURVAS ADIMENSIONAIS DA BACIA..... 172

FIGURA 10.15 - RELAÇÃO DA Q<sub>7,10</sub> EM RELAÇÃO À ÁREA DE DRENAGEM. .... 174

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página xv
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

FIGURA 10.16 - RELAÇÃO DA VAZÃO MÉDIAS DE LONGO PERÍODO EM RELAÇÃO À ÁREA DE DRENAGEM. ...	174
FIGURA 10.17 - RELAÇÃO DA Q90 EM RELAÇÃO À ÁREA DE DRENAGEM.....	175
FIGURA 10.18 - RELAÇÃO DA Q95 EM RELAÇÃO À ÁREA DE DRENAGEM.....	175
FIGURA 10.19 - VAZÕES DE REFERÊNCIA ( $Q_{7,10}$ , $Q_{MLT}$ , $Q_{90\%}$ , $Q_{95\%}$ ) PARA CADA SUB-BACIA.....	179
FIGURA 10.20 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA NA UPGRH SF4. ....	182
FIGURA 10.21 - PORCENTAGEM DE RESULTADOS QUE NÃO ATENDERAM AO PADRÃO DA CLASSE 2 NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 1997 A NOVEMBRO DE 2013 - UPGRH SF4. ....	189
FIGURA 10.22 - PORCENTAGEM DE RESULTADOS QUE NÃO ATENDERAM AO PADRÃO DA CLASSE 2 NO PERÍODO DE ESTIAGEM - UPGRH SF4. ....	190
FIGURA 10.23 - PORCENTAGEM DE RESULTADOS QUE NÃO ATENDERAM AO PADRÃO DA CLASSE 2 NO PERÍODO CHUVOSO - UPGRH SF4. ....	191
FIGURA 10.24 - FAIXAS DE PORCENTAGEM DE VIOLAÇÃO ACIMA DA CLASSE 2 DOS 4 PARÂMETROS MAIS CRÍTICOS POR ESTAÇÃO NO PERÍODO TOTAL (DE SETEMBRO DE 1997 A NOVEMBRO DE 2013).....	192
FIGURA 10.25 - FAIXAS DE PORCENTAGEM DE VIOLAÇÃO ACIMA DA CLASSE 2 DOS 4 PARÂMETROS MAIS CRÍTICOS POR ESTAÇÃO NO PERÍODO SECO. ....	193
FIGURA 10.26 - FAIXAS DE PORCENTAGEM DE VIOLAÇÃO ACIMA DA CLASSE 2 DOS 4 PARÂMETROS MAIS CRÍTICOS POR ESTAÇÃO NO PERÍODO CHUVOSO.....	194
FIGURA 10.27 - DISTRIBUIÇÃO DAS FAIXAS DO IQA POR ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM DE 1997 A 2013 NA UPGRH SF4.....	195
FIGURA 10.28 - DISTRIBUIÇÃO DAS FAIXAS DO IQA POR ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM PARA O PERÍODO DE ESTIAGEM.....	196
FIGURA 10.29 - DISTRIBUIÇÃO DAS FAIXAS DO IQA POR ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM PARA O PERÍODO CHUVOSO. ....	197
FIGURA 10.30 - CLASSIFICAÇÃO DOS VALORES MÉDIOS DE IQA POR ESTAÇÃO PARA O PERÍODO TOTAL, SECO E CHUVOSO. ....	198

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página xvi
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

FIGURA 10.31 - DISTRIBUIÇÃO DAS FAIXAS DE CONTAMINAÇÃO POR TÓXICOS POR ESTAÇÃO NO PERÍODO DE TOTAL DE AMOSTRAGEM. ....	199
FIGURA 10.32 - DISTRIBUIÇÃO DAS FAIXAS DE CONTAMINAÇÃO POR TÓXICOS POR ESTAÇÃO NO PERÍODO DE ESTIAGEM. ....	200
FIGURA 10.33 - DISTRIBUIÇÃO DAS FAIXAS DE CONTAMINAÇÃO POR TÓXICOS POR ESTAÇÃO NO PERÍODO CHUVOSO. ....	201
FIGURA 10.34 - DISTRIBUIÇÃO DAS FAIXAS DE ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO POR ESTAÇÃO NO PERÍODO TOTAL. ....	202
FIGURA 10.35 - DISTRIBUIÇÃO DAS FAIXAS DE ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO POR ESTAÇÃO NO PERÍODO SECO. ....	203
FIGURA 10.36 - DISTRIBUIÇÃO DAS FAIXAS DE ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO POR ESTAÇÃO NO PERÍODO CHUVOSO. ....	204
FIGURA 10.37 - CLASSIFICAÇÃO DOS VALORES MÉDIOS DE IET POR ESTAÇÃO PARA O PERÍODO TOTAL, SECO E CHUVOSO. ....	205
FIGURA 10.38 - DENDOGRAMA INDICANDO A SEPARAÇÃO DAS ESTAÇÕES EM TRÊS GRUPOS (A, B E C). ...	208
FIGURA 10.39 - GRUPOS DE ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA QUE APRESENTAM VARIABILIDADE SIMILAR. ....	209
FIGURA 10.40 - DUAS PRIMEIRAS COMPONENTES PRINCIPAIS E RESPECTIVAS CARGAS DOS PARÂMETROS MAIS RELEVANTES EM CADA COMPONENTE. ....	211
FIGURA 10.41 - GRÁFICO "BILOT" DE ESCORES E PESOS ("LOADINGS") PARA AS DUAS PRIMEIRAS COMPONENTES PRINCIPAIS REFERENTES ÀS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA UPGRH SF4. ....	212
FIGURA 10.42 – MODELO NUMÉRICO DE TERRENO DA UPGRH SF4. ....	217
FIGURA 10.43 – DIREÇÕES DE FLUXO DA UPGRH SF4. ....	218
FIGURA 10.44 – BACIAS INCREMENTAIS DA UPGRH SF4. ....	219
FIGURA 10.45 – REDE DE DRENAGEM VETORIAL DA UPGRH SF4. ....	220

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página xvii
------------------------------	---	-------------------------------	----------------

FIGURA 10.46 – COMPARAÇÃO DO TRAÇADO ENTRE AS REDES DE DRENAGEM VETORIAL (AZUL), ANA (VERMELHO) E CARTAS DO EXÉRCITO. ....	221
FIGURA 10.47 – PONTOS DE CONTROLE DE ANÁLISE DA UPGRH SF4.....	222
FIGURA 11.1 – DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS NA UPGRH SF4 .....	226
FIGURA 11.2 – DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS E UNIDADES AQUÍFERAS DA UPRGH SF4. ....	229
FIGURA 11.3 – AVALIAÇÃO DA RESERVA PERMANENTE EM AQUÍFERO LIVRE.....	236
FIGURA 11.4 – DIAGRAMA DE PIPER PARA CLASSIFICAÇÃO HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA UPRGH SF4.....	242

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página xviii
------------------------------	---	-------------------------------	-----------------

## 1. APRESENTAÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias fica localizada na região fisiográfica do Alto Rio São Francisco, abrangendo parcial ou totalmente 23 municípios (**Quadro I.1**), com uma área de drenagem de cerca de 18.710 km<sup>2</sup> e população urbana e rural inseridas na bacia estimadas em 195.000 e 23.000 habitantes, respectivamente. Ela é caracterizada como a Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – UPGRH SF4 de Minas Gerais.

**Quadro I.1 – Municípios total ou parcialmente inseridos na bacia**

Município	Área do município (Km <sup>2</sup> )	Área na SF4 (Km <sup>2</sup> )	% Área na SF4	Sede Urbana na bacia
Abaeté	1.816	1.468	80,9%	Sim
Arapuá	174	174	99,9%	Sim
Biquinhas	459	459	100,0%	Sim
Carmo de Paranaíba	1.307	867	66,3%	Sim
Cedro do Abaeté	283	283	100,0%	Sim
Córrego Danta	657	129	19,6%	Não
Estrela do Indaiá	636	52	8,3%	Não
Felixlândia	1.553	1.340	86,3%	Sim
Lagoa Formosa	841	233	27,7%	Não
Matutina	261	261	100,0%	Sim
Morada Nova de Minas	2.083	2.083	100,0%	Sim
Paineiras	637	637	100,0%	Sim
Patos de Minas	3.189	794	24,9%	Não
Pompéu	2.549	1.231	48,3%	Sim
Quartel Geral	556	264	47,5%	Não
Rio Paranaíba	1.352	99	7,3%	Não
Santa Rosa da Serra	284	284	99,8%	Sim
São Gonçalo do Abaeté	2.690	2.488	92,5%	Sim
São Gotardo	866	865	99,9%	Sim
Serra da Saudade	335	38	11,3%	Não
Tiros	2.091	2.091	100,0%	Sim
Três Marias	2.675	1.841	68,8%	Sim
Varão de Minas	651	650	99,8%	Sim

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 1
------------------------------	---	-------------------------------	-------------



Situando-se na região central de Minas Gerais, é caracterizada pelas grandes extensões de planícies, contrastando com as vertentes - as grotas - ocupadas pelos terrenos de agricultores familiares. Nela se localiza a primeira represa do rio São Francisco onde deságua a maioria dos rios e ribeirões dessa UPGRH.

O Plano Diretor de Bacia Hidrográfica é um dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos previstos nas Leis nº 9.433/97 e 13.199/99 que tratam da Política Nacional de Recursos Hídricos e Política Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais, respectivamente. Foi definido pelas normas legais que os Planos Diretores de Recursos Hídricos deverão ser elaborados por bacia hidrográfica, tendo como finalidade fundamental e orientar a implementação de programas e projetos, em consonância com os novos conceitos de descentralização e participação de toda a sociedade na gestão das águas. Um Plano Diretor de Recursos Hídricos é também um instrumento de planejamento estratégico que deverá munir e orientar o Comitê de Bacia Hidrográfica de informações importantes sobre a bacia, definindo ações que promovam o desenvolvimento regional sustentável, no intuito de minimizar os conflitos entre usos e usuários da água.

A elaboração do Plano Diretor de Recursos Hídricos para a Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias assume grande relevância por possibilitar o conhecimento das disponibilidades de recursos hídricos na bacia em termos quantitativos e qualitativos, os seus usos preponderantes, o balanço entre as disponibilidades e as demandas atuais e futuras, a evolução das atividades produtivas, o uso e ocupação do solo, bem como todos os eventos que influenciam diretamente os recursos hídricos. Será possível, também, estabelecer metas de racionalização de uso, medidas a serem tomadas, programas e projetos a serem desenvolvidos e implantados, com vistas ao uso, controle e proteção dos recursos hídricos, de forma a atender as demandas atuais e futuras.

O Plano Diretor de Recursos Hídricos da UPGRH SF4, ou PDRH/SF4, tem por objetivo munir o Comitê da Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias – CBH TRÊS MARIAS de informações estratégicas, de fáceis compreensões, como auxílio à tomada de decisões. Deverão ser nele incorporadas informações necessárias para a definição de um Plano de Ação para a revitalização, recuperação e conservação hidroambiental da UPGRH SF4. De acordo com os Termos de Referência que regeram a contratação deste plano, os seguintes objetivos deverão ser alcançados:

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 2
------------------------------	---	-------------------------------	-------------

- Estabelecer bases analítico-operacionais para a implantação da Gestão de Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias – BH ENTORNO DE TRÊS MARIAS;
- Fornecer diretrizes e critérios para os instrumentos de gestão, quais sejam: outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, cobrança pelo uso de recursos hídricos, enquadramento dos corpos de água em classes, segundo seus usos preponderantes, fiscalização e monitoramento;
- Prover o CBH TRÊS MARIAS e à sua Agência de Bacia de instrumentos técnico-conceituais, como suporte à tomada de decisão;
- Estabelecer diretrizes gerais para a implementação de programas, projetos e ações que promovam a revitalização, recuperação e conservação hidroambiental da BH ENTORNO DE TRÊS MARIAS;
- Diminuir um dos maiores entraves à implantação plenamente operacional de sistemas de gestão integrada dos recursos hídricos, ademais da ausência ou descontinuidade das séries históricas hidrometeorológicas, concernente à ausência de conceituação básica, referenciais técnicos consistentes e instrumentação analítica em suporte a tomada de decisão.

Todos estes aspectos são passíveis de atendimento por meio da elaboração e implementação de um Plano Diretor da Bacia Hidrográfica, desde que expresso e desenvolvido em escala compatível com as demandas estabelecidas por um conjunto de ações eminentemente operacionais.

O PDRH/SF4 será elaborado em três fases:

1. Fase A: elaboração do Diagnóstico da UPGRH SF4;
2. Fase B: elaboração do Prognóstico da UPGRH SF4;
3. Fase C: elaboração das proposições de ações para serem executadas na UPGRH SF4, que darão substância ao Plano Diretor de Recursos Hídricos da UPGRH SF4.

Este relatório apresenta o diagnóstico da UPGRH SF4, constituindo-se a Fase A de sua elaboração. Ele será dividido nos seguintes capítulos:

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 3
------------------------------	---	-------------------------------	-------------

## FASE A -DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO E CENÁRIOS DE DESENVOLVIMENTO

Capítulo/Item Descrição do item ou capítulo

<b>Volume I - MEIO FÍSICO-BIÓTICO E DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS</b>	
1.0	Apresentação
2.0	Caracterização fisiográfica da bacia
3.0	Caracterização da Infraestrutura hídrica
4.0	Caracterização geológica e geomorfológica
5.0	Caracterização dos solos e aptidão agrícola
6.0	Caracterização climática
7.0	Caracterização do uso e ocupação do solo
7.1	Uso e ocupação do solo
7.2	Unidades de Conservação
7.3	Análise espacial dos padrões de ocupação
8.0	Processos erosivos e sedimentológicos
9.0	Caracterização do Meio-Biótico
10.0	Caracterização das águas superficiais
10.1	Regime pluviométrico
10.2	Diagnóstico das disponibilidades hídricas
10.3	Qualidade da água na cena atual
10.4	Proposta preliminar de segmentação para Enquadramento
11.0	Caracterização das Águas Subterrâneas

<b>Volume II - DIAGNÓSTICO DA DINÂMICA SOCIAL DA BACIA</b>	
12.0	Análise Institucional e Legal
13.0	Caracterização Socio-Econômica
14.0	Padrões Culturais e Antropológicos
15.0	Atores Sociais e Estratégicos

<b>Volume III - ANÁLISE RETROSPECTIVA, AVALIAÇÃO DA CONJUNTURA E PROGNÓSTICO DAS DEMANDAS HÍDRICAS</b>	
16	Análise retrospectiva, avaliação da conjuntura e identificação de tendências
16.1	Análise retrospectiva para construção do cenário tendencial
16.2	Análise de informações cadastrais na bacia SF04: cadastro de usuários e outorgas
16.3	Projeções demográficas
16.4	Projeções pecuária
17	Diagnóstico e prognóstico das demandas hídricas cenário tendencial
17.1	Demandas Abastecimento Urbano
17.2	Demandas Abastecimento Rural
17.3	Demandas Pecuária
17.4	Demandas Agricultura Irrigada
17.5	Demandas Industriais
17.6	Geração de Energia
17.6	Turismo
18	Diagnóstico e Prognóstico de cargas poluidoras no cenário tendencial
18.1	Cargas Urbanas
18.2	Cargas Rurais
18.3	Cargas Pecuária
18.4	Cargas Agricultura
18.5	Cargas Industriais
19	Balanco Hídrico Quantitativo
20	Balanco Hídrico Qualitativo
21	Balanco Hidroenergético: impacto das demandas consuntivas sobre a geração de energia em PCHs

### **1.1. Considerações a respeito de temas relevantes norteadores da elaboração do Plano Diretor de Recursos Hídricos UPGRH SF4.**

O Comitê da Bacia Hidrográfica do Entorno de Reservatório de Três Marias – CBH TRÊS MARIAS tem como área de atuação as bacias dos afluentes mineiros do entorno do reservatório de Três Marias. Pela Carta Magna, no que se refere à dominialidade de águas, cabe ao Estado de Minas Gerais, através da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD) a emissão de outorgas de usos de água nos afluentes rio São Francisco que têm dominialidade do Estado de Minas Gerais; e a emissão das outorgas de usos de água do rio São Francisco e no reservatório de Três Marias é da competência da Agência Nacional de Águas – ANA. Esta dupla dominialidade complica significativamente o gerenciamento dos recursos hídricos deste tipo de bacia. Para tentar resolver os potenciais conflitos entre as deliberações nos âmbitos Estadual e Federal, existem normas legais que serão analisadas em detalhes em capítulo específico deste relatório. Antecipando-se a eles, se pode mencionar a Resolução no. 5/2000 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Em seu artigo 6º. dispõe que: “*Os planos de recursos*

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 5
------------------------------	---	-------------------------------	-------------

*hídricos e as decisões tomadas por Comitês de Bacias Hidrográficas de sub-bacias deverão ser compatibilizadas com os planos e decisões referentes à respectiva bacia hidrográfica". No parágrafo único deste artigo a resolução esclarece estas compatibilizações, indicando serem "definições sobre o regime das águas e os parâmetros quantitativos e qualitativos estabelecidos para o exutório da sub-bacia". Desta forma, o Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2004-2013, oferece orientações sobre "o regime das águas e os parâmetros quantitativos e qualitativos estabelecidos para o exutório da sub-bacia".*

Estas condições, no que se refere às de natureza qualitativa, acham-se vinculadas ao enquadramento dos corpos hídricos superficiais em classes qualitativas de acordo com seus usos preponderantes. Este processo de enquadramento, estritamente falando, deveria igualmente se restringir aos rios de domínio do Estado de Minas Gerais, ou aos afluentes mineiros da UPGRH SF4. No entanto, cabe a reflexão sobre a falta de sentido de se enquadrar afluentes sem saber a qualidade demandada pelo corpo de água receptor, o que leva à necessidade de se ignorar no âmbito da elaboração do processo de enquadramento as questões de dominialidade de água.

O mesmo problema se apresenta na aplicação de instrumentos quantitativos, como a outorga de direitos de usos de água, por exemplo. Como orientar as outorgas em afluentes com águas de domínio estadual, ignorando as demandas do corpo hídrico receptor, mesmo sendo ele de domínio Federal? Obviamente isto não faria sentido, até por que os usuários de água, seja do rio de domínio mineiro ou Federal, são, antes de tudo, cidadãos brasileiros, possivelmente mineiros e, em certos casos, até do mesmo município.

Isto faz com que os comitês das bacias hidrográficas nesta situação de dupla dominialidade ignorem estas questões – afinal, o que necessitam é de água em quantidade e qualidade adequadas, independente de que entidade tem atribuições de gestar para que isso ocorra. Isto, inclusive, faz com que a Política Nacional de Recursos Hídricos, em seus fundamentos, expressos no artigo 1º., afirme que "*V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos*". E que nos fundamentos da Política Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais, artigo 2º., seja preconizada "*IV – a adoção da bacia hidrográfica, vista como sistema integrado que engloba os meios físico, biótico e antrópico, como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento*".

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 6
------------------------------	---	-------------------------------	-------------

Por isto, neste PDRH/SF4, propõe-se que o conceito de bacia hidrográfica seja estritamente considerado - tanto em termos dos instrumentos de gestão, quanto nas propostas de medidas estruturais - sem distinção das águas de domínio do Estado de Minas Gerais e das de domínio Federal. Isto permitirá atingir a consistência da abordagem. Por outro lado, fica claro que as propostas que forem apresentadas, quando necessitarem de deliberações vinculadas a questões de dominialidade – como outorga de direitos de uso ou enquadramento - deverão ser aprovadas nas instâncias cabíveis, de acordo com esta dominialidade. Neste sentido cabe observar que fora recentemente contratado e se encontra em execução o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, substituindo o que foi aprovado para o período 2004-2013 que estabelecerá articulações com o PDRH/SF4.

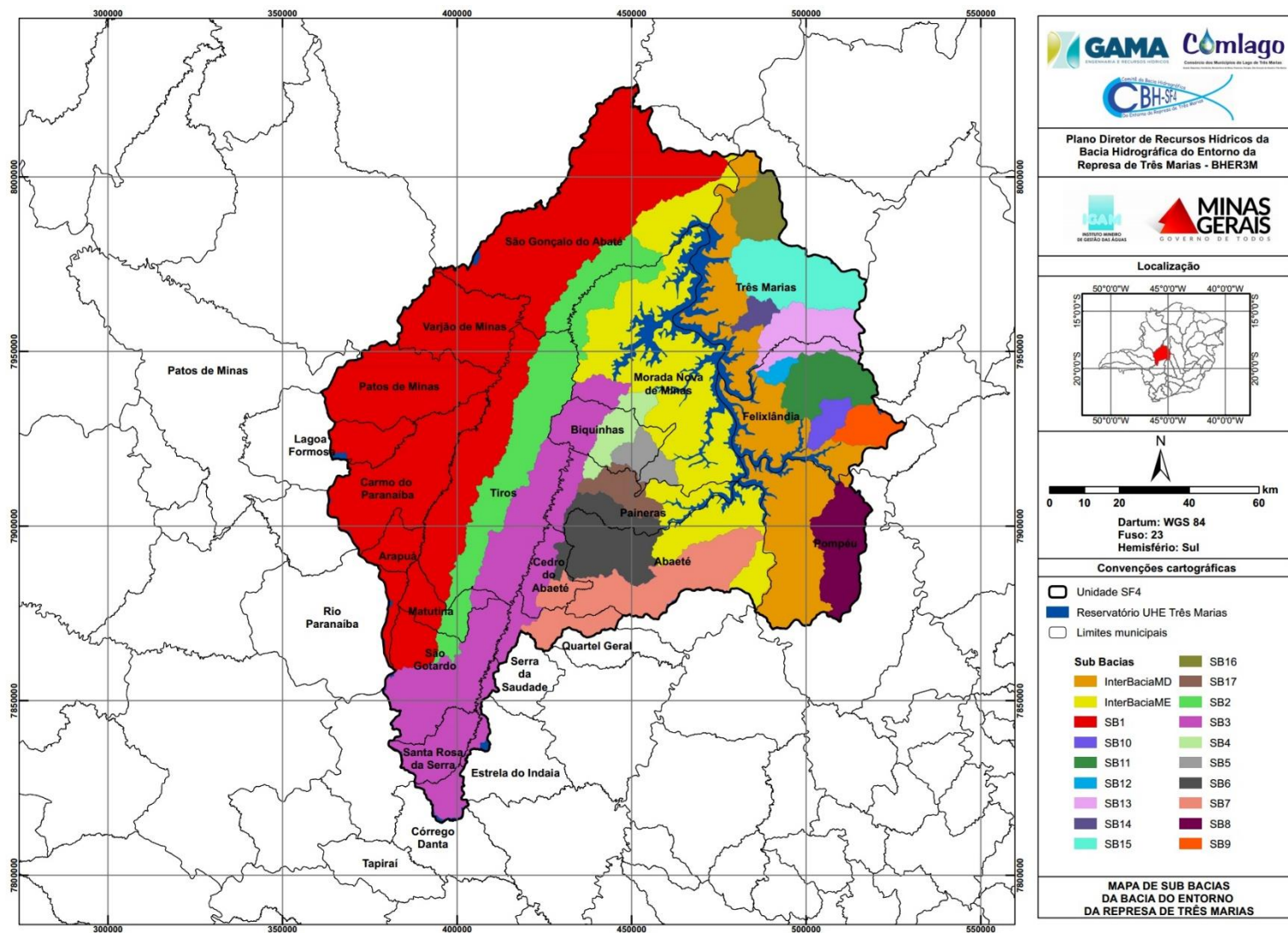
## 1.2. Subdivisão da UPGRH SF4

Os recursos hídricos apresentam associação direta com o espaço físico em que se encontram. Assim, a abrangência espacial da área em estudo e sua subdivisão assume destacada importância no âmbito do presente trabalho. A definição das sub-bacias foi orientada com base tanto nas influências dos recursos hídricos sobre o espaço territorial circundante como no condicionamento que esse espaço impõe sobre os recursos hídricos.

As sub-bacias foram definidas em cada foz de rio principal afluente ao reservatório de Três Marias (**Figura 1.1**). Como produto foram geradas 17 sub-bacias de rios afluentes. Adicionalmente, duas sub-bacias lindeiras ao Lago de Três Marias foram definidas, as quais foram denominadas Interbacias da Margem Esquerda e Direita.

O **Quadro 1.1** apresenta a nomenclatura de cada sub-bacia definida para a UPGRH SF4.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 7
------------------------------	---	-------------------------------	-------------



**Figura 1.1 – Sub-bacias de análise da UPRH SF4.**

**Quadro 1.1 – Nomenclatura das sub-bacias.**

Sub-Bacia	SIGLA	Rio Principal
Sub-bacia do Rio Abaeté	SB1	Rio Abaeté
Sub-bacia do Rio Borrachudo	SB2	Rio Borrachudo
Sub-bacia do Rio Indaiá	SB3	Rio Indaiá
Sub-bacia do Ribeirão Sucuriú	SB4	Ribeirão Sucuriú
Sub-bacia do Ribeirão da Estrema	SB5	Ribeirão da Estrema
Sub-bacia do Ribeirão São Vicente	SB6	Ribeirão São Vicente
Sub-bacia do Ribeirão Marmelada	SB7	Ribeirão Marmelada
Sub-bacia do Ribeirão Cana-brava	SB8	Ribeirão Canabrava
Sub-bacia do Riacho do Bagre	SB9	Riacho do Bagre
Sub-bacia do Riacho Fundo	SB10	Riacho Fundo
Sub-bacia do Ribeirão do Peixe	SB11	Ribeirão do Peixe
Sub-bacia do Córrego Riachão	SB12	Córrego Riachão
Sub-bacia do Ribeirão da Estrema Grande	SB13	Ribeirão da Estrema Grande
Sub-bacia do Córrego do Barrão	SB14	Córrego do Barrão
Sub-bacia do Ribeirão do Boi	SB15	Ribeirão do Boi
Sub-bacia do Córrego do Espírito Santo	SB16	Córrego Espírito Santo
Sub-bacia do Córrego Forquilha	SB17	Córrego Forquilha
Interbacia da Margem Esquerda	IME	Interbacia margem esquerda
Interbacia da Margem Direita	IMD	Interbacia margem direita

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 9
------------------------------	---	-------------------------------	-------------



## 2. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA

Uma caracterização fisiográfica foi realizada na UPGRH SF4 utilizando técnicas de geoprocessamento, facilitando o referenciamento de bases de dados geoespaciais para a sistematização e compartilhamento de informações. Os elementos físicos e respectivos índices relacionados, considerados relevantes para a elaboração do plano da bacia, são descritos e apresentados nos próximos itens.

Convém observar, que os índices físicos somente serão apresentados para as bacias SB-01 a SB17, não sendo calculados para as interbacias das margens direita e esquerda, isto por que estas bacias não serão objeto de estudos hidrológicos nem de balanço hídrico, uma vez que suas retiradas e captações são realizadas diretamente no lago da represa de Três Marias e seus respectivos braços.

Ainda suas condições topológicas de drenagem das interbacias são indefinidas, uma vez que se constituem em uma área de contribuição difusa, em grande parte não perene, cuja disponibilidade hídrica está intimamente relacionada ao reservatório de Três Marias, e às bacias dos rios Pará e São Francisco.

### 2.1. Índices físicos

#### 2.1.1. Área de Drenagem, Perímetro e Comprimento do Rio Principal

Além de ser um elemento básico na estimativa de outras características físicas, a área de drenagem tem fundamental importância na estimativa da potencialidade hídrica da bacia, uma vez que tem relação direta com o volume precipitado sobre a mesma. Assim como a área de drenagem, o cálculo do perímetro da bacia e do comprimento de seu rio principal são importantes para determinação de outros índices de caracterização, como pode ser observado mais adiante.

As áreas das unidades de estudo são apresentadas no **Quadro 2.1**, juntamente com os valores dos outros dois elementos físicos (perímetro e comprimento do rio principal).

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	10

### 2.1.2. Forma da bacia

A forma da bacia hidrográfica é importante pela influência que exerce no tempo de transformação da chuva em escoamento e sua constatação na seção de controle. Alguns coeficientes podem ser utilizados para quantificar a influência da forma no modo de reposta de uma bacia à ocorrência de uma precipitação, especialmente:

i) Índice de Compacidade (Kc)

É a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência (perímetro de um círculo de área igual à da bacia - adimensional) (**Equação 1**). Quanto mais próximo de um círculo uma bacia se assemelhar, maior será a sua capacidade de proporcionar grandes cheias. Isto ocorre porque há conversão do escoamento superficial, ao mesmo tempo, para um pequeno trecho do rio principal, havendo acúmulo do fluxo.

**Quadro 2.1 – Características físicas de área de drenagem, perímetro e comprimento do rio principal das sub-bacias da UPRH SF4**

Sub-Bacia	Área (A)	Perímetro (P)	Rio Principal	Comprimento (L)
	(km <sup>2</sup> )	(km)		(km)
SB1	5.791,1	784,3	Rio Abaeté	264,9
SB2	1.368,8	510,1	Rio Borrachudo	179,2
SB3	2.324,5	544,3	Rio Indaiá	222,7
SB4	227,9	120,2	Ribeirão Sucuriú	43,1
SB5	166,2	93,3	Ribeirão da Estrema	21,1
SB6	589,8	180,5	Ribeirão São Vicente	49,5
SB7	878,3	301,0	Ribeirão Marmelada	110,4
SB8	413,6	147,0	Ribeirão Cana-brava	53,4
SB9	161,7	85,2	Riacho do Bagre	23,7
SB10	109,9	72,9	Riacho Fundo	20,1
SB11	369,7	134,3	Ribeirão do Peixe	34,4
SB12	49,3	47,3	Córrego Riachão	12,99
SB13	391,3	148,4	Ribeirão da Estrema Grande	43,1
SB14	76,6	66,1	Córrego do Barrão	15,0
SB15	549,5	169,3	Ribeirão do Boi	48,4
SB16	231,6	96,3	Córrego do Espírito Santo	23,6
SB17	188,4	107,2	Córrego Forquilha	34,2

$$K_c = \frac{P_{BH}}{P_c}$$

**Equação 1**

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 11
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

Quanto mais próxima da unidade for este coeficiente, mais a bacia se assemelha a um círculo. Assim pode-se interpreta-la da seguinte forma:

- 1,00 – 1,25 → bacia com alta propensão a grandes enchentes;
  - 1,25 – 1,50 → bacia com tendência mediana a grandes enchentes;
  - >1,50 → bacia com menor propensão a grandes enchentes.
- ii) Fator de forma (Kf)

Expressa a relação entre a largura média da bacia e o seu comprimento axial (**Equação 2**).

$$Kf = \frac{\bar{L}}{L}$$

**Equação 2**

O fator de forma pode assumir os seguintes valores:

- 1,00 – 0,75 → sujeito a enchentes
- 0,75 – 0,50 → tendência mediana
- <0,50 → menor tendência a enchentes

As características quanto à forma da bacia e sub-bacias da UPGRH SF4 são apresentadas no **Quadro 2.2** e comentadas a seguir.

**Quadro 2.2 – Coeficientes de forma das sub-bacias da UPGRH SF4**

Sub-Bacia	A (km <sup>2</sup> )	P (km)	L (km)	Kc	Kf
SB1	5.791,1	784,26	264,9	2,91	0,20
SB2	1.368,8	510,09	179,17	3,89	0,08
SB3	2.324,5	544,24	222,64	3,18	0,14
SB4	227,9	120,22	43,07	2,25	0,31
SB5	166,2	93,30	21,1	2,04	0,58
SB6	589,8	180,51	49,54	2,10	0,65
SB7	878,3	301,03	110,39	2,87	0,18
SB8	413,6	146,96	53,37	2,04	0,34
SB9	161,7	85,17	23,71	1,89	0,64
SB10	109,9	72,88	20,06	1,96	0,32
SB11	369,7	134,31	34,41	1,97	0,55
SB12	49,3	47,28	12,99	1,90	0,40
SB13	391,3	148,41	43,1	2,12	0,38
SB14	76,6	66,13	15,04	2,13	0,43
SB15	549,5	169,31	48,37	2,04	0,34
SB16	231,6	96,31	23,56	1,79	0,77
SB17	188,4	107,15	34,16	2,20	0,50

Analisando os resultados, observa-se que a sub-bacia SB2 é a unidade mais irregular da bacia, por apresentar o maior coeficiente de compacidade (distanciando-se do formato circular em que o  $K_c = 1$ ) sendo, também, a mais alongada de acordo com o menor fator de forma apresentado ( $K_f = 0,08$ ) que, além disso, indica a menor disposição da bacia a ocorrência de cheias diante de chuvas intensas.

A unidade de estudo mais regular da bacia é a sub-bacia SB16 (com  $K_c = 1,79$ ). Essa mesma sub-bacia apresenta maior tendência para enchentes, por apresentar maior coeficiente de forma ( $K_f = 0,77$ ). Ou seja, esta unidade tem a forma mais "achatada" da bacia, o que faz com que as contribuições dos tributários sejam muito próximas nos trechos do rio principal, já que este apresenta uma área grande em relação ao curto comprimento de rio.

### 2.1.3. Densidade de drenagem (Dd)

Este índice físico é uma boa indicação do grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem. Expressa a relação entre o comprimento total dos cursos de água (sejam eles efêmeros, intermitentes ou perenes) de uma bacia e a sua área total.

$$Dd = \frac{L_{total}}{A}$$

**Equação 3**

Esta relação pode indicar:

- Bacias com drenagem pobre  $\rightarrow Dd < 0,5 \text{ km/km}^2$
- Bacias com drenagem regular  $\rightarrow 0,5 \leq Dd < 1,5 \text{ km/km}^2$
- Bacias com drenagem boa  $\rightarrow 1,5 \leq Dd < 2,5 \text{ km/km}^2$
- Bacias com drenagem muito boa  $\rightarrow 2,5 \leq Dd < 3,5 \text{ km/km}^2$
- Bacias excepcionalmente bem drenadas  $\rightarrow Dd \geq 3,5 \text{ km/km}^2$

O **Quadro 2.3** apresenta a densidade de drenagem das sub-bacias da UPGRH SF4.

Para todas as sub-bacias da UPGRH SF4, a densidade de drenagem apresentou valores abaixo de 0,5, indicando assim bacias com drenagem pobre. Dentre os valores encontrados, a sub-bacia SB6 apresentou o maior valor ( $Dd = 0,39$ ) e sub-bacia SB14 apresentou o menor valor ( $Dd = 0,28$ ).

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	13

### 2.1.4. Ordem dos cursos

Trata-se de uma hierarquização dos canais fluviais, e reflete o grau de ramificação ou bifurcação. Cada linha de drenagem pode ser categorizada de acordo com sua posição (ordem ou magnitude) dentro da bacia.

A ordenação pode ser utilizada para descrever a linha de drenagem, e dividir a rede de drenagem em partes que podem ser quantificadas e comparadas.

**Quadro 2.3 – Densidade de drenagem das sub-bacias**

Sub-Bacia	A (km <sup>2</sup> )	Ltotal (km)	Dd (km/km <sup>2</sup> )
SB1	5.791,1	2.082,15	0,36
SB2	1.368,8	457,02	0,33
SB3	2.324,5	812,78	0,35
SB4	227,9	79,35	0,35
SB5	166,2	51,25	0,31
SB6	589,8	228,70	0,39
SB7	878,3	322,88	0,37
SB8	413,6	140,68	0,34
SB9	161,7	47,61	0,29
SB10	109,9	31,73	0,29
SB11	369,7	127,15	0,34
SB12	49,3	14,49	0,29
SB13	391,3	123,26	0,32
SB14	76,6	21,14	0,28
SB15	549,5	170,22	0,31
SB16	231,6	81,57	0,35
SB17	188,4	68,05	0,36

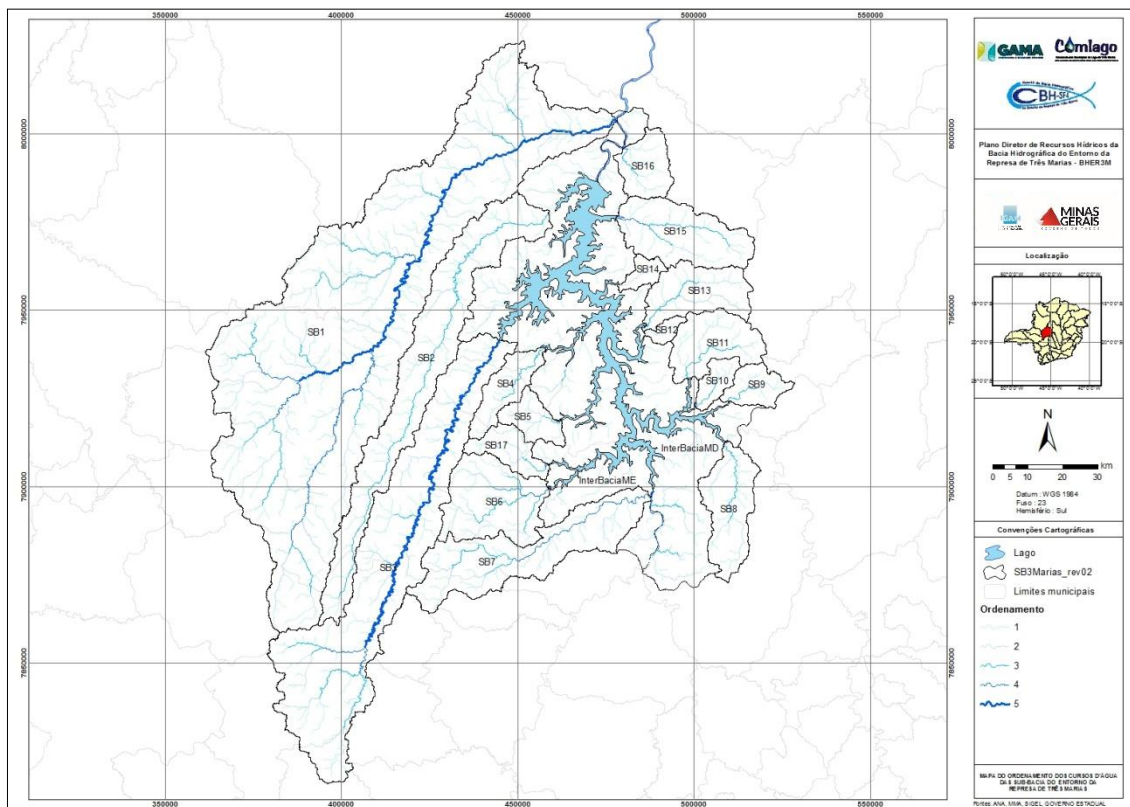
### Método de Strahler

Linhas de 2ª ordem são formadas pela junção de 2 linhas de 1ª ordem, as linhas de 3ª ordem são formadas pela junção de 2 linhas de 2ª ordem e assim sucessivamente; as linhas de 3ª ordem, por exemplo, podem também receber um canal de 1ª ordem.

Isto implica atribuir a maior ordem ao rio principal, valendo esta designação em todo o seu comprimento, do exutório à nascente.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 14
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

O ordenamento da rede de drenagem das sub-bacias da UPRH SF4 está apresentado na **Figura 2.1**. Para cada sub-bacia, apresenta-se o nível de ordenamento, conforme a metodologia de Strahler (**Quadro 2.4**).



**Figura 2.1 – Ordenamento das sub-bacias da UPRH SF4**

**Quadro 2.4 – Ordenamento das sub-bacias da UPRH SF4**

Sub-Bacia	A (km <sup>2</sup> )	P (km)	Rio Principal	Ordem
SB1	5.791,1	784,26	Rio Abaeté	5
SB2	1.368,8	510,09	Rio Borrachudo	3
SB3	2.324,5	544,24	Rio Indaiá	5
SB4	227,9	120,22	Ribeirão Sucuriú	3
SB5	166,2	93,30	Ribeirão da Estrema	3
SB6	589,8	180,51	Ribeirão São Vicente	4
SB7	878,3	301,03	Ribeirão Marmelada	4
SB8	413,6	146,96	Ribeirão Cana-brava	3
SB9	161,7	85,17	Riacho do Bagre	3
SB10	109,9	72,88	Riacho Fundo	3
SB11	369,7	134,31	Ribeirão do Peixe	3
SB12	49,3	47,28	Córrego Riachão	2
SB13	391,3	148,41	Ribeirão da Estrema Grande	3
SB14	76,6	66,13	Córrego do Barrão	2
SB15	549,5	169,31	Ribeirão do Boi	4
SB16	231,6	96,31	Córrego do Espírito Santo	3
SB17	188,4	107,15	Córrego Forquilha	3

### 2.1.5. Curva hipsométrica

É a representação gráfica do relevo de uma bacia. Representa o estudo da variação da elevação dos vários terrenos da bacia com referência ao nível médio do mar. Esta variação é representada por meio de um gráfico que mostra a porcentagem da área de drenagem que existe acima ou abaixo das várias elevações.

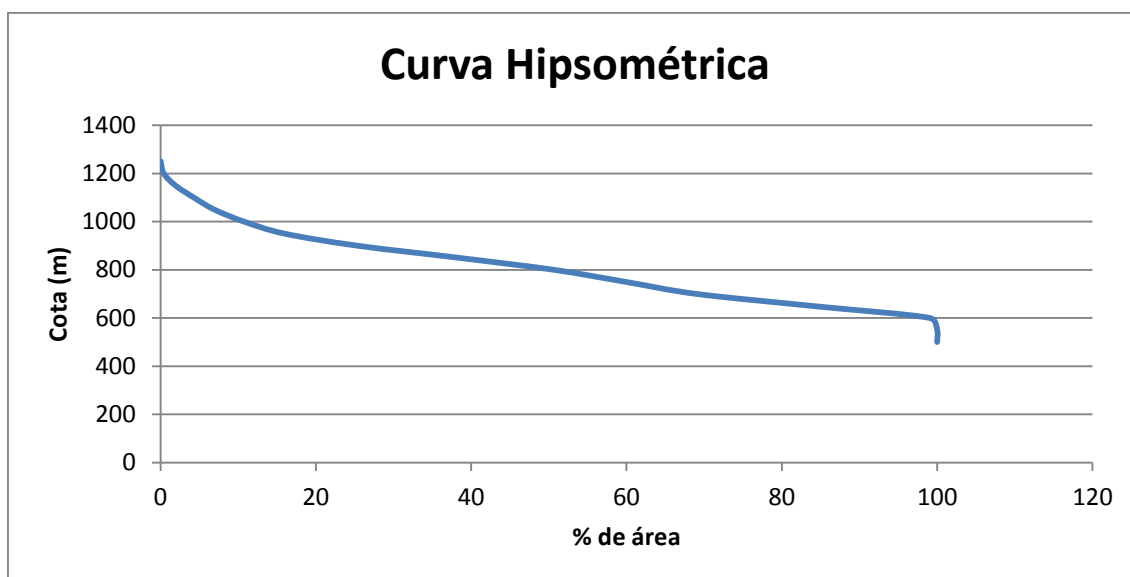
A curva hipsométrica foi avaliada considerando classes de altitude de 50 m. O menor valor de altitude representado pelo Modelo Numérico do Terreno - MNT é 497 m e o maior é 1220 m. Ao todo, foram contabilizadas 16 classes e suas respectivas frações de área, conforme apresentado no **Quadro 2.5**. A curva hipsométrica da UPGRH SF4 é apresentada na **Figura 2.2** a seguir.

**Quadro 2.5 – Relação cota-área para construção da curva hipsométrica**

Cota	Área (Km <sup>2</sup> )	Área acumulada (Km <sup>2</sup> )	% Área	% Área acumulada
1.250	3	3,0	0,02	0,02
1.200	71	74	0,38	0,40
1.150	279	353	1,51	1,91
1.100	437	790	2,36	4,27
1.050	489	1.279	2,64	6,91
1.000	708	1.987	3,83	10,74
950	967	2.954	5,23	15,97
900	1.735	4.688	9,38	25,34
850	2.400	7.088	12,97	38,32
800	2.278	9.367	12,32	50,63
750	1.708	11.074	9,23	59,86
700	1.681	12.756	9,09	68,95
650	2.759	15.515	14,91	83,87
600	2.812	18.327	15,20	99,07
550	173	18.499	0,93	99,99
500	0	18.499	0,00	100,00

A curva hipsométrica nos mostra que 90% da bacia esta numa faixa de valores entre um pouco mais que 650 metros de altitude.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 16
------------------------------	---	-------------------------------	--------------



**Figura 2.2 – Curva Hipsométrica da UPGRH SF4.**

### 2.1.6. Declividade da bacia

É a diferença de altitude entre o início ( $H_i$ ) e o fim da drenagem ( $H_f$ ) dividida pelo comprimento da drenagem ( $L_{BH}$ ), conforme pode ser visualizado na **Equação 4**. Quanto maior a declividade de um terreno, maior a velocidade de escoamento, menor o tempo de concentração e maior as perspectivas de picos de enchentes. A magnitude desses picos de enchente e a infiltração da água, trazendo como consequência, maior ou menor grau de erosão, dependem da declividade média da bacia (determina a maior ou menor velocidade do escoamento superficial), associada à cobertura vegetal, tipo de solo e tipo de uso da terra.

$$D = \frac{\Delta H}{L_{BH}}$$

**Equação 4**

A declividade média das sub-bacias da UPGRH SF4 está apresentada no **Quadro 2.6**.

As sub-bacias com maior área de drenagem (SB1, SB2, SB3 e SB7) possuem uma declividade menos acentuada, que, assim como a forma dessas, indica a menor disposição da bacia a ocorrência de cheias diante de chuvas intensas.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	17



**Quadro 2.6 – Declividade média das sub-bacias da UPGRH SF4**

Sub-Bacia	A (km <sup>2</sup> )	P (km)	L <sub>BH</sub> (km)	H <sub>i</sub> (m)	H <sub>f</sub> (m)	Declividade (m/km)
SB1	5.791,1	784,26	187,1	1.200,49	508,16	3,7
SB2	1.368,8	510,09	142,7	1.170,67	568,93	4,2
SB3	2.324,5	544,24	140,3	1.219,97	562,30	4,7
SB4	227,9	120,22	33,3	857,80	566,04	8,8
SB5	166,2	93,30	19	754,63	565,85	9,9
SB6	589,8	180,51	37,1	1.040,84	559,84	13,0
SB7	878,3	301,03	75,4	1.026,74	567,22	6,1
SB8	413,6	146,96	41,7	881,74	566,56	7,6
SB9	161,7	85,17	21,7	914,95	578,91	15,5
SB10	109,9	72,88	18,7	910,57	566,91	18,4
SB11	369,7	134,31	32,3	956,96	564,18	12,2
SB12	49,3	47,28	13,5	869,06	568,75	22,2
SB13	391,3	148,41	34,5	955,68	557,44	11,5
SB14	76,6	66,13	16,2	850,36	562,46	17,8
SB15	549,5	169,31	40,5	908,86	559,55	8,6
SB16	231,6	96,31	18,6	847,77	510,54	18,1
SB17	188,4	107,15	25,4	847,77	559,45	11,4

A sub-bacia SB12 apresenta maior declividade e menor área de drenagem. Apresenta um Kc = 1,90, indicando uma forma mais achatada de bacia hidrográfica. Estas características indicam que esta sub-bacia apresenta menor propensão a grandes enchentes.

**2.1.7. Declividade do curso de água principal**

Este parâmetro é de suma importância para o manejo de bacias hidrográficas haja vista que influência diretamente na velocidade do escoamento da água na calha da bacia e conseqüentemente no tempo de concentração da mesma. Foi obtida de acordo com o método da declividade baseada nos extremos, porém descartando-se 10% do trecho inicial e 15% do trecho final do curso de água. Isto se deve, pois a maioria dos cursos de água têm alta declividade próximo da nascente e torna-se praticamente plano próximo de sua barra.

$$D_{RP} = \frac{H(0,85L) - H(0,10L)}{0,75L}$$

**Equação 5**

O **Quadro 2.7** apresenta a declividade dos cursos de água principais das sub-bacias da UPGRH SF4.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	18

**Quadro 2.7 – Declividade dos cursos de água das sub-bacias**

Sub-Bacia	A (km <sup>2</sup> )	P (km)	75% (L)	H(85%L)	H(10%L)	Declividade (m/km)
			(km)	(m)	(m)	
SB1	5.791,1	784,26	198,68	813,73	1.129,07	1,59
SB2	1.368,8	510,09	134,38	839,10	1.116,04	2,06
SB3	2.324,5	544,24	166,98	826,46	1.147,76	1,92
SB4	227,9	120,22	32,30	654,33	847,10	5,97
SB5	166,2	93,30	15,83	619,68	669,35	3,14
SB6	589,8	180,51	37,16	699,06	873,55	4,70
SB7	878,3	301,03	82,79	723,18	811,67	1,07
SB8	413,6	146,96	40,03	697,28	838,79	3,54
SB9	161,7	85,17	17,78	637,36	811,11	9,77
SB10	109,9	72,88	15,05	619,48	805,04	12,33
SB11	369,7	134,31	25,81	691,27	935,36	9,46
SB12	49,3	47,28	9,74	630,27	867,00	24,30
SB13	391,3	148,41	32,33	779,65	1.000,25	6,82
SB14	76,6	66,13	11,28	698,26	869,35	15,17
SB15	549,5	169,31	36,28	759,22	898,34	3,84
SB16	231,6	96,31	17,67	641,46	846,42	11,60
SB17	188,4	107,15	25,62	613,60	760,11	5,72

Assim como ocorrido a avaliação da declividade da bacia, as sub-bacias SB1, SB2, SB3 e SB7 apresentam uma declividade do rio principal menos acentuada em relação as demais.

Já sub-bacia SB12 o Córrego Riachão apresenta maior declividade. Nesta sub-bacia também foi verificada uma forma mais achatada. Tais características indicam que esta sub-bacia apresenta menor propensão a grandes enchentes.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 19
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

### 3. CARACTERIZAÇÃO INFRAESTRUTURA HÍDRICA

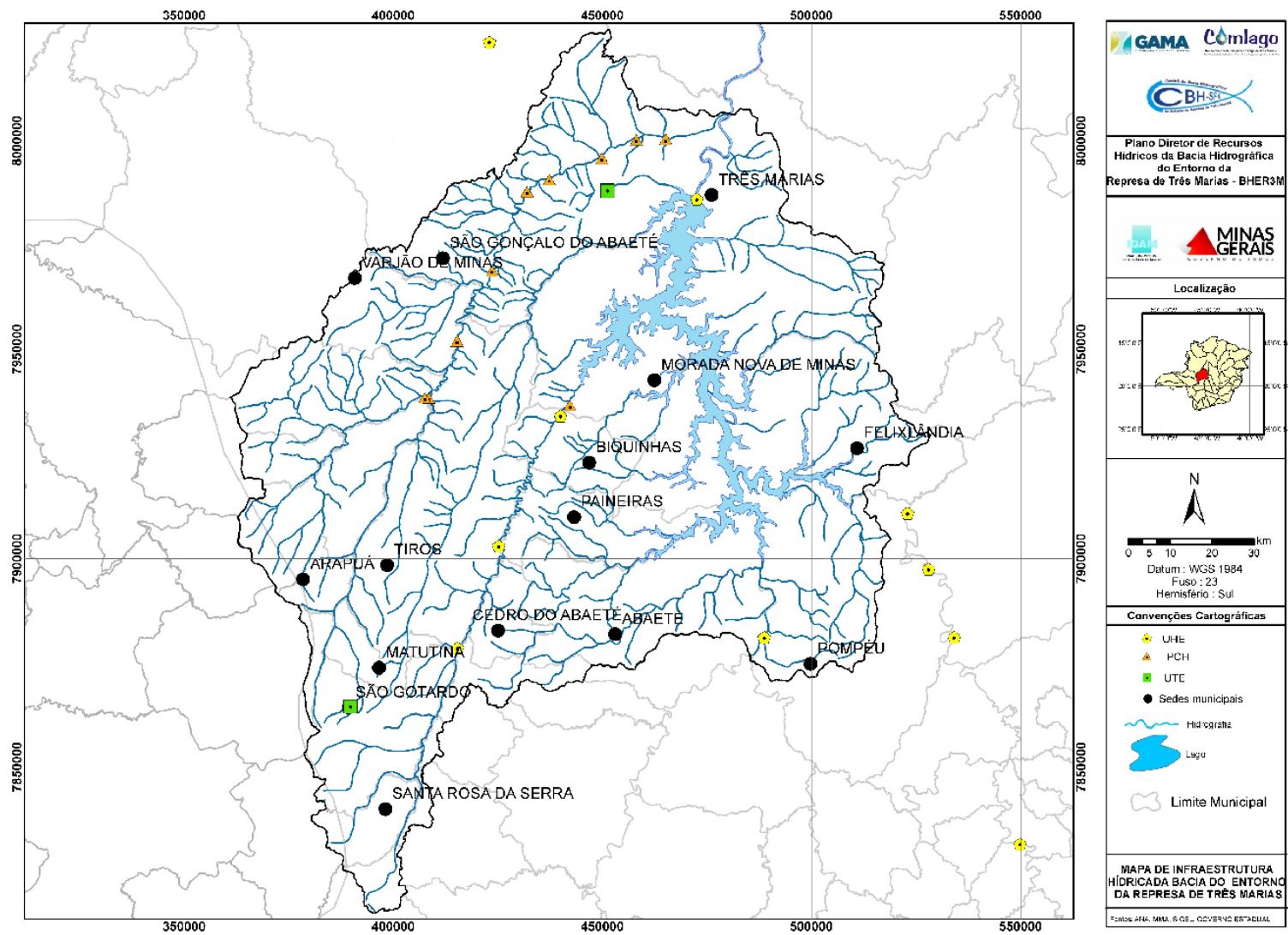
Neste item será apresentada a infraestrutura hídrica existente na UPGRH SF4. Entenda-se por infraestrutura hídrica canais, barragens, sistemas de transposição de bacia, captações significativas, usinas e pequenas centrais hidrelétricas e quaisquer obras hidráulicas destinadas a alterar (diminuir ou incrementar) a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica.

Na UPGRH SF4 foram identificadas as barragens da Usina Hidrelétrica (UHE) de Três Marias localizada na calha do Rio São Francisco e a PCH de Ponte Indaiá (**Figura 3.1**), localizada sobre o rio Indaiá. Esta PCH possui uma potência instalada de 5.820 kW e uma área de drenagem de 2.266 km<sup>2</sup>. As UTE's identificadas, SMTE-Subestação São Gotardo e DTCEA-TRM, possuem uma potência instalada de 75 kW e 448kW, respectivamente.

Encontram-se ativos os inventários das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) de Bombas, Ponte Indaiá, Gentio, Canoas, Mateus José, Palmeira, Alemãs Baixo, Areado, São Gotardo, Cachoeira Comprida, conforme apresentado na **Figura 3.2**.

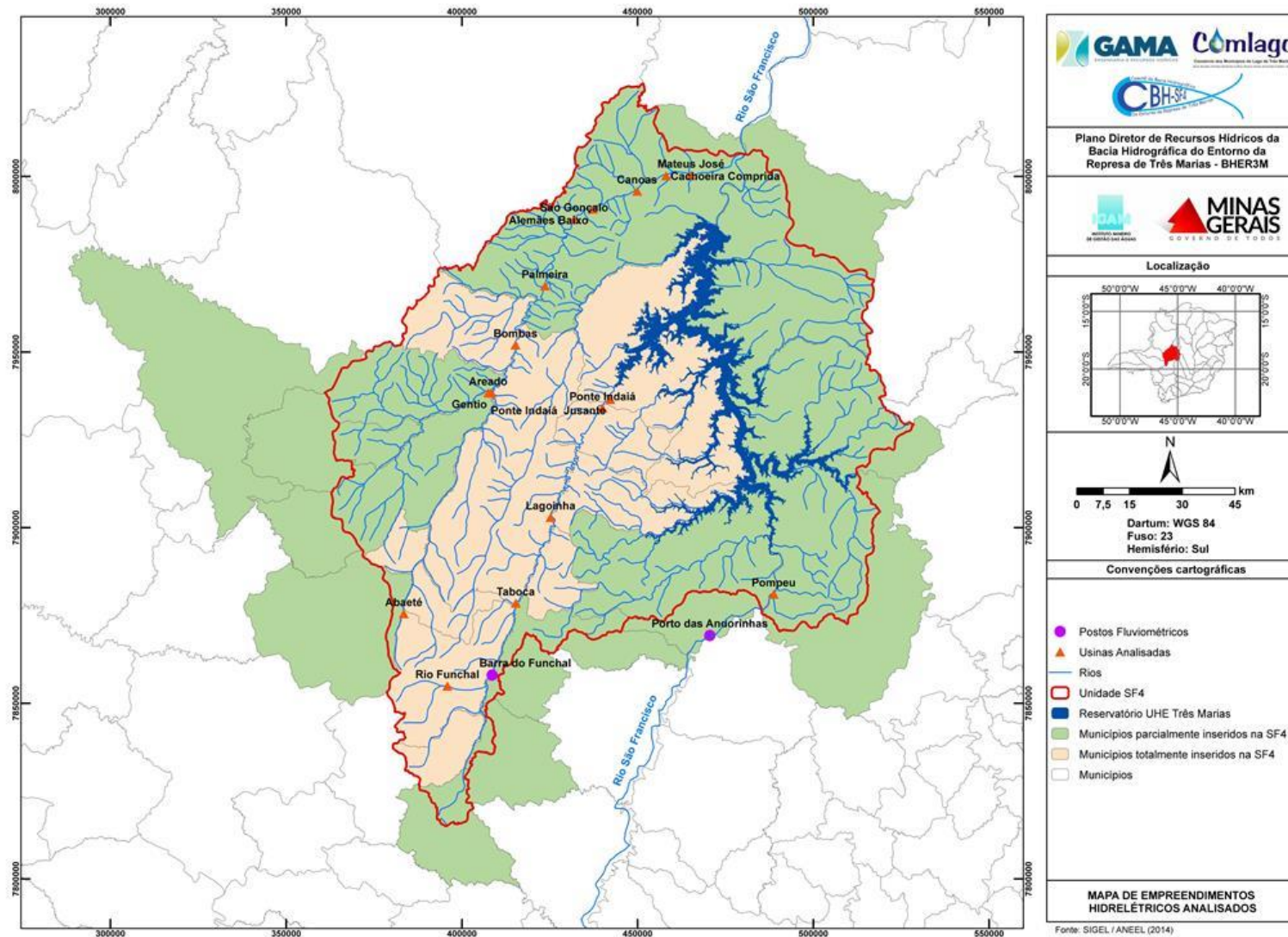
A UHE de Três Marias apresenta uma potência instalada de 396 MW com seis unidades geradoras, um volume do reservatório de 19.528 hm<sup>3</sup>, comprimento da barragem de 2.700 m e altura máxima de 75 m e uma área alagada de 1.040 km<sup>2</sup>. Instalada em 1962 é atualmente operada pela CEMIG.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	20



**Figura 3.1 – Infraestrutura Hídrica na UPGRH SF4**

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 21
------------------------------	---	-------------------------------	--------------



**Figura 3.2 – Pequenas Centrais Hidrelétricas, atuais e previstas na UPGRH SF4**

## 4. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA

### 4.1. Unidades Litológicas

Nesse item são descritas as principais unidades litológicas da UPGRH SF4 (**Figura 4.1**), abrangendo, também, uma análise sobre aspectos relacionados à hidrogeologia e seus condicionantes como os tipos de aquífero (**Figura 4.2**), relevo e uso do solo. Além disso, foram identificados os processos de origem antrópica e suas implicações no sistema hidrogeológico e geomorfológico da UPGRH.

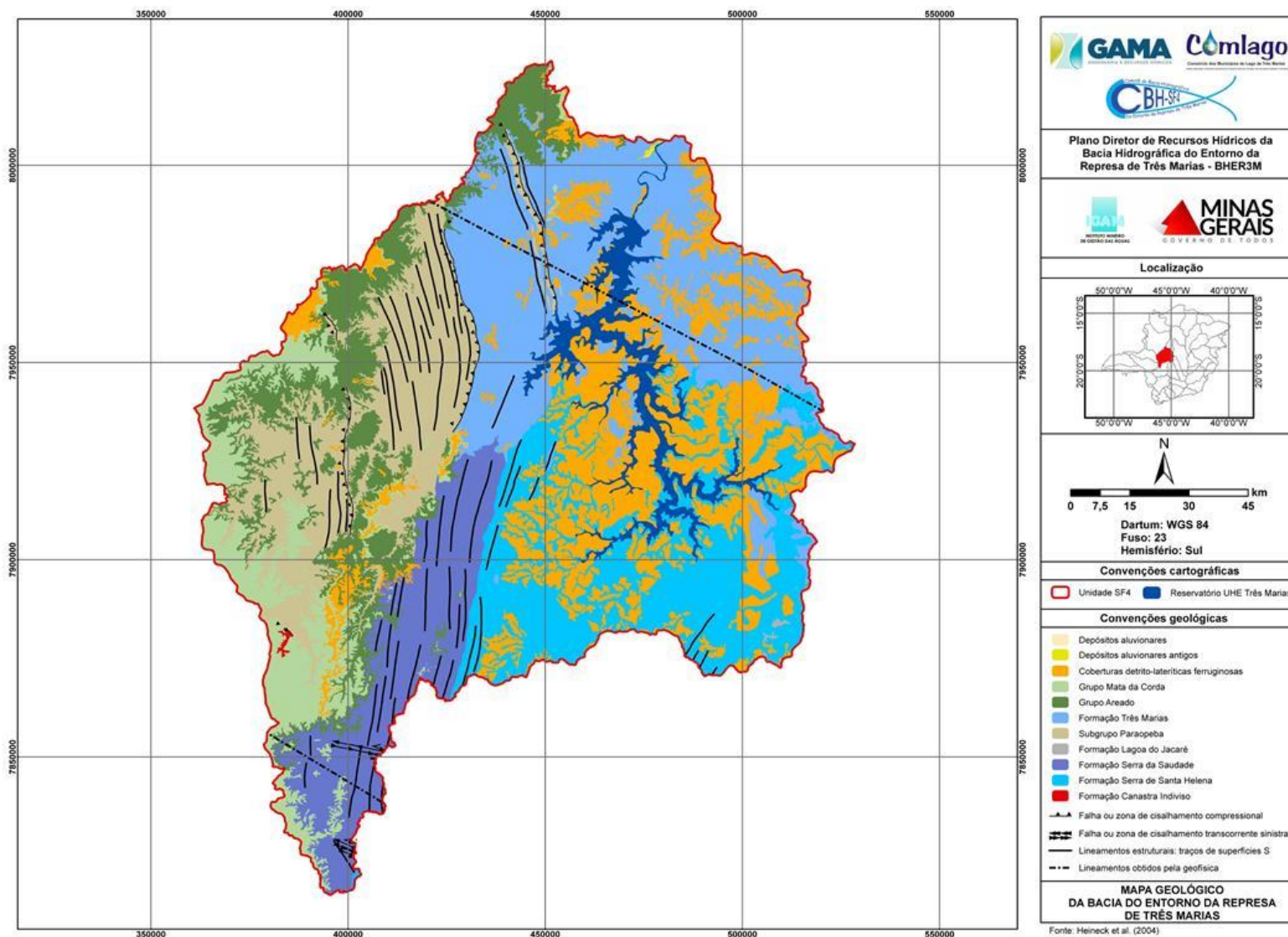
#### 4.1.1. Depósitos aluvionares

São sedimentos arenosos e argilo-arenosos, localmente com níveis de cascalho, formados durante o Holoceno. Possuem pouca expressão espacial na unidade mapeada, sendo restritos às proximidades das calhas das principais drenagens. Os aquíferos porosos são expostos ou situados muito próximos da superfície, sendo muito vulneráveis à contaminação, mas também com baixo custo de exploração da água. A configuração morfolitoestrutural é favorável tanto à recarga como à descarga das águas subterrâneas, além de possuir bom potencial armazenador de água. Esses depósitos são vinculados a relevo de Planícies Fluviais (Classificação de Marques *et al.*, 2006), cuja declividade em geral é baixa.

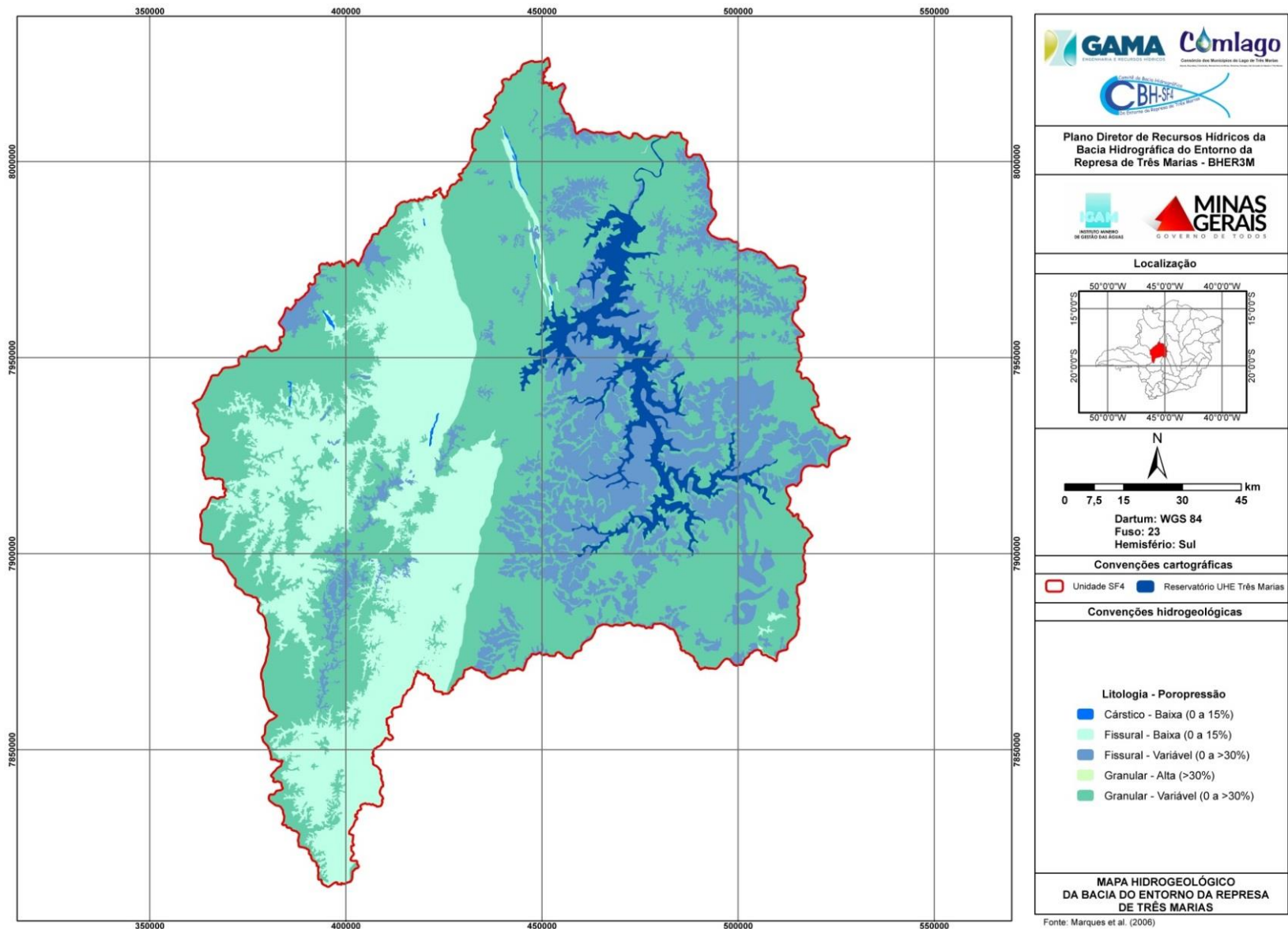
No mapeamento realizado, os Depósitos Aluvionares, bem como os Depósitos Aluvionares Antigos, são unidades muito restritas na escala de mapeamento realizado por Heineck *et al.* (2004). Mas, esses depósitos aparecem em maior ou menor escala em todos os fundos de vale, devido aos processos gravitacionais que transportam os sedimentos das encostas, bem como também são os locais onde geralmente os lençóis freáticos afloram. Assim, de modo geral, no contexto de cada bacia de drenagem, a ocorrência de maiores potenciais hidrogeológicos quase sempre aumenta em direção ao fundo do vale, independentemente da litologia ou uso do solo.

Na UPGRH SF4, as áreas com os depósitos aluvionares mais expressivos se encontram junto à calha do rio São Francisco, a jusante da barragem de Três Marias, e ao longo das principais drenagens, como a do rio Abaeté (**Figura 4.3**). Esta unidade possui o maior potencial hidrogeológico da UPGRH, sendo que poços nesses tipos de terrenos, em geral, tem boa produção. Nesses terrenos podem ocorrer áreas alagadas, brejos e lagoas, que podem ter relação tanto com o afloramento dos aquíferos locais, como também à contribuição dos fluxos fluviais.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	23



**Figura 4.1 – Mapa geológico da UPGRH SF4. Fonte: Heineck *et al.* (2004).**



**Figura 4.2 – Tipos de aquíferos na UGRH SF4. Fonte: Marques *et al.* (2006).**





**Figura 4.3 – (a) Depósito aluvionar na confluência do rio São Francisco com o rio Abaeté (junto da margem convexa) (b) Ilha fluvial no rio Abaeté. Fonte: Google Earth (2014).**

Durante os períodos mais secos do ano pode apresentar uma redução na cota dos lençóis freáticos, mas raramente apresentará ausência de água. Depósitos com predominância de materiais arenosos podem apresentar boa condutividade e poços com boa produção. São áreas que necessitam de cuidados especiais quanto ao uso, devido à fragilidade do sistema que depende dos inputs fluviais de sedimentos e materiais orgânicos. Apresenta, também, flora e fauna adaptada a ambientes ripários (**Quadro 4.1**).

**Quadro 4.1 – Aspectos gerais da unidade litológica depósitos aluvionares.**

Relevo	Planícies Fluviais
Aquífero	Granular
Falhas	Não
Potencial estimado de poços	Sem poços cadastrados/Estima-se boa produção
Uso do solo predominante	Pastagens, floresta e outros
Erosão	Erosão marginal da calha
Qualidade da água dos rios	Sem influência relevante
Práticas conservacionistas	Revegetação de floresta ripária/redução de agroquímicos

**4.1.2. Depósitos aluvionares antigos**

Depósitos antigos e de terraços, sedimentos arenosos e argilo-arenosos, localmente com níveis de cascalho, formados durante o Pleistoceno. Da mesma forma que os depósitos aluvionares, possuem pequena expressão espacial na unidade de mapeamento, apresentando uma ocorrência na porção norte da UPGRH SF4. Tal como os depósitos aluvionares, também apresentam aquíferos porosos expostos ou situados muito próximos da superfície, sendo muito vulneráveis à contaminação e com baixo custo de exploração. A configuração topográfica e geológica é favorável tanto à recarga como à descarga das águas subterrâneas, além de possuir bom potencial armazenador de água.

Devido à cota mais elevada que os depósitos aluvionares, o lençol freático pode se apresentar mais profundo, enquanto que a topografia plana dessa unidade torna os terrenos

pouco suscetíveis à erosão. Essas condições também favorecem diversos tipos de uso do solo, pois os terraços são superfícies que não recebem influência das cheias anuais (**Quadro 4.2**).

#### **Quadro 4.2 – Aspectos gerais da unidade litológica depósitos aluvionares antigos.**

Relevo	Terraços fluviais
Aquífero	Granular
Falhas	Não
Potencial estimado de poços	Sem poços cadastrados/Estima-se boa produção
Uso do solo predominante	Pastagens, floresta e outros
Erosão	Sem processos relevantes
Qualidade da água dos rios	Sem influência relevante
Práticas conservacionistas	Controle de agroquímicos

#### **4.1.3. Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas**

Essas coberturas são compostas por Colúvios e Latossolos com níveis de cascalhos lateríticos (concreções ferruginosas), cuja formação é datada do fim do Paleógeno. São formadas pelo intemperismo das rochas sedimentares da Formação Três Marias e Serra de Santa Helena, compostas por rochas arenosas e argilosas. Apresentam aquíferos superficiais livres, bastante vulneráveis à contaminação, porosos e que sofrem carga e descarga rápidas. O potencial de exploração pode ser bastante irregular, podendo apresentar poços de boa vazão e outros próximos, secos. Essas coberturas são vinculadas ao relevo de Chapadas, Platôs e Tabuleiros, cujas declividades e amplitudes altimétricas são reduzidas.

No levantamento de outorgas de águas subterrâneas (item 5.2 do volume II), foi verificado a presença de 69 poços nessa unidade litológica, cuja média de produção é de 6,7 m<sup>3</sup>/h. A Formação subjacente estratigráfica e topograficamente é a Serra de Santa Helena, na qual 65 poços produzem uma média de 13,8 m<sup>3</sup>/h (**Quadro 4.3**). Essas coberturas se posicionam nos altos topográficos do relevo adjacente ao reservatório de Três Marias, comportando-se principalmente como áreas de recarga dos aquíferos locais (**Figura 4.4**). Devido à topografia pouco movimentada, as áreas de cabeceira de drenagem, que porventura possam ocorrer nessa unidade, podem apresentar grande variação espacial das nascentes ao longo da calha, em função dos ciclos de períodos secos e chuvosos.

**Quadro 4.3 – Aspectos gerais da unidade litológica cobertura dentrito-laterítica ferruginosa.**

Relevo	Chapadas, platôs e tabuleiros
Aquífero	Granular
Falhas	Pouco expressivo
Potencial estimado de poços	69 poços cadastrados/Vazão média de 6,7 m <sup>3</sup> /h
Uso do solo predominante	Agricultura
Erosão	Sem processos relevantes
Qualidade da água dos rios	Pode ser afetada por sedimentos em suspensão e agroquímicos
Práticas conservacionistas	Controle de agroquímicos



**Figura 4.4 – Exemplos de configuração do relevo em locais de ocorrência de coberturas dentrito-lateríticas ferruginosas. Fonte: Google Earth (2014).**

Em geral, essa unidade faz limite com relevos de dissecação das bordas dos platôs. Essas áreas apresentam um relevo mais movimentado, maior densidade de canais de drenagem (o que não necessariamente implica em maior quantidade de água), bem como maiores declividades e grande suscetibilidade a processos erosivos (**Figura 4.5**).

É possível que determinados tipos de usos do solo nesta unidade de Coberturas Detriticas - principalmente aqueles que aumentem o escoamento superficial, como agricultura mecanizada sem adoção de técnicas de conservação do solo - possam agravar a ocorrência de processos erosivos nestas áreas de borda.



**Figura 4.5 – Relevo das bordas dos platôs, caracterizado por alta densidade de vales e processos erosivos. Fonte: Google Earth (2014).**

#### **4.1.4. Grupo Mata da Corda**

Unidade composta por arenito cinerítico, tufito, tufo, lapilito e derrames alcalinos do fim do Cretáceo. Aflora de forma restrita na porção Oeste da unidade mapeada. Não apresenta feições estruturais importantes. Pode apresentar sedimentos e solos de baixa permeabilidade e alta capacidade de reter poluentes. Em geral, possuem baixo potencial hidrogeológico, e os solos residuais são desfavoráveis à recarga subterrânea. Está vinculada à região que apresenta as maiores altitudes da UPGRH SF4, podendo chegar ao entorno de 1.300 m. As classes de relevo predominantes são os Planaltos e Baixos Platôs ao Norte, enquanto que mais a Sul, a Morros e Serras Baixas (**Figura 4.6**).

Essa configuração de planaltos, com topos planos e bordas com elevadas declividades configuram um sistema hidrogeológico no qual o planalto funciona como importante área de recarga, com poucas áreas onde o lençol freático se encontra próximo à superfície. Nas áreas planas, a densidade de drenagem é reduzida, muito dependente da recarga pluvial e com possibilidade de alta variabilidade de fluxos fluviais.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 29
------------------------------	---	-------------------------------	--------------



(a) planaltos com topos planos e bordas declivosas



(b) serras e morros dissecados

**Figura 4.6 – Aspectos dos tipos de relevo e uso do solo que se desenvolvem sobre a unidade litológica. Fonte: Google Earth (2014).**

No levantamento de outorgas de águas subterrâneas (item 5.2 do volume II), foi verificada a presença de 39 poços cadastrados, que produzem em média 5,9 m<sup>3</sup>/h, volume inferior às unidades litológicas situadas em posição estratigraficamente inferior, como a Formação Serra de Santa Helena, com 65 poços cadastrados e vazão média de 13,8 m<sup>3</sup>/h.

Devido à configuração plana, boa parte dessa unidade é extensamente utilizada para agricultura mecanizada, com destaque à grande quantidade de sistemas de irrigação por pivô central. Além disso, por ser área de recarga e pelo uso agrícola intenso, essa é uma área na qual deve ser dada atenção em relação ao uso de agroquímicos e também a adoção de práticas conservacionistas que permitam uma maior taxa de infiltração, como execução de curvas de nível. Problemas relativos a processos erosivos são reduzidos se comparados às demais unidades, devido principalmente às baixas declividades e solos coesivos (**Quadro 4.4**)

Já na região mais a sul do afloramento dessa unidade litológica, o relevo se apresenta mais movimentado, com topos convexos e drenagens organizadas num padrão dendrítico. De forma diferente que os planaltos, nesse setor a densidade de drenagem é elevada, sendo que essa grande quantidade de vales contribui para formação de uma paisagem heterogênea, onde os topos dos morros são caracterizados por solos mais pobres em nutrientes e água, bem como são frequentemente afetados por processos erosivos, enquanto que nos fundos de vale ocorre o oposto.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 30
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

**Quadro 4.4 – Aspectos gerais da unidade litológica grupo Mata da Corda.**

Relevo	Planaltos de topografia suave
Aquífero	Granular
Falhas	Não
Potencial estimado de poços	39 poços cadastrados/Média de 5,9 m <sup>3</sup> /h
Uso do solo predominante	Agricultura
Erosão	Sem processos relevantes
Qualidade da água dos rios	Pode ser afetada por sedimentos em suspensão e agroquímicos
Práticas conservacionistas	Controle de agroquímicos

**4.1.5. Grupo Areado**

Formado por arenitos, siltitos, folhelhos e conglomerados do início do Cretáceo. Ocorre de forma descontínua na área, principalmente em toda porção Oeste, sendo sobreposta pela Formação Mata da Corda a Oeste. Tal como a unidade anterior, não apresenta feições estruturais significativas, mas apresenta algumas ocorrências de cavernas em arenito.

Esta unidade está relacionada, na sua porção Norte, a relevo de Colinas Amplas e Suasves, nos extremos Oeste e Sul, aflora junto de Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos, enquanto que na porção mais a Leste desta unidade está relacionada a Morros e Serras Baixas (**Figura 4.7**).



(a) colinas amplas



(b) rebordos erosivos

**Figura 4.7 – Aspectos dos tipos de relevo e uso do solo que se desenvolvem sobre a unidade litológica. Fonte: Google Earth (2014).**

Pode apresentar aquíferos granulares com boa capacidade de armazenamento de água, bem como apresentar uma boa produção dos poços, principalmente por receber a recarga de terrenos posicionados topograficamente mais elevados, como aqueles relacionados à Formação Mata da Corda. Entretanto, essa capacidade pode apresentar alguma variação em função da textura e descontinuidade vertical do material, e também das variações topográficas locais. As áreas de topo e setores mais próximos dos rebordos erosivos podem apresentar potencial reduzido de produção de água.

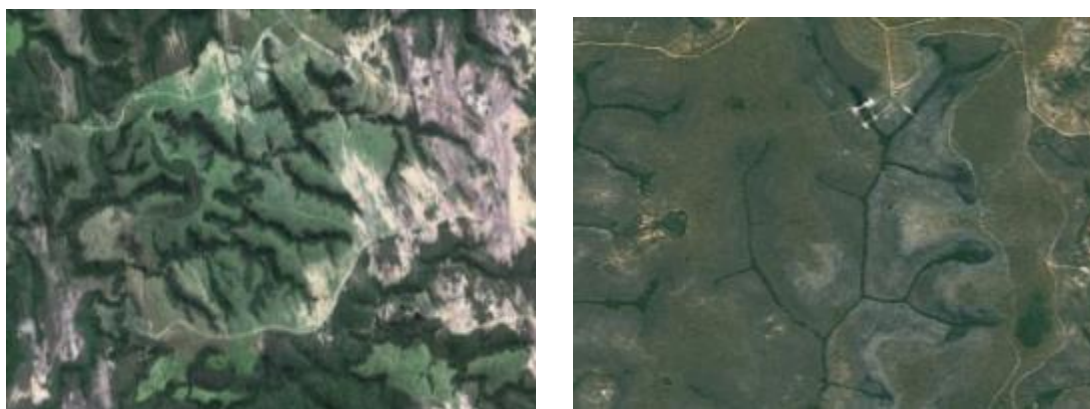
Os solos resultantes de algumas das litologias presentes nessa unidade, como folhelhos e siltitos, podem ser relativamente resistentes a processos erosivos. Contudo, aqueles oriundos de arenitos podem gerar solos excessivamente arenosos, de elevado potencial erosivo. Esses devem receber manejo adequado, devendo ser evitado o uso com agricultura intensiva.

#### Quadro 4.5 – Aspectos gerais da unidade litológica grupo Areado.

Relevo	Planaltos de topografia suave
Aquífero	Granular
Falhas	Não
Potencial estimado de poços	5 poços cadastrados/vazão média 3,7 m <sup>3</sup> /h; produção baixa em relação aos demais poços da UPGRH-SF4
Uso do solo predominante	Agricultura
Erosão	Sem processos relevantes
Qualidade da água dos rios	Pode ser afetada por sedimentos em suspensão e agroquímicos
Práticas conservacionistas	Controle de agroquímicos

#### 4.1.6. Formação Três Marias

Pertencente ao Supergrupo São Francisco – Grupo Bambuí, é composta por duas variações: tm com arcóseo, siltito e argilito, e tma com arenitos. Possui idade no entorno do início do Neoproterozóico III. Ocorre subjacente às coberturas detrito-lateríticas da porção Nordeste da área. As principais estruturas são relativas a falhas de regime tectônico compressional, de direção geral N-S, situadas no contato com a Formação Paraopeba, e na porção central da ocorrência dessa Formação. Além desta, um importante lineamento NW-SE atravessa toda a formação, contudo, o regime tectônico não é conhecido. No extremo W da ocorrência desta unidade, ela está vinculada a relevo de Colinas Dissecadas e Morros Baixos (**Figura 4.8**).



**Figura 4.8 – Relevo de Colinas Dissecadas e Morros Baixos. Fonte: Google Earth (2014).**

Essa unidade litológica apresenta aquíferos cujas estruturas granulares podem apresentar boa capacidade de armazenamento, mas com certas variações que dependem da topografia e da sobreposição de litologias com permeabilidade contrastante. Em relevo de morros baixos, o potencial hidrogeológico, ou a produção de poços, pode se apresentar mais ou menos homogêneo no espaço. Por outro lado, nas colinas dissecadas, esse potencial pode ser extremamente heterogêneo espacialmente. Em ambos os casos, os fundos de vale podem apresentar afloramento do lençol freático. No caso dos morros baixos, os vales tipificados como vereda podem sofrer importantes mudanças espaciais da nascente ao longo do ciclo hidrológico. Nas regiões SW da ocorrência dessa formação o relevo é descrito como Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos (**Figura 4.9**).

Em ambos os casos, o potencial hidrogeológico desses tipos de relevos sobre litologias dessa natureza é muito variável, devido as maiores amplitudes altimétricas e elevada rugosidade do relevo. Na porção E a NE da ocorrência dessa unidade litológica, está vinculada ao domínio de Morros e Serras Baixas (**Figura 4.10**). O potencial hidrogeológico está vinculado diretamente à posição topográfica, podendo as áreas de topos apresentar camadas muito permeáveis, com permanência muito reduzida de água, e os fundos de vale com ótimo potencial hidrogeológico durante todo ciclo hidrológico.



(a) Relevo em Degraus estruturais



(b) Rebordos erosivos

**Figura 4.9 – Formas de relevo. Fonte: Google Earth (2014).**





**Figura 4.10 – Relevo de Morros e Serras Baixas. Fonte: Google Earth (2014).**

De forma geral, essa unidade litológica apresenta elevada heterogeneidade no que se refere ao potencial hidrogeológico, com bons potenciais sempre se concentrando nos fundos de vale. As litologias que podem gerar solos muito arenosos e com boa permeabilidade que transferem os fluxos das áreas de recarga rapidamente para os talvegues.

A constante presença de solos arenosos os torna muito frágeis a qualquer intervenção no uso do solo. As atividades de pecuária, as estradas vicinais sem planejamento, bem como as elevadas declividades de alguns setores, são grandes causadores de processos erosivos lineares e laminares. É destacado, também, o carreamento de sedimentos para as drenagens, com conseqüente assoreamento de pontos favoráveis ao mesmo na calha, e que acabam por modificar as características físico-químicas das águas, com impacto sobre o ecossistema aquático.

Macêdo *et al.* (2009) realizou um estudo sobre processos erosivos na bacia do rio Indaiá, um dos rios que drenam para o reservatório de Três Marias e que se estabelece sobre a Formação de mesmo nome, no qual destacou a grande quantidade desses processos, principalmente na porção baixa da mesma (**Figura 4.11**).



(a) Processos erosivos laminares e lineares provocados por pisoteio intensivo de gado



(b) Erosão linear provocada por concentração de fluxo em estrada vicinal

**Figura 4.11 – Processos erosivos. Fonte: Macêdo (2009).**

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 34
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

Ao longo de toda ocorrência dessa unidade é fundamental a adoção de práticas conservacionistas específicas para manejo de solos arenosos, pouco consistentes e erodíveis. É salientada a observância das Áreas de Preservação Permanente (APP), que devem ser mantidas tal como define a lei, com cobertura vegetal original, sem intervenção antrópica. Áreas com declividades acentuadas e topos de morros são especialmente frágeis. Já nos cursos de água, a presença de vegetação ripária é fundamental como barreira aos sedimentos carregados através do escoamento superficial.

É importante a adoção de manejos compatíveis com a capacidade de suporte desses solos, dentre os quais se pode destacar a limitação de número de cabeças e permanência de gado nos setores mais frágeis, a adoção de rotação de pastagens e sistemas agroflorestais. Com relação às estradas vicinais, que normalmente se estabelecem nas cristas dos morros, podem ser feitos sistemas de captação e infiltração das águas pluviais como a técnica de "barraginhas" (bacias de retenção das águas de estradas e cultivos agrícolas), se testes experimentais confirmarem as suas eficiências. Neste sentido, devem ser observados os resultados de "barraginhas" implantadas com recursos da cobrança pelo uso de água na bacia do rio São Francisco nas proximidades.

#### **Quadro 4.6 – Aspectos gerais da unidade litológica Três Marias.**

Relevo	Colinas Dissecadas e Morros Baixos/Relevo em Degraus Estruturais/Rebordos erosivos/Morros e Serras Baixas
Aquífero	Granular
Falhas	Sim
Potencial estimado de poços	22 poços cadastrados/Vazão média 5,8 m <sup>3</sup> /h; produção baixa em relação aos demais poços da bacia
Uso do solo predominante	Pastagens
Erosão	Muito frequente, junto aos topos e cristas das elevações
Qualidade da água dos rios	Afetada pelo aporte de sedimentos finos e areias
Práticas conservacionistas	Adoção de práticas que reduzam o impacto sobre solos arenosos e erodíveis

#### **4.1.7. Subgrupo Paraopeba Indiviso**

Também pertencente ao Supergrupo São Francisco – Grupo Bambuí, apresenta as subunidades bp com calcarenito, dolomito, ritmito, marga, siltito, argilito e arcóseo; bpa, com arenito e; 69 NP2pbc, com calcário, marga, dolomito e siltito, todos datados de 740 Ma Pb-Pb. É localizado subjacente ao grupo areado e onde aflora cobre boa parte da região oeste da unidade mapeada. Esse subgrupo apresenta uma série de lineamentos estruturais relacionados a falhas de regime tectônico compressional, com lineamentos em geral na direção N-S, distribuídos ao longo de toda sua ocorrência na área mapeada.

Na ocorrência desta unidade litológica na área SP4, em sua porção N, está vinculada a relevo de Colinas Dissecadas e Morros Baixos (**Figura 4.12**).



**Figura 4.12 – Relevo de Colinas Dissecadas e Morros baixos. Fonte: Google Earth (2014).**

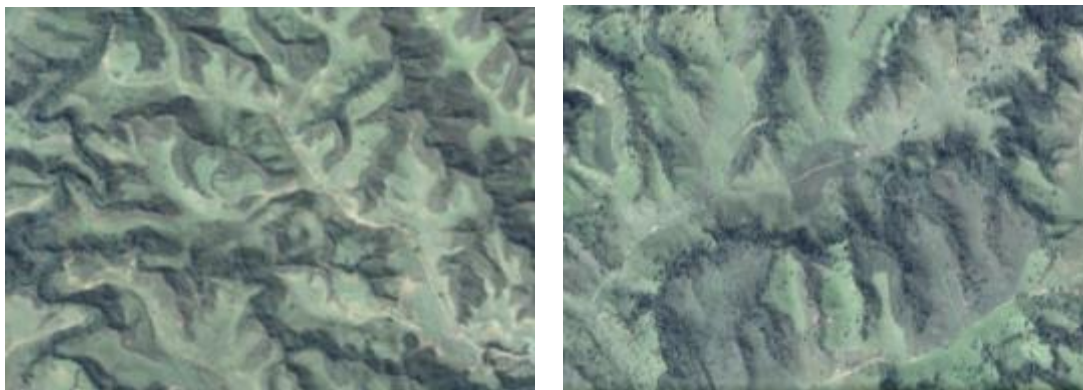
Na porção relativa às Colinas Dissecadas, as litologias e o relevo são muito condicionadas por estruturas tectônicas. As drenagens e as cristas são frequentemente lineares, se encaixando em estruturas de falhas. Estas regiões podem apresentar maciços rochosos fraturados, sendo que a condição de rochas granulares proporciona a ocorrência de aquíferos mistos, granulares e fraturados.

O potencial hidrogeológico é bastante irregular, dependente da densidade, tamanho e interconectividade das fissuras, bem como das características de permeabilidade das diferentes camadas. A região de morros baixos apresenta menor densidade de drenagem e solos mais profundos, o que pode se traduzir em um comportamento mais contínuo dos fluxos fluviais.

Com relação ao potencial de erodibilidade dos solos, o domínio das Colinas Dissecadas apresenta o mais elevado dentro desta unidade litológica, principalmente em áreas de topo de morro e cristas, onde as argilas e siltes são carreados pelas águas pluviais, permanecendo materiais de fração arenosa.

Na porção sul da ocorrência desta formação, ela está relacionada ao relevo de Morros e Serras Baixas (**Figura 4.13**). Neste domínio geomorfológico, embora o aspecto hidrogeológico seja também condicionado pela condição irregular de aquífero fraturado, prevê-se um maior potencial de produção de poços na região de fundo de vales, devido

às maiores amplitudes altimétricas. Este tipo de relevo também proporciona uma maior quantidade de drenagens por área.



**Figura 4.13 – Relevo de Morros e Serras Baixas. Fonte: Google Earth (2014).**

É inferido que o regime dos rios nesse domínio e dentro desse subgrupo possui uma maior variabilidade e amplitude dos fluxos em relação ao domínio de colinas, pois em virtude das maiores declividades, o escoamento superficial é mais intenso, fazendo com que os fluxos pluviais cheguem mais rapidamente à calha dos rios.

Em virtude da presença de rochas carbonáticas como calcarenito, dolomito e calcário, prevê-se a ocorrência de água dura, tanto daquela explorada em poços quanto das fluviiais.

**Quadro 4.7 – Aspectos gerais da unidade litológica Subgrupo Paraopeba Indiviso.**

Relevo	Colinas Dissecadas e Morros Baixos/Relevo de Morros e Serras Baixas
Aquífero	Granular
Falhas	Sim
Potencial estimado de poços	3 poços cadastrados/Vazão média de 24,5 m <sup>3</sup> /h
Uso do solo predominante	Pastagens para gado
Erosão	Muito frequente junto aos topos e cristas das elevações quando no domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos
Qualidade da água dos rios	Afetada pelo aumento no aporte de sedimentos finos e areias/Água dura
Práticas conservacionistas	Adoção de práticas que reduzam o impacto sobre solos arenosos e erodíveis nos topos de morros

**4.1.8. Formação Lagoa do Jacaré**

Pertencente ao Supergrupo São Francisco – Grupo Bambuí (**Figura 4.14**), apresenta as subunidades lj com calcarenito, siltito e marga; 70 NP2ljc com calcário, 71 NP2ljm com marga e; 72 NP2ljs com siltito, datados de 740 Ma Pb-Pb. A ocorrência desta formação é muito restrita, com pequenos afloramentos da ordem de 4 km de largura na porção SE da área mapeada. Segundo mapeamento avaliado, não apresenta evidências de es-

truturas importantes. Podem apresentar predomínio de solos residuais pouco permeáveis, desfavoráveis à recarga subterrânea e de alta capacidade de reter poluentes. Por outro lado, se em terrenos calcários, pode apresentar aquíferos fraturados e com cavidades onde a água pode percolar rapidamente, resultando em um quadro hidrogeológico bastante irregular.



**Figura 4.14 – Relevo de Morros e Serras Baixas. Fonte: Google Earth (2014).**

**Quadro 4.8 – Aspectos gerais da unidade litológica Formação Lagoa do Jacaré.**

Relevo	Relevo de Morros e Serras Baixas
Aquífero	Granular
Falhas	Não
Potencial estimado de poços	Sem poços cadastrados
Uso do solo predominante	Pastagens para gado e floresta
Erosão	Muito frequente junto aos topos e cristas das elevações quando no domínio quando com pastagens
Qualidade da água dos rios	Afetada pelo aumento no aporte de sedimentos finos e areias/Água dura
Práticas conservacionistas	Adoção de práticas que reduzam o impacto sobre solos arenosos e erodíveis nos topos de morros e uso do solo pastagem

**4.1.9. Formação Serra da Saudade**

Pertencente ao Supergrupo São Francisco – Grupo Bambuí, apresenta siltito e argilito verdes, arenito e arcóseo, datados de 740 Ma Pb-Pb. Esta se apresenta como uma unidade alongada no extremo S da área mapeada, sendo que apresenta, tal como o Subgrupo Paraopeba, grande influência de falhas de regime tectônico compressional, cujos lineamentos se apresentam grosso modo na direção N-S. Também apresenta no extremo sul desta formação evidências de falhas ou zonas de cisalhamento transcorrentes. Esta unidade está relacionada ao relevo de Morros e Serras Baixas (**Figura 4.15**).



**Figura 4.15 – Relevo de Morros e Serras Baixas. Fonte: Google Earth (2014).**

Tal como o Subgrupo Paraopeba, os aquíferos são fissurados, cujo potencial hidrogeológico é bastante irregular, dependente da densidade, tamanho e interconectividade das fissuras. Mas também devido às características porosas de algumas das rochas de ocorrência, existe um bom potencial de armazenamento através de meios granulares.

O potencial de poços pode ser bastante variável em função de serem aquíferos fraturados, enquanto que o regime fluvial pode apresentar resposta rápida aos eventos pluviais, devido aos solos mais rasos que podem predominar nas porções de relevo mais dissecado. Esta condição também faz com que no período de seca o nível dos rios seja bem reduzido.

Com relação aos processos erosivos, estes são mais evidentes na porção norte da ocorrência desta unidade litológica, associados quase sempre às regiões de crista e topos de morros. Estes processos erosivos possuem em alguns casos influência direta na carga sedimentar das drenagens, como pode ser evidenciado pela grande quantidade de barras de algumas calhas fluviais (**Figura 4.16**). Essa porção com maior ocorrência de processos erosivos necessita manejo adequado de atividades rurais, principalmente no que se refere ao estabelecimento das áreas de APP já previstas em lei, com destaque as APPs de topo de morro.



**Figura 4.16 – Calhas fluviais com presença de diversas barras. Fonte: Google Earth (2014).**

**Quadro 4.9 – Aspectos gerais da unidade litológica Formação Serra da Saudade.**

Relevo	Relevo de Morros e Serras Baixas
Aquífero	Granular e Fissural
Falhas	Sim
Potencial estimado de poços	1 poço cadastrado/Vazão média de 9,8 m <sup>3</sup> /h
Uso do solo predominante	Pastagens para gado e floresta nos fundos de vale
Erosão	Muito frequente junto aos topos e cristas das elevações quando com estradas vicinais e pastagens
Qualidade da água dos rios	Afetada pelo aumento no aporte de sedimentos finos e areias
Práticas conservacionistas	Adoção de práticas que reduzam o impacto sobre solos arenosos e erodíveis, situados em topos de morros com pastagem e estradas vicinais

**4.1.10. Formação Serra de Santa Helena**

Pertencente ao Supergrupo São Francisco – Grupo Bambuí, apresenta ardósia, folhelho, siltito, marga e calcário, datados de 740 Ma Pb-Pb (**Quadro 4.10**). Ocorre em grande parte da região SE da área da UPGRH SF4, subjacente a coberturas detrito-lateríticas. Possui pouca interferência tectônica, com exceção da região de contato com a Formação Serra da Saudade, que possui uma série de lineamentos N-S e SSW-NNE vinculados a falhas compressionais. Esta unidade está em sua maior parte relacionada ao relevo de Colinas Dissecadas e Morros Baixos, e se constitui como uma transição topográfica entre os relevos movimentados à W e as Coberturas Detrito-lateríticas (**Figura 4.17**).



**Figura 4.17 – Relevo de Colinas Dissecadas e Morros Baixos. Fonte: Google Earth (2014).**

**Quadro 4.10 – Aspectos gerais da unidade litológica Formação Serra de Santa Helena.**

Relevo	Relevo de Morros e Serras Baixas
Aquífero	Granular
Falhas	De forma muito restrita
Potencial estimado de poços	65 poços cadastrados/Vazão média de 13,8 m <sup>3</sup> /h/Vazão alta em relação aos demais poços da UPGRH SF4
Uso do solo predominante	Pastagens para gado
Erosão	Muito frequente junto aos topos e cristas das elevações quando com estradas vicinais e pastagens
Qualidade da água dos rios	Afetada pelo aumento no aporte de sedimentos finos e areias/Água dura
Práticas conservacionistas	Adoção de práticas que reduzam o impacto sobre solos arenosos e erodíveis, situados em topos de morros com pastagem e estradas vicinais

Em geral apresenta predomínio de sedimentos e solos residuais argilosos e pouco permeáveis, com aquífero granular de baixo potencial hidrogeológico. Devido a esta textura mais argilosa, a produção de poços fica limitada. Por outro lado, é possível que a maior capacidade de retenção de água, a maior profundidade dos perfis, bem como o aporte de água dos setores aplainados e mais elevados de Coberturas Detrito-lateríticas, resulte em fluxos fluviais mais homogêneos do que os domínios das formações Serra da Saudade e Subgrupo Paraopeba, a oeste desta área.

A ocorrência de rochas carbonáticas nesta formação proporciona a existência de “água dura” em poços e afloramentos do lençol freático. Em áreas de topo de morro, o acúmulo da fração arenosa na evolução pedológica torna esses solos muito frágeis, como em diversos outros locais desta UPGRH. O uso do solo com predominância de pastagens, bem como a presença constante de estradas vicinais em regiões de crista e topos contribuem consideravelmente para aceleração de processos erosivos.



#### 4.1.11. Grupo Canastra Indiviso

Apresenta associações de metarenito, quartzito puro e micáceo, grafita xisto, sericita xisto, quartzo-muscovita xisto, filito, grafita filito, clorita filito, metassiltito, metargilito síltico, marga calcário e ardósia (**Quadro 4.11**). Possui idade próxima ao fim do período Esteniano. Sua ocorrência é muito restrita, somente um pequeno afloramento na região sudoeste da UPRH SF4. Seu contato com o Subgrupo Paraopeba é através de uma falha compressional de direção NW-SE, não apresentando outras estruturas importantes. Os maciços apresentam aquíferos fissurados, de potencial hidrogeológico muito irregular, e estão relacionados a relevo de Vales Encaixados.

#### Quadro 4.11 – Aspectos gerais da unidade litológica Grupo Canastra Indiviso.

Relevo	Colinas Dissecadas e Morros Baixos
Aquífero	Granular e fissural
Falhas	Não
Potencial estimado de poços	Sem poços cadastrados
Uso do solo predominante	Pastagens para gado e floresta
Erosão	Pouco frequente
Qualidade da água dos rios	Água dura
Práticas conservacionistas	Sem necessidades específicas



**Figura 4.18 – Relevo de Colinas Dissecadas e Morros Baixos. Fonte: Google Earth (2014).**

A produção de poços é variável de acordo com posição topográfica, mas pode apresentar grande variabilidade em função da complexidade dos sistemas aquíferos fraturados. A densidade de drenagem é elevada e os rios são alimentados predominantemente pelos maciços aplainados e elevados relacionados ao Grupo Mata da Corda.

O uso do solo é realizado principalmente por pastagens e áreas de vegetação florestal nativa, não sendo observados processos erosivos expressivos.

#### 4.1.12. Conclusões parciais

De forma generalizada, as características físicas da UPGRH SF4 envolvem relevos predominantemente mais movimentados na porção oeste e mais colinosos na porção leste, desenvolvidos sobre diversos tipos de rochas sedimentares e metassedimentares. Os aquíferos são predominantemente granulares (porosos), mas com variações de acordo com a textura das rochas (se mais arenosa ou mais argilosa), presença de fraturas, como na porção oeste, e principalmente da topografia.

O uso do solo predominante de pastagens nos relevos mais movimentados e situados sobre formações rochosas com predominância de areias acabam por resultar em extensos processos de erosão laminar e linear. Estes processos ocorrem com maior frequência junto das Formações Três Marias, na porção nordeste da UPGRH SF4, e Subgrupo Paropeba, em parte da região noroeste da mesma. São comuns erosões laminares em áreas de topo de morro, também podendo afetar parte das encostas. Entre as principais causas diagnosticadas, a princípio, está o uso do solo com pastagens para gado e o estabelecimento de estradas rurais. Este fenômeno constitui-se um impacto ambiental importante que também resulta em impactos econômicos, tanto na restrição ao uso do solo, quanto no assoreamento dos corpos de água, com destaque ao reservatório de Três Marias.

É fundamental a adoção de práticas compatíveis com a capacidade desses solos, como adoção de técnicas de manejo como redução de número de cabeças de gado por área, rotação de pastagens, ou mesmo o fechamento de áreas críticas para esta atividade. Além disso, a própria aplicação da legislação relativa às Áreas de Preservação Permanente (APPs), notadamente aquela relativa aos topos de morro, pode contribuir substancialmente para a redução destes processos de degradação. O estabelecimento e manutenção de estradas também deve receber uma maior atenção de proprietários e do poder público, pois as mesmas funcionam como gatilhos importantes de processos erosivos, uma vez que retiram a camada superficial orgânica e concentram as águas de escoamento superficial.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 43
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

## 5. CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS CONSIDERANDO A APTIDÃO AGRÍCOLA E PARA IRRIGAÇÃO

### 5.1. Caracterização dos Solos

De acordo com o Mapa de Solos de Minas Gerais, elaborado em 2010, a UPGRH SF4 possui 32 unidades pedológicas mostradas no **Quadro 5.1**, agrupadas em quatro ordens (Argissolos, Cambissolos, Latossolos e Neossolos) como mostra espacialmente a **Figura 5.1**. As principais características dos solos são descritas a seguir.

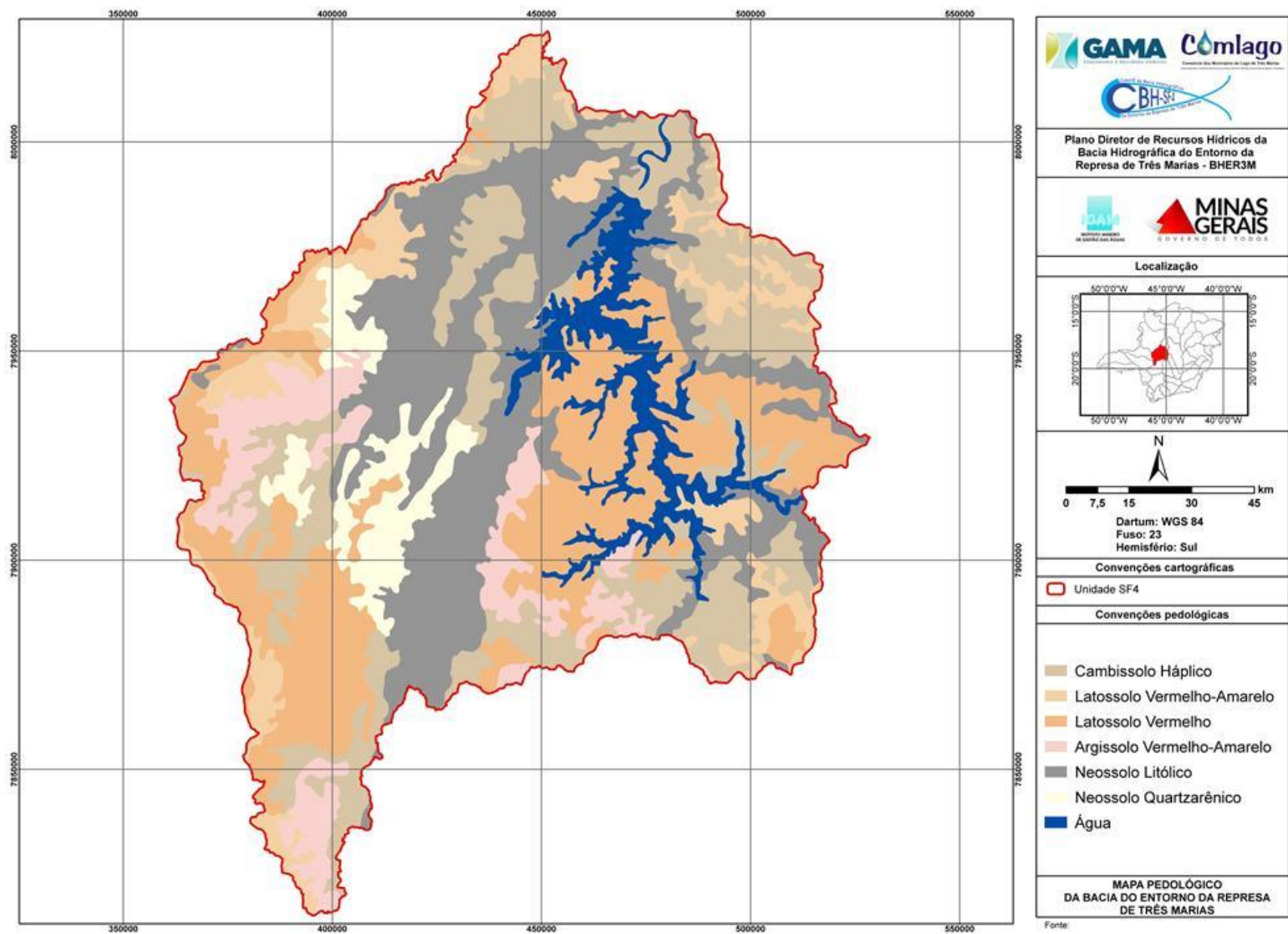
#### 5.1.1. Cambissolos

São constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente, que sofreu alteração física e química em grau não muito avançado, porém suficiente para o desenvolvimento de cor ou estrutura. Segundo Oliveira (2008), os Cambissolos ocorrem indiscriminadamente em todas as classes de relevo, desde os planos até os montanhosos e, de maneira geral, são solos pouco profundos, devido ao estágio intermediário de intemperismo. Além disso, possuem pequena diferença de argila ao longo do perfil.

Na UPGRH SF4, estão presentes os Cambissolos háplicos que ocorrem, sobretudo, na porção norte, em relevo suave ondulado e ondulado, ocupando aproximadamente 22% da área. O Cambissolo háplico distrófico, menos fértil, representa cerca de 76% da classe e ocorre, principalmente, nas áreas de Cerrado.

As principais limitações dos Cambissolos ao uso agrícola são a pequena profundidade, baixa fertilidade natural (caráter distrófico) e pedregosidade. Apresentam ainda, fortes restrições para cultivos mecanizados, devido à espessura reduzida. Em locais com declividades acentuadas são exigidas a adoção de práticas de controle da erosão.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 44
------------------------------	---	-------------------------------	--------------



**Figura 5.1 – Mapa pedológico da UPGRH SF4.**

**Quadro 5.1 – Descrição das unidades de mapeamento de solos. (continua)**

Classe (1º ao 3º nível categórico)	Nomenclatura	Descrição
Cambissolo Háplico distró- fico	CXbd10	CAMBISSOLO HÁPLICO distrófico típico A fraco/moderado textura argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO típico A moderado textura argilosa; ambos fase campo cerrado, relevo ondulado e forte ondulado.
	CXbd12	CAMBISSOLO HÁPLICO distrófico A fraco, textura média/argilosa, cascalhento + NEOSSOLO QUARTZARENICO órtico típico e léptico álico A fraco; ambos cerrado, relevo suave ondulado e ondulado.
	CXbd13	CAMBISSOLO HÁPLICO distrófico típico A moderado textura siltosa/ argilosa, pedregoso/não pedregoso + NEOSSOLO LITÓLICO distrófico típico A moderado ; ambos fase campo cerrado, relevo ondulado.
	CXbd18	CAMBISSOLO HÁPLICO distrófico típico A fraco/moderado textura média/ argilosa, cascalhento/não cascalhento, pedregoso/ não pedregoso + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado textura siltosa/argilosa + NEOSSOLO LITÓLICO distrófico típico A fraco/moderado; todos fase cerrado, relevo suave ondulado e ondulado e forte ondulado.
	CXbd20	CAMBISSOLO HÁPLICO distrófico típico A fraco textura argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado textura média/argilosa + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado textura argilosa; todos fase campo cerrado, relevo ondulado e forte ondulado.
	CXbd21	CAMBISSOLO HÁPLICO distrófico típico e léptico A moderado textura média/argilosa, pedregoso/ não pedregoso + NEOSSOLO LITÓLICO distrófico típico A moderado + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado textura média/argilosa.
	CXbd4	CAMBISSOLO HÁPLICO distrófico típico A moderado textura siltosa/argilosa; fase campo cerrado, relevo suave ondulado e ondulado.
Cambissolo Háplico eutrófico	CXbe6	CAMBISSOLO HÁPLICO eutrófico típico A moderado/chernozêmico textura média/argilosa, cascalhento/não cascalhento + NEOSSOLO LITÓLICO eutrófico típico e chernossólico A moderado, pedregoso; ambos fase floresta caducifólia, relevo forte ondulado e montanhoso.
	CXbe8	CAMBISSOLO HÁPLICO eutrófico típico A moderado textura argilosa + LATOSSOLO VERMELHO eutrófico típico A moderado textura argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO eutrófico típico A moderado textura argilosa; todos fase floresta caducifólia, relevo plano e suave ondulado.

**Quadro 5.1– Descrição das unidades de mapeamento de solos. (continuação)**

Classe (1º ao 3º nível categórico)	Nomenclatura	Descrição
Latossolo Vermelho-amarelo distrófico	LVA <sub>d</sub> 1	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado textura argilosa; fase cerrado, relevo plano e suave ondulado.
	LVA <sub>d</sub> 10	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A fraco/moderado textura argilosa + CAMBISSOLO HÁPLICO distrófico A fraco/moderado textura siltosa/argilosa, cascalhento/não cascalhento; ambos fase floresta subperenifólia, relevo ondulado e forte ondulado e montanhoso.
	LVA <sub>d</sub> 12	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A fraco/moderado textura média + NEOSSOLO QUARTZARENICO ORTICO típico A fraco/moderado; ambos fase caatinga hipoxerófila, relevo plano e suave ondulado.
	LVA <sub>d</sub> 19	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado textura média/argilosa + NEOSSOLO LITÓLICO distrófico típico A moderado; ambos fase floresta subperenifólia, relevo plano e suave ondulado e ondulado.
	LVA <sub>d</sub> 7	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A fraco/moderado textura média + LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico A fraco/moderado textura média; ambos fase cerrado, relevo plano e suave ondulado.
Latossolo Vermelho distrófico	LV <sub>d</sub> 10	LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico A moderado textura argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado textura média/argilosa; ambos fase floresta subcaducifólia, relevo plano e suave ondulado.
	LV <sub>d</sub> 2	LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico A moderado textura argilosa; fase cerrado, relevo plano e suave ondulado.
	LV <sub>d</sub> 3	LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico A fraco/moderado textura argilosa + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A fraco/moderado textura argilosa; ambos fase cerrado, relevo plano e suave ondulado.
	LV <sub>d</sub> 5	LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico A moderado textura argilosa + LATOSSOLO VERMELHO eutrófico típico A moderado textura argilosa; ambos fase floresta cadaucifólia, relevo plano e suave ondulado.
	LV <sub>d</sub> 6	LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico A moderado textura argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado textura média/argilosa; ambos fase cerrado, relevo plano e suave ondulado.
	LV <sub>d</sub> 8	LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico A moderado textura argilosa + CAMBISSOLO HÁPLICO distrófico típico A moderado textura siltosa/argilosa, fase cascalhenta/não cascalhenta; ambos fase cerrado, relevo plano e suave ondulado.
Latossolo Vermelho distróferico	LV <sub>d</sub> f1	LATOSSOLO VERMELHO distroférico típico A moderado/proeminente textura argilosa; fase floresta subcaducifólia, relevo plano e suave ondulado.
Argissolo Vermelho-amarelo distrófico	PVA <sub>d</sub> 6	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado textura argilosa, cascalhento/não cascalhento + CAMBISSOLO HÁPLICO distrófico típico e léptico A moderado textura siltosa/argilosa + NEOSSOLO LITÓLICO distrófico típico A fraco; todos fase floresta subcaducifólia, relevo suave ondulado e ondulado.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 47
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

**Quadro 5.1– Descrição das unidades de mapeamento de solos. (conclusão)**

Classe (1º ao 3º nível categórico)	Nomenclatura	Descrição
Argissolo Vermelho-amarelo eutrófico	PVAe14	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO eutrófico típico A moderado textura média/argilosa + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO distrófico típico A moderado; ambos fase floresta subperenifólia, relevo suave ondulado e ondulado.
	PVAe15	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO eutrófico típico A moderado textura média/argilosa, cascalhento/não cascalhento + NEOSSOLO LITÓLICO eutrófico típico A fraco/moderado; ambos fase floresta subperenifólia e caatinga hipoxerófila, relevo suave ondulado e forte ondulado
Neossolo Litólico distrófico	RLd1	NEOSSOLO LITÓLICO distrófico típico A fraco/moderado; fase campo cerrado, relevo ondulado e escarpado.
	RLd2	NEOSSOLO LITÓLICO distrófico típico A fraco/moderado + LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico A moderado textura argilosa; ambos fase campo cerrado e cerrado, relevo suave ondulado e forte ondulado.
	RLd3	NEOSSOLO LITÓLICO distrófico típico A moderado/proeminente + CAMBISSOLO HÁPLICO distrófico típico e léptico A moderado textura média/argilosa, pedregoso/não pedregoso; ambos fase campo cerrado, relevo ondulado e forte ondulado.
	RLd4	NEOSSOLO LITÓLICO distrófico típico A fraco/moderado + AFLORAMENTO ROCHOSO; ambos fase cerrado e caatinga hipoxerófila, relevo ondulado e forte ondulado e montanhoso.
	RLd5	NEOSSOLO LITÓLICO distrófico típico A fraco/moderado + CAMBISSOLO HÁPLICO distrófico típico e léptico textura siltosa/argilosa + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado textura argilosa; todos fase campo cerrado, relevo suave ondulado e forte ondulado.
Neossolo Litólico eutrófico	RLe1	NEOSSOLO LITÓLICO eutrófico chernossólico e típico textura argilosa + CAMBISSOLO HÁPLICO eutrófico típico e léptico A moderado textura argilosa; ambos fase floresta caducifólia, relevo ondulado e forte ondulado.
Neossolo Quartzarênico órtico	RQo1	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO órtico típico A fraco/moderado; fase cerrado, relevo plano e suave ondulado.
	RQo4	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO órtico típico A fraco/moderado + CAMBISSOLO HÁPLICO distrófico típico A moderado textura média, cascalhenta/não cascalhenta + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado textura média; todos fase caatinga hipoxerófila, relevo suave ondulado e ondulado.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 48
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

### 5.1.2. Latossolos

De acordo com Oliveira (2008), os Latossolos ocupam mais de 50% do território brasileiro, constituindo, portanto, a ordem mais importante do país. São solos compostos por material mineral, com horizonte B latossólico, ocorrendo em relevos aplainados a suave-ondulado. Em geral, são solos que apresentam avançado estágio de intemperismo, refletido pelas grandes profundidades e reduzidas reservas de nutrientes. Possuem boa drenagem interna, condicionada pela elevada porosidade e homogeneidade de características ao longo do perfil e, em razão disso, elevada permeabilidade. A textura é argilosa ou muito argilosa em sua maioria.

Na UPRH SF4, os Latossolos ocupam cerca de 6.150 km<sup>2</sup>, aproximadamente 33% da área de estudo. Estão presentes, sobretudo, na porção leste (no entorno do reservatório de Três Marias) e oeste, regiões nas quais predominam os cultivos agrícolas e pastagens plantadas. Ocorrem em relevo plano a suave ondulado e estão agrupados em Latossolo Vermelho distrófico (70,5%), Latossolo Vermelho distroférrico (0,8%) e Latossolo Vermelho-amarelo distrófico (28,7%).

Os Latossolos, por apresentarem condições físicas adequadas (profundos, bem drenados, muito porosos, friáveis e bem estruturados) aliadas ao relevo suave ondulado, possuem, em geral, boa aptidão agrícola. Apesar de serem, em sua grande maioria, ácidos e distróficos, são bastante produtivos quando bem manejados, necessitando de correção da acidez e de fertilização artificial.

São solos de fácil preparo para plantio, mesmo os argilosos, em decorrência de sua adequada consistência. As condições de relevo e a baixa erodibilidade dificultam os processos erosivos. São, por isso, solos bastante utilizados para culturas extensivas.

### 5.1.3. Argissolos

Segundo Oliveira (2008), a ordem dos Argissolos abrange uma gama enorme de solos, mas, como atributo comum, é ressaltada a presença de horizonte B textural, cuja principal característica é o significativo aumento de argila em relação aos horizontes supra-jacentes (E ou A). Em geral, são solos bem estruturados, de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas, e mais raramente, brunadas ou acinzentadas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte B (EMBRAPA, 2006).

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	49



Na UPGRH SF4, estão presentes os Argissolos Vermelho-amarelo, em relevo suave ondulado e ondulado, ocupando aproximadamente 8% da área. O Argissolo Vermelho-amarelo eutrófico, mais fértil, representa cerca de 63% da classe e ocorre, principalmente, nas áreas de pastagem cultivada e de vegetação arbórea nativa.

Os Argissolos com presença de mudança textural abrupta (identificados com o termo abruptico) são particularmente suscetíveis à erosão. No entanto, as cores vermelhas e vermelho-amarelas (os que ocorrem na região) indicam ambientes de boa drenagem. Além disso, é muito comum apresentarem horizonte A de textura areia ou média, o que facilita o preparo do solo para o plantio. Nos Argissolos com relevo suave ondulado e ondulado e, naqueles com menor teor de argila, é recomendada a adoção de práticas conservacionistas para evitar a erosão.

#### 5.1.4. Neossolos

Os Neossolos compreendem solos constituídos por material mineral ou orgânico pouco espesso, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico, devido à reduzida atuação dos processos pedogenéticos ou por características inerentes ao material originário, ou por condicionamento do próprio relevo. Em geral, as características físicas, químicas e morfológicas são bastante diversificadas, havendo, geralmente, o predomínio das herdadas do material de origem.

Na UPGRH SF4, os Neossolos ocupam cerca de 5.630 km<sup>2</sup>, aproximadamente 30% da área de estudo. Estão presentes, sobretudo, na porção central, em regiões de Cerrado. Ocorrem em relevo suave ondulado, ondulado e forte ondulado e, estão agrupados em Neossolo Litólico distrófico (81,2%), Neossolo Litólico eutrófico (0,20%) e Neossolo Quartzarênico órtico (18,6%).

Os Neossolos Litólicos são rasos, com espessura inferior a 50 cm, possuindo, em geral, uma estreita camada de material terroso sobre a rocha. Segundo Oliveira (2008), apresentam severa restrição ao aprofundamento do sistema radicular das plantas, posto que o contato lítico ocorre a pouca profundidade. Esse fato determina um reduzido volume de água e de nutrientes disponíveis para as plantas e pequeno volume para o sistema radicular ancorá-las. Agrava essa limitação, o fato de grande parte desses solos ocorrer em relevo forte ondulado e montanhoso e, em muitos casos, com rochas expostas. Dessa forma, os Neossolos Litólicos, de maneira geral, devido a sua grande fragilidade, devem ser mantidos como reserva natural.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	50

Os Neossolos Quartzarênicos são mais profundos, com espessura superior a 50 cm, de textura essencialmente arenosa e, praticamente, com ausência de minerais primários alteráveis (sem reserva de nutrientes). Segundo Oliveira (2008), apresentam elevada condutividade hidráulica saturada e pequena capacidade de retenção de água. Por serem muito arenosos, apresentam sérias limitações ao armazenamento de água disponível para as plantas. A diminuta capacidade de adsorção desses solos implica em facilidade de perda dos insumos aplicados, além de elevada taxa de mineralização da matéria orgânica.

## 5.2. Aptidão dos solos

Em um plano de recursos hídricos as áreas aptas à irrigação são de especial interesse já que esta atividade é grande usuária de água. Na UPGRH SF4 área significativa é irrigada, com destaque para a utilização dos sistemas de pivô central e aspersão. Assim, a identificação, mesmo que de forma simplificada, de terras com potencial para a agricultura irrigada é de grande valia, haja vista que auxilia na verificação de possíveis expansões das áreas de culturas e, conseqüentemente, alterações nas demandas dos recursos hídricos.

A avaliação de terras com aptidão para agricultura irrigada é realizada considerando inicialmente as suas aptidões agrícolas; em um segundo passo avalia-se dentre aquelas com esta aptidão se, adicionalmente, a apresentam também para a irrigação.

Sistemas de avaliação da aptidão agrícola das terras foram desenvolvidos consistindo na interpretação das qualidades do ecossistema por meio da estimativa das limitações das terras de uso agrícola e das possibilidades de correção ou redução dessas limitações, de acordo com diferentes níveis de manejo. Indo mais adiante, a classificação de terras com potencial para agricultura irrigada é realizada para obter informações necessárias à delimitação das áreas com diferentes aptidões para irrigação, eliminando aquelas inaptas nas condições socioeconômicas prevalentes. Nesta sequência os resultados são apresentados a seguir.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	51

### 5.2.1. Aptidão agrícola

Para a avaliação da aptidão agrícola da UPGRH SF4 foi consultado o Mapeamento de Solos e Aptidão Agrícola das Terras do Estado de Minas Gerais, elaborado pela EMBRAPA (AMARAL *et al.*, 2004). Esse mapeamento seguiu em essência o método desenvolvido por Ramalho Filho *et al.* (1995), metodologia amplamente divulgada e de largo emprego, apresentada, resumidamente, a seguir.

O sistema de avaliação da aptidão agrícola desenvolvido por Ramalho Filho *et al.* (1995), consiste, em síntese, no enquadramento das terras dentro de seis grupos. O objetivo é apresentar as alternativas de uso de uma determinada extensão de terra, em função da viabilidade de melhoramento de cinco fatores limitantes básicos: (1) deficiência de fertilidade, (2) deficiência de água, (3) excesso de água, (4) suscetibilidade à erosão e (5) impedimentos à mecanização; e da intensidade de limitação que persistir após a utilização de práticas agrícolas inerentes aos sistemas de manejo considerados.

A classificação da aptidão, como tem sido empregada, não é precisamente um guia para obtenção do máximo benefício das terras, e sim uma orientação de como devem ser utilizados seus recursos no planejamento regional e nacional. É caracterizada como um método apropriado para avaliar a aptidão agrícola de grandes extensões de terras, devendo sofrer reajustes no caso de ser aplicado individualmente a pequenas glebas de agricultores (RAMALHO FILHO *et al.*, 1995).

#### Níveis de manejo

A metodologia é baseada em três níveis de manejo, segundo práticas agrícolas de domínio público, cujo objetivo é o conhecimento do comportamento das terras em diferentes níveis tecnológicos (Amaral *et al.*, 2004). Esses níveis são simbolizados por três letras A, B e C, que podem ter sua definição final grafadas de diferentes formas, segundo as classes de aptidão que apresentem as terras, em cada um dos níveis considerados.

- a. Nível de manejo A (primitivo): caracterizado por práticas agrícolas que refletem um baixo nível tecnológico, praticamente não havendo aplicação de capital para manejo visando ao melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. As práticas agrícolas dependem do trabalho braçal, podendo ser utilizada alguma tração animal com implementos agrícolas simples;
- b. Nível de manejo B (pouco desenvolvido): caracterizado por práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio, com modesta aplicação de capital e de

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	52

resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e lavouras. As práticas agrícolas nesse nível de manejo incluem calagem e adubação com NPK, tratamentos fitossanitários simples, mecanização com base na tração animal ou na tração motorizada, apenas para desbravamento e preparo inicial do solo. É, dentro da realidade agrícola brasileira, o nível de manejo mais utilizado;

- c. Nível de manejo C (desenvolvido): caracterizado por práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico, com aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e lavouras. A motomecanização, sobretudo nas áreas produtoras de grãos, está presente nas diversas fases da operação agrícola.

É válido mencionar que, de acordo com o método citado, os níveis B e C envolvem melhoramentos tecnológicos em diferentes modalidades, referidos basicamente às condições naturais das terras, sem, contudo, levar em conta a irrigação na avaliação da aptidão agrícola. As campanhas de campo realizadas na região de estudo evidenciaram o predomínio dos níveis de manejo B e C, como mostrado na **Figura 5.2** e na **Figura 5.3**.



**Figura 5.2 – Nível de manejo B em plantação de cenoura situada entre São Gotardo e Matutina.**

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 53
------------------------------	---	-------------------------------	--------------



**Figura 5.3 – Nível de manejo C em plantação de feijão situada em São Gotardo.**

### 5.2.2. Categorias do sistema

O método proposto por Ramalho Filho *et al.* (1995) admite seis grupos de aptidão para avaliar as condições agrícolas de cada unidade de mapeamento de solo, não só para lavouras, como para pastagem plantada e natural e silvicultura, devendo as áreas inaptas ser indicadas para a preservação da flora e fauna. As melhores terras são indicadas, basicamente, para culturas de ciclo curto, ficando implícito que, com essa aptidão também são recomendadas para culturas de ciclo longo.

A estrutura do sistema reconhece grupos, subgrupos e classes de aptidão agrícola, conceituadas, sucintamente, a seguir.

O grupo de aptidão agrícola identifica o tipo de utilização mais intensivo das terras, ou seja, sua melhor aptidão. São definidos seis grupos, representados pelos algarismos de 1 a 6, em escala decrescente, segundo as possibilidades de utilização das terras (**Quadro 5.2**). Os grupos de aptidão 1, 2 e 3 indicam as terras mais adequadas para lavouras, além de representar, no subgrupo, as melhores classes de aptidão conforme os níveis de manejo. Já os grupos 4, 5 e 6 apenas identificam os tipos de utilização: respectivamente, pastagem plantada, silvicultura e/ou pastagem natural e preservação da fauna e flora.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 54
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

### Quadro 5.2 – Alternativas de utilização das terras de acordo com os grupos de aptidão agrícola.

Grupo de Aptidão Agrícola	Aumento da Intensidade de Uso →					
	Preservação de Flora e Fauna	Silvicultura e/ou Pastagem Natural	Pastagem Plantada	Lavouras		
				Aptidão Restrita	Aptidão Regular	Aptidão Boa
Limitações	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					

A categoria de subgrupo é adotada para atender às variações que se verificam dentro do grupo. É o resultado conjunto da avaliação da classe de aptidão relacionada com o nível de manejo, indicando o tipo de utilização da terra. As classes expressam a aptidão agrícola das terras para um determinado tipo de utilização, com um nível de manejo definido, dentro do subgrupo de aptidão. Refletem o grau de intensidade com que as limitações afetam as terras. São definidas como: boa, regular, restrita e inapta.

- **Classe Boa:** terras sem limitações significativas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. Há um mínimo de restrições que não reduz, expressivamente, a produtividade ou os benefícios e não aumenta os insumos acima de um nível aceitável;
- **Classe Regular:** terras que apresentam limitações moderadas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. As limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, elevando a necessidade de insumos de forma a aumentar as vantagens globais a serem obtidas do uso. Ainda que atrativas, essas vantagens são sensivelmente inferiores àquelas auferidas das terras de classe boa;
- **Classe Restrita:** terras que apresentam limitações fortes para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. Essas limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, ou então aumentam os insumos necessários, de tal maneira que os custos só seriam justificados marginalmente;
- **Classe Inapta:** terras não-adequadas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização.

Foi desenvolvida uma simbologia de forma a apresentar, em um só mapa, a classificação da aptidão agrícola das terras para diversos tipos de utilização, sob os três níveis de manejo. Para tal, são utilizados, em conjunto, algarismos e letras. Os algarismos de 1 a 6, como anteriormente mencionado, referem-se aos grupos de aptidão agrícola e indicam o tipo de utilização mais intensivo permitido (**Quadro 5.2**). As letras que acompanham os algarismos são indicativas das classes de aptidão, de acordo com os níveis de manejo, como indicação dos diferentes tipos de utilização. As letras A, B e C referem-se à lavoura, P à pastagem plantada e N à pastagem natural, e podem aparecer nos subgrupos em maiúsculas, minúsculas ou minúsculas entre parênteses, representando, respectivamente, a classe de aptidão boa, regular ou restrita para o tipo de utilização considerado (**Quadro 5.3**).

**Quadro 5.3 – Simbologia correspondente às classes de aptidão agrícola das terras.**

Classe de Aptidão Agrícola	Tipo de Utilização					
	Lavouras			Pastagem Plantada	Silvicultura	Pastagem Natural
	Nível de Manejo			Nível de Manejo B	Nível de Manejo B	Nível de Manejo A
A	B	C				
Boa	A	B	C	P	S	N
Regular	a	b	C	p	s	n
Restrita	(a)	(b)	(c)	(p)	(s)	(n)
Inapta	-	-	-	-	-	-

Ao contrário das demais, a classe inapta não é representada por símbolos. Sua indicação é feita pela ausência das letras no tipo de utilização considerado, o que indica, na simbologia do subgrupo, não haver aptidão agrícola para usos mais intensivos.

### 5.2.3. Aptidão agrícola na UPGRH SF4

A análise da aptidão agrícola na UPGRH SF4 mostra que, aproximadamente 79% da área possuem aptidão para o desenvolvimento de lavouras, cerca de 20% para pastagem plantada e 1,4% para silvicultura e pastagem natural. Portanto, segundo o mapeamento da EMBRAPA (Amaral *et al.*, 2004), nenhuma porção da bacia hidrográfica do entorno no reservatório de Três Maria possui características que a destinam somente à preservação da fauna e flora. O **Quadro 5.4** e a **Figura 5.4** identificam as áreas.

As terras com aptidão para lavoura, abrangidas pelo Grupo 1, 2 e 3, predominam na UPGRH SF4, cobrindo aproximadamente 79% da área. Aquelas pertencentes ao Grupo

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	56

1, representam apenas 0,06% da bacia, estão situadas entre os municípios de Lagoa Formosa e Carmo do Paranaíba, sendo a aptidão boa no nível de manejo A, e regular nos níveis B e C.

As terras compreendidas pelo Grupo 2 estão situadas, principalmente, nas porções Oeste e Leste da bacia. Estão distribuídas em, aproximadamente, 48% da área de estudo. A aptidão varia entre regular e restrita nos níveis de manejo considerados, sendo que aquelas classificadas como 2(b)c e 2(a)bc representam, respectivamente, 47,7 e 31,4% do grupo. Já o Grupo 3, que envolve as terras com aptidão restrita para lavoura nos níveis de manejo B e C, cobre cerca de 31% da bacia e está situado, especialmente, na região central e Norte da área.

De maneira geral, é concluído que as terras inseridas na UPGRH SF4 possuem aptidão para o desenvolvimento de lavouras. No entanto, as limitações moderadas, no caso dos Cambissolos, Latossolos e Argissolos, e fortes, no caso dos Neossolos, fazem com que seja necessário o investimento em insumos e tecnologia para a obtenção de uma produtividade satisfatória.

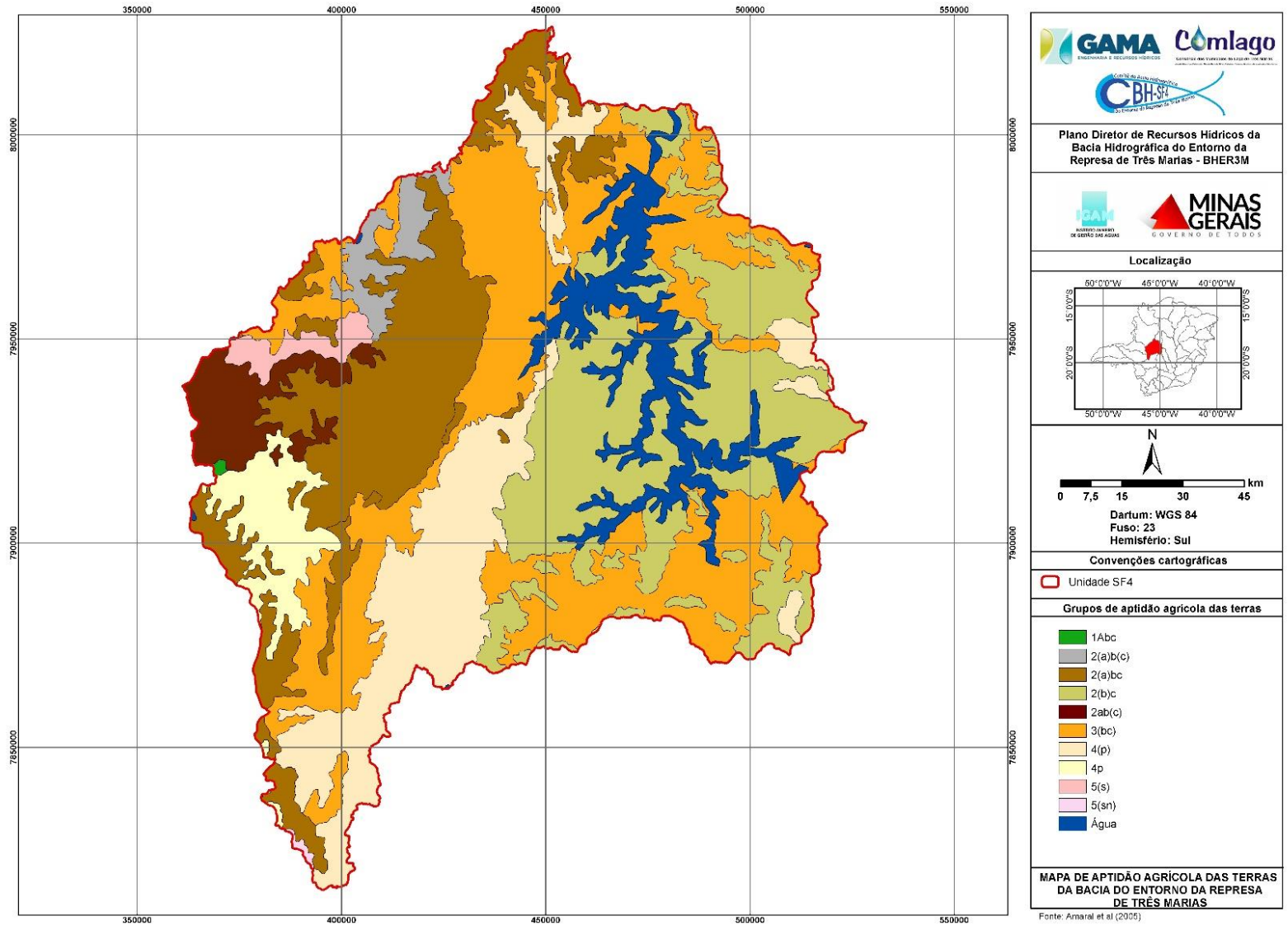
A aptidão da bacia para a agricultura é refletida pelas grandes áreas destinadas aos cultivos, com destaque para a produção de cana-de-açúcar, café, milho e feijão (**Figura 5.5**).

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	57



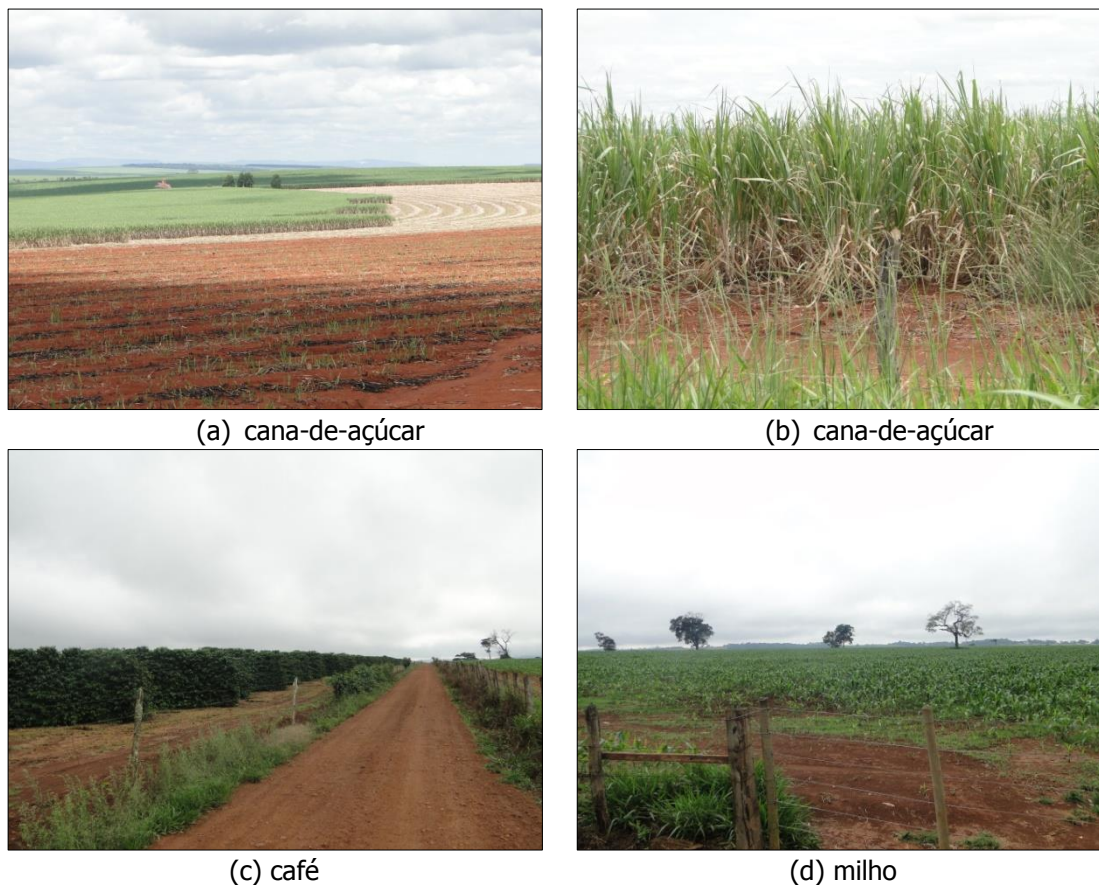
**Quadro 5.4 – Classes de aptidão agrícola identificadas na UPRGH SF4.**

Grupo	Aptidão	Área (ha)	Área (%)	Área por grupo (%)	Descrição
1	1Abc	1.014,24	0,06	0,06	Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavouras no nível de manejo A e regular nos níveis B e C
2	2(a)bc	67.470,00	3,91	48,01	Terras pertencentes à classe de aptidão regular para lavouras nos níveis de manejo B e C e restrita no nível A
	2(a)b(c)	38.932,50	2,25		Terras pertencentes à classe de aptidão regular para lavouras no nível de manejo B e restrita nos níveis A e C
	2(a)bc	260.347,28	15,08		Terras pertencentes à classe de aptidão regular para lavouras nos níveis de manejo B e C e restrita no nível A
	2(b)c	395.760,06	22,92		Terras pertencentes à classe de aptidão regular para lavouras no nível de manejo C, restrita no nível B e inapta no nível A.
	2ab(c)	66.490,56	3,85		Terras pertencentes à classe de aptidão regular para lavouras nos níveis de manejo A e B e restrita no nível C
3	3(bc)	528.089,56	30,58	30,58	Terras pertencentes à classe de aptidão restrita para lavouras nos níveis de manejo B e C e inapta no nível A
4	4(p)	270.532,29	15,67	19,93	Terras pertencentes à classe de aptidão restrita para pastagem plantada
	4p	73.539,55	4,26		Terras pertencentes à classe de aptidão regular para pastagem plantada
5	5(s)	22.810,09	1,32	1,42	Terras pertencentes à classe de aptidão regular para silvicultura
	5(sn)	1.669,81	0,10		Terras pertencentes à classe de aptidão restrita para silvicultura e pastagem natural



**Figura 5.4 – Mapa de aptidão agrícola da UPRH SF4.**

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 59
------------------------------	---	-------------------------------	--------------



**Figura 5.5 – Áreas de lavoura na bacia.**

As terras pertencentes ao Grupo 4, com aptidão para pastagem plantada, representam cerca de 20% da UPGRH SF4 e estão localizadas, sobretudo, nas porções Oeste e Sul da bacia, nos municípios de Carmo do Paranaíba, Biquinhas, São Gotardo, Paineiras, dentre outros. Em todos os níveis de manejo considerados, a aptidão para a pastagem plantada é regular e restrita, sendo que essa última corresponde a aproximadamente 78% das terras inseridas no grupo.

As visitas realizadas na área de estudo mostraram que a pastagem plantada é uma utilização do solo muito comum na região, sendo destinada, na maioria das vezes, para a criação de gado leiteiro (**Figura 5.6**).

As terras com aptidão para pastagem natural e silvicultura, abrangidas pelo Grupo 5, cobrem menos de 2% da área de estudo, sendo que aquelas com aptidão somente para silvicultura representam cerca de 93% do grupo. Estão situadas nos domínios dos municípios de Patos de Minas, Varjão de Minas, Santa Rosa da Serra e Córrego Danta. Além disso, a aptidão para ambas as formas de uso é restrita em todos os níveis de manejo considerados.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	60



**Figura 5.6 – Área de pastagem plantada na região de estudo.**

Foram verificadas, em campo, grandes áreas destinadas à silvicultura (Figura 5.7), o que evidencia a grande importância dessa forma de uso do solo na UPGRH SF4. É destacado que a produção silvícola se destina, especialmente, para produção de carvão (**Figura 5.8**).



**Figura 5.7 – Área de silvicultura na região de estudo.**



**Figura 5.8 – Carvoarias na região de estudo.**

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 61
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

#### 5.2.4. Aptidão para irrigação

Um dos sistemas de classificação de terras para irrigação mais difundido foi elaborado pelo *US Bureau of Reclamation* em 1951. Todavia, a metodologia desse sistema necessita de uma grande quantidade de dados, tais como a análise e avaliação das características físicas e químicas do solo, incluindo aspectos topográficos e de drenagem, além de dados adicionais relativos à agronomia, economia e engenharia, o que foge do escopo desse estudo. Dessa forma, foi realizada uma classificação de terras para irrigação mais simplificada, que não se baseia em aspectos econômicos, mas que considera algumas diretrizes preconizadas pelo *US Bureau of Reclamation* adaptadas aos dados disponíveis na área de estudo.

A classificação das terras da UPGRH SF4 com potencial para agricultura irrigada é em nível de reconhecimento, cujo objetivo primordial é a obtenção de informação generalizada para determinar quais áreas possuem melhores aptidões para aproveitar os recursos hídricos disponíveis. Para tanto, com base no conhecimento técnico de equipe multidisciplinar, nas características dos solos, nas classes de aptidão agrícola e declividade, foi estabelecido um parâmetro de reconhecimento mínimo para enquadramento das terras nas seis classes determinadas pelo *US Bureau of Reclamation*.

Na metodologia supracitada são estabelecidas seis classes de terras para irrigação, numeradas de 1 a 6, que indicam a aptidão geral das terras para irrigação no seu estado presente e são baseadas tanto em característica dos solos quanto em feições topográficas. Essas classes são reunidas em dois grupos: (i) terras aráveis e aptas para irrigação, englobam as Classes 1 a 4 e (ii) terras não aráveis e inaptas para irrigação, abrangem as Classes 5 e 6. A seguir é apresentada breve descrição das seis classes, de acordo com Carter (2002).

- **Classe 1 (arável):** são as terras mais aptas para irrigação. Em geral, são bastante adequadas para agricultura irrigada, sendo capazes (em padrão de cultivos diversificados: grãos, forrageiras, olericulturas, fruticultura) de fornecer e sustentar produções relativamente altas de ampla faixa de culturas climaticamente adaptadas, a um custo razoável; ou em áreas de culturas específicas, manter altas produções de cultura específica adaptada. Essas terras podem ser prontas e eficientemente irrigadas tanto por aspersão como por irrigação localizada, não sendo recomendada a irrigação superficial em função do processo de sistematização do terreno. O solo deve ser física e quimicamente corrigido para adequar-

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	62

se à produção das culturas do projeto. A capacidade de retenção de água do solo é adequada. O solo está livre de sais solúveis ou, havendo sais presentes, poderão ser facilmente lixiviados. Os efeitos da erosão devem ser minimizados adotando-se um manejo racional da irrigação, e o desenvolvimento da terra pode ser realizado a um custo relativamente baixo;

- Classe 2 (arável): são terras com aptidão moderada para irrigação, sendo inferiores às da Classe 1 em capacidade produtiva e/ou exigindo custos mais altos para preparo, irrigação e cultivo. Geralmente são tão requisitadas ou valiosas quanto as de Classe 1. Quando comparadas com as terras da Classe 1, têm solos com menor capacidade de retenção de água, ou menor permeabilidade ao ar, água e raízes, podendo ser moderadamente salino sob irrigação, o que pode limitar a produtividade e envolver custos maiores de lavagem. As limitações topográficas podem incluir superfície irregular, que exija custos maiores para evitar processos de erosão laminar. Assim sendo, as terras dessa classe devem ser preferencialmente irrigadas por métodos de irrigação de alta eficiência de aplicação de água (microaspersão e gotejamento), e ser cultivadas com fruticultura ou cafeicultura. A irrigação por aspersão mecanizada adequada e projetada também pode ser utilizada. São terras com necessidades simples de correção do solo, a fim de manter a alta fertilidade;
- Classe 3 (arável): são consideradas terras aráveis de baixa categoria. São aptas ao desenvolvimento sob irrigação, porém, possuem apenas os requerimentos mínimos, pois podem apresentar deficiências graves de solo, topografia ou drenagem. As terras dessa classe apresentam menor capacidade produtiva, maiores custos de produção e de desenvolvimento, ou qualquer combinação desses fatores em relação à classe anterior. Embora maiores riscos envolvam a sua utilização em agricultura irrigada, quando comparadas às Classes 1 e 2, anteriores (1 e 2), estima-se que essas terras possuam adequada capacidade de pagamento para atender os custos do estabelecimento de projetos de irrigação baseado em sistemas localizados (microaspersão e gotejamento) e em fruticultura ou cafeicultura;
- Classe 4 (arável): as terras dessa classe podem ter certas deficiências excessivas, que resultam numa utilização restrita para agricultura irrigada. Podem ser similares às terras de outras classes aráveis, mas apresentam deficiências mais severas ou em maior número de restrições. Tais características proporcionam me-

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	63

nor rendimento, custo de produção e de desenvolvimento mais elevado ou combinações destes, tornando-as mais restritivas para irrigação que as terras de Classe 3. Recomenda-se que essa classe seja utilizada na classificação em raras situações, em que uma quarta classe de terra arável for necessária para identificar e caracterizar adequadamente terras com arabilidade marginal;

- Classe 5 (não arável): a arabilidade das terras incluídas nessa classe não pode ser determinada pelos métodos de classificação de rotina, porém aparentam possuir valor potencial suficiente para serem separadas para estudos especiais. A designação em Classe 5 é provisória e, normalmente, muda para uma classe arável apropriada ou para Classe 6, após completada a classificação. Se algum problema relacionado com essas terras não for resolvido, deve-se assumir que elas são não aráveis. Possuem deficiências específicas, ou seja, podem ter excessiva salinidade, topografia desfavorável, drenagem inadequada, excessiva cobertura arbórea ou de rochas; ou outras deficiências severas que exijam estudos especiais de agronomia, economia ou engenharia para determinar a sua arabilidade. As terras da Classe 5 são separadas somente quando as condições existentes na área exigem considerações de tais terras para a competente avaliação das possibilidades de estabelecimento de projetos de irrigação;
- Classe 6 (não arável): inclui as terras que não atingem os requisitos mínimos para pagar os custos para o estabelecimento de projetos de irrigação. Em geral, compreende terras com alto declive, acidentadas e irregulares, ou gravemente erodidas; com solos de textura muito grossa ou fina, de pouca profundidade sobre cascalheira, camada barrenta, duripan ou rocha; terras com perfil de drenagem inadequada, e ou alta concentração de sais solúveis e sódio. As terras classificadas como de Classe 6 em uma área podem ser aráveis sob condições climáticas mais favoráveis.

### 5.2.5. Aptidão para irrigação na UPGRH SF4

Seguindo as diretrizes descritas foi realizado o enquadramento das terras inseridas na UPGRH SF4 nas seis classes estabelecidas pelo *US Bureau of Reclamation* (**Quadro 5.5**) e, conseqüentemente, definida sua aptidão para irrigação (**Figura 5.9** e **Quadro 5.6**).

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	64

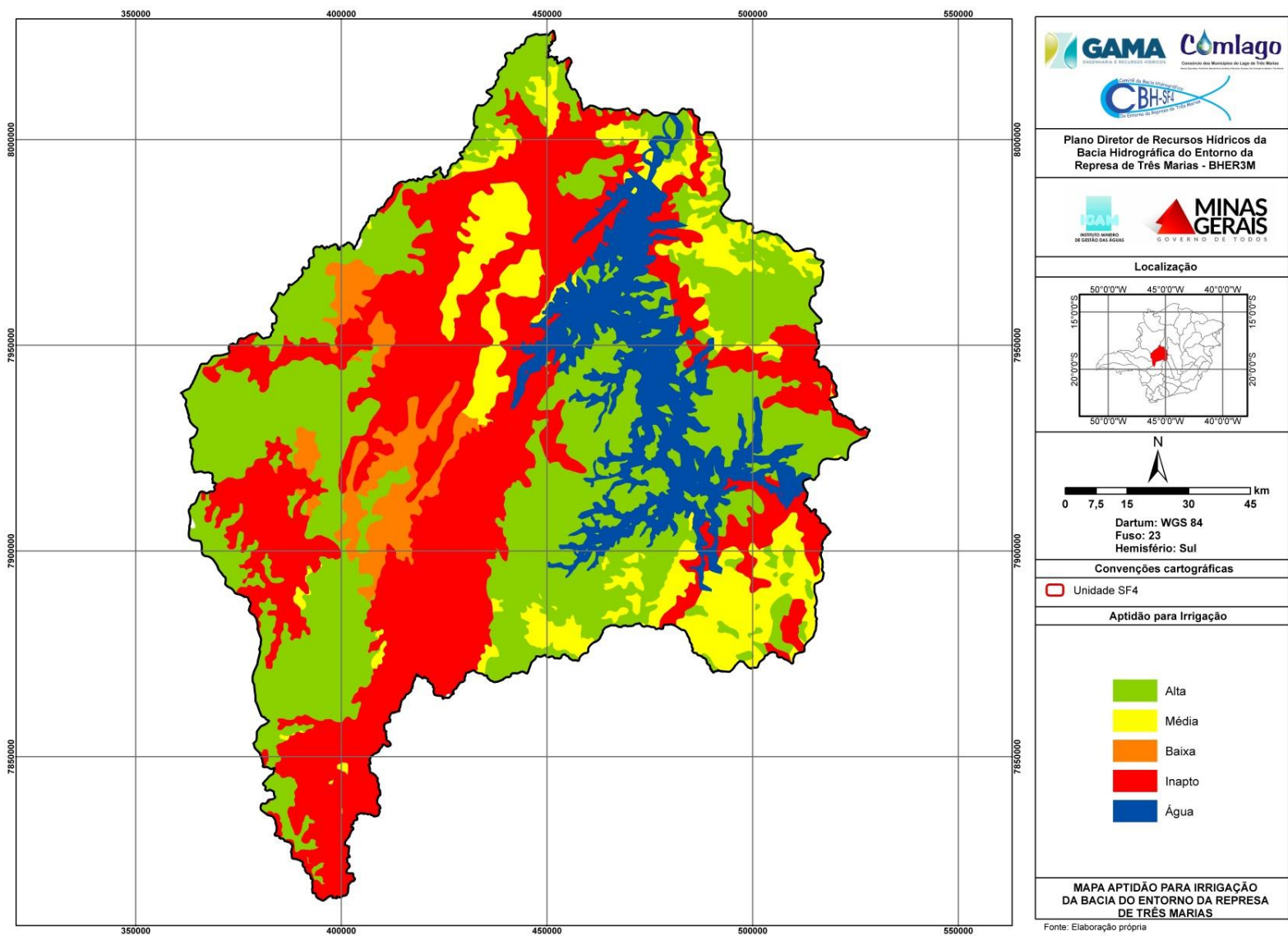
**Quadro 5.5 – Correlação entre unidade pedológica, aptidão agrícola e aptidão à irrigação. (continua)**

Solos	Aptidão agrícola	Classe	Solos	Aptidão Agrícola	Classe
CXbd10	2(b)c	3	LVd2	2(a)bc	2
CXbd10	4(p)	6	LVd2	3(bc)	2
CXbd12	4(p)	6	LVd2	2(a)b(c)	2
CXbd12	2(b)c	2	LVd2	2ab(c)	2
CXbd12	2(a)bc	2	LVd3	3(bc)	2
CXbd12	2(a)b(c)	2	LVd3	4(p)	6
CXbd12	3(bc)	3	LVd3	2(b)c	2
CXbd13	3(bc)	3	LVd3	2(a)bc	2
CXbd13	2(a)b(c)	3	LVd3	2(a)b(c)	2
CXbd18	2(a)bc	3	LVd3	2"(a)bc	2
CXbd18	4(p)	6	LVd5	2ab(c)	2
CXbd18	2(b)c	3	LVd6	2(b)c	2
CXbd18	3(bc)	3	LVd6	3(bc)	2
CXbd20	4p	6	LVd6	4(p)	6
CXbd20	2(a)bc	3	LVd8	2(b)c	2
CXbd21	4(p)	6	LVdf1	5(s)	6
CXbd21	2(b)c	2	LVdf1	3(bc)	2
CXbd21	2(a)bc	2	LVdf1	2ab(c)	2
CXbd21	3(bc)	3	PVAd6	3(bc)	2
CXbd4	1Abc	2	PVAd6	2(b)c	2
CXbd4	4p	6	PVAd6	4(p)	6
CXbd4	2ab(c)	2	PVAe14	1"Abc	2
CXbd4	2(a)bc	2	PVAe14	5(s)	6
CXbe6	3(bc)	3	PVAe14	3(bc)	2
CXbe6	4(p)	6	PVAe14	2(a)bc	2
CXbe6	2(a)bc	6	PVAe14	4p	6
CXbe8	2(a)bc	2	PVAe14	2(a)b(c)	2
CXbe8	2(a)bc	2	PVAe14	2ab(c)	2
CXbe8	4p	6	PVAe14	2(a)bc	2
CXbe8	2ab(c)	2	PVAe15	5(sn)	6
CXbe8	3(bc)	3	PVAe15	2(a)bc	6
CXbe8	4(p)	6	PVAe15	3(bc)	6
LVAd1	5(sn)	6	PVAe15	4(p)	6
LVAd1	4p	6	RLd1	5(s)	6
LVAd1	3(bc)	2	RLd1	2(a)bc	6
LVAd1	4(p)	6	RLd1	3(bc)	6
LVAd1	2(b)c	2	RLd1	2ab(c)	6
LVAd1	2(a)bc	2	RLd2	5(s)	6
LVAd1	2(a)b(c)	2	RLd2	2(a)bc	6
LVAd1	2(a)bc	2	RLd2	2(a)b(c)	6
LVAd10	2(b)c	3	RLd2	2ab(c)	6



### Quadro 5.5 – Correlação entre unidade pedológica, aptidão agrícola e aptidão à irrigação.(conclusão)

Solos	Aptidão agrícola	Classe	Solos	Aptidão Agrícola	Classe
LVA <sub>d</sub> 10	3(bc)	3	RL <sub>d</sub> 2	2(b)c	6
LVA <sub>d</sub> 10	4(p)	6	RL <sub>d</sub> 2	3(bc)	6
LVA <sub>d</sub> 12	4(p)	6	RL <sub>d</sub> 2	4(p)	6
LVA <sub>d</sub> 12	2(b)c	2	RL <sub>d</sub> 3	4(p)	6
LVA <sub>d</sub> 12	2(a)bc	2	RL <sub>d</sub> 3	2(b)c	6
LVA <sub>d</sub> 12	2(a)b(c)	2	RL <sub>d</sub> 3	2(a)bc	6
LVA <sub>d</sub> 12	3(bc)	2	RL <sub>d</sub> 3	3(bc)	6
LVA <sub>d</sub> 19	5(s)	6	RL <sub>d</sub> 4	2(b)c	6
LVA <sub>d</sub> 19	3(bc)	2	RL <sub>d</sub> 4	3(bc)	6
LVA <sub>d</sub> 19	2(a)bc	2	RL <sub>d</sub> 5	4(p)	6
LVA <sub>d</sub> 19	4p	6	RL <sub>d</sub> 5	2(a)bc	6
LVA <sub>d</sub> 19	2ab(c)	2	RL <sub>d</sub> 5	3(bc)	6
LVA <sub>d</sub> 19	2 (a)bc	2	RLe1	3(bc)	6
LVA <sub>d</sub> 7	5(s)	6	RLe1	2(a)b(c)	6
LVA <sub>d</sub> 7	3(bc)	2	RQo1	2(a)bc	4
LVA <sub>d</sub> 7	2(a)bc	2	RQo1	4(p)	6
LVA <sub>d</sub> 7	2(a)b(c)	2	RQo1	3(bc)	4
LV <sub>d</sub> 10	4p	6	RQo4	5(s)	6
LV <sub>d</sub> 10	1Abc	2	RQo4	3(bc)	4
LV <sub>d</sub> 10	5(s)	6	RQo4	2(a)bc	4
LV <sub>d</sub> 10	3(bc)	2	RQo4	4p	6
LV <sub>d</sub> 10	2 (a)bc	2	RQo4	2(a)b(c)	4
LV <sub>d</sub> 10	2(a)bc	2	RQo4	2ab(c)	4
LV <sub>d</sub> 10	2ab(c)	2	RQo4	2(a)bc	4
LV <sub>d</sub> 10	4(p)	6	RQo4	4(p)	6
LV <sub>d</sub> 2	5(s)	6			



**Figura 5.9 – Mapa de aptidão para irrigação da UPGRH SF4.**

**Quadro 5.6 – Classes de aptidão à irrigação na UPGRH SF4.**

Classe de Aptidão a Irrigação	Classe	Área	
		km <sup>2</sup>	%
Inapta	5 e 6	7.673,9	40,4
Baixa	4	1.028,2	5,4
Média	3	2.578,5	13,6
Alta	1 e 2	7.708,0	40,6

Cerca de 60% das terras da UPGRH SF4 possuem aptidão para irrigação, sendo que, em aproximadamente 68% desse grupo estão as terras com alta aptidão, correspondentes, principalmente, as áreas de Latossolo e Argissolo. As terras com média aptidão para irrigação representam cerca de 23% do grupo e são cobertas, sobretudo, pelos Cambissolos. Os Neossolos Quartzarênicos constituem, preponderantemente, as terras com baixa aptidão para irrigação, que correspondem a 9% do grupo. As terras inaptas para irrigação correspondem a cerca de 40% da UPGRH SF4, estão situadas, sobretudo, na região central da bacia. São cobertas por Neossolo Litólico e pelas demais classes de solos localizadas em áreas de relevo movimentado.

## 6. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

O clima de uma região é definido pela caracterização das condições médias da meteorologia dominante. As condições meteorológicas são mensuradas através da atuação de diversos elementos e fatores climáticos. O clima apresenta normalmente uma forte correlação com a fauna e flora, bem como, com as atividades agropecuárias, uma vez que define a aptidão local para a exploração de determinados cultivos e espécies animais. Sob o ponto de vista hidrológico, o clima regional exprime também algumas particularidades do ciclo hidrológico, como a ocorrência de secas e enchentes. Na construção de açudes, o clima define as perdas para a atmosfera, decorrentes do balanço evaporação – precipitação no espelho do lago

### 6.1. Descrição geral

No estado de Minas Gerais, os sistemas frontais predominam no inverno, porém com baixa incidência de chuvas. No verão, as temperaturas elevadas e as chuvas abundantes associam-se, principalmente, ao aquecimento superficial (convecção) e, possivelmente, às linhas de instabilidade. O estado ainda se acha sob a ação dos sistemas atmosféricos de grande escala: Anticiclone do Atlântico Sul, Baixa do Chaco, Alta da Bolívia, Alta Polar, Corrente de Jato e outros de menor relevância.

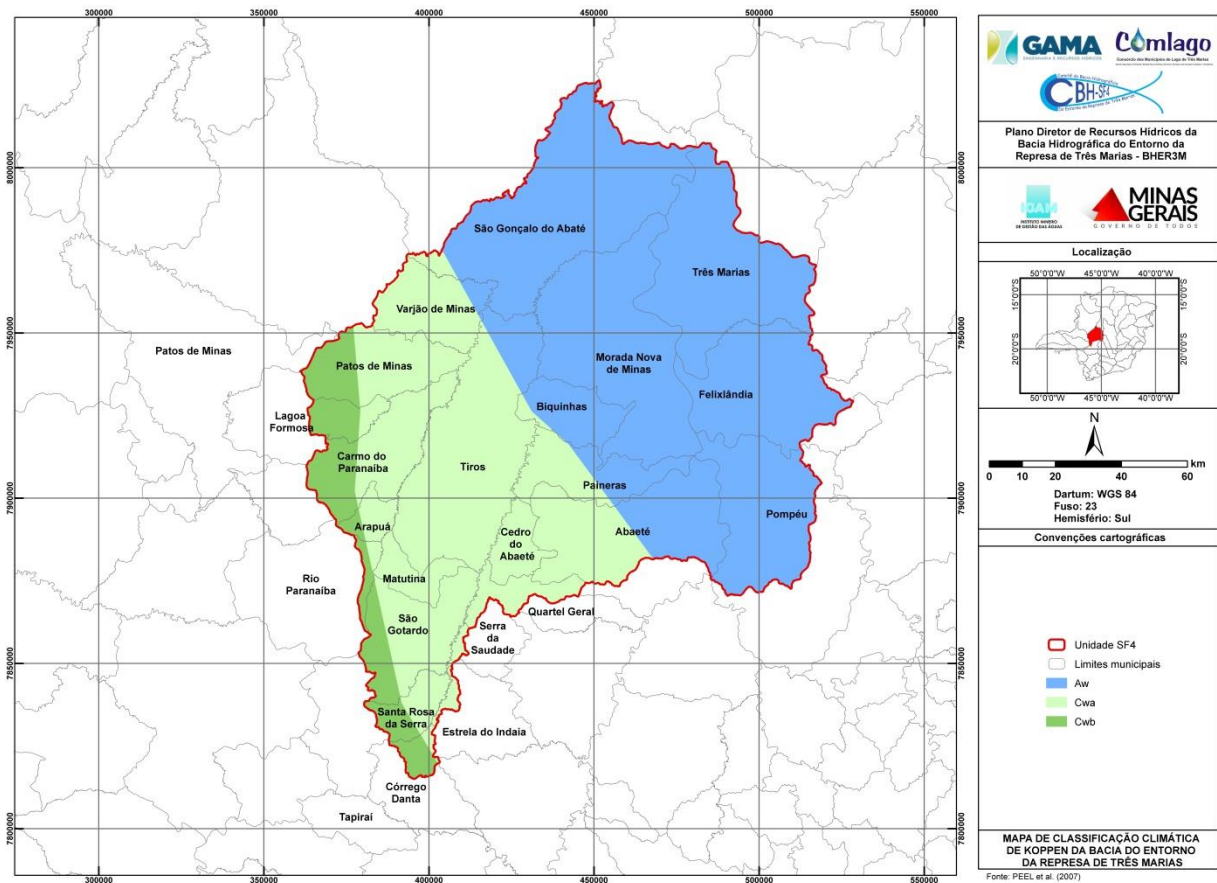
Dentro dos limites da UPGRH SF4, na região central do estado, identificam-se basicamente três tipos climáticos, segundo a classificação revisada de Köppen-Geiger (PEEL *et al.*, 2007):

- **Aw – Tropical Semiúmido:** Esse regime climático caracteriza-se por apresentar elevadas temperaturas anuais e regime pluviométrico marcado pela ocorrência de duas estações: verão chuvoso e inverno seco. Em quase todos os meses do ano apresenta uma temperatura média mensal superior a 18° C, e pelo menos um dos meses do ano tem precipitação média total inferior a 60 mm;
- **Cwa – Subtropical Úmido:** É um regime climático temperado, com as estações verão e inverno bem definidos, ou seja, apresentando um verão chuvoso e inverno seco. O verão é caracterizado por temperaturas mais altas, com médias acima de 22°C;
- **CWb – Clima Temperado Úmido (Inverno Seco e Verão Temperado):** Trata-se de um clima com predomínio de temperaturas amenas durante todo o ano, com a média anual variando em torno de 18 a 19°C, devido principalmente a orografia. Esse clima é caracterizado por um verão brando, com médias entre 18 a 20°C. Entretanto, o inverno é bastante sensível e possui pelo menos um mês com temperatura média mensal inferior

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 69
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

a 15°C. Esse clima apresenta um período de um a dois meses relativamente secos, ou seja, precipitação média mensal abaixo dos 40 mm.

Ao analisar a distribuição climática característica da UPGRH, é verificado que, de forma geral, o clima predominante na área é o tropical semiúmido, região em azul da **Figura 6.1**. Caracteriza-se, em geral, por temperatura elevada (de 18° a 25°C), com amplitude térmica de 5° a 7°C, e estações ou ciclos hidrológicos bem definidos, isto é, com o verão chuvoso e inverno seco.



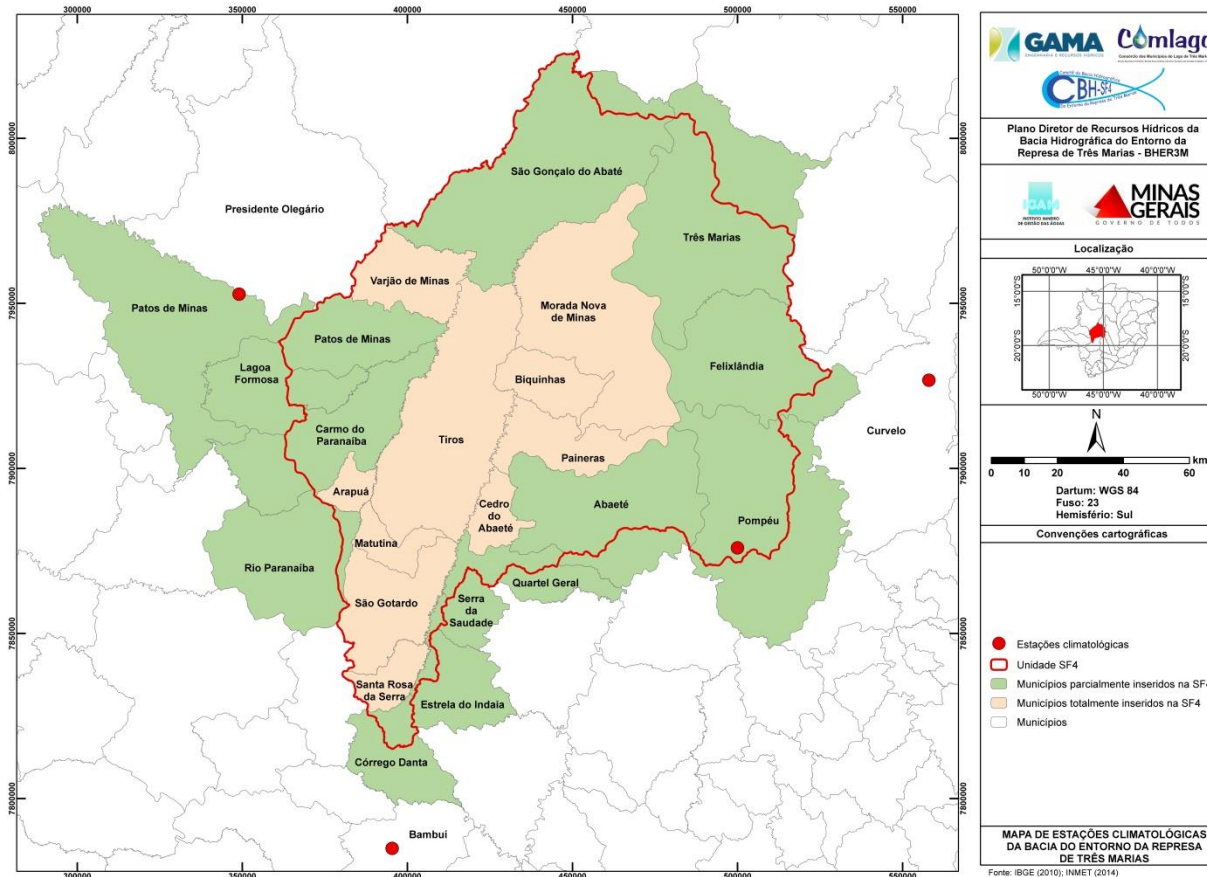
**Figura 6.1 – Mapa com a distribuição climática da Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias.**

## 6.2. Estações climatológicas

As análises e avaliações da climatologia da UPGRH SF4 foram realizadas a partir dos dados de quatro estações climatológicas, fornecidas no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Ao analisar a **Figura 6.2**, nota-se que apenas a estação de Pompéu está localizada dentro da área de estudo. É importante ressaltar que apesar das demais estações (Bambuí, Curvelo e Patos de Minas) estarem fisicamente fora dos limites da área de estudo, elas estão relativamente próximas, e serão úteis na definição do comportamento dos parâmetros meteorológicos

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 70
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

da região. No **Quadro 6.1** são apresentados dados básicos das estações selecionadas para o estudo.



**Figura 6.2 – Localização das estações climatológicas próximas a Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias. Fonte: INMET (2014).**

**Quadro 6.1 – Estações climatológicas próximas à UPGRH SF4.**

Nome	Código	Início de Operação	Longitude (°)	Latitude (°)
Bambuí	83582	09/1971	-46,00	-20,03
Curvelo	83536	01/1961	-44,45	-18,75
Patos de Minas	83531	01/1961	-46,43	-18,51
Pompéu	83570	01/1973	-45,00	-19,21

Fonte: INMET (2014).

### 6.3. Temperatura Média

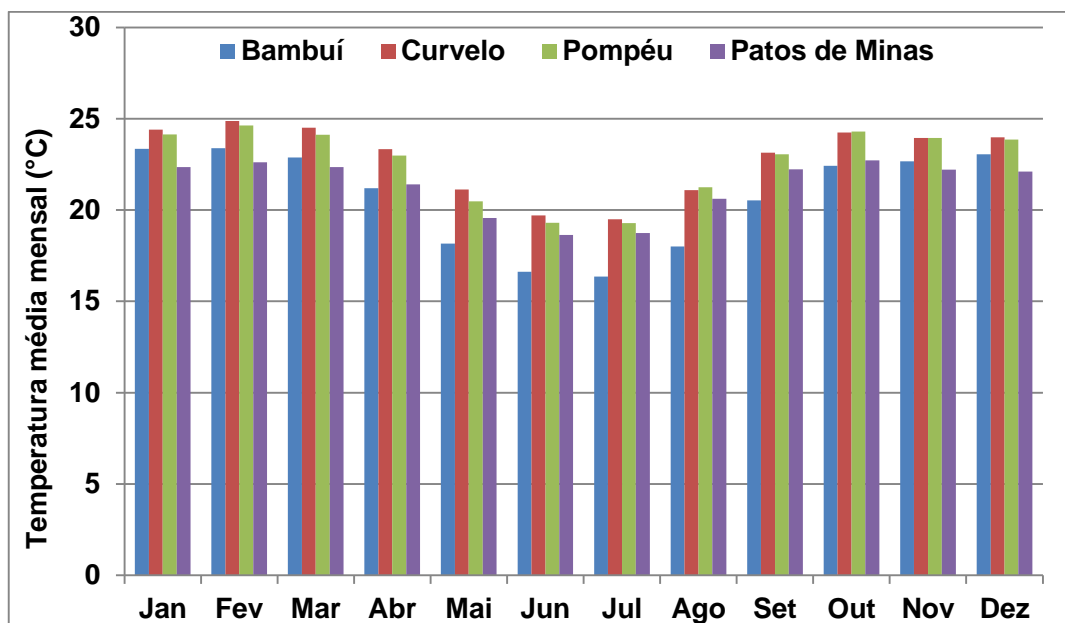
A temperatura média anual da UPGRH SF4 oscila entre 20 e 23°C. O verão e a primavera são os períodos mais quentes, quando as máximas diárias variam em torno de 28 a 30°C. Os dados das temperaturas foram obtidos a partir das normais climatológicas (**Figura 6.3**), para o período entre 1961 a 1990. Os dados de temperaturas médias, mínimas e máximas anuais das estações climatológicas (**Quadro 6.2**).

Nota-se que os valores registrados nas estações climatológicas analisadas estão próximos aos descritos na caracterização do clima da região. Destaca-se também que os maiores valores de temperatura mensal foram registrados no final do verão (entre Fevereiro e Março), quase no fim da estação chuvosa e as menores no meio do inverno (mês de Julho).

**Quadro 6.2 – Temperaturas Máximas, Médias e Mínimas observadas nas estações climatológicas próximas à UPGRH SF4.**

Estação	Temp. Máxima (°C)	Temp. Média (°C)	Temp. Mínima (°C)
BambuÍ	28,8	20,7	14,7
Curvelo	30,4	22,8	16,6
Patos de Minas	28,0	21,3	16,3
Pompéu	29,6	22,6	16,7

Fonte: INMET (2014).



**Figura 6.3 – Temperatura média mensal nas estações climatológicas de Bambuí, Curvelo, Pompeu e Patos de Minas. Fonte: INMET (2014).**

A estação em Bambuí foi a que apresentou as menores temperaturas médias mensais, praticamente o ano todo, e apresentando uma média mínima de 14,7 °C. A estação de Patos de Minas apresentou as menores temperaturas para verão. Já a estação de Curvelo, seguido da estação de Pompéu foram as que apresentaram as maiores temperaturas durante todo o ano. Com médias de 22,8 e 22,6 °C, respectivamente.

#### 6.4. Umidade Relativa

Esta variável expressa a capacidade do ar circulante em captar o vapor de água das superfícies livres, solos e vegetação. A precipitação é derivada desta água atmosférica. A alta umidade atmosférica implica em pelo menos dois efeitos benéficos possíveis no crescimento das plantas:

1. Primeiramente muitas plantas podem absorver diretamente umidade do ar saturado;
2. A umidade pode afetar a fotossíntese, e conseqüentemente no ritmo de crescimento.

Ela é um dos indicadores usados na meteorologia para se saber como o tempo se comportará (fazer previsões). Essa umidade presente no ar é decorrente de uma das fases do ciclo hidrológico, o processo de evaporação da água. O vapor de água sobe para a atmosfera e se acumula em forma de nuvens, mas uma parte passa a compor o ar que circula na atmosfera. Quando certo material é exposto à umidade, ele perde ou ganha água para ajustar sua própria umidade a uma condição de equilíbrio com o ambiente. A baixa umidade do ar pode acarretar alguns problemas como:

1. Complicações alérgicas e respiratórias devido ao ressecamento de mucosas,
2. Aumento do potencial de incêndios em pastagens e florestas,
3. Redução do crescimento de plantas.

No **Quadro 6.3** são apresentados os valores de umidade relativa nas estações próximas a UPGRH SF4. Nela são apresentados os valores médios anuais, no trimestre mais seco (Junho, Julho e Agosto) e no trimestre úmido (Dezembro, Janeiro e Fevereiro).

#### Quadro 6.3 – Umidade relativa média nas estações climatológicas próximas à UPGRH SF4.

Estação	Média Anual (%)	Período Seco (%)	Período Úmido (%)
Bambuí	80,1	78,0	82,9
Curvelo	69,2	65,1	74,1
Patos de Minas	68,7	58,3	78,3
Pompéu	76,2	72,4	80,3

Fonte: INMET (2014).

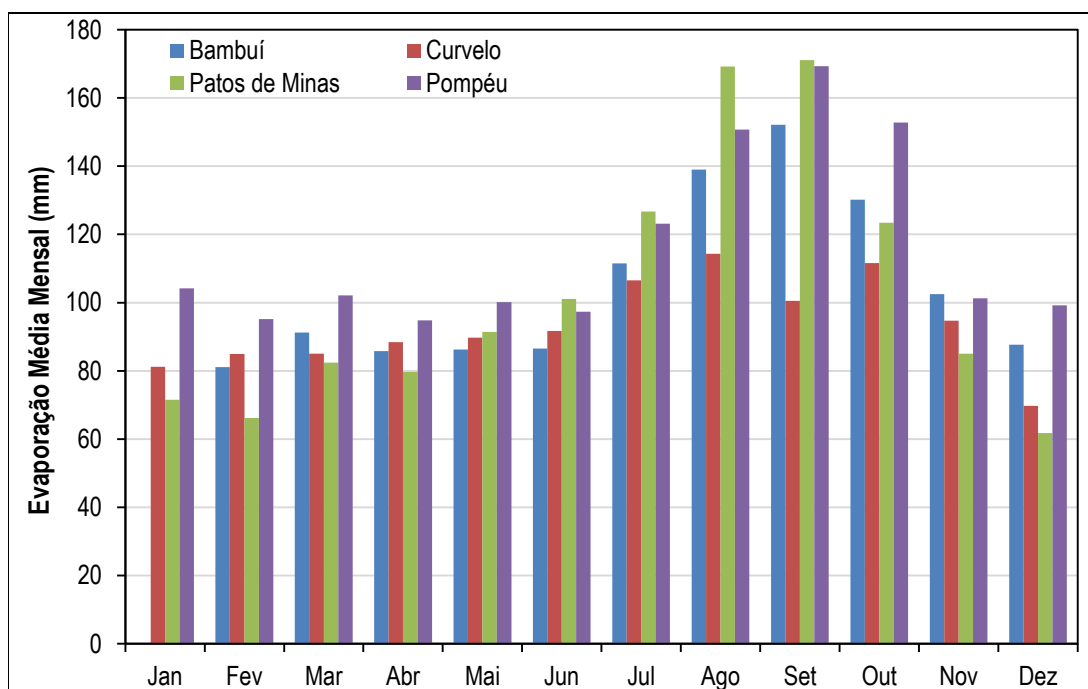
Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 73
------------------------------	---	-------------------------------	--------------



No **Quadro 6.3** nota-se que na região de Bambuí não há grandes variações na umidade relativa ao longo do ano, aproximadamente 2% para cima ou para baixo da média. As estações das regiões de Curvelo e Pompéu sofrem uma variação de aproximadamente 4% nos diferentes períodos. Finalmente, a estação na região de Patos de Minas foi a que apresentou as maiores variações entre os períodos seco e úmido: 20% de diferença.

## 6.5. Evaporação

É a passagem de um corpo do estado líquido para o gasoso. A vaporização toma o nome de evaporação quando se produz unicamente na superfície livre de um líquido. A evaporação sofre influência principalmente da latitude, da velocidade do vento, radiação solar, temperatura do ar e da água, umidade, etc. A evaporação média mensal na região UPGRH SF4 é apresentada na **Figura 6.4**.



**Figura 6.4 – Evaporação média mensal, medido pelo evaporímetro Piché, nas estações climatológicas de Bambuí, Curvelo, Pompeu e Patos de Minas. Fonte: INMET (2014).**

Ao analisar a **Figura 6.4**, nota-se que as maiores evaporações ocorrem durante o final da estação seca ou inverno. Esse aumento ocorre devido a diversos fatores, como a baixa umidade do ar, o crescimento da demanda hídrica natural durante este período, etc.

A estação de Bambuí não possui dados da normal climatológica para o mês de Janeiro, por isso não foi possível graficar esses dados. As estações de Patos de Minas e de Pompéu são as que apresentaram as maiores diferenças nas evaporações entre os períodos seco e úmido, maiores que 75 mm. Os níveis máximos e mínimos de evaporação ocorreram na estação de Patos de Minas, com máximo no mês de Setembro (171.1 mm), e o mínimo no mês de Dezembro (61.8 mm).

### 6.5.1. Evapotranspiração

A evapotranspiração é a soma da evaporação das plantas com a evaporação das superfícies, como o solo, correspondendo a uma importante parcela no balanço hídrico de uma bacia. Especialmente no balanço hídrico agrícola, ela afere a necessidade de irrigação. Na medida em que diminui a umidade do solo, ocorrem restrições à transferência de água para a atmosfera, que passa a depender não somente das condições meteorológicas, mas também do sistema radicular das plantas, bem como de outras características, como o estado fitossanitário das mesmas. Existem dois tipos básicos de medição da evapotranspiração, que é a evapotranspiração potencial e a evapotranspiração real:

- **Evapotranspiração Potencial (ETP)** – É a quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, na unidade de tempo, de uma superfície extensa completamente coberta de vegetação de porte baixo e bem suprida de água (PENMAN, 1956).
- **Evapotranspiração Real (ETR)** – É quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, nas condições reais (existentes) de fatores atmosféricos e umidade do solo. A evapotranspiração real é igual ou menor que a evapotranspiração potencial ( $ETR \leq ETP$ ) (PENMAN, 1956). Informações confiáveis sobre evapotranspiração real são escassas e de difícil obtenção, pois demandam um longo tempo de observação e alto investimento.

Para análise da evapotranspiração na UPGRH SF4 foram utilizadas informações do Banco de Dados Climáticos do Brasil, disponível em EMBRAPA (2014), composto por dados normais de tem-

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 75
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

peratura média mensal e de chuva totais mensais registrados por uma rede de estações meteorológicas. Esses dados foram utilizados na elaboração do balanço hídrico climatológico, empregando-se o método de Thornthwaite e Mather (1955), por meio do programa "BHnorm" elaborado em planilha EXCEL por Rolim et al. (1998). Como Capacidade de Água Disponível (CAD) adotou-se o valor de 100 mm e a evapotranspiração potencial foi estimada pelo método de Thornthwaite (1948). A inicialização do balanço hídrico seguiu o critério de Mendonça (1958) devido à facilidade de sua informatização em relação ao método original.

Os dados mensais de precipitação média (P), evapotranspiração real (ETR), armazenamento de água no solo (ARM) em valores máximos de 100 mm, deficiência hídrica (DEF) – calculado a partir da diferença de ETR e ETP – e excedente hídrico (EXC) – calculado pela diferença entre P e ETP – são apresentados do **Quadro 6.4** ao **Quadro 6.6**. Os dados da estação de Curvelo não foram disponibilizados pela Embrapa, portanto serão apresentados os dados de apenas três estações.

**Quadro 6.4 – Dados de evapotranspiração da estação climatológica em Bambuí.**

Mês	P (mm)	ETP (mm)	ARM (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	267	112	100	112	0	155
Fev	153	105	100	105	0	48
Mar	150	107	100	107	0	44
Abr	99	82	100	82	0	17
Mai	45	68	79	66	2	0
Jun	16	42	61	34	8	0
Jul	20	42	49	32	10	0
Ago	17	54	34	32	22	0
Set	55	64	31	58	6	0
Out	118	96	53	96	0	0
Nov	213	103	100	103	0	63
Dez	272	96	100	96	0	176
Totais	1.425	970	908	922	48	503
Médias	119	81	76	77	4	42

Fonte: EMBRAPA (2014).

**Quadro 6.5 – Dados de evapotranspiração da estação climatológica em Patos de Minas.**

Mês	P (mm)	ETP (mm)	ARM (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	273	97	100	97	0	176
Fev	194	90	100	90	0	104
Mar	166	103	100	103	0	63
Abr	74	80	95	79	0	0
Mai	25	66	63	57	9	0
Jun	6	54	39	30	24	0
Jul	13	53	26	26	27	0
Ago	13	70	15	24	46	0
Set	49	86	10	54	33	0
Out	159	94	75	94	0	0
Nov	205	93	100	93	0	87
Dez	297	96	100	96	0	201
Totais	1.474	982	822	843	139	631
Médias	123	82	68	70	12	53

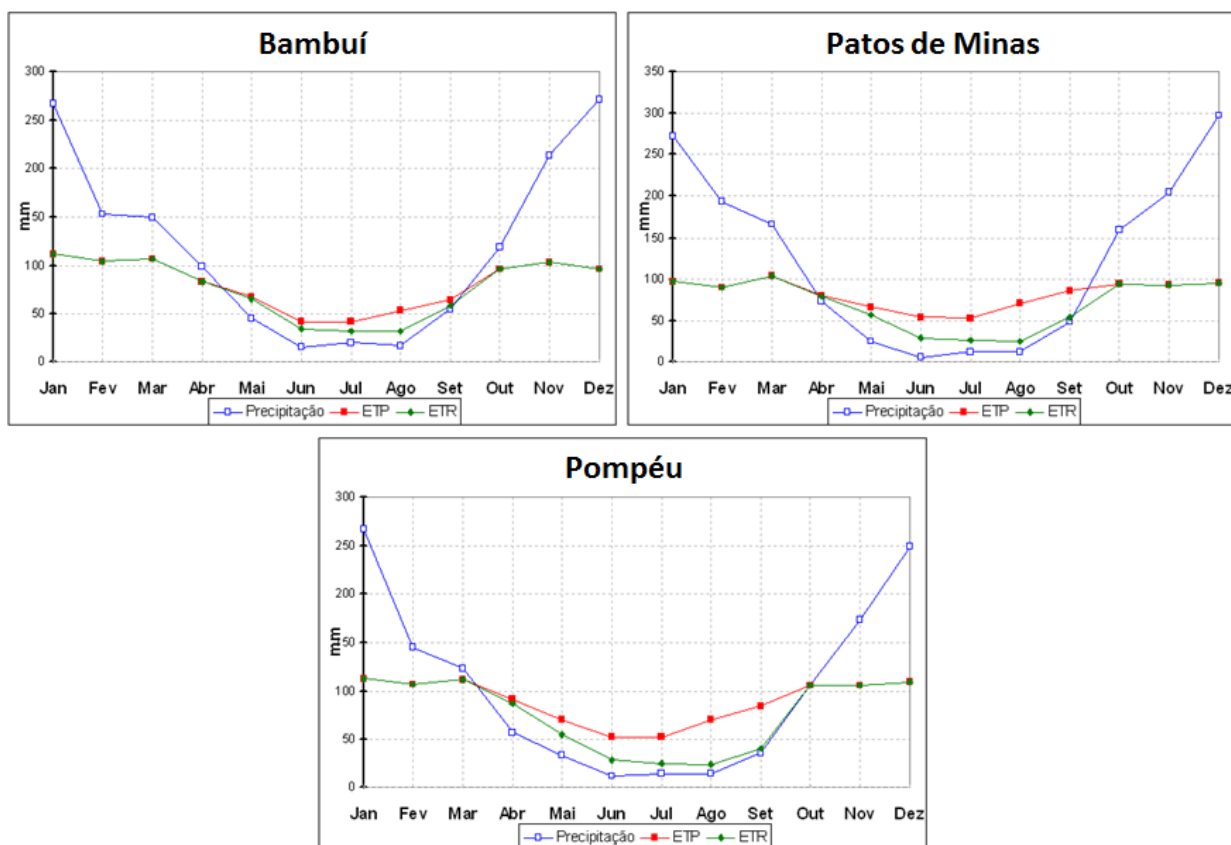
Fonte: EMBRAPA (2014).

**Quadro 6.6 – Dados de evapotranspiração da estação climatológica em Pompéu.**

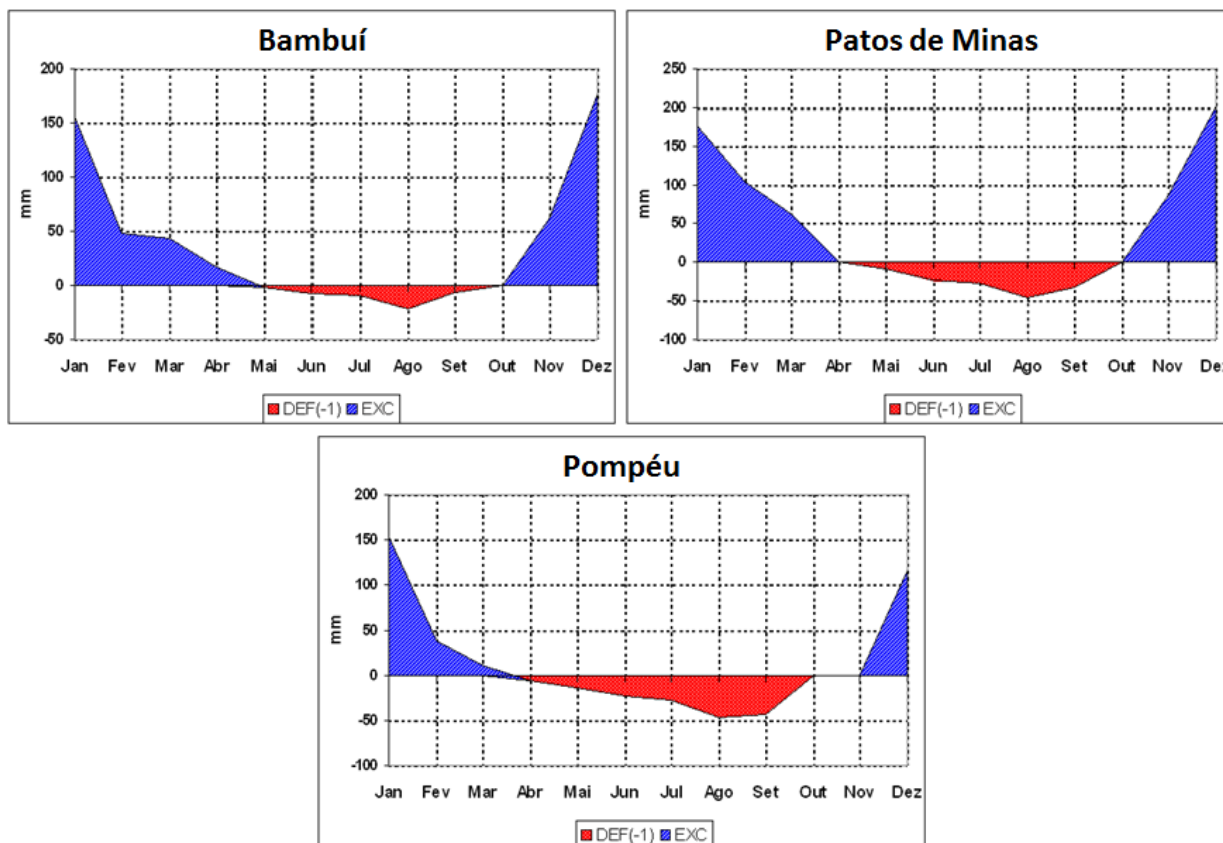
Mês	P (mm)	ETP (mm)	ARM (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	267	112	100	112	0	155
Fev	145	107	100	107	0	38
Mar	123	112	100	112	0	11
Abr	57	92	71	86	5	0
Mai	33	70	49	55	15	0
Jun	12	52	33	28	24	0
Jul	14	52	23	24	27	0
Ago	14	70	13	24	47	0
Set	35	84	8	40	44	0
Out	106	105	9	105	0	0
Nov	173	105	76	105	0	0
Dez	249	109	100	109	0	116
Totais	1.228	1.071	680	909	162	319
Médias	102	89	57	76	14	27

Fonte: EMBRAPA (2014).

Para uma melhor visualização dos dados apresentados nos quadros anteriores foram gerados gráficos apresentando o balanço hídrico para cada estação, conforme se apresentam nas **Figura 6.5 a Figura 6.7**.



**Figura 6.5 – Balanço Hídrico mensal nas estações climatológicas próximas a Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias. Fonte: INMET (2014).**

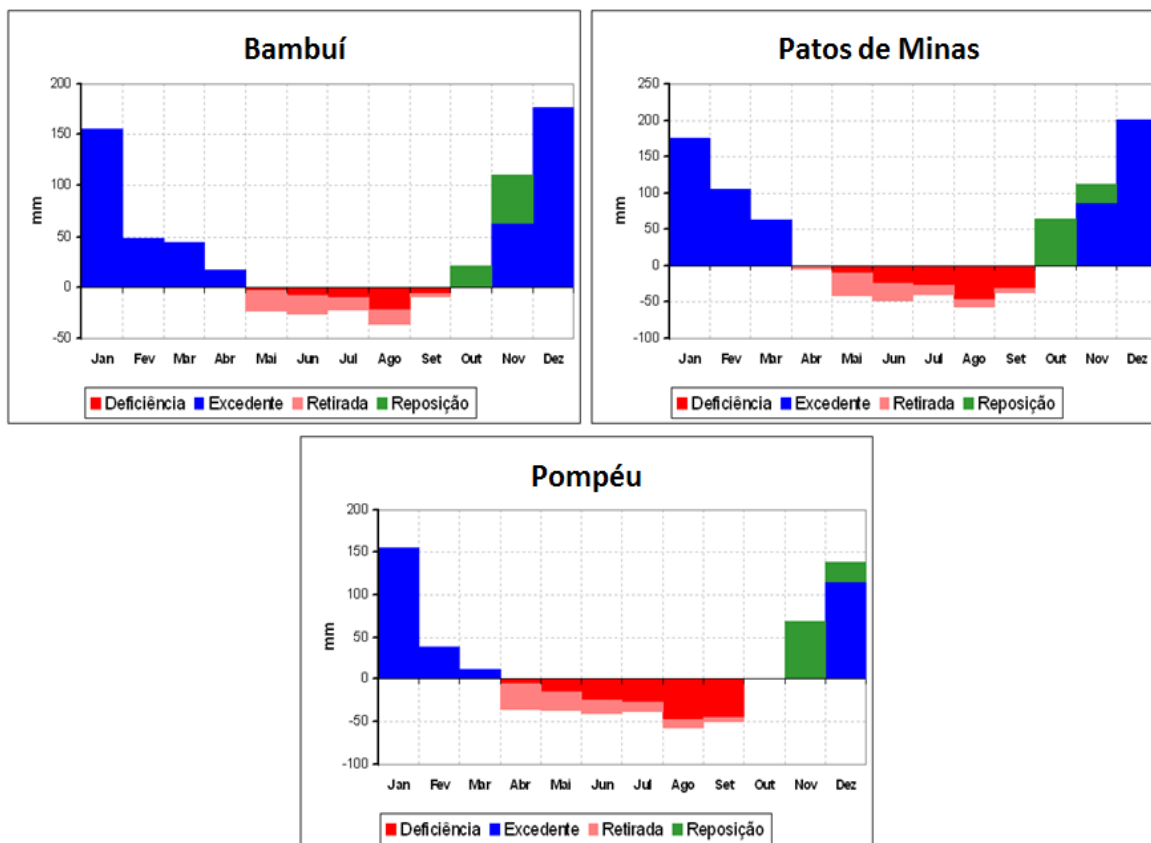


**Figura 6.6 – Diferença entre excedente e déficit hídrico nas estações climatológicas próximas à Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias. Fonte: INMET (2014).**

Nota-se que o balanço hídrico nas estações climatológicas apresenta uma mesma tendência, dadas as características climáticas da região. Os meses mais secos ocorrem no fim do inverno com o mês mais crítico em todas as estações sendo Agosto, com maior déficit hídrico. Esse fato deve ser levado em consideração para qualquer planejamento que envolva o uso dos recursos hídricos na bacia.

Em Bambuí, ao sul da UPGRH SF4, observa-se que há excedente hídrico nos meses de Outubro a Abril; nesse caso ocorre deficiência somente de Maio a Setembro. A precipitação supera a evapotranspiração em 6 meses do ano (Novembro a Abril). O armazenamento máximo é de Outubro a Abril. Dos 1.425 mm de precipitação anual, 503 mm estariam disponíveis para percolar (infiltrar) ou escoar lateralmente. A reposição ou recarga dos aquíferos ou reposição (em verde) ocorrem nos meses de Outubro e Novembro, ou seja, no início do período de chuvas.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 79
------------------------------	---	-------------------------------	--------------



**Figura 6.7 – Resumo do balanço hídrico das estações climatológicas. Fonte: INMET (2014).**

Em Patos de Minas, a oeste da UPGRH SF4, nota-se que há excedente hídrico nos meses de Novembro a Março, neste caso ocorre deficiência somente de Maio a Setembro. A precipitação supera a evapotranspiração em cinco meses do ano (Novembro a Março). O armazenamento máximo é de Novembro a Março. Dos 1.474 mm de precipitação anual, 631 mm estariam disponíveis para percolar (infiltrar) ou escoar lateralmente. A reposição ou recarga dos aquíferos ocorrem nos meses de Outubro e Novembro, ou seja, no início do período de chuvas.

Na região de Pompéu, a leste da UPGRH SF4, nota-se que é a região mais seca, ou seja, que há excedente hídrico apenas nos meses de Dezembro a Março (apenas no período úmido). No restante do ano destaca-se a deficiência hídrica, que ocorre entre Abril a Setembro. A precipitação supera a evapotranspiração em quatro meses do ano (Dezembro a Março). O armazenamento máximo é de Dezembro a Março. Dos 1.228 mm de precipitação anual, 319 mm estariam disponíveis para percolar (infiltrar) ou escoar lateralmente. A reposição ou recarga dos aquíferos ocorrem nos meses de Novembro e Dezembro, especialmente no mês de Novembro, ou início do período úmido. Um ponto importante a ser analisado é que no mês de Outubro o balanço hídrico é zerado nesta estação.

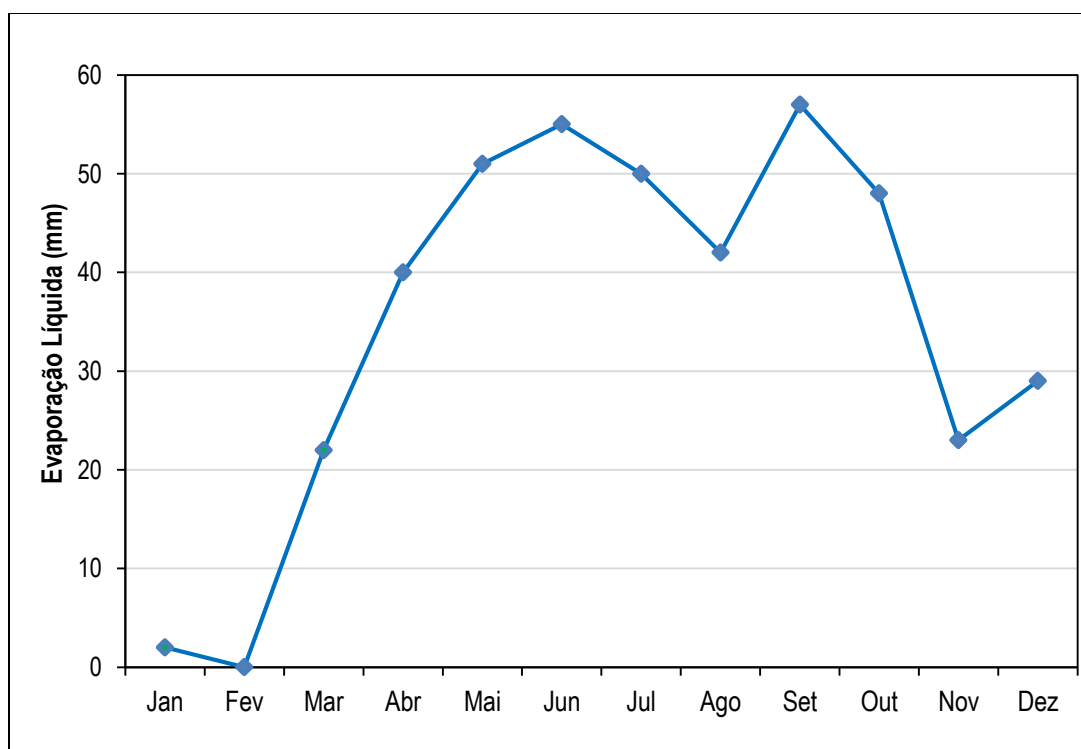
Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 80
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

Outro ponto importante a ser considerado no balanço hídrico dessa região são as retiradas ou irrigações nos períodos secos, compreendendo boa parte do total do déficit hídrico da região.

### 6.5.2. Evaporação em reservatórios

Dentro do contexto de escassez de água, a avaliação das perdas nos reservatórios a título da evaporação passa a ter um papel fundamental, tanto nos estudos de planejamento, como na operação dos sistemas existentes. As avaliações das perdas por evaporação devem considerar a evaporação líquida, isto é, a diferença entre a evaporação real do reservatório e a evapotranspiração real do entorno da bacia hidrográfica sem a sua implantação, e acompanhar se há uma mudança dos valores ao longo do tempo. Lembrando que essas perdas por evaporação e evapotranspiração devem ser estimadas e calculadas no período crítico de depleção do reservatório, ou seja, deve ser realizada no período da seca.

Em 2004 o ONS publicou um relatório analisando a evaporação líquida dos principais reservatórios do Brasil ocorrido no ano de 2003. A evaporação líquida mensal do reservatório da UHE de Três Marias é apresentada na **Figura 6.8** (ONS, 2004).



**Figura 6.8 – Evaporação Líquida do reservatório da UHE de Três Marias no ano de 2003. Fonte: ONS (2004).**



As variações sazonais da evaporação podem ter importância significativa, em particular nos projetos de abastecimento público e irrigação, uma vez que, normalmente nos períodos em que a evaporação é máxima, as demandas de água também o são.

## 6.6. Pluviometria

Para as análises das chuvas nas proximidades da UPGRH SF4, foram levantados e analisados dados históricos de chuva de 21 postos pluviométricos próximos, disponibilizados no banco de dados da Hidroweb, da Agência Nacional de Águas (ANA). Os dados básicos dos postos são apresentados no **Quadro 6.7**, destacando as suas respectivas localizações e valores de precipitações médias anuais. A **Figura 6.9** ilustra a localização dos postos no mapa da região.

**Quadro 6.7 – Postos pluviométricos próximos a Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias.**

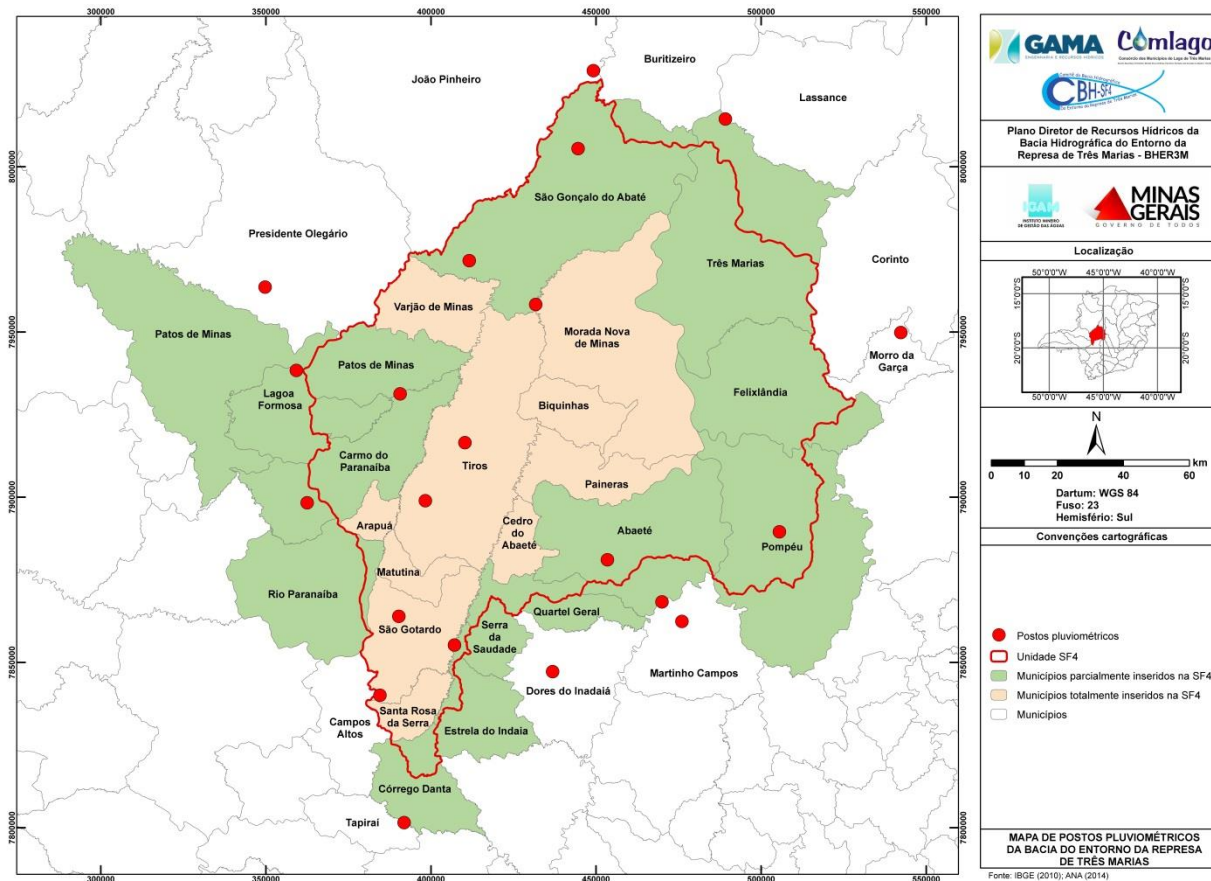
Código	Nome	Latitude	Longitude	Prec. Média Anual (mm)
1745014	Fazenda Santana	-17,83	-45,48	1.272,5
1844019	Morro da Graça	-18,54	-44,60	1.010,4
1845002	Fazenda São Felix	-18,46	-45,65	1.401,0
1845004	Lagoa do Gouvêia	-18,84	-45,85	1.546,4
1845013	São Gonçalo do Abaeté	-18,34	-45,84	1.461,2
1845014	Tiros	-19,00	-45,97	1.564,8
1845021	Canoeiros	-18,04	-45,52	1.098,4
1845027	Barra do Rio de Janeiro	-17,96	-45,10	1.240,8
1846003	Major Porto	-18,71	-46,04	1.370,0
1846005	Presidente Olegário	-18,41	-46,42	1.543,0
1846017	Leal de Patos	-18,64	-46,33	1.420,7
1944063	Silva Campos	-19,09	-44,95	1.216,1
1945002	Barra do Funchal	-19,39	-45,88	1.487,4
1945019	Dores do Indáia	-19,47	-45,60	1.445,3
1945035	Abaeté	-19,16	-45,44	1.385,8
1945038	Porto das Andorinhas	-19,28	-45,29	1.273,3
1945039	Martinho Campos	-19,33	-45,23	1.111,0
1946000	Tapiraí - Jusante	-19,88	-46,03	1.647,1
1946009	São Gotardo	-19,32	-46,04	1.570,7
1946020	S. José da Bela Vista	-19,53	-46,10	1.558,9
1946022	Carmo do Paranaíba	-19,00	-46,31	1.423,7

Fonte: Hidroweb (2014).

Ao analisar o **Quadro 6.7**, nota-se que a precipitação média anual é geralmente superior a 1.200 mm, variando de 1.647 a 1.010 mm na média. A análise das séries históricas dos postos selecionados indica que na estação seca, entre Abril a Setembro, os índices de chuva acumulada variam entre 126 e 242 mm, ou seja, de 10 a 20% do volume precipitado. Já na estação chuvosa, Outubro a Março, a chuva acumulada varia entre 950 a 1400 mm.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 82
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ENTORNO DA REPRESA DE TRÊS MARIAS - PDRH - SF4



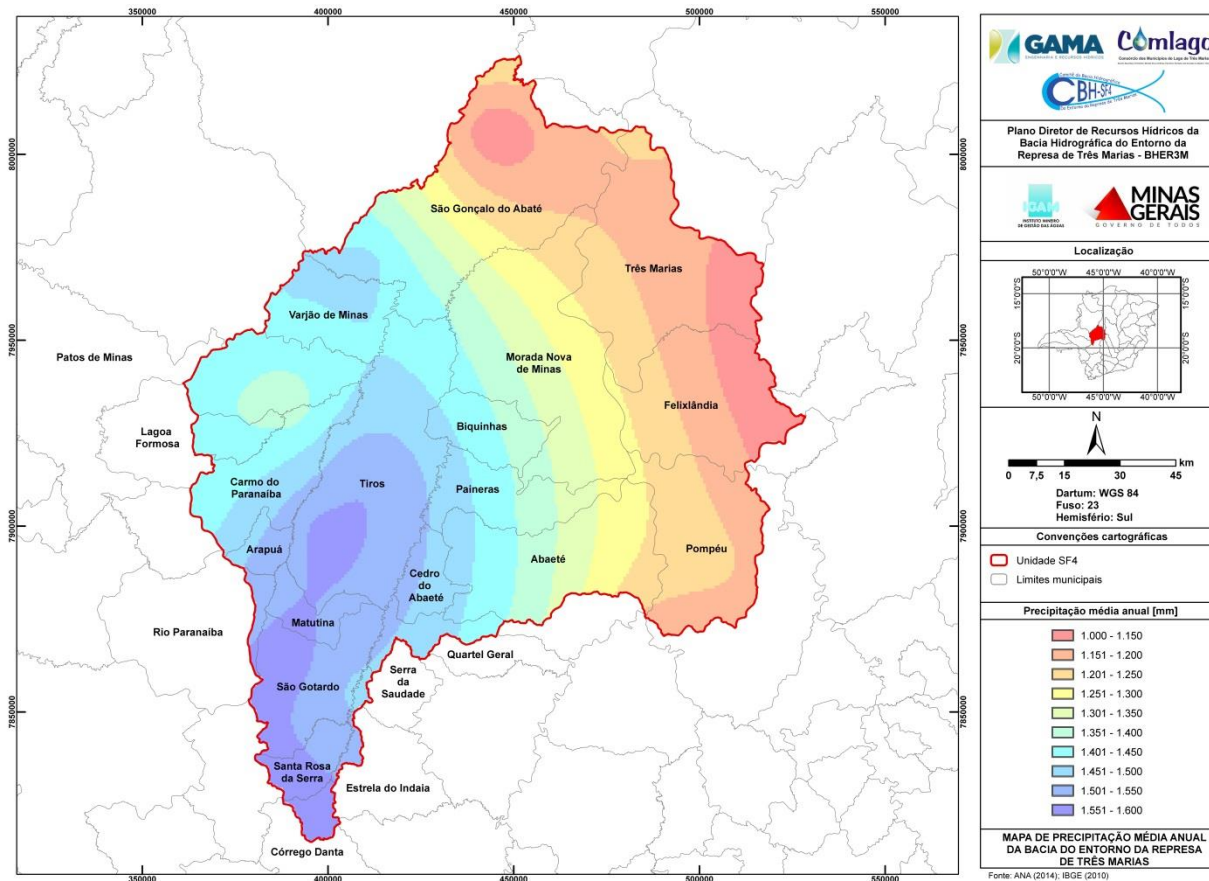
**Figura 6.9 – Localização dos postos pluviométricos próximos a UPGRH. Fonte: Hidroweb (2014).**

Ao analisar a **Figura 6.9**, nota-se que de modo geral há uma boa distribuição nos postos pluviométricos com concentração maior a oeste. A partir da série histórica dos dados de chuva média mensal dos postos pluviométricos selecionados, foi possível construir os mapas de isoietas das precipitações média anual, do trimestre mais úmido (Dezembro, Janeiro e Fevereiro) e do trimestre mais seco (Junho, Julho e Agosto), apresentados na **Figura 6.10**, **Figura 6.11** e **Figura 6.12**, respectivamente.

Ao analisar a **Figura 6.10**, precipitação média anual, nota-se uma clara divisão no volume precipitado na UPGRH. Na parte Sudoeste da bacia, nos municípios de Santa Rosa da Serra, São Gotardo e parte de Matutina e Tiros, é onde ocorrem os maiores volumes de chuva. Já na parte Nordeste e extremo Leste da bacia, nos municípios de Felixlândia, Três Marias e parte de São Gonçalo do Abaeté, ocorrem os menores volumes de chuva.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 83
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ENTORNO DA REPRESA DE TRÊS MARIAS - PDRH - SF4

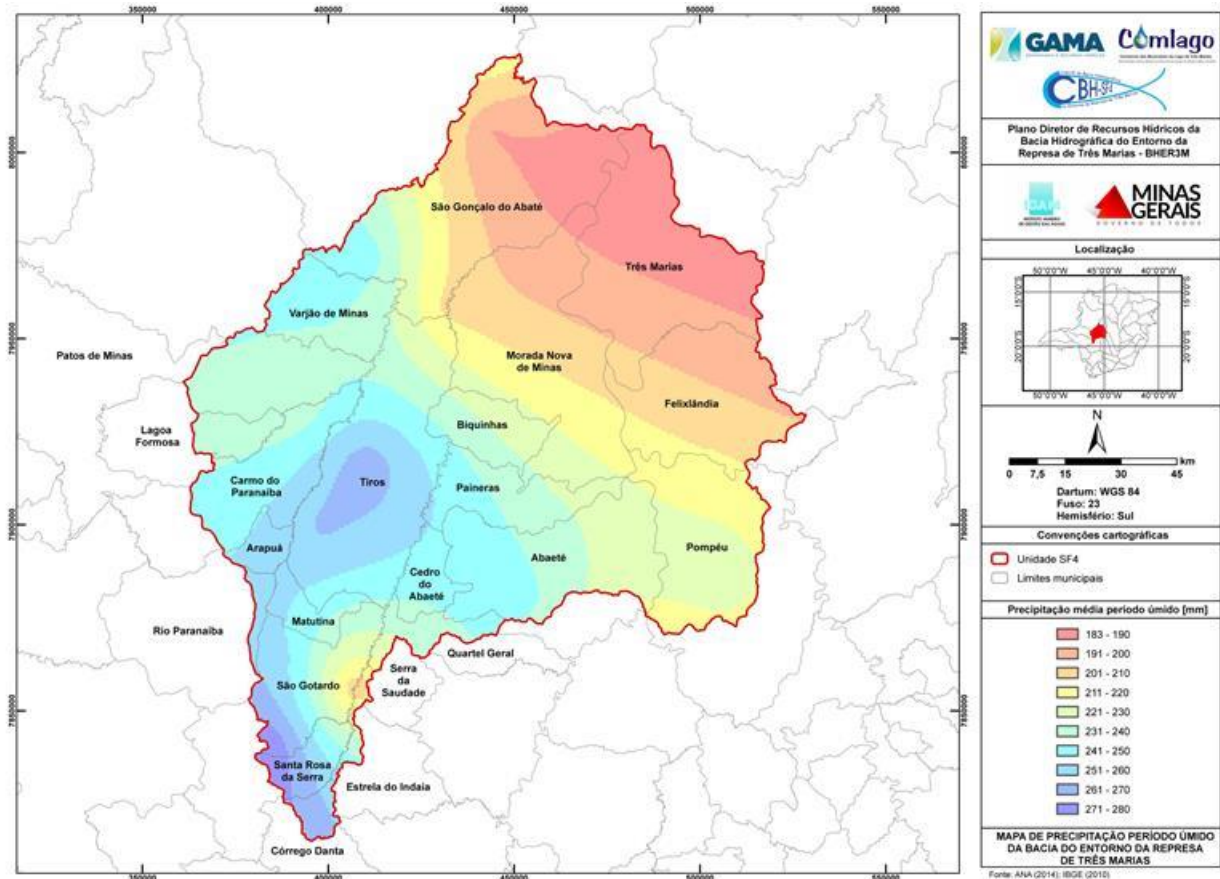


**Figura 6.10 – Precipitação média anual na UPGRH SF4. Fonte: Hidroweb (2014).**

Na **Figura 6.11** são apresentadas as precipitações que ocorrem no trimestre mais úmido (Dezembro, Janeiro e Fevereiro). A análise desse período é importante, pois ele corresponde a pelo menos 47% do volume total anual precipitado. Nota-se que a tendência da precipitação média anual se mantém no trimestre mais úmido. A região Nordeste e extremo Leste da UPGRH SF4 é onde ocorrem proporcionalmente os menores valores de precipitação, principalmente nos municípios de Três Marias e na parte Leste de São Gonçalo do Abaeté. O município de Santa Rosa da Serra e parte do município de Córrego Danta é a região que apresentou um maior volume de chuvas da região. Destaca-se também a região central do município de Tiros apresentou um volume alto de chuvas.

Na **Figura 6.12** é apresentada a isoietas de precipitações que ocorrem no trimestre mais seco (Junho, Julho e Agosto). Nota-se que a tendência dos totais precipitados no período se acumularem na região Sudoeste da UPGRH SF4, porém em menor escala. Nota-se também uma clara divisão dos volumes de chuvas entre a região Nordeste e Sudoeste, a diferença entre os totais precipitados nestas duas regiões chega ao patamar de 100%.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 84
------------------------------	---	-------------------------------	--------------



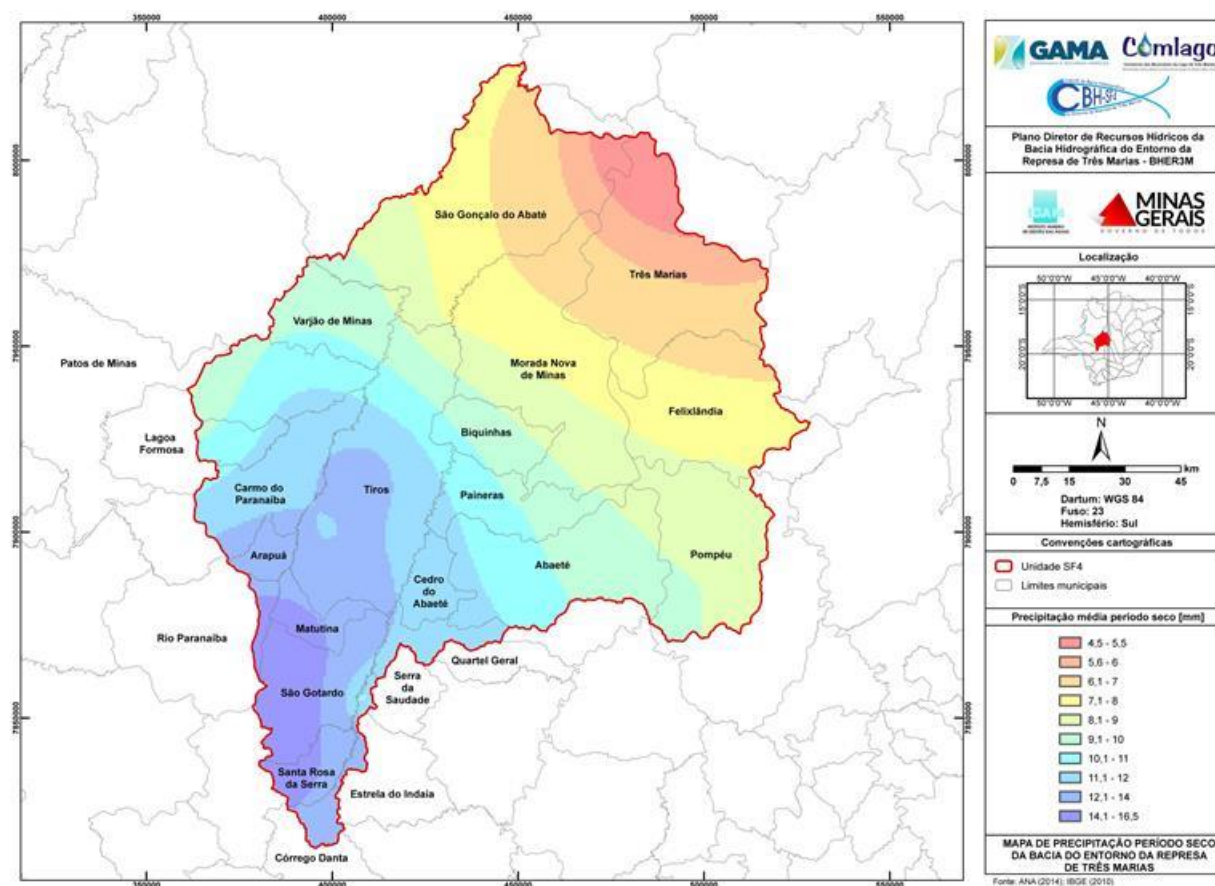
**Figura 6.11 – Precipitação média mensal que ocorre no trimestre mais úmido (Dezembro, Janeiro e Fevereiro). Fonte: Hidroweb (2014).**

### 6.6.1. Conclusões parciais

Os resultados climatológicos apresentados foram obtidos das normais climatológicas do período entre 1961 a 1990, ou seja, os dados analisados são uma condição “média”, com exceção dos dados pluviométricos, onde foi analisada toda a série histórica. As análises dos dados médios devem ser feitas com cautela, devido à possibilidade da ocorrência de anos mais ou menos severos em termos de excessos hídricos. Em linhas gerais a climatologia da bacia permite concluir que:

1. Os climas dominantes são Tropical Semiúmido, Subtropical Úmido, Clima Temperado Úmido, com estações chuvosas bem definidas;
2. Há uma clara divisão da ocorrência das chuvas, na parte Sudoeste da UPGRH, principalmente nos municípios de Santa Rosa da Serra, São Gotardo, parte de Matutina e Tiros - onde ocorrem os maiores volumes de chuva. Enquanto na parte Nordeste, nos municípios de Felixlândia, Três Marias e parte de São Gonçalo do Abaeté ocorrem as menores precipitações.

3. Baseado nos dados de balanço hídrico e nas precipitações, a parte Sul e Sudoeste da UPRH SF4 tem uma maior disponibilidade hídrica superficial. Isto pode favorecer o desenvolvimento de culturas sem a necessidade de irrigação.



**Figura 6.12 – Precipitação média mensal que ocorre no trimestre mais seco (Junho, Julho e Agosto). Fonte: Hidroweb (2014).**

## 7. CARACTERIZAÇÃO DO USO E DA OCUPAÇÃO DO SOLO

O mapeamento de uso e ocupação do solo da UPGRH SF4 foi elaborado com base em imagens do satélite Landsat 5 TM. Houve a necessidade de utilização de 4 cenas para total abrangência da área de estudo, especificamente as cenas 219/073, 219/072, 219/074 e 220/073, respectivamente das seguintes datas: 04/05/2010, 21/04/2011, 21/04/2011, 14/05/2011.

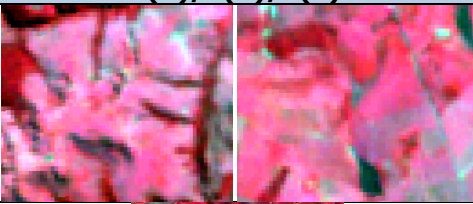
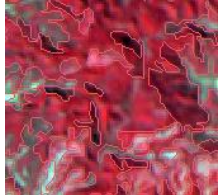
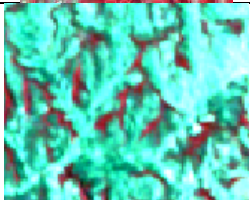


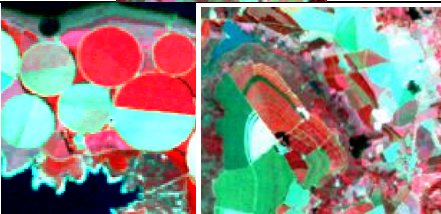
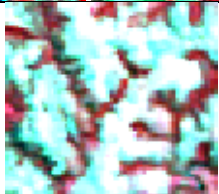
O processamento das imagens para mapeamento do uso e ocupação do solo foi feito com a utilização do software SPRING 5.2.6. Foi utilizado um algoritmo de segmentação, em que a imagem é dividida em áreas homogêneas quando as características espectrais e geométricas, para posterior classificação supervisionada (SANTOS et al., 2010). Na classificação supervisionada, regiões homogêneas, definidas na segmentação, são selecionadas e o seu uso é indicado para que possa ser feita a classificação de toda a área de estudo. A aplicação do algoritmo foi feita com a composição colorida falsa cor das bandas 4, 3 e 2 para os canais R, G e B respectivamente. Foram definidas 9 classes de uso do solo: (1) cerrado, (2) mata nativa, (3) reflorestamento, (4) pastagem, (5) cultura, (6) agropecuária, (7) área urbana, (8) solo exposto e (9) água. As áreas urbanas foram traçadas manualmente a partir de imagens de satélite disponíveis no software Google Earth. No **Quadro 7.1** é apresentada a descrição das características espectrais e geométricas de cada uma das classes definidas e a representação espacial dos resultados obtidos na classificação mostrada na **Figura 7.1**.

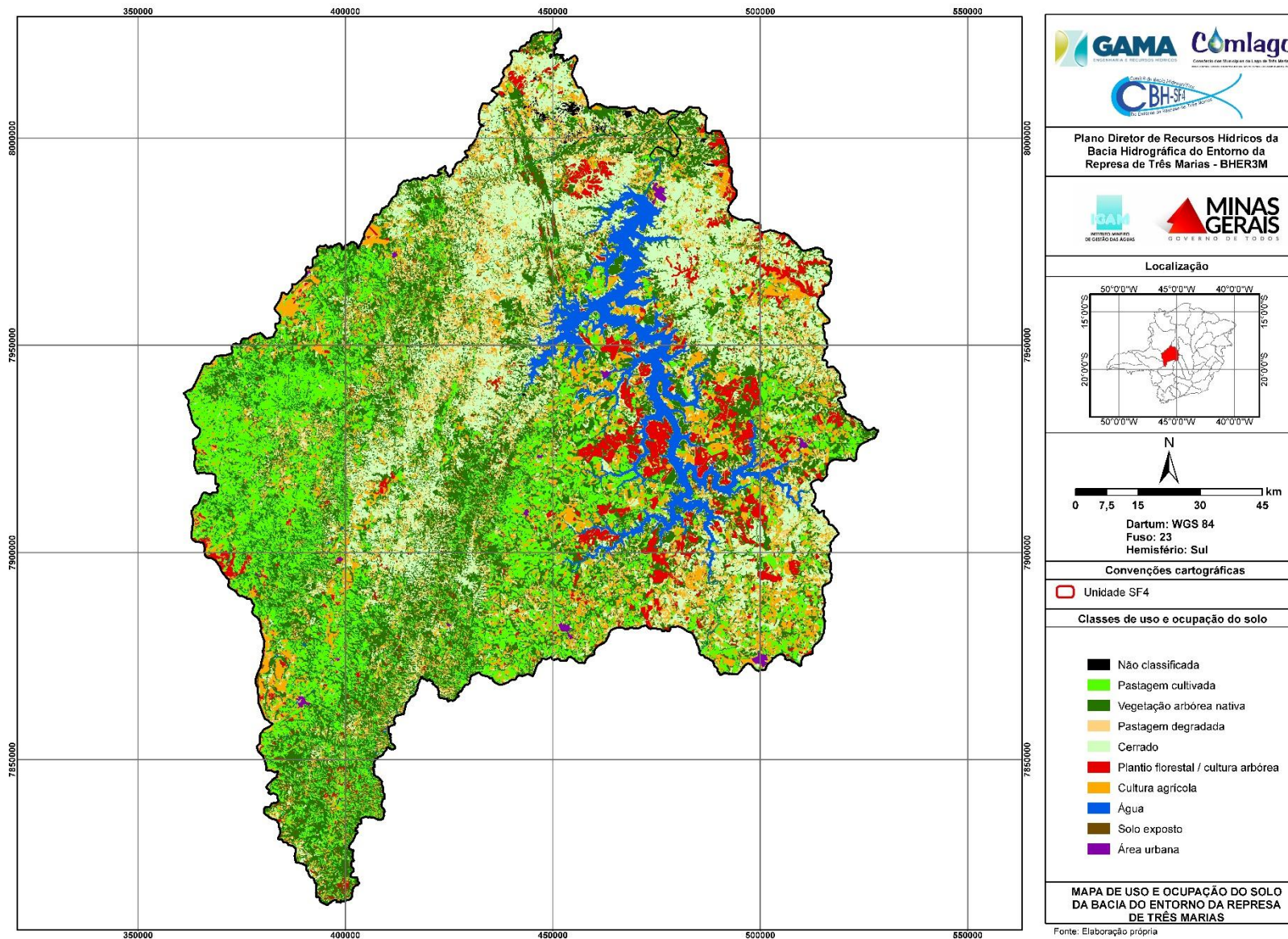
Visita de campo realizada em março de 2014 permitiu coleta de coordenadas e fotografias para evidenciar o uso e ocupação do solo em algumas localidades. Isso auxiliou a confecção do mapa, no momento da diferenciação de cada classe de acordo com as características espectrais e geométricas. Além disso, as fotografias registradas foram utilizadas na discussão dos resultados obtidos na classificação, que se segue nos próximos parágrafos.

A UPGRH SF4 está inserida no bioma Cerrado, caracterizado por vegetação composta de espécies rasteiras, gramíneas e algumas espécies de porte arbustivo e arbóreo, formando diferentes níveis de composições fitofisionômicas. Estas formações vegetacionais se concentram na porção nordeste e também em áreas mais centrais na margem esquerda do reservatório de Três Marias. Estão associadas domínios geomorfológicos de morros e serras baixas e colinas dissecadas (**Figura 7.2**).

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 87
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

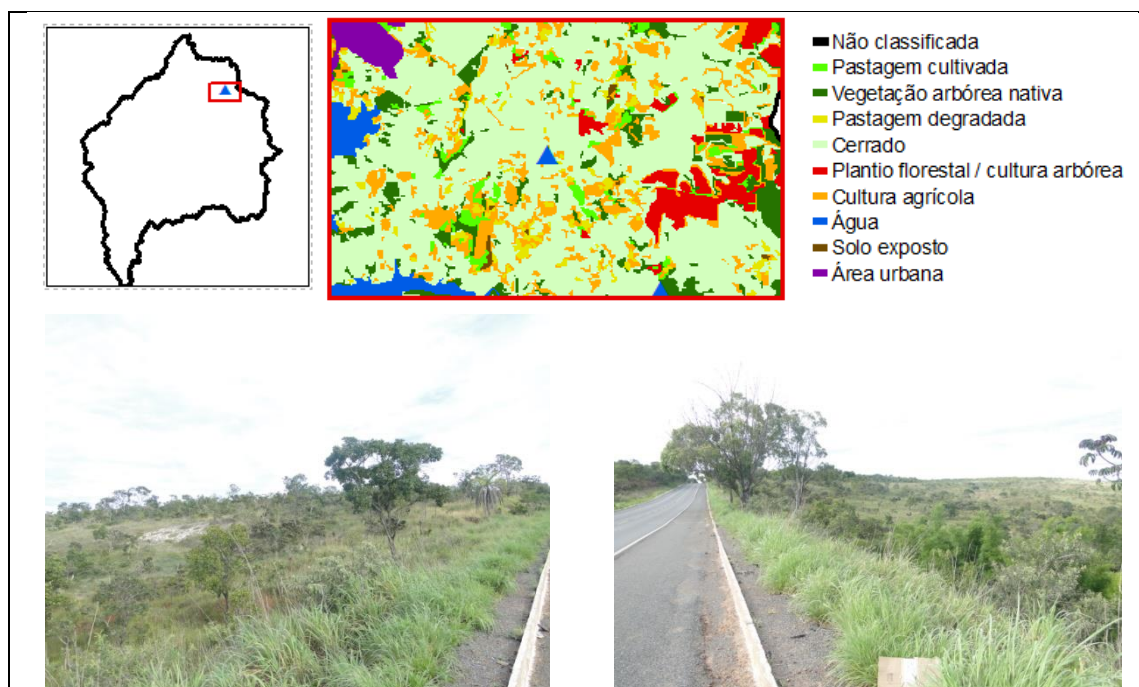
**Quadro 7.1– Características espectrais e geométricas das classes de uso do solo na composição colorida falsa cor 4(R)/3(G)/2(B).**

Classe e descrição	Representação da classe na composição colorida falsa cor 4(R)/3(G)/2(B)
<p>Pastagem cultivada / agricultura: Esta classe é caracterizada por feições recortadas e coloração avermelhada e clara. Determinadas culturas em específicos estágios de desenvolvimento podem apresentar esta mesma característica espectral, mas o predomínio, na unidade SF4, para esta classe, é para pastagem cultivada.</p>	
<p>Vegetação arbórea nativa: vegetação arbórea associada a regiões ciliares e áreas mais úmidas. Possuem feições bastante recortadas e cor vermelho escuro.</p>	
<p>Pastagem degradada: Na imagem apresentam coloração verde claro intenso, e feições geométricas bastante recortadas.</p>	
<p>Cerrado: As áreas de cerrado possuem coloração verde escuro e feições bastante recortadas. Nas áreas de fundo de vale e canais de drenagem a vegetação é mais densa, aparecendo com cor velho escuro, classe identificada como mata nativa.</p>	
<p>Plantio florestal / cultura arbórea: Esta classe é representada por plantios florestais de pinus e eucalipto principalmente, além de frutíferas como abacate, lichia e também plantações de café. São caracterizadas pelo vermelho intenso e formas geométricas bem definidas e arestas lineares.</p>	
<p>Cultura: Esta classe também possui características espectrais diversificadas em função da variedade de tipos de cultura e estágio do manejo. Neste caso as formas geométricas, de irrigação de pivô central e áreas retangulares de dimensões relativamente pequenas e bem definidas, foram determinantes na classificação.</p>	
<p>Solo exposto: As áreas de solo expostos se caracterizam por feições bastante recortadas e altos valores de nível digital para as três bandas avaliadas, fazendo com que, na composição colorida falsa cor, apareçam com coloração próxima ao branco.</p>	



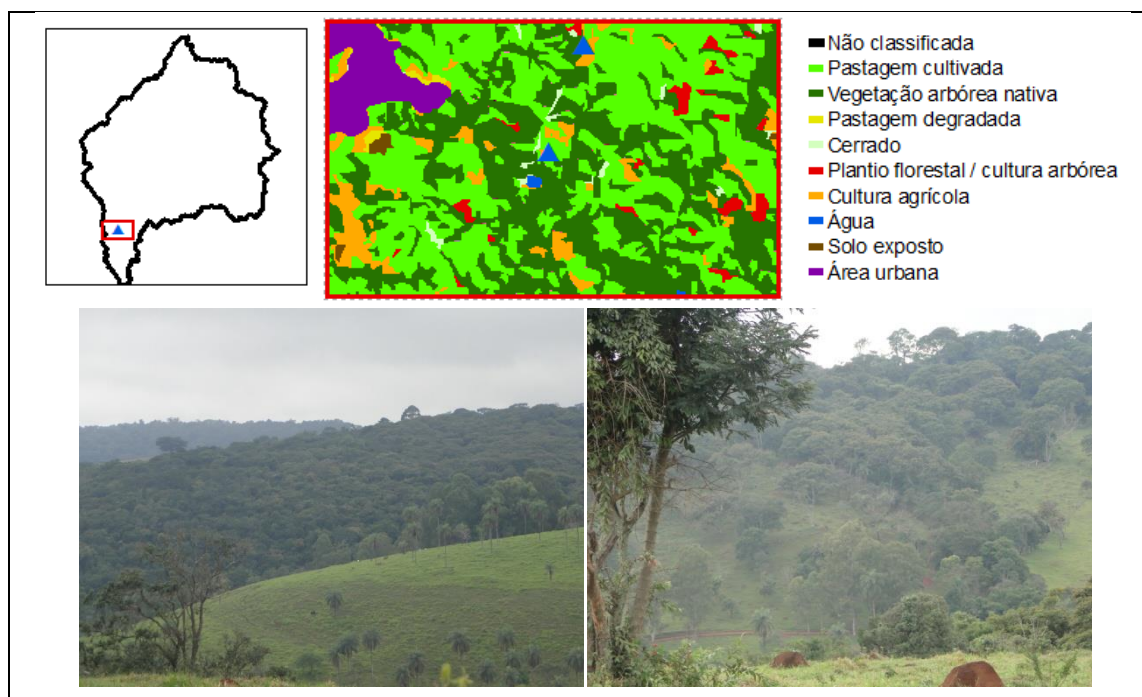
**Figura 7.1 – Mapa de uso e ocupação do solo da UGRH SF4.**





**Figura 7.2 – Área de cerrado localizada na porção nordeste da UPGRH SF4.**

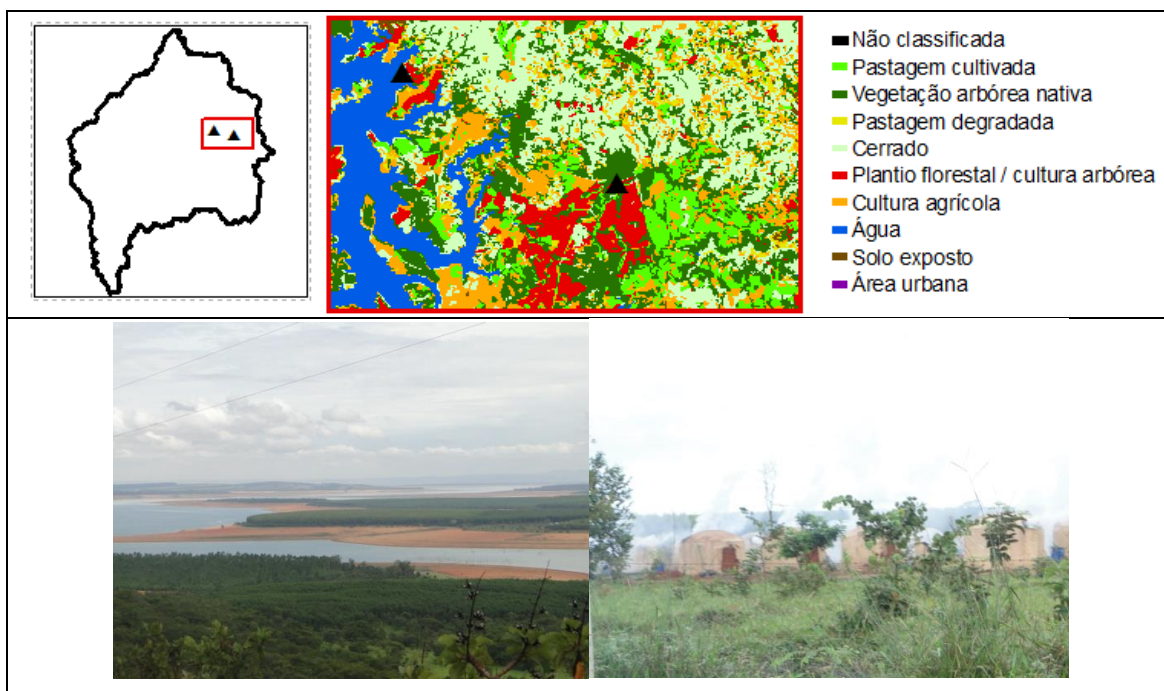
Existem também formações florestais mais densas, associadas principalmente a regiões de fundo de vale, margeando canais de drenagens, em áreas de relevo acidentado, principalmente na porção central e sul da UPGRH SF4 (**Figura 7.3**).



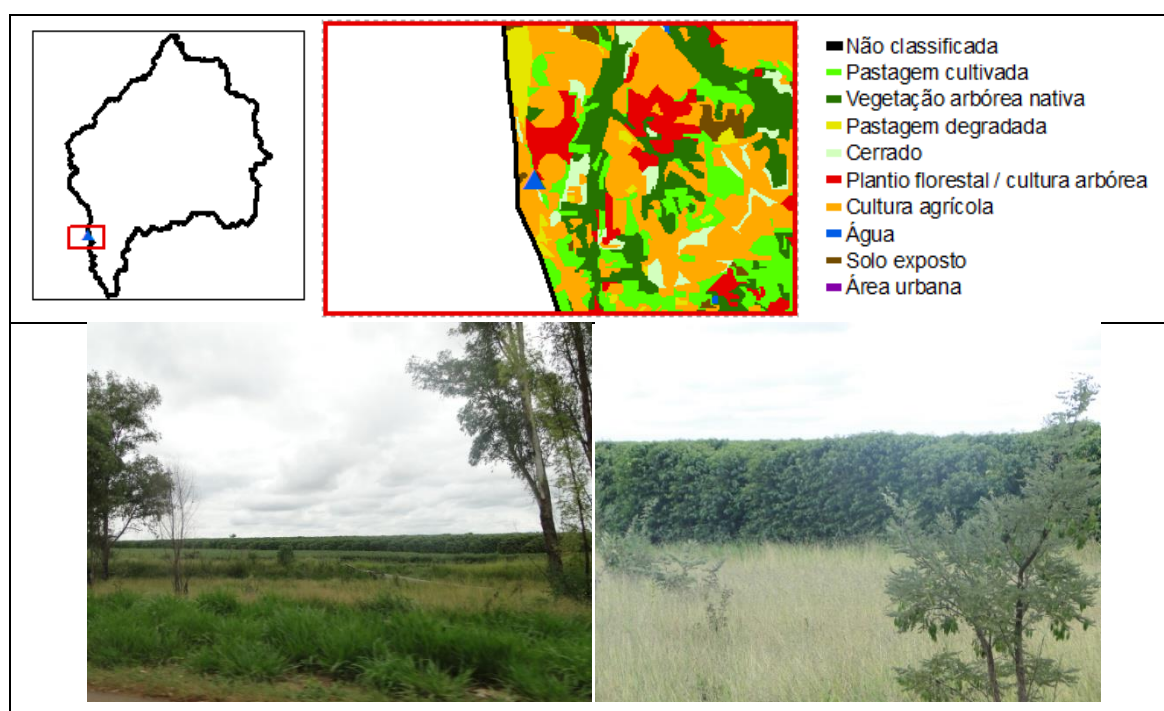
**Figura 7.3 – Manchas de vegetação arbórea nativa, localizadas na porção sul da UPGRH SF4.**

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 90
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

As áreas de reflorestamento são concentradas nas proximidades do reservatório da UHE Três Marias (**Figura 7.4**), entre outros locais. Destaca-se também a produção de café e frutíferas, em manchas na porção extremo oeste da unidade SF4 (**Figura 7.5**).



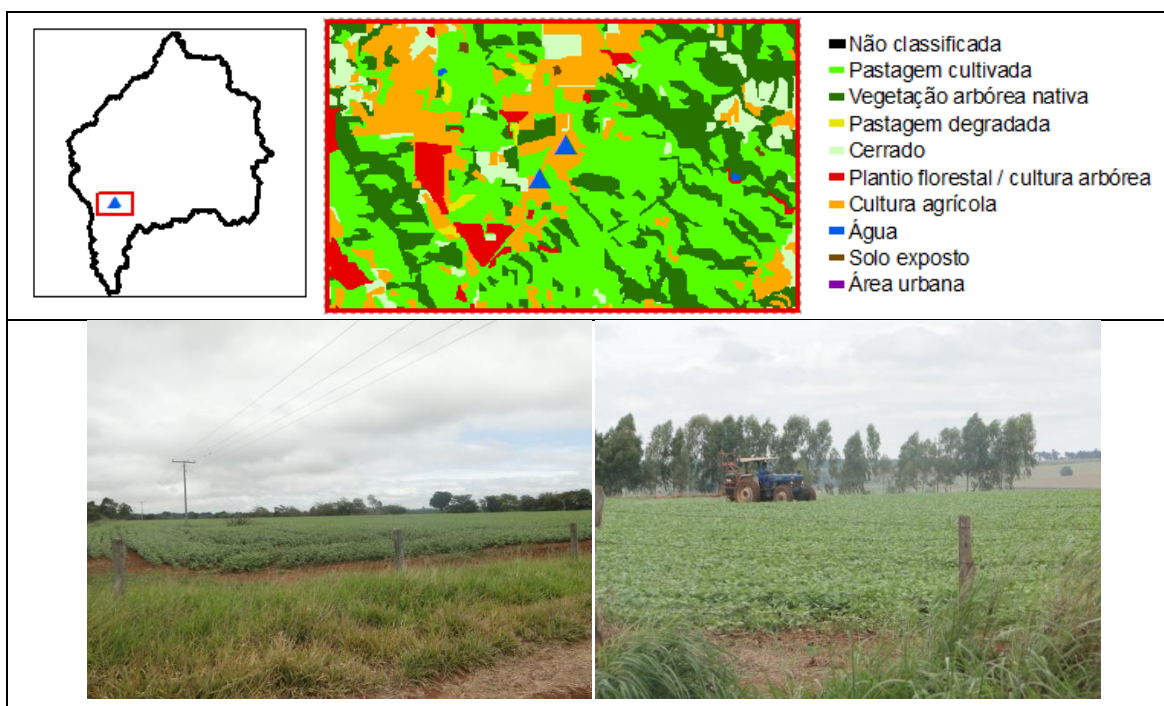
**Figura 7.4 – Áreas de plantio florestal e carvoaria nas proximidades do reservatório da UHE Três Marias.**



**Figura 7.5 – Plantação de café na região sudoeste da UPRH SF4.**

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 91
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

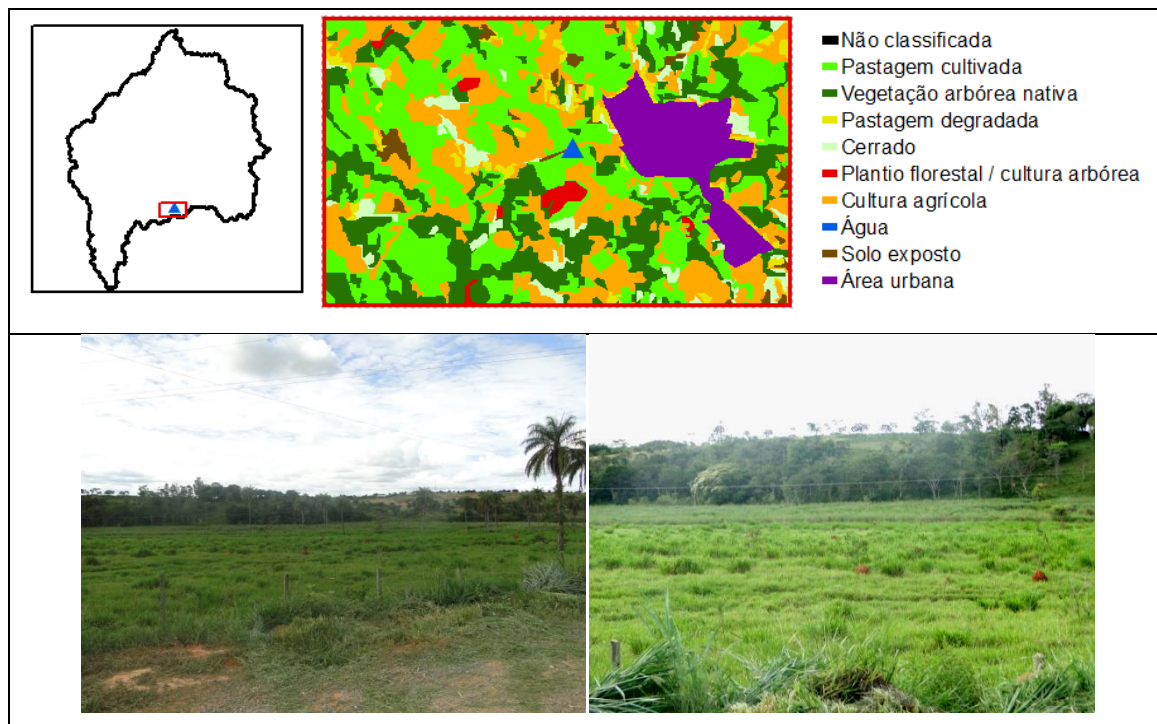
As áreas de cultura, com irrigação por pivô central, se encontram em maior concentração também nas proximidades do reservatório da UHE Três Marias e nos divisores de água da UPGRH SF4 com a do rio Paranaíba. Mas, de uma forma geral, a agricultura está presente em toda a região (**Figura 7.6**).



**Figura 7.6 – Cultivos agrícolas localizados na porção extremo oeste da UPGRH SF4.**  
Fonte: iX Estudos e Projetos.

Áreas de pastagem cultivada se concentram na porção oeste da unidade SF4, com manchas bastante significativas na região sul, na margem esquerda do reservatório da UHE Três Marias (**Figura 7.7**). Já as pastagens degradadas estão associadas a região de cerrado, assim como as áreas de solo exposto, representadas por pequenas manchas em áreas mais altas do relevo ondulado e morros baixos da porção central da unidade SF4 (**Figura 7.8**).

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 92
------------------------------	---	-------------------------------	--------------



**Figura 7.7 – Pastagens cultivadas na região sul da UPGRH SF4.**



**Figura 7.8 – Exemplos de pastagens degradadas com manchas de solo exposto localizadas na mancha de cerrado da margem esquerda do reservatório da UHE Três Marias.**

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 93
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

## 7.1. Unidades de Conservação

As unidades de conservação (UC) são definidas, de acordo com a Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, como espaço territorial e seus recursos ambientais com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração. Esta mesma lei instituí o Sistema Nacional de unidades de Conservação (SNUC), conjunto de unidades de conservação federais, estaduais e municipais, além de estabelecer diretrizes para criação, implantação e gestão das UCs.

As UCs são divididas em dois grupos, as Unidades de Proteção Integral e de Uso Sustentável. O objetivo básico do primeiro grupo é a preservação, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Este grupo possui cinco categorias: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio da Vida Silvestre. O grupo das Unidades de Uso Sustentável tem como objetivo a compatibilização da conservação com o uso sustentável dos recursos naturais em que se enquadram sete categorias: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

Abre-se aqui um parêntese para as Áreas de Proteção Especial (APEs), instituídas pela Lei Federal nº 6.766 de 1979. Em seu texto é destacada como áreas a serem definidas, por decretos, pelos Estados, em função de características de interesse especial tais como a de proteção aos mananciais ou ao patrimônio cultural, histórico, paisagístico e arqueológico. As UCs e APEs enquadram-se como áreas protegidas, estas, definidas como porções territoriais especialmente protegidas nos termos da legislação vigente.

Destaca-se aqui que as APEs não podem ser tratadas, legalmente, da mesma forma e, cada uma delas possuem características e peculiaridades próprias (Costa, 2013). Fechando o parêntese aqui aberto, a inclusão das APEs neste estudo justifica-se pela Lei Estadual 20.922 de 16 de setembro de 2013, em que, no seu artigo 43, parágrafo 6º, diz que as APEs criadas com base na Lei Federal nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979, e aquelas instituídas pelos municípios com a finalidade de proteção de mananciais serão reavaliadas, no todo ou em parte, mediante ato normativo do mesmo nível hierárquico que as criou, com o objetivo de promover seu enquadramento nas categorias de Unidade de Conservação.

A lista de Áreas Protegidas inseridas na UPGRH SF4 é apresentada no **Quadro 7.2**. Existe apenas uma UC de Proteção Integral totalmente inserida em sua área, a Estação Ecológica de Pirapitinga,

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 94
------------------------------	---	-------------------------------	--------------

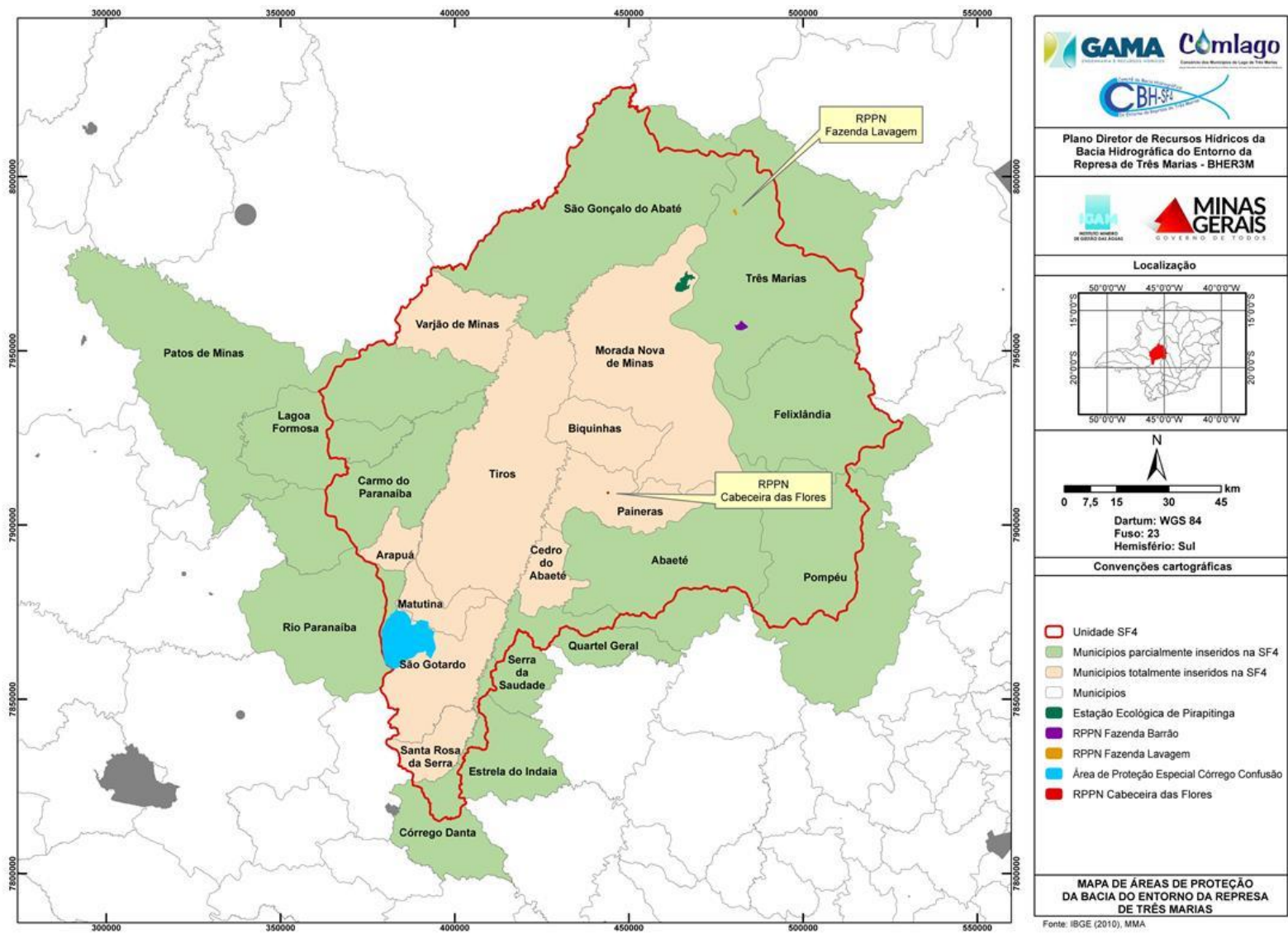
localizada na região nordeste do município de Morada Nova de Minas nas proximidades do limite com o município de Três Marias, em uma ilha artificial de 1.090 ha, no reservatório da Usina Hidrelétrica de Três Marias (**Figura 7.9**). A mesma foi criada em 1987, pelo decreto nº 94.656 de 20 de julho de 1987. As estações Ecológicas, de acordo com o artigo 9º da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, tem como objetivo a preservação e a realização de pesquisas científicas. Esta categoria de UC é de posse e domínio públicos, não sendo permitida a permanência de populações humanas em seu interior. A visitação pública só é permitida com finalidade educacional e alterações dos ecossistemas só são permitidas nos casos em que é visada à restauração de ecossistemas modificados; manejo de espécies com o fim de preservação da biodiversidade; coleta de componentes com finalidades específicas; e pesquisas científicas (Beserra *et al.*, 2013).

#### Quadro 7.2 – Áreas Protegidas inseridas na UPGRH SF4.

Nome	Municípios	Gestor	Área (ha)	Ato Legal
Estação Ecológica de Pirapitinga	Morada Nova de Minas	IEF – Instituto Estadual de Florestas	1.384	Decreto 94.656/1987
RPPN Fazenda Barrão	Três Marias	ICAL – Indústria de Calcinação Ltda.	544	Portaria IEF 151/2002
RPPN Fazenda Lavagem	Três Marias	Cia. Mineira de Metais	92	Portaria IEF 104/2000
RPPN Cabeceira das Flores	Paineiras	Djalma Fernandes Soares	28	Portaria IBAMA 171/2001
APE Córrego da Confusão	São Gotardo e Rio Paranaíba	IEF – Instituto Estadual de Florestas	5.950	Decreto 31.905/1990

Já em relação às UCs de Uso Sustentável existem três Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) inseridas na UPGRH SF4 (**Figura 7.9**). Estas são definidas, de acordo com a Lei 9.985 de 18 de julho de 2000 como áreas privadas, gravada com perpetuidade, com objetivo de conservação da diversidade biológica. Duas das RPPNs, a Fazenda Barrão e Fazenda Lavagem, estão inseridas no município de Três Marias e a RPPN Cabeceira das Flores no município de Paineiras. Na UPGRH SF4 existe apenas uma APE, localizada no município de São Gotardo, a Área de Proteção Especial Córrego da Confusão (**Figura 7.9**).

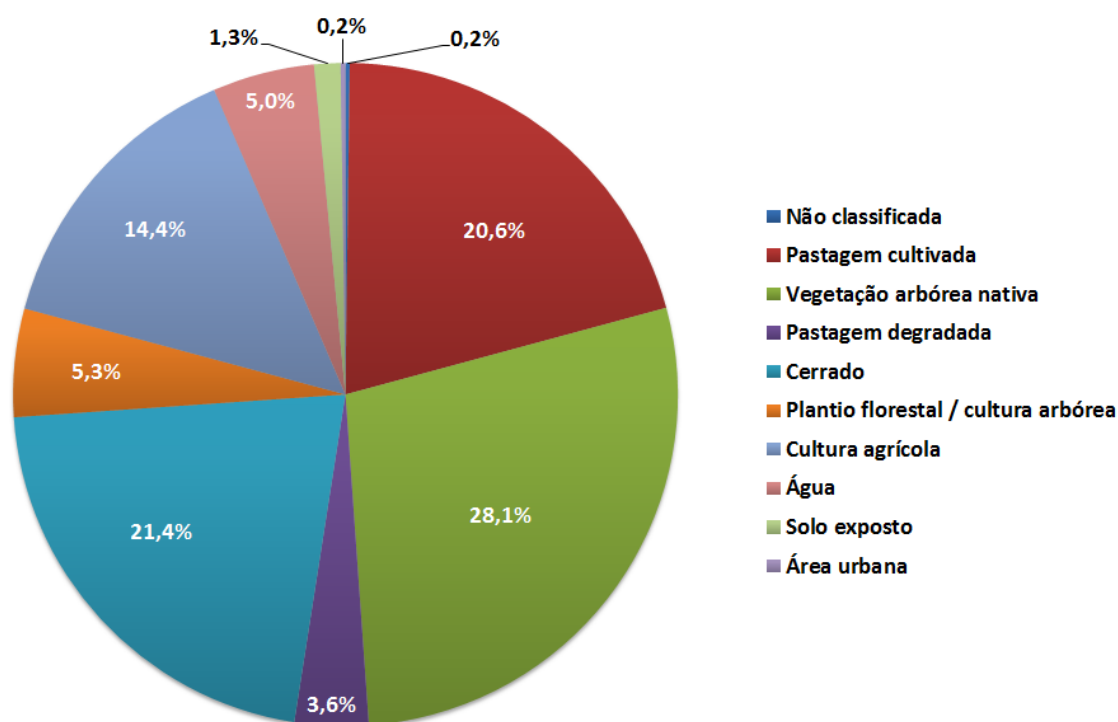
Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 95
------------------------------	---	-------------------------------	--------------



**Figura 7.9 – Localização das Unidades de Conservação na UPGRH SF4.**

## 7.2. Análise Espacial dos Padrões de Ocupação

Com relação à área ocupada por cada classe na UPGRH SF4, as regiões de mata nativa e cerrado são bastante significativas, ocupando cerca de 28% e 21%, respectivamente. Na região a agropecuária é significativa e as áreas de pastagens cultivadas e agricultura representam 20% e 14% respectivamente. Os plantios florestais e culturas arbóreas também são de certa forma expressivos (5%). A **Figura 7.10** apresenta um gráfico para facilitar a visualização dos dados referidos acima, que é mais bem detalhado no **Quadro 7.3**.



**Figura 7.10 – Porcentagem da área ocupada por tipo de uso na UPGRH SF4.**

**Quadro 7.3 – Área ocupada por cada classe de uso/ocupação do solo na UPGRH SF4.**

Classe	Área [ha]	Área [%]
Não classificada	3.896,8	0,21%
Pastagem cultivada	383.761,8	20,59%
Vegetação arbórea nativa	523.461,9	28,08%
Pastagem degradada	67.012,2	3,59%
Cerrado	399.722,6	21,44%
Plantio florestal / cultura arbórea	98.095,5	5,26%
Cultura agrícola	267.536,4	14,35%
Água	92.404,4	4,96%
Solo exposto	24.005,3	1,29%
Área urbana	4.309,7	0,23%

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 97
------------------------------	---	-------------------------------	--------------



## 8. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO BIÓTICO

A Usina Hidrelétrica de Três Marias foi inaugurada em 1962. A vegetação original nas margens era formada por matas ciliares, que acompanham todo o curso do rio, córregos e ribeirões e, contornam lagos e açudes sendo o cerrado o bioma predominante.

A fauna é bem rica sendo possível avistar várias espécies em suas margens como capivaras, aves de várias espécies, principalmente as de ambientes aquáticos, cágados nas pedras e uma grande variedade de primatas. As mudanças no ambiente como os desmatamentos e queimadas, o aumento populacional da região, gerando cada vez mais dejetos e grande parte deles sendo despejados nos cursos de água, vêm gerando grande impacto sobre a fauna e flora.

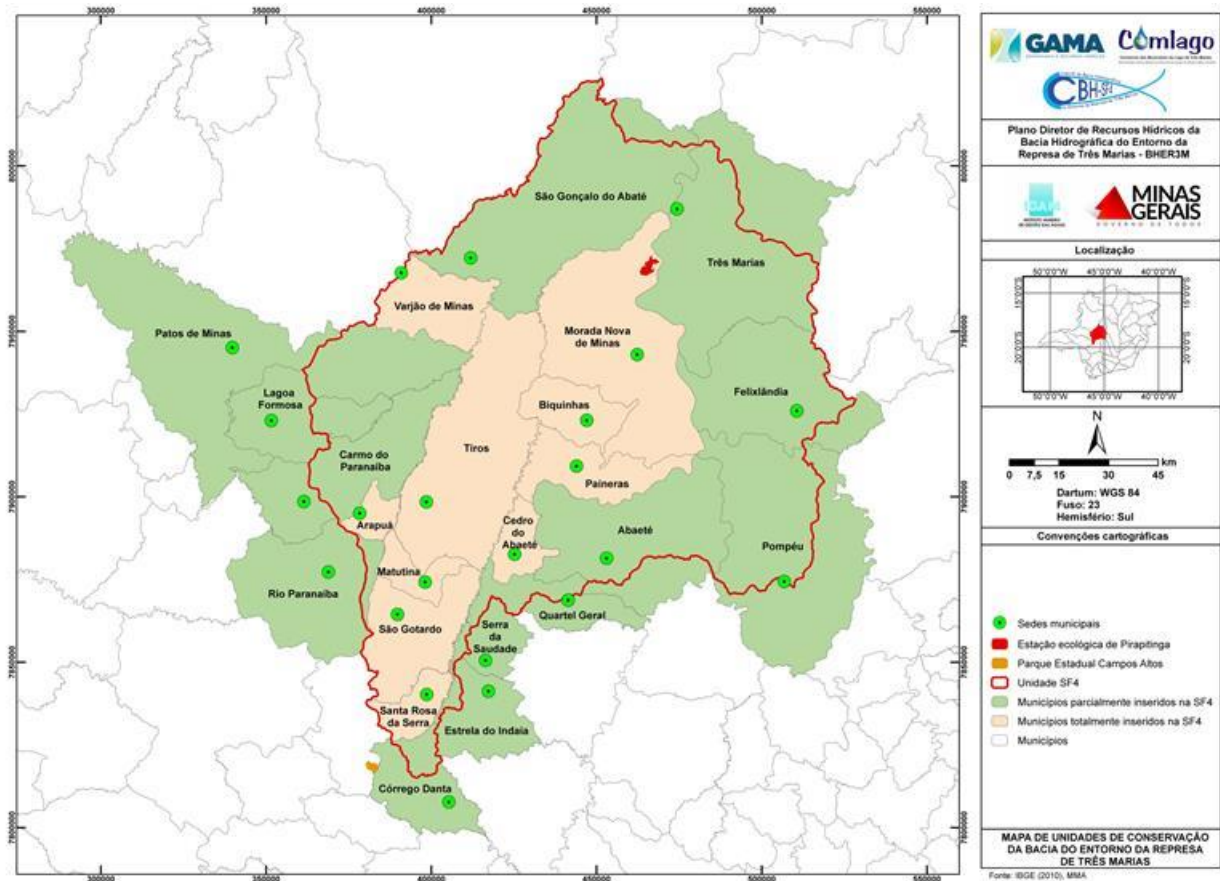
Quanto a preservação da região, tem-se a Estação Ecológica de Pirapitinga (EEP) que encontra-se inserida na UPGRH SF4 (**Figura 8.1**), Unidade de Conservação (UC) de proteção integral que possui o objetivo de preservação da natureza e pesquisas científicas de acordo com o (Artigo 9º da Lei do SNUC). A EEP encontra-se numa ilha artificial de 1.090ha, no reservatório da Usina Hidrelétrica de Três Marias, na região central do estado de Minas Gerais, no município de Morada Nova de Minas, localizada na região do Alto Rio São Francisco.

Segundo estudos realizados na região, dentro da EPP foram identificadas oito espécies ameaçadas de extinção em Minas Gerais (o tatu-canastra, *Priodontes maximus*; o tamanduá-bandeira, *Myrmecophaga tridactyla*; o lobo-guará, *Chrysocyon brachyurus*; a jaguatirica, *Leopardus pardalis*; a onça-parda, *Puma concolor*; a lontra, *Lontra longicaudis*; o cateto, *Pecari tajacu*; a arara-canindé, *Ara ararauna* e a cabeça-seca, *Mycteria americana*). Isso demonstra a grande importância da EEP para a conservação dessas espécies em Minas Gerais.

A região da UPGRH SF4, onde se encontra inserida a EEP de domínio do bioma Cerrado, é considerada como área prioritária para conservação da biodiversidade (MMA, 2007a *apud* ICMBIO-MMA, 2013), sendo de “alta importância biológica”, dentre as quatro classes determinadas.

Neste capítulo, a área em questão é caracterizada com relação aos aspectos bióticos como Flora e Fauna (Ictiofauna, Avifauna, Herpetofauna e Mastofauna). Essa caracterização é feita com dados secundários.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	98



**Figura 8.1 - Localização da Estação Ecológica Pirapitinga (EEP).**

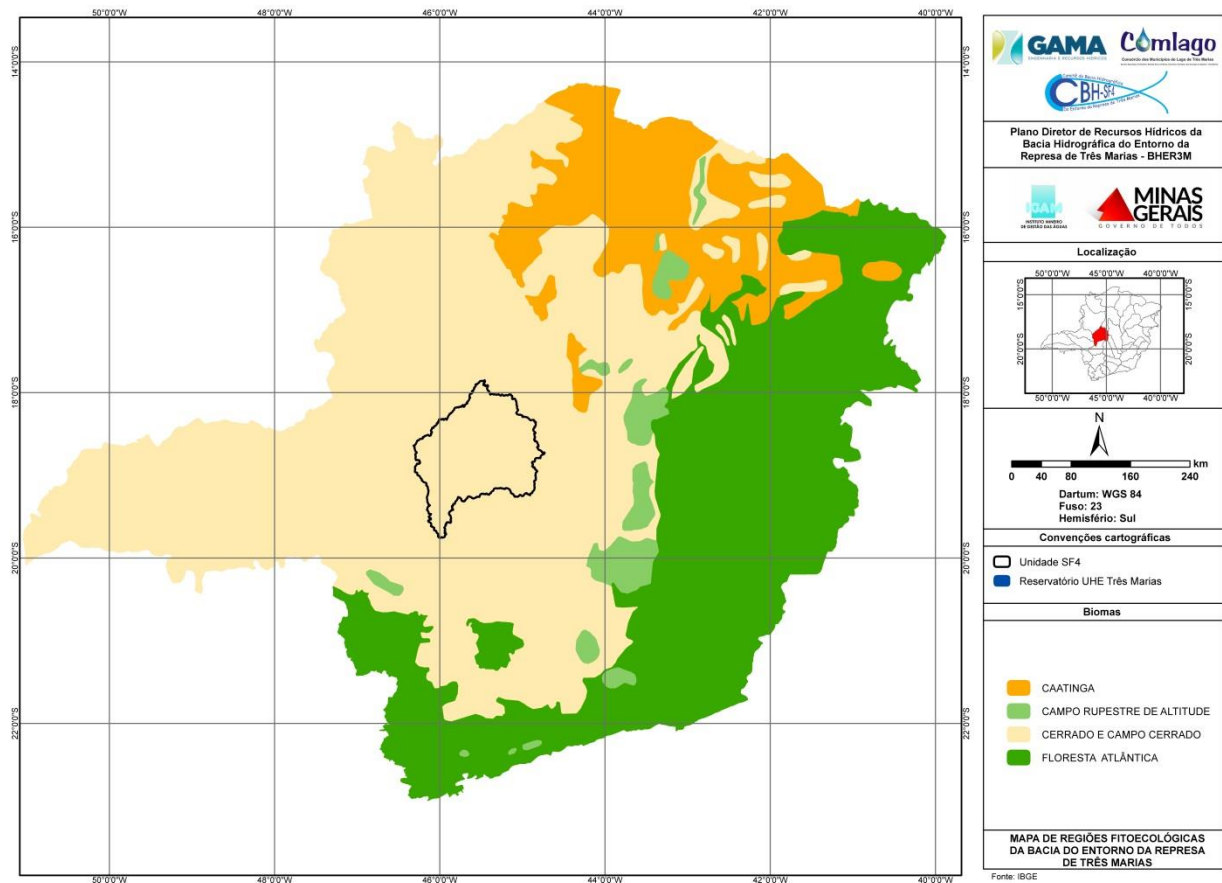
### 8.1. Bioma Cerrado

O Cerrado constitui o segundo maior bioma brasileiro, ocupando uma área de aproximadamente 204 milhões de hectares (ADÁMOLI et al., 1986 apud SCARIOT et al., 2005), o que corresponde a cerca de 24% do território nacional. É também responsável por 57% da extensão territorial do estado de Minas Gerais (**Figura 8.2**). Divide-se em Cerrado, Campo, Campo Cerrado, Cerrado Stricto Sensu, Cerradão e Veredas. (IEF, 2011). A UPGRH SF4 encontra-se na região central do estado de Minas Gerais, de domínio do bioma Cerrado (**Figura 8.3**).

O Cerrado apresenta um clima sazonal, com invernos secos e verões chuvosos, com precipitação média anual variando de 600 a 2.000 mm, com solos geralmente profundos e bem drenados e com uma baixa disponibilidade de nutrientes. (GOODLAND & Ferri, 1979; HARIDASAN, 2001 apud SCARIOT et al., 2005). Possui diversas nascentes de rios e, conseqüentemente, importantes áreas de recarga hídrica que contribuem para grande parte das bacias hidrográficas do Brasil.

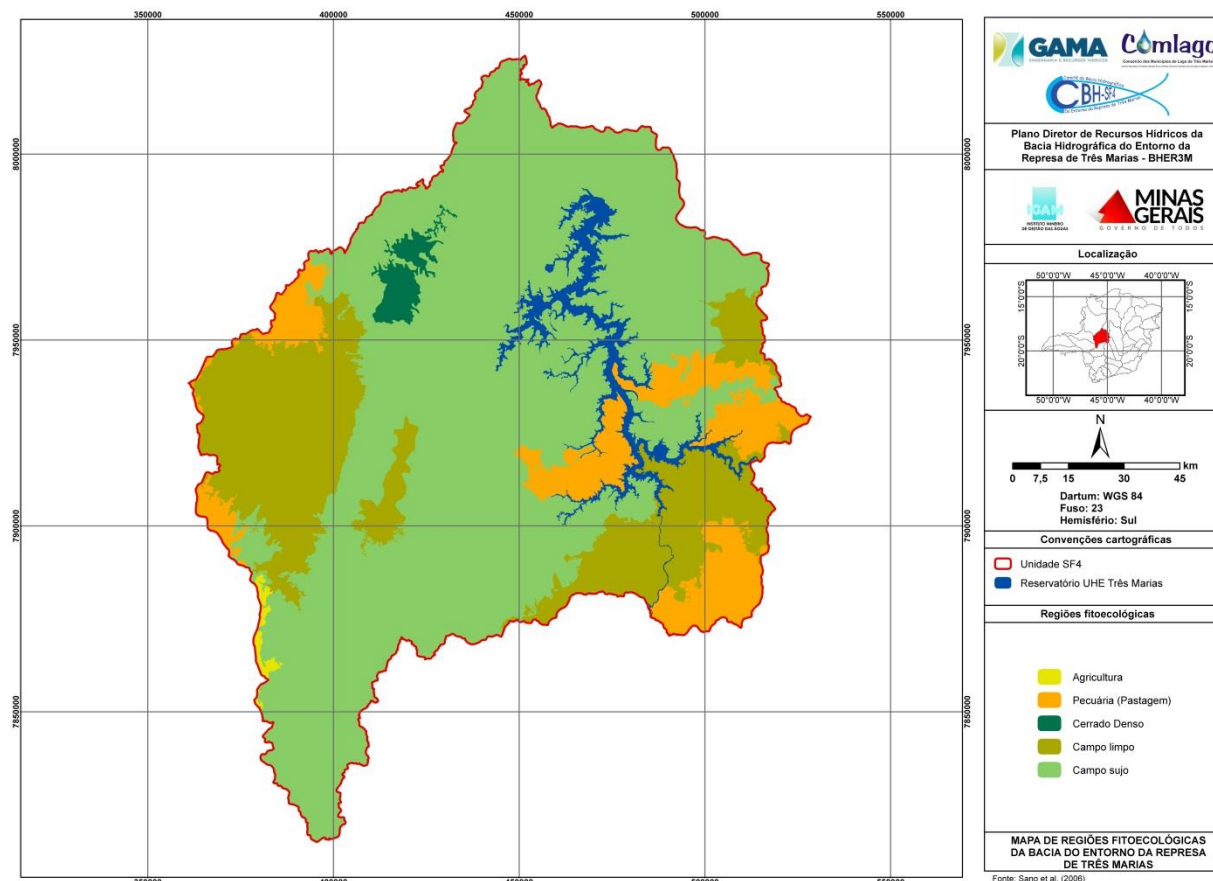
Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	99

PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ENTORNO DA REPRESA DE TRÊS MARIAS - PDRH - SF4



**Figura 8.2 – Biomas do estado de Minas Gerais.**

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 100
------------------------------	---	-------------------------------	---------------



**Figura 8.3 – Classificação fitossociológica da área SF4.**

Apresenta, também, uma vegetação com padrões fitogeográficos bem diferenciados variando de região. Ela é composta por espécies rasteiras, gramíneas algumas de porte arbustivo e arbóreo, formando diferentes níveis de composições fitofisionômicas. As árvores e arbusto apresentam formas tortuosas de menores alturas (em média inferior a 15 metros) com casca grossa, folhas largas, serosas, e sistema radicular profundo.

Nos cerradões (**Figura 8.4**), a fitofisionomia apresenta características típicas com árvores de maior porte, bem desenvolvidas apresentando um caráter de floresta com espécies que podem chegar a 15 metros de altura e cobrir cerca de 50% da superfície. Estas áreas apresentam solos bem profundos e clima tropical. Nele ocorre um predomínio de fanerófitas típicas como *Caryocar brasiliense*, *Salvertis convallariodora*, *Hymenaea stigonocarpa*, *Pterodon emarginatus* entre outras.

O Campo Limpo de formação essencialmente de estrato graminóides com vegetação herbácea, apresenta alguns arbustos, vegetação baixa, sem espécies arbóreas altas e, raramente algumas arvores, afastadas entre si. Estas formações arbóreas, de maior porte, geralmente são formadas

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	101

em encostas, áreas de chapadas próximas a nascentes e cursos de água sendo geralmente limítrofes as bordas, denominadas matas de galeria (**Figura 8.5**). O campo limpo pode ser considerado eventualmente transição entre campo e demais tipos de vegetação natural ou, o resultado da antropização do cerrado.

A Vereda é um tipo de formação comum em áreas de solos hidromórficos/arenosos, próximos a pequenos cursos de água, geralmente em áreas planas, tendo como espécie de maior porte os buritis (*Mauritia flexuosa*), com espécies arbustivo-herbáceas e seguidas pelos campestres (**Figura 8.6**). São caracterizadas por manter a umidade durante os períodos secos, muito utilizadas pela fauna como refúgio, área de alimentação e local de abastecimento hídrico. São comuns nos estados de Minas Gerais, Bahia e na Região Centro-Oeste

O Cerrado *Stricto Sensu* (**Figura 8.7**) aparece geralmente em locais onde o solo é mais pobre, com uma formação bastante heterogenia com áreas de gramíneas, áreas com espécies lenhosas com árvores entre três a seis metros, uma variedade de arbustos, subarbustos. Esta fitofisionomia sofre muito com as queimadas durante a estação seca.



**Figura 8.4 – Cerradão**



**Figura 8.5- Campo limpo**

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 102
------------------------------	---	-------------------------------	---------------



**Figura 8.6 - Vereda**



**Figura 8.7 – Cerrado *Stricto sensu***

## 8.2. Cobertura Vegetal

O diagnóstico da cobertura vegetal e da flora da UPGRH SF4 foi realizado por meio de dados secundários utilizando publicações de estudos realizados na região e, principalmente artigos científicos. As espécies arbóreas de provável ocorrência na região foram levantadas de dados secundários e estão listadas no **Quadro 8.1**.

**Quadro 8.1 – Lista preliminar de prováveis espécies para região da SF4. (continua)**

Família	Espécie
ANACARDIACEAE	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott
	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão
ANNONACEAE	<i>Rollinia emarginata</i> Schldt
	<i>Xylopia aromatica</i> Lam
APOCYNACEAE	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll. Arg.
	<i>Aspidosperma ramiflorum</i> Müll. Arg.
	<i>Aspidosperma cuspa</i> (Kunth)
	<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.
	<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart
ARECACEAE	<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.)
ASTERACEAE	<i>Vernonanthura ferrugínea</i> (Less.)
BIGNONIACEAE	<i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers.
	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (DC.) Standl.
	<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.
	<i>Tabebuia roseo-alba</i> (Ridl.) Sandwith
BORAGINACEAE	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.)
BURSERACEAE	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.)
CANNABACEAE	<i>Celtisguanaea</i> (Jacq.) Sarg
CELASTRACEAE	<i>Maytenus robusta</i> Reissek
	<i>Salacia elliptica</i> (Mart.) exSchult.)
CHRYSOBALANACEAE	<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.
	<i>Hirtella gracilipes</i> (Hook.f.) Prance
COMBRETACEAE	<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.
	<i>Terminalia phaeocarpa</i> Eichler

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	103

**Quadro 8.1 – Lista preliminar de prováveis espécies para região da SF4. (continuação)**

Família	Espécie
DILLENIACEAE	<i>Curatella americana</i> L.
EBENACEAE	<i>Diospyros hispida</i> A.DC.
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum citrifolium</i> A.St.-Hil.
	<i>Erythroxylum cuneifolium</i> (Mart.) Schulz
	<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.
EUPHORBIACEAE	<i>Croton urucurana</i> Baill.
	<i>Pera glabrata</i> (Schott.) Baill.
	<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.
FABACEAE CAESALPINIOIDEAE	<i>Bauhinia brevipes</i> Vogel
	<i>Bauhinia forficata</i> Link
	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.
	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.
	<i>Hymenaea aurea</i> Lee & Langenheime
	<i>Sclerolobium paniculatum</i> Benth.
	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H. S. Irwin & Barneby
<i>Senna reticulata</i> Willd.	
FABACEAE FABOIDEAE	<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev
	<i>Amburana cearenses</i> (Allemão) A. C. Sm.
	<i>Dipteryx alata</i> Vogel
	<i>Machaerium amplum</i> Benth.
	<i>Machaerium opacum</i> Vogel
	<i>Machaerium villosum</i> Vogel
	<i>Platypodium elegans</i> Vogel
	<i>Sweetia fruticosa</i> Spreng.
	<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke
<i>Zollernia ilicifolia</i> (Brongn.) Vogel	
FABACEAE MIMOSOIDEAE	<i>Albizianiopoides</i> (Benth.) Burkart
	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan
	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.
	<i>Blanchetiodendron blanchetii</i> (Benth.) Barneby & J. W. Grimes
	<i>Chloroleucon tenuiflorum</i> (Benth.)
	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong
	<i>Inga laurina</i> Willd.
	<i>Inga vera</i> Willd.
	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J. F. Macbr.
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth	
LYTHRACEAE	<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil
MALPIGHIACEAE	<i>Byrsonima cydoniifolia</i> A.Juss.
	<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A.Juss.
MALVACEAE	<i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns
	<i>Guazuma ulmifolia</i> L.
	<i>Helicteres pentandra</i> L.
	<i>Luehea paniculata</i> Mart.
	<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart.)
<i>Sterculia striata</i> A.St.-Hil. & Naudin	
MELIACEAE	<i>Trichilia catigua</i> A.Juss.
	<i>Trichilia elegans</i> A.Juss.
	<i>Trichilia pallens</i> DC.
	<i>Trichilia pallida</i> Sw.

**Quadro 8.1 – Lista preliminar de prováveis espécies para região da SF4. (conclusão)**

Família	Espécie
MORACEAE	<i>Ficus obtusiuscula</i> (Miq.) Miq.
	<i>Ficus organensis</i> (Miq.) Miq.
	<i>Ficus trigona</i> L.f.
	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud
MYRTACEAE	<i>Calycorectes acutatus</i> (Miq.) Toledo
	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O.Berg
	<i>Eugenia aurata</i> O.Berg
	<i>Eugenia dysenterica</i> DC.
	<i>Eugenia stictosepala</i> Kiaersk.
	<i>Myrcia detergens</i> Miq.
	<i>Myrcia rostrata</i> DC.
	<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.
	<i>Myrciaria floribunda</i> (Willd.) O.Berg
	<i>Psidium guineense</i> Sw
NYCTAGINACEAE	<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell
	<i>Guapira venosa</i> (Choisy) Lundell
	<i>Neea macrophylla</i> Poepp. & Endl
POLYGONACEAE	<i>Triplaris gardneriana</i> Wedd
PROTEACEAE	<i>Roupala brasiliensis</i> Klotzsch
RUBIACEAE	<i>Alibertia concolor</i> (Cham.) K.Schum.
	<i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Benth. & Hook.
	<i>Genipa americana</i> L.
	<i>Guettarda sericea</i> Müll.Arg.
	<i>Guettarda uruguensis</i> Cham. & Schltld.
	<i>Simira sampaioana</i> (Standl.) Steyererm.
RUTACEAE	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltld.) K.Schum
RUTACEAE	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam
	<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.
	<i>Casearia rupestris</i> Eichler
SAPINDACEAE	<i>Casearia sylvestris</i> Sw
	<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.
	<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.
	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.
	<i>Matayba guianensis</i> Aubl.
SAPOTACEAE	<i>Talisia esculenta</i> (A.St.-Hil.) Radlk.
	<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.
	<i>Pouteria gardneri</i> (Mart. & Miq.) Baehni
	<i>Pouteria ramiflora</i> Radlk.
SIMAROUBACEAE	<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk
	<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil
	<i>Callisthene fasciculata</i> (Spreng.) Mart.
VOCHYSIACEAE	<i>Callisthene major</i> Mart.
	<i>Qualea dichotoma</i> (Mart.) Warm.
	<i>Qualea multiflora</i> Mart.

Fonte: Revista Brasil. Bot., V.28, n.2, p.329-345, abr.-jun. 2005.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	105



### 8.3. Fauna

O levantamento da Fauna da UPGRH SF4 é decorrente de dados secundários baseados em inventário de grande abrangência. Estudos de inventários apontam uma fauna rica no Estado de Minas Gerais com cerca de 2.323 espécies avaliadas segundo seu status de ameaça, sendo que 12% delas estão ameaçadas de extinção e 39% criticamente ameaçadas de acordo com a (IUCN,2012<sup>apud</sup> ICMBIO-MMA, 2013). Das espécies ameaçadas, 66 (24%) ocorrem exclusivamente no Cerrado.

#### 8.3.1. Avifauna

O Cerrado concentra uma grande diversidade de avifauna, sendo registradas 837 espécies divididas em 64 famílias. Cerca de 90% das espécies reproduzem dentro do bioma Cerrado e aproximadamente 3,8% das espécies residentes são endêmicas (SILVA, 1995).

As aves atuam como dispersores de sementes, polinizadores e no controle biológico. Devido à interação das aves com a vegetação, elas são consideradas excelentes indicadores ecológicos e a sua presença ou não em determinado ambiente pode representar alterações florestais, por isso, podem ser utilizadas no controle, manejo e conservação de ecossistemas.

A avifauna ocupa diversos nichos tróficos e a diversidade de espécies varia de acordo com a capacidade que o ambiente tem em oferecer recursos alimentares (DARIO, 1999). Além disso, exercem um papel importantíssimo para manutenção do equilíbrio ecológico. Elas representam um grupo faunístico muito importante, pois são mais evidentes e de fácil observação. A análise da composição da avifauna de um determinado local permite diagnosticar problemas no ecossistema, pois algumas espécies são muito sensíveis as alterações ambientais como insetívoros de sub-bosque espécies mais especializadas. Outras como o *Progne Chalybea*, *Machetornis rixosa* (**Figura 8.8**), insetívora, tendem a se beneficiar com as modificações do habitat e, por isto, são consideradas indicadoras do grau de degradação do ambiente.

No ano de 2010, estudos realizados em três sítios amostrais (Cerrado, Cerradão e Margem de represa) no interior da EE Pirapitinga, Souza *et alii.*, (2010)<sup>apud</sup> ICMBIO-MMA, 2013 registraram 32 espécies de aves pertencentes a 17 famílias.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	106



**Figura 8.8 - *Machetornis rixosa*.**



**Figura 8.9 - *Ara ararauna* espécie ameaçada registrada na EEP dentro da UPGRH SF4.**

As espécies registradas até o momento na EEP somam, 189 espécies, dentre as quais 33 constam da lista CITES e 6 apresentam algum grau de ameaça à extinção: a cabeça-seca *Mycteria americana* e a arara canindé *Ara ararauna* ( **Figura 8.9**) figuram na lista das espécies ameaçadas em Minas Gerais (Drummond *et alii.*, 2008 *apud* ICMBIO-MMA, 2013); a jacupemba *Penelope supercilialis* e a choca-da-mata *Thamnophilus caeruleus* figuram na lista das espécies ameaçadas no Brasil (MMA, 2003); a cigarra-do-campo *Neothraupis fasciata* aparece na lista da IUCN (2012) na categoria quase ameaçada; e o pica-pau-de-cara-amarela *Dryocopus galeatus* figura nas listas federal (MMA, 2003) e da IUCN (2012) respectivamente como ameaçado e vulnerável à extinção.

As aves como todos os demais grupos faunísticos vem sofrendo impacto devido às atividades agropecuárias, destruição e fragmentação de matas ciliares e matas secas. Tais desmatamentos

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 107
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

são causados principalmente por carvoarias clandestinas, assentamentos agrários, extração de calcário (SILVA e OREN 1997, STATTERSFIELD et al. 1998, KIRWAN et al. 2001, 2004, DRUMMOND et al. 2005 apud VASCONCELOS et al. 2011).

A avifauna, de provável ocorrência na UPGRH SF4, foi levantada a partir de dados secundários e está listada no **Quadro 8.2**.

**Quadro 8.2 – Espécies da avifauna registrada na região de Patos de Minas (Wikiaves) e EEP. (continua)**

Família	Espécie	Nome popular
Accipitridae	<i>Accipiter bicolor</i>	gavião-bombachinha-grande
	<i>Elanus leucurus</i>	gavião-peneira
	<i>Geranoaetus albicaudatus</i>	gavião-de-rabo-branco
	<i>Heterospizias meridionalis</i>	gavião-caboclo
	<i>Rupornis magnirostris</i>	gavião-carijo
	<i>Chloroceryle amazona</i>	martim-pescador-verde
Anatidae	<i>Amazonetta brasiliensis</i>	pé-vermelho
	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	asa-branca
	<i>Dendrocygna viduata</i>	irerê
	<i>Netta erythrophthalma</i>	paturi-preta
	<i>Sarkidiornis sylvicola</i>	pato-de-crista
Anhingidae	<i>Anhinga anhinga</i>	biguatinga
Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	taperuçu-de-coleira-branca
Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	garça-branca-grande
	<i>Butorides striata</i>	socozinho
	<i>Egretta thula</i>	garça-branca-pequena
	<i>Nycticorax nycticorax</i>	savacu
	<i>Syrigma sibilatrix</i>	maria-faceira
Bucconidae	<i>Nystalus chacuru</i>	joão-bobo
Caprimulgidae	<i>Antrostomus rufus</i>	joão-corta-pau
	<i>Hydropsalis albicollis</i>	bacurau
	<i>Hydropsalis longirostris</i>	bacurau-da-telha
Cardinalidae	<i>Cyanoloxia brissonii</i>	azulão
Cariamidae	<i>Cariama cristata</i>	seriema
Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	urubu-de-cabeça-vermelha
	<i>Coragyps atratus</i>	urubu-de-cabeça-preta
	<i>Sarcoramphus papa</i>	urubu-rei
Charadriidae	<i>Vanellus chilensis</i>	quero-quero
Ciconiidae	<i>Jabiru mycteria</i>	tuiuiú
	<i>Mycteria americana</i>	cabeça-seca
Columbidae	<i>Columbina squammata</i>	fogo-apagou
	<i>Columbina talpacoti</i>	rolinha-roxa
	<i>Leptotila verreauxi</i>	juriti-pupu
	<i>Patagioenas cayennensis</i>	pomba-galega
	<i>Patagioenas picazuro</i>	pombão
	<i>Zenaida auriculata</i>	pomba-de
Corvidae	<i>Cyanocorax cristatellus</i>	gralha-do-campo
	<i>Cyanocorax cyanopogon</i>	gralha-cancã
Cracidae	<i>Crax fasciolata</i>	mutum-de-penacho
	<i>Penelope supercilialis</i>	jacupemba

**Quadro 8.2 - Espécies da avifauna registrada na região de Patos de Minas (Wikiaves) e EEP. (continuação)**

Família	Espécie	Nome popular
Cuculidae	<i>Crotophaga ani</i>	anu-preto
	<i>Guira guira</i>	anu-branco
	<i>Piaya cayana</i>	alma-de-gato
Dendrocolaptidae	<i>Lepidocolaptes angustirostris</i>	arapaçu-de-cerrado
	<i>Sittasomus griseicapillus</i>	arapaçu-verde
Donacobiidae	<i>Donacobius atricapilla</i>	japacanim
Estrildidae	<i>Estrilda astrild</i>	bico-de-lacre
Falconidae	<i>Caracara plancus</i>	caracará
	<i>Falco femoralis</i>	falcão-de-coleira
	<i>Falco peregrinus</i>	falcão-peregrino
	<i>Falco sparverius</i>	quiriquiri
	<i>Herpetotheres cachinnans</i>	acauã
Fringillidae	<i>Euphonia chlorotica</i>	fim-fim
Furnariidae	<i>Anumbius annumbi</i>	cochicho
	<i>Certhiaxis cinnamomeus</i>	curutié
	<i>Clibanornis rectirostris</i>	fura-barreira
	<i>Cranioleuca vulpina</i>	arredio-do-rio
	<i>Furnarius rufus</i>	joão-de-barro
	<i>Lochmias nematura</i>	joão-porca
	<i>Phacellodomus rufifrons</i>	joão-de-pau
	<i>Philydor rufum</i>	limpa-folha-de-testa-baia
	<i>Synallaxis albescens</i>	uí-pi
	<i>Synallaxis frontalis</i>	petrim
	<i>Synallaxis spixi</i>	joão-teneném
<i>Syndactyla dimidiata</i>	limpa-folha-do-brejo	
Galbulidae	<i>Galbula ruficauda</i>	ariramba-de-cauda-ruiva
Hirundinidae	<i>Progne chalybea</i>	andorinha-doméstica-grande
	<i>Progne tapera</i>	andorinha-do-campo
	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	andorinha-pequena-de-casa
	<i>Tachycineta albiventer</i>	andorinha-do-rio
	<i>Tachycineta leucorrhoa</i>	andorinha-de-sobre-branco
Icteridae	<i>Chrysomus ruficapillus</i>	garibaldi
	<i>Icterus jamacaii</i>	corrupião
	<i>Icterus pyrrhopterus</i>	encontro
	<i>Molothrus bonariensis</i>	vira-bosta
	<i>Psarocolius decumanus</i>	japu
	<i>Pseudoleistes guirahuro</i>	chopim-do-brejo
	<i>Sturnella superciliaris</i>	polícia-inglesa-do-sul
Jacanidae	<i>Jacana jacana</i>	jaçanã
Melanopareiidae	<i>Melanopareia torquata</i>	tapaculo-de-colarinho
Mimidae	<i>Mimus saturninus</i>	sabiá-do-campo
Motacillidae	<i>Anthus lutescens</i>	caminheiro-zumbidor
Nyctibiidae	<i>Nyctibius griseus</i>	mãe-da-lua
Parulidae	<i>Basileuterus culicivorus</i>	pula-pula
	<i>Myiothlypis flaveola</i>	canário-do-mato
Passerellidae	<i>Ammodramus humeralis</i>	tico-tico-do-campo
Passerellidae	<i>Arremon flavirostris</i>	tico-tico-de-bico-amarelo
	<i>Zonotrichia capensis</i>	tico-tico
Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	pardal

**Quadro 8.2 - Espécies da avifauna registrada na região de Patos de Minas (Wikiaves) e EEP. (continuação)**

Família	Espécie	Nome popular
Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	biguá
Picidae	<i>Campephilus melanoleucos</i>	pica-pau-de-topete-vermelho
	<i>Campephilus robustus</i>	pica-pau-rei
	<i>Colaptes campestris</i>	pica-pau-do-campo
	<i>Colaptes melanochloros</i>	pica-pau-verde-barrado
	<i>Melanerpes candidus</i>	pica-pau-branco
	<i>Picumnus albosquamatus</i>	pica-pau-anão-escamado
	<i>Picumnus cirratus</i>	pica-pau-anão-barrado
	<i>Veniliornis passerinus</i>	picapauzinho-anão
Pipridae	<i>Antilophia galeata</i>	soldadinho
	<i>Neopelma pallescens</i>	fruxu-do-cerradão
Podicipedidae	<i>Podilymbus podiceps</i>	mergulhão-caçador
Poliptilidae	<i>Poliptila dumicola</i>	balança-rabo-de-máscara
Psittacidae	<i>Alipiopsitta xanthops</i>	papagaio-galego
	<i>Amazona aestiva</i>	papagaio-verdadeiro
	<i>Ara ararauna</i>	arara-canindé
	<i>Aratinga auricapillus</i>	jandaia-de-testa-vermelha
	<i>Brotogeris chiriri</i>	periquito-de-encontro-amarelo
	<i>Diopsittaca nabilis</i>	maracanã-pequena
	<i>Eupsittula aurea</i>	periquito-rei
	<i>Forpus xanthopterygius</i>	tuim
	<i>Ara ararauna</i>	canindé
Rallidae	<i>Psittacara leucophthalmus</i>	periquitão-maracanã
	<i>Aramides cajaneus</i>	saracura-três-potes
	<i>Gallinula galeata</i>	frango-de-água-comum
	<i>Laterallus melanophaius</i>	sanã-parda
	<i>Pardirallus nigricans</i>	saracura-sanã
	<i>Porphyrio martinicus</i>	frango-de-água-azul
Ramphastidae	<i>Porzana albicollis</i>	sanã-carijó
Ramphastidae	<i>Ramphastos toco</i>	tucanuçu
Recurvirostridae	<i>Himantopus melanurus</i>	pernilongo-de-costas-brancas
Rheidae	<i>Rhea americana</i>	ema
Rhynchocyclidae	<i>Corythopsis delalandi</i>	estalador
	<i>Hemitriccus margaritaceiventer</i>	sebinho-de-olho-de-ouro
	<i>Todirostrum cinereum</i>	ferreirinho-relógio
Strigidae	<i>Athene cunicularia</i>	coruja-buraqueira
	<i>Bubo virginianus</i>	jacurutu
	<i>Glaucidium brasilianum</i>	caburé
Thamnophilidae	<i>Dysithamnus mentalis</i>	choquinha-lisa
	<i>Herpsilochmus atricapillus</i>	chorozinho-de-chapéu-preto
	<i>Herpsilochmus longirostris</i>	chorozinho-de-bico-comprido
	<i>Taraba major</i>	choró-boi
	<i>Thamnophilus caeruleus</i>	choca-da-mata
	<i>Thamnophilus doliatus</i>	choca-barrada
	<i>Thamnophilus torquatus</i>	choca-de-asa-vermelha

**Quadro 8.2 - Espécies da avifauna registrada na região de Patos de Minas (Wikiaves) e EEP. (continuação)**

Família	Espécie	Nome popular
Thraupidae	<i>Cissopis leverianus</i>	tietinga
	<i>Coereba flaveola</i>	cambacica
	<i>Dacnis cayana</i>	saí-azul
	<i>Emberizoides herbicola</i>	canário-do-campo
	<i>Hemithraupis guira</i>	saíra-de-papo-preto
	<i>Lanio cucullatus</i>	tico-tico-rei
	<i>Lanio penicillatus</i>	pipira-da-taoca
	<i>Lanio pileatus</i>	tico-tico-rei-cinza
	<i>Nemosia pileata</i>	saíra-de-chapéu-preto
	<i>Porphyospiza caerulescens</i>	campainha-azul
	<i>Saltator maximus</i>	tempera-viola
	<i>Saltatricula atricollis</i>	bico-de-pimenta
	<i>Schistochlamys melanopsis</i>	sanhaçu-de-coleira
	<i>Schistochlamys ruficapillus</i>	bico-de-veludo
	<i>Sicalis citrina</i>	canário-rasteiro
	<i>Sicalis flaveola</i>	canário-da-terra-verdadeiro
	<i>Sporophila bouvreuil</i>	caboclinho
	<i>Sporophila caerulescens</i>	coleirinho
	<i>Sporophila collaris</i>	coleiro-do-brejo
	<i>Sporophila lineola</i>	bigodinho
	<i>Sporophila nigricollis</i>	baiano
	<i>Sporophila plumbea</i>	patativa
	<i>Tangara cayana</i>	saíra-amarela
	<i>Tangara palmarum</i>	sanhaçu-do-coqueiro
	<i>Tangara sayaca</i>	sanhaçu-cinza
	<i>Tersina viridis</i>	saí-andorinha
	<i>Neothraupis fasciata</i>	cigarra-do-campo
	<i>Thlypopsis sordida</i>	saí-canário
<i>Volatinia jacarina</i>	tiziu	
Threskiornithidae	<i>Mesembrinibis cayennensis</i>	coró-coró
	<i>Platalea ajaja</i>	colhereiro
	<i>Theristicus caudatus</i>	curicaca
Tinamidae	<i>Crypturellus parvirostris</i>	inhambu-chororó
	<i>Crypturellus undulatus</i>	jaó
	<i>Nothura boraquira</i>	codorna-do-nordeste
	<i>Rhynchotus rufescens</i>	perdiz
Tityridae	<i>Pachyramphus castaneus</i>	caneleiro
	<i>Pachyramphus polychopterus</i>	caneleiro-preto
Trochilidae	<i>Amazilia fimbriata</i>	beija-flor-de-garganta-verde
	<i>Amazilia lactea</i>	beija-flor-de-peito-azul
	<i>Amazilia versicolor</i>	beija-flor-de-banda-branca
	<i>Aphantochroa cirrochloris</i>	beija-flor-cinza
	<i>Chlorostilbon lucidus</i>	besourinho-de-bico-vermelho
	<i>Colibri serrirostris</i>	beija-flor-de-orelha-violeta
	<i>Eupetomena macroura</i>	beija-flor-tesoura
	<i>Florisuga fusca</i>	beija-flor-preto
	<i>Heliomaster squamosus</i>	bico-reto-de-banda-branca
	<i>Phaethornis pretrei</i>	rabo-branco-acanelado
	<i>Thalurania furcata</i>	beija-flor-tesoura-verde

### Quadro 8.2 - Espécies da avifauna registrada na região de Patos de Minas (Wikiaves) e EEP. (conclusão)

Família	Espécie	Nome popular
Troglodytidae	<i>Cantorchilus leucotis</i>	garrinchão-de-barriga-vermelha
	<i>Troglodytes musculus</i>	corruíra
Trogonidae	<i>Trogon surrucura</i>	surucuá-variado
Turdidae	<i>Turdus amaurochalinus</i>	sabiá-poca
	<i>Turdus leucomelas</i>	sabiá-barranco
	<i>Turdus rufiventris</i>	sabiá-laranjeira
Tyrannidae	<i>Arundinicola leucocephala</i>	freirinha
	<i>Camptostoma obsoletum</i>	risadinha
	<i>Casiornis rufus</i>	maria-ferrugem
	<i>Cnemotriccus fuscatus</i>	guaracavuçu
	<i>Colonia colonus</i>	viuvinha
	<i>Elaenia chiriquensis</i>	chibum
	<i>Elaenia cristata</i>	guaracava-de-topete-uniforme
	<i>Elaenia flavogaster</i>	guaracava-de-barriga-amarela
Tyrannidae	<i>Empidonomus varius</i>	peitica
	<i>Fluvicola nengeta</i>	lavadeira-mascarada
	<i>Griseotyrannus aurantioatrocristatus</i>	peitica-de-chapéu-preto
	<i>Gubernetes yetapa</i>	tesoura-do-brejo
	<i>Machetornis rixosa</i>	suiriri-cavaleiro
	<i>Megarynchus pitangua</i>	neinei
	<i>Myiarchus ferox</i>	maria-cavaleira
	<i>Myiarchus tyrannulus</i>	maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado
	<i>Myiodynastes maculatus</i>	bem-te-vi-rajado
	<i>Myiophobus fasciatus</i>	filipe
	<i>Myiozetetes similis</i>	bentevizinho-de-penacho-vermelho
	<i>Phaeomyias murina</i>	bagageiro
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	bem-te-vi
	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	príncipe
	<i>Satrapa icterophrys</i>	suiriri-pequeno
	<i>Suiriri suiriri</i>	suiriri-cinzento
	<i>Tyrannus albogularis</i>	suiriri-de-garganta-branca
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	suiriri
	<i>Tyrannus savana</i>	tesourinha
	<i>Xolmis cinereus</i>	primavera
<i>Xolmis velatus</i>	noivinha-branca	
Tytonidae	<i>Tyto furcata</i>	coruja-da-igreja
Vireonidae	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	pitiguari

#### 8.3.2. Mastofauna

Em Minas Gerais, 238 espécies de mamíferos de ocorrência no estado estão ameaçadas de extinção (19%), sendo o maior risco para os animais de grande porte, como carnívoros e primatas, alguns desses encontram presentes na (EEP). Das prováveis espécies de ocorrência na UPGRH SF4, cinco se encontram ameaçadas de extinção no Brasil (MMA, 2011) e em Minas Gerais: o tatu-canastra *Priodontes maximus*, o tamanduá-bandeira *Myrmecophaga tridactyla*, o lobo-guará

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	112

*Chrysocyon brachiurus*, a jaguatirica *Leopardus pardalis* e a onça parda *Puma concolor*. Em Minas Gerais estão também ameaçadas a lontra *Lontra longicaudis* e o cateto *Pecari tajacu*.

É bom ressaltar a importância de certas espécies como o *Dasyprocta aguti*, que ajuda na manutenção da mata como dispersor de sementes; os carnívoros de topo de cadeia, como *Leopardus wiedii* e *Cerdocyon thous* (**Figura 8.10**), que são espécies chaves para o ecossistema e reguladores de populações de presas ou potenciais dispersores de sementes. (REDFORD, 1992).



**Figura 8.10 - Cerdocyon thous, vítima de atropelamento na BR 459.**

Espécies são fortemente associadas a áreas abertas como *Lycalopex vetulus*. Por outro lado, os *Tapirus terrestris* pedem atenção especial quanto à manutenção dos ambientes, principalmente das matas próximas a ribeirões, veredas e matas ciliares que ligam fragmentos, pois a vegetação nativa das áreas estudadas vem sofrendo com constantes queimadas e desmatamentos dando lugar a pastagens.

Já espécies generalistas e oportunistas que geralmente são beneficiadas com as intervenções antrópicas como é o caso de espécies, como o *Didelphis albiventris* (**Figura 8.11**) pode ser de ampla distribuição na região.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	113





**Figura 8.11 - Didelphis albiventris.**

As principais ameaças para fauna atualmente é a caça e a presença de espécies exóticas (cão, cavalo e gado), muito comuns na região do reservatório de Três Marias. A presença dessas espécies exóticas causa impactos diretos e indiretos na fauna, já que é de difícil controle e vivem em simpatia com animais silvestres uma vez que os mesmos não enfrentam dificuldades em atravessar as cercas que separam áreas urbanas de áreas florestadas. Além de atacarem a fauna nativa quando famintos, frequentemente são responsáveis por ataques aos animais de criação. Outro potencial problema para a fauna é a presença de *Canis familiaris* que pode transmitir doenças às espécies nativas, como a febre maculosa, leishmaniose, hantavirose etc.

Espécies cinergéticas, como tatu-galinha *Dasyus sp.*, veado *Mazama sp.*, cateto *Pecari tajacu*, capivara *Hydrochoerus hydrochaeris*, paca *Cuniculus* são sempre alvo de caça predatória.

A Mastofauna de provável ocorrência na UPGRH SF4 foram levantadas a partir de dados secundários, artigos sobre mamíferos do Cerrado e da lista da EEP e está listada no **Quadro 8.3**.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 114
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

**Quadro 8.3 – Espécies da Mastofauna de provável registro na região da UGRH SF4. (continua)**

Ordem	Família	Espécie	Nome popular
Xenarthra	Myrmecophagidae	<i>Myrmecophaga tridactyla</i> (Linnaeus, 1758)	tamanduá-bandeira
		<i>Tamandua tetradactyla</i> (Linnaeus, 1758)	tamanduá-mirim
	Dasypodidae	<i>Cabassous unicinctus</i> (Linnaeus, 1758)	tatu-de-rabo-mole
		<i>Dasyopus novemcinctus</i> (Linnaeus, 1758)	tatu-galinha
		<i>Euphractus sexcinctus</i> (Linnaeus, 1758)	tatu-peba, tatu-peludo
		<i>Priodontes maximus</i> (Kerr, 1792)	tatu-canastra
Primates	Cebidae	<i>Alouatta caraya</i> (Humboldt, 1812)*	bugio, guariba
	Cebidae	<i>Cebus libidinosus</i> Spix, 1823	macaco-prego
Carnivora		<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766)	cachorro-do-mato
		<i>Chrysocyon brachyurus</i> (Illiger, 1815)	lobo-guará
		<i>Pseudalopex vetulus</i> (Lund, 1842)	raposa-do-campo
	Procyonidae	<i>Nasua nasua</i> (Linnaeus, 1766)	quati
	Procyonidae	<i>Procyon cancrivorus</i>	mão-pelada
	Mustelidae	<i>Eira barbara</i> (Linnaeus, 1758)	irara, papa-mel
	Felidae	<i>Herpailurus yagouondi</i> (Lacépède, 1809)	gato-mourisco
		<i>Leopardus pardalis</i> (Linnaeus, 1758)	jaguaririca
		<i>Leopardus tigrinus</i> (Schreber, 1775)*	gato-do-mato-pequeno
		<i>Puma concolor</i> (Linnaeus),	Suçuarana
Perissodactyla	Tapiridae	<i>Tapirus terrestris</i> (Linnaeus, 1758)	anta
Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i> (Linnaeus, 1758)	cateto, caititu
	Cervidae	<i>Mazama americana</i> (Erxleben, 1777)	veado-mateiro
	Cervidae	<i>Mazama gouazoubira</i>	veado-catingueiro
Rodentia	Erethizontidae	<i>Coendou prehensilis</i> (Linnaeus, 1758)	ourico, porco-espinho
	Caviidae	<i>Cavia aperea</i> Erxleben, 1777	preá
	Hydrochaeridae	<i>Hydrochaeris hydrochaeris</i> (Linnaeus, 1766)	capivara
	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i> (Linnaeus, 1766)	paca
	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta azarae</i> Lichtenstein, 1823	cutia
	Cricetidae	<i>Hylaeamys megacephalus</i>	
		<i>Calomys callosus</i>	
		<i>Cerradomys subflavus</i>	
	<i>Necomys lasiurus</i>		
Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus brasiliensis</i> (Linnaeus, 1758)	tapiti
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Gracilinanus agilis</i>	cuíca
		<i>Micoureus paraguayanus</i>	cuíca
		<i>Didelphis albiventris</i> Lund, 1840	gambá, mucura
		<i>Monodelphis domestica</i>	cuíca

### Quadro 8.3 – Espécies da Mastofauna de provável registro na região da UGRH SF4. (conclusão)

Ordem	Família	Espécie	Nome popular
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Platyrrhinus lineatus</i>	morcego
		<i>Glossophaga soricina</i>	morcego
		<i>Artibeus planirostris</i>	morcego
		<i>Carollia perspicillata</i>	morcego
		<i>Dermanura cinerea</i>	morcego
		<i>Phyllostomus discolor</i>	morcego
		<i>Artibeus lituratus</i>	morcego
		<i>Chiroderma villosum</i>	morcego
		<i>Chiroderma doriae</i>	morcego
		<i>Micronycteris sp.</i>	morcego
		<i>Phyllostomus hastatus</i>	morcego
		<i>Uroderma magnirostrum</i>	morcego
	Molossidae	<i>Molossops temminckii</i>	morcego
	Noctilionidae	<i>Noctilio albiventris</i>	morcego
	Vespertilionidae	<i>Myotis nigricans</i>	morcego
		<i>Lasiurus blossevillii</i>	morcego
<i>Myotis albescens</i>		morcego	

#### 8.3.3. Herpetofauna

O Cerrado abriga cerca de 120 espécies de répteis, destas, 24 ou 20% são endêmicas, e 150 espécies de anfíbios, sendo 45 ou 30% endêmicos. (MITTERMEIER et al, 1999). Segundo estudos realizados pelo MMA, o conhecimento acerca de répteis e anfíbios no bioma do Cerrado é o menos conhecido, pois mesmo as espécies comuns estão pobremente representadas em coleções científicas e, além disso, muitas regiões do Cerrado ainda permanecem inexploradas.

A herpetofauna é composta por anfíbios e répteis e formam um grupo faunístico muito significativo. (FROST, 2004). Os anfíbios apresentam uma ampla variedade de espécies, muitas delas com dependência total de ambientes aquáticos na fase juvenil, que, depois de adultos, tornam-se essencialmente terrestres, porém dependentes de locais úmidos ou próximos a corpos de água para a reprodução.

Os anuros são representados por sapos, rãs e pererecas e a sua maioria é insetívora. Devido a isso, podem tornar-se ótimos controladores de pragas que atacam a agricultura e os animais domésticos, trazendo benefícios para a população e, também, predando insetos vetores de doenças que geram danos diretos à saúde humana.

Geralmente, espécies mais generalistas e tolerantes a antropização como o sapo *Rhinella ocellatus* são encontrados com maior frequência em meio às serrapilheiras e em solos de laterita do Cerrado Strictu Sensu, pois são mais fáceis de registrar e são muito comuns no Cerrado.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	116

Espécies mais especialistas e dependentes de interior de mata são menos incidentes e muito mais sensíveis a qualquer alteração do ambiente como é o caso da perereca *Hypsiboas lundii*. Levando em consideração que a maior presença desse grupo indica uma boa qualidade ambiental não fica difícil deduzir a razão do baixo número de espécies da anurofauna registradas nas pesquisas, dado as frequentes alterações ambientais locais.

A classe dos répteis é formada por um grupo diversificado composto principalmente por serpentes e lagartos, além de tartarugas e jacarés. As serpentes apresentam um papel muito importante no controle biológico, principalmente dos roedores. Já populações de *Tropidurus sp.* (**Figura 8.12**) são encontradas em todos os tipos de ambientes e fitofisionomias, pois são espécies mais tolerantes e generalistas, junto ao *Ameiva ameiva* e demais espécies do gênero *Tupinambis* (SILVA & ARAÚJO, 2008). *Ameiva ameiva* e *Tupinambis sp* são frequentemente observados em locais mais abertos, enquanto *Mabuya frenatasão* registrados em locais mais fechados, como mata de galeria e Cerrado Strictu Sensu.



**Figura 8.12 - *Tropidurus sp.***

A grande variedade de famílias de lagartos pode ser explicada pela evolução remota do grupo que persistiu no cerrado, devido à grande variedade de ambientes, o que gerou comunidades atuais com grande diversidade filogenética. (NOGUEIRA, 2006).

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 117
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

Alterações causadas por reservatórios de grandes dimensões como o de Três Marias podem causar grandes impactos na população de répteis e anfíbios, principalmente pelo isolamento de espécies. A permanência ou a ausência de uma espécie pode fornecer informações sobre a flexibilidade comportamental, ainda pouco compreendida. Ainda podem levar espécies à extinção local, por isso a grande importância de manter um projeto de manutenção de vegetação ciliar das propriedades nas margens do reservatório, evitando a degradação e manter um habitat equilibrado para as espécies ali presentes.

A herpetofauna de provável ocorrência na UPGRH SF4 foi levantada a partir de dados secundários e está listada no **Quadro 8.4**.

**Quadro 8.4 – Espécies da Herpetofauna de provável registro na região da UPGRH SF4. (continua)**

Ordem	Família	Espécie
Anura	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus fuscus</i>
		<i>Leptodactylus ocellatus</i>
	Leiuperidae	<i>Peudopaludicola sp</i>
		<i>Physalaemus cuvieri</i>
		<i>Physalaemus centralis</i>
	Brachycephalidae	<i>Barycholas ternetzi</i>
	Hylidae	<i>Dendropsophorus rubicundulus</i>
		<i>Scinax fuscovarius</i>
		<i>Scinax longilineus</i>
	Bufonidae	<i>Rhinella schneideri</i>
<i>Rhinella gr. granulosa</i>		
Dendrobatidae	<i>Ameerega flavopicta</i>	
Testudines	Chelidae	<i>Acanthochelys radiolata</i> (Mikan, 1820)
		<i>Hydromedusa tectifera</i> (Cope, 1869)
Squamata: Sauria	Anguidae	<i>Ophiodes striatus</i> (Spix, 1824)
	Gekkonidae	<i>Hemidactylus mabouia</i> (Moreau de Jonnés, 1818)
	Gymnophthalmidae	<i>Cercosaura ocellata</i> (Wagler, 1830)
	Leiosauridae	<i>Enyalius bilineatus</i> (Duméril & Bibron, 1837)
	Polychrotidae	<i>Polychrus acutirostris</i> (Spix, 1825)
	Scincidae	<i>Mabuya frenata</i> (Cope, 1862)
	Teiidae	<i>Ameiva ameiva</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Tupinambis merianae</i> (Duméril & Bibron, 1839)
Tropiduridae	<i>Tropidurus itambere</i> (Rodrigues, 1987)	
Squamata: Am- phisbaenia	Amphisbaenidae	<i>Amphisbaena dúbia</i> (L. Müller, 1924)
		<i>Amphisbaena microcephala</i>

### Quadro 8.4 – Espécies da Herpetofauna de provável registro na região da UPGRH SF4. (conclusão)

Ordem	Família	Espécie
Squamata: Serpentes	Boidae	<i>Epicrates crassus</i> (Cope, 1862)
	Dipsadidae	<i>Apostolepis assimilis</i> (Reinhardt, 1861)
		<i>Erythrolamprus aesculapii</i> (Linnaeus, 1766)
		<i>Leptodeira annulata</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Liophis poecilogyrus</i> (Wied, 1825)
		<i>Liophis typhlus</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Oxyrhopus guibei</i> (Hoge & Romano, 1978)
		<i>Philodryas olfersii</i> (Lichtenstein, 1823)
		<i>Pseudoboa nigra</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)
		<i>Pseudoboa serrana</i> (Morato, Moura-Leite, Prudente & Bérnils, 1995)
		<i>Sibynomorphus mikanii</i> (Schlegel, 1837)
		<i>Sibynomorphus neuwiedi</i> (Ihering, 1911)
		<i>Xenodon merremii</i> (Wagler, 1824)
	Elapidae	<i>Micrurus frontalis</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)
	Viperidae	<i>Bothropoides jararaca</i> (Wied, 1824)
		<i>Bothropoides neuwiedi</i> (Wagler, 1824)

#### 8.3.4. Ictiofauna

O ecossistema aquático apresenta uma complexa interação biótica entre aspectos físicos e químicos com a fauna aquática e, com isso, qualquer alteração é intensamente sentida pela ictiofauna. A maioria dos impactos ocorridos no ecossistema aquático deriva das modificações do canal e das margens, a fragmentação, a regulação de fluxo de água, poluição e introdução de espécies exóticas. Tais alterações, sejam elas isoladas ou em conjunto, levam a uma degradação desses ambientes afetando diretamente a qualidade e disponibilidade da água, modificando assim a distribuição e estrutura da biota aquática. (TEJERINA-GARRO et al., 2005 *apud* ACQUA Consultoria e Recuperação de Ambientes Aquáticos Ltda.).

Os peixes representam o grupo mais diversificado e numeroso entre os vertebrados, encontrados em ambientes diversos, estes animais adaptam-se a um habitat característico, que varia para cada espécie (CEMIG/CETEC, 2000). Entretanto, o conhecimento acerca da diversidade íctica das águas continentais brasileiras é ainda impreciso, devido à ausência de inventários completos nas bacias hidrográficas e também pela necessidade de revisões e consensos dos diferentes grupos taxonômicos existentes. (AGOSTINHO et al., 2008). Seu estudo é de suma importância, pois esse grupo, por possuir espécies de habitat característico, é muito sensível a qualquer alteração do

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	119

ecossistema, o que nos dá uma clara situação da qualidade do manancial e situação de ameaça da espécie.

O setor elétrico também contribuiu com descobertas de novas espécies de peixes descritas a partir de material proveniente de empreendimentos hidrelétricos. A UHE Três Marias realizou um levantamento ictiológico das áreas de influência em 1964. Na data foram coletados 64 exemplares de peixes que, após uma triagem, resultaram em 32 lotes. Nessa coleção podem ser encontrados 27 gêneros com 32 espécies, sendo uma nova espécie descrita *Cichlasoma sanctifranciscense*. (ELETROBRAS, 1999.) Em 14 de fevereiro de 1965 iniciou-se a segunda etapa finalizando em 18/02/1965, com 1182 exemplares coletados. Nesta coleção, constaram 30 gêneros com 34 espécies tendo uma nova espécie descrita, *Acestrorhynchus britskii*. (ELETROBRAS, 1999.)

Hoje, sabe-se que a manutenção da vegetação ripária é de grande importância para a sobrevivência da fauna aquática, conseqüentemente, fornecendo alimento e nutrientes. Além disso, essa vegetação beneficia algumas espécies que são dependentes de sombra, embora essa vegetação marginal seja pouco preservada nos entornos de reservatórios, rios e lagos.

Os rios encontrados no Bioma Cerrado apresentam uma grande variedade de peixes, espécies como: *Astyanax spp.*; *Deuterodon spp.*, *Moenkhausia spp*, *Aequidens spp*, *Mesonauta spp*, *Pimelodus spp.*, *Synbranchus marmoratus*, *Colossoma spp.*; *Mylossoma spp.*; *Chaetobranchopsis spp.*, *Leporinus spp.*, *Hoplias spp.*, *Catoprion spp.*, *Cyphocharax spp.*, *Salminus spp.*, *Brycon microlepis*, *Pterodoras granulosus*, *Pseudoplatystoma fasciatum*, *Paulicea luetkeni*, *Pinirampus pinirampus*, *Pseudoplatystoma corruscans* e *Sorubimichthys planiceps*.

Devido à riqueza de espécies endêmicas, a importância da reprodução de peixes de piracema e pelo ambiente único em Minas Gerais, o rio São Francisco a jusante da represa de Três Marias (juntamente com os baixos cursos dos principais afluentes desse trecho) foi considerada área prioritária para a conservação da biodiversidade no Estado de Minas Gerais. (COSTA et alii., 1998 , GOULART et alii., 2008 *apud* ICMBIO-MMA, 2013).

Algumas espécies ameaçadas de extinção apresentadas na região de Três Marias são: pirá, surubim, cascudo preto, dourado e matrinchã.

As espécies listadas no **Quadro 8.5**, como de prováveis registros na UPGRH SF 4, foram baseadas em dados secundários de artigos realizados na região, especialmente os apresentados no relatório ACQUA Consultoria e Recuperação de Ambientes Aquáticos Ltda. (s/d).

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	120

**Quadro 8.5 – Prováveis espécies do reservatório de Três Marias.**

Ordem	Espécie	Nome popular	
Clupeiformes	<i>Anchoviella vaillanti</i> (Steindachner, 1908)	manjuba	
	<i>Acestrorhynchus britskii</i> (Menezes, 1969)	peixe cachorro	
Characiformes	<i>Acestrorhynchus lacustris</i> (Lütken, 1875)	peixe cachorro	
	<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier, 1819)	piaba do rabo vermelho	
	<i>Astyanax lacustris</i> (Lütken, 1875)	piaba do rabo amarelo	
	<i>Brycon cephalus</i> (Günther, 1869)*	piraputanga	
	<i>Brycon orthotaenia</i> (Günther, 1864)	matrinchá	
	<i>Bryconops affinis</i> (Günther, 1864)	piaba verde	
	<i>Curimatella lepidura</i> (Eigenmann & Eigenmann, 1889)	turrú	
	<i>Hoplias lacerdae</i> (Miranda Ribeiro, 1908*)	Trairão	
	<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794)	traíra	
	<i>Leporinus elongatus</i> (Valenciennes, 1850)	piáu verdadeiro	
	<i>Leporinus piau</i> (Fowler, 1941)	piáu gordura	
	<i>Leporinus reinhardti</i> Lütken, 1875	piáu três pintas	
	<i>Leporinus taeniatus</i> Lütken, 1875	piáu jejo	
	<i>Metynnis maculatus</i> (Kner, 1858)*	pacuzinho	
	<i>Moenkhausia costae</i> (Steindachner, 1907)	piabinha	
	<i>Myleus micans</i> (Lütken, 1875)	pacu	
	<i>Orthospinus franciscoensis</i> (Eigenmann, 1914)	piabinha	
	<i>Prochilodus argenteus</i> Agassiz, 1829	curimatã pacu	
	<i>Prochilodus costatus</i> Valenciennes, 1850	curimatã pioa	
	<i>Pygocentrus piraya</i> (Cuvier, 1819)	Piranha	
	<i>Roeboides xenodon</i> (Reinhardt, 1851)	piabinha	
	<i>Salminus hilarii</i> Valenciennes, 1850	dourado branco	
	<i>Salminus</i> sp	dourado	
	<i>Schizodon knerii</i> (Steindachner, 1875)	piáu branco	
	<i>Serrasalmus brandti</i> (Lütken, 1875)	pirambeba	
	<i>Steindachnerina elegans</i> (Steindachner, 1875)	Sagüiru	
	<i>Tetragonopterus chalceus</i> Spix & Agassiz, 1829	piaba rapadura	
	<i>Triportheus guentheri</i> (Garman, 1890)	piaba facão	
	Synbranchiformes	<i>Synbranchus marmoratus</i> (Bloch 1795)	mussum
	Siluriformes	<i>Bergiaria westermanni</i> (Lütken, 1874)	mandizinho
		<i>Cephasilurus fowleri</i> Haseman, 1911	peixe sapo
		<i>Franciscodoras marmoratus</i> (Reinhardt, 1874)	serrudo
		<i>Hoplosternum littorale</i> (Hancock, 1828)*	tamoatá
		<i>Hypostomus francisci</i> (Lütken, 1874)	Cascudo
<i>Lophiosilurus alexandri</i> Steindachner, 1877		pacamã	
<i>Pimelodus maculatus</i> La Cepède, 1803		mandi amarelo	
<i>Pimelodus</i> sp		mandi branco	
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i> (Spix & Agassiz, 1829)		Surubim	
<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1824)		Bagre	
<i>Rhinelepis aspera</i> Spix & Agassiz, 1829		cascudo preto	
<i>Trachelyopterus galeatus</i> (Linnaeus, 1766)		Cangati	
Gymnotiformes		<i>Eigenmannia virescens</i> (Valenciennes, 1842)	sarapó
<i>Gymnotus carapo</i> Linnaeus, 1758	sarapó		
<i>Sternopygus macrurus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	sarapó		
Perciformes	<i>Cichla monoculus</i> Spix & Agassiz, 1831*	tucunaré	
	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)*	tilápia do Nilo	
	<i>Pachyurus francisci</i> (Cuvier, 1830)	corvina	
	<i>Pachyurus squamipennis</i> Agassiz, 1831	corvina	

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	121



#### 8.4. Discussão

A Estação Ecológica Pirapitinga serve como refúgio, área de reprodução e alimentação para grande parte da fauna da UPGRH SF4, mas a fauna aquática e as espécies migratórias limícolas e aquáticas na represa de Três Marias vêm sofrendo várias ameaças, como a introdução de espécies exóticas invasoras. As atividades poluidoras dos recursos hídricos que incluem nas sub-bacias dos rios Pará e Paraopeba, mineração, indústrias, horticultura, avicultura, suinocultura, esgotos sem tratamento, retirada de matas ciliares e destruição de lagoas marginais são principais impactantes da bacia. (SATO e SAMPAIO, 2005 *apud* ICMBIO-MMA 2013).

O reservatório vem tendo um aumento de instalações de parques aquícola e de tanques rede, o que desperta certa preocupação sobre possíveis alterações na qualidade da água do reservatório, tais como a sua acidificação e, com isso, impactar não só as espécies nativas de peixes, mas também as espécies que delas se alimentam, como as aves. (ICMBIO-MMA 2013).

A fauna possui forte relação com a distribuição da cobertura vegetal na UPGRH SF4. A vegetação nativa se encontra bastante fragmentada e pressionada por atividades agropecuárias, gerando impacto sobre muitas espécies tanto da fauna aquática com da terrestre. Daí a importância de manter a vegetação nativa da região e recuperar áreas degradadas com as mesmas espécies formando o máximo de corredores ecológicos para fauna terrestre.

Com relação à fauna aquática, especificamente a ictiofauna, há necessidade de um maior controle sobre os tanques rede de peixes, evitando que sua expansão traga impactos sobre os recursos hídricos como uma queda na qualidade da água, por exemplo a eutrofização.

As populações de peixes respondem ao meio ambiente, e muitas das suas alterações, mesmo que de pequena duração e intensidade, podem causar efeitos imprevisíveis sobre os parâmetros ambientais e fisiológicos, influenciando diretamente sobre as comunidades de peixes (SINDER-MANN, 1979). O represamento e formação de grandes reservatórios produzem inevitáveis alterações na composição específica e na estrutura das comunidades de peixes nativos, principalmente as espécies que migram as chamadas reofílicas, por exemplo, os dourados e curimbatas. (AGOSTINHO et al., 1992).

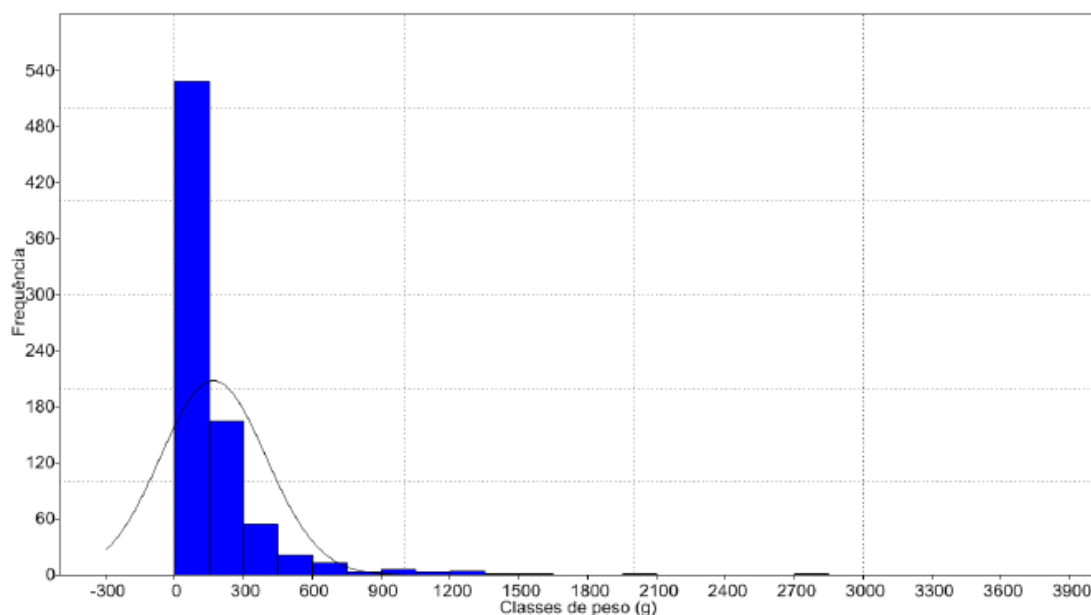
Segundo relatos de pescadores locais, após a formação do reservatório de Três Marias várias espécies desapareceram, principalmente pelo desequilíbrio causado pela introdução do Tucunaré, espécie exótica nativa da bacia Amazonica. Tal desequilíbrio não foi tão significativo no rio São

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	122

Francisco devido à presença do Dourado. Esta espécie age como predador do Tucunaré, conseguindo manter a sua população em equilíbrio.

Segundo informações coletadas em campo, a população de Dourado e de outras espécies reofílicas na UPGRH SF4 está intimamente ligada ao rio Abaeté e seus afluentes, onde ainda as espécies migratórias encontram locais e condições para se reproduzirem.

Os pesos dos peixes capturados na região apresentam maiores frequências entre 0 e 300 g, como mostra a **Figura 8.13**, com pequeno porte. Espécies com maior desenvolvimento, como a Traira – que chega facilmente aos 900g - os Trairões e Curimatãs - que ultrapassam com facilidade 2kg - podem estar sendo alvo da exploração excessiva dos estoques utilizando equipamentos de pesca predatórios, ou mesmo, podem estar sofrendo com o desequilíbrio do ecossistema. Tal análise, porém, deve ser feita em estudo específico (ACQUA, 2011).



**Figura 8.13 – Distribuição de exemplares por classes de peso para os peixes registrados durante o programa de monitoramento da ictiofauna nos córregos sob a área de influência da Votorantim Metais Zinco. Fonte: Modificado de ACQUA, 2011.**

Estudos realizados pela Votorantim Metais Zinco constataram que quanto mais se afasta da barragem de Três Marias e da fábrica da Votorantim constata-se uma maior riqueza e diversidade de espécies. Isto pode estar relacionado a vários fatores, como período das coletas, estrutura do rio onde estão os pontos de coletas, e também devido à rápida transformação na dinâmica da água. É esperada também uma alteração na disponibilidade de recursos alimentares, que afetará as interações bióticas e levará os organismos a responderem de formas distintas às novas condições. (HAHN et al. 1997; ACQUA, 2011).

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 123
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

No estudo supramencionado foram realizadas nove campanhas de amostragens nos córregos Espírito Santo, Cachoeira e Lucinda, que registraram a maior diversidade de espécies capturada. As espécies de maior captura foram o Peixe-Cachorro, o Mandi-Amarelo, o Curimatá-Pioa e o Cangati. Em termos de biomassa foram o Trairão, a Traira a Curimatá-Pioa e o Mandi-Amarelo. (ACQUA, 2011).

No **Quadro 8.6** são apresentadas algumas características biológicas das espécies de maior captura nos córregos Espírito Santo, Cachoeira e Lucinda. Destacando o Surubim, que é uma espécie de grande valor ecológico e econômico para a região. (ACQUA, 2011).

Além dos que foram listados no **Quadro 8.6**, ocorre ainda o cangati (*Trachycorystes galeatus*), uma espécie brasileira de peixe teleósteo siluriforme da família dos auquenipterídeos. Os machos dessa espécie chegam a medir até 22 cm de comprimento.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	124

**Quadro 8.6 - Características biológicas das espécies de maior captura nos córregos Espírito Santo, Cachoeira e Lucinda. (continua)**

Nome popular	Nome científico	Família	Distribuição geográfica	Descrição	Ecologia
Cachorro, Saicanga, Ueua	<i>Acestrorhynchus spp.</i>	Characidae	Bacias amazônica, Tocantins-Araguaia, Paraguai, Paraná, Uruguai e São Francisco.	Escamas diminutas; corpo alongado, um pouco comprimido; nadadeira dorsal na porção posterior do corpo; focinho longo; boca grande; dentes caninos. Coloração clara, com uma mancha escura na base da nadadeira caudal, podendo apresentar outra mancha atrás do opérculo. As maiores espécies alcançam cerca de 35cm de comprimento total.	Peixes piscívoros. Vivem em águas paradas ou de pouca correnteza. Não são importantes comercialmente e têm pouca importância na pesca esportiva.
Traíra	<i>Hoplias malabaricus</i>	Erythrinidae	Bacias amazônica, Tocantins-Araguaia, São Francisco, Prata e Atlântico Sul.	Peixe de escamas; corpo cilíndrico; boca grande; dentes caninos, bastante afiados; olhos grandes; e nadadeiras arredondadas, exceto a dorsal. A cor é marrom ou preta manchada de cinza. Chega a alcançar cerca de 60cm de comprimento total e 3kg.	Predador voraz, solitário, que pode ser encontrado em águas paradas, lagos, lagoas, brejos, matas inundadas, e em córregos e igarapés, geralmente entre as plantas aquáticas, onde fica a espreita de presas como peixes, sapos e insetos. É mais ativo durante a noite. Apesar do excesso de espinhas, em algumas regiões é bastante apreciado como alimento.
Trairão	<i>Hoplias lacerdae, Hoplias macrophthalmus</i>	Erythrinidae	Bacias amazônica (áreas de cabeceiras dos tributários) e Tocantins-Araguaia. Na bacia do Prata (alto Paraguai), ocorre <i>Hoplias lacerdae</i> . Foi introduzido na bacia do São Francisco, ocorrendo na região de Três Marias.	Peixe de escamas; corpo cilíndrico; boca grande; dentes caninos, bastante afiados; olhos grandes; e nadadeiras arredondadas, exceto a dorsal. Pode atingir 20kg e mais de 1m de comprimento total, mas exemplares desse porte são difíceis de encontrar. A coloração é quase negra no dorso, os flancos são acinzentados, com manchas sem um padrão definido e o ventre esbranquiçado.	Espécie piscívora, predador muito voraz. Não realiza migrações. Vive na margem dos rios e de lagos/lagoas em áreas rasas com vegetação aquática, arbustos e galhos e buracos em áreas de corredeiras a espreita das presas.

**Quadro 8.6 - Características biológicas das espécies de maior captura nos córregos Espírito Santo, Cachoeira e Lucinda. (continuação)**

Nome popular	Nome científico	Família	Distribuição geográfica	Descrição	Ecologia
Mandi-amarelo, Bagre, Surubim-bagre, mandi-açu	<i>Pimelodus spp., Duopalatinus emarginatus</i>	Pimelodidae	Bacias amazônica e Tocantins-Araguaia ( <i>P. blochii</i> ), Paraguai, Paraná e Uruguai ( <i>P. maculatus</i> , <i>P. ornatus</i> ), São Francisco e Atlântico.	Peixes de couro. Existem várias espécies de Pimelodus. A forma do corpo é bastante parecida: alto no início da nadadeira dorsal, afunilando em direção à cabeça e à nadadeira caudal. Uma característica comum do gênero é a presença de um acúleo forte e agudo nas nadadeiras dorsal e peitorais. O comprimento varia de 20- 50cm, dependendo da espécie, e a coloração também varia com a espécie. O desenho é um Pimelodus maculatus. A coloração é parda na região dorsal, passando para amarelada nos flancos e branca no ventre. Apresenta 3 a 5 séries de grandes manchas escuras ao longo do corpo e pintas nas nadadeiras. Alcança cerca de 50cm. Nas bacias amazônica e Tocantins-Araguaia a espécie mais comum é o <i>P. blochii</i> . A forma do corpo é semelhante à do <i>P. maculatus</i> , mas a coloração é amarelada uniforme. O tamanho também é menor: 20-30cm. Na bacia do rio São Francisco ocorre o mandi-açu <i>Duopalatinus emarginatus</i> , que atinge porte maior.	Peixes onívoros, alimentam-se de peixes, invertebrados, frutos/sementes e detritos. Vivem nos remansos dos rios. Na Amazônia, <i>P. blochii</i> é um peixe muito comum na beira dos rios. Como é facilmente capturado com anzol, é importante para a pesca de subsistência. Mesmo sendo peixes pequenos, estas espécies são encontradas em mercados e feiras por causa da abundância.

**Quadro 8.6 - Características biológicas das espécies de maior captura nos córregos Espírito Santo, Cachoeira e Lucinda. (conclusão)**

Nome popular	Nome científico	Família	Distribuição geográfica	Descrição	Ecologia
Curimatã, Curimatã, Curimatã, Curimba, Papa-terra	<i>Prochilodus spp.</i>	Prochilodontidae	Bacias amazônica e Tocantins-Araguaia ( <i>P. nigricans</i> ), Prata ( <i>P. lineatus</i> , <i>P. scrofa</i> , <i>P. platenis</i> ) e São Francisco ( <i>curimatã-pacu P. marggravii</i> , <i>P. costatus</i> ). Nos açudes do Nordeste ocorre o <i>Prochilodus cearensis</i> e outras espécies introduzidas.	Peixes de escamas. A principal característica da família é a boca protrátil, em forma de ventosa, com lábios carnosos, sobre os quais estão implantados numerosos dentes diminutos dispostos em fileiras. As escamas são ásperas e a coloração é prateada. A altura do corpo e o comprimento variam com a espécie. Pode alcançar de 30 a 80cm de comprimento total dependendo da espécie.	Espécies detritívoras, alimentam-se de matéria orgânica e microorganismos associados à lama do fundo de lagos e margens de rios. Realizam longas migrações reprodutivas. São capturadas em grandes cardumes, sendo espécies importantes comercialmente, principalmente para as populações de baixa renda.
Pintado, Surubim	<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	Pimelodidae	Bacias do Paraguai, Paraná e Uruguai e São Francisco.	Peixe de couro; corpo alongado e roliço; cabeça grande e achatada. A coloração é cinza escuro no dorso, clareando em direção ao ventre, e esbranquiçada abaixo da linha lateral. Pode ser separada das outras espécies do gênero pelo padrão de manchas: pequenas, pretas e arredondadas ou ovaladas, espalhadas ao longo do corpo, acima e abaixo da linha lateral. Espécie de grande porte, pode alcançar mais de 1m de comprimento total.	Espécie piscívora. Ocorre em vários tipos de habitats como lagos, praias e canal dos rios. Realiza migração reprodutiva durante a cheia, deslocando-se a uma velocidade média de 4 a 6km/dia. A desova ocorre entre dezembro e fevereiro. É importante na pesca comercial e esportiva

## 9. PROCESSOS EROSIVOS E SEDIMENTOLÓGICOS

### 9.1. Tipos de Processos Erosivos que ocorrem na UPGRH SF4

Foram observados os seguintes tipos de processos erosivos: erosões laminares, erosões lineares e movimentos de massa. Eles serão descritos a seguir.

#### 9.1.1. Erosões Laminares

A erosão laminar pode ser definida como o carreamento das partículas superficiais do solo por agentes intempéricos, no caso de ambientes tropicais, principalmente a chuva. Esta se inicia comumente sob as seguintes condições: ausência de cobertura vegetal protetora e quando se principia o fenômeno do escoamento superficial, ou seja, quando as águas pluviais já não são completamente absorvidas pelo solo, mas passam a escoar pela superfície do terreno.

Essa concentração superficial da água, aliando a fatores topográficos, como declividade e a forma da vertente, proporcionam um fluxo com energia suficiente para carrear partículas. A resistência da partícula a esse transporte é proporcionada pelo tipo de solo, que pode possuir diferentes granulometrias e níveis de coesão. Além disso, o solo controla em parte o fenômeno de escoamento superficial por meio de uma maior ou menor permeabilidade.

Esse tipo de erosão ocorre comumente em locais em que são feitas intervenções diretas no perfil do solo, como o revolvimento da camada superficial do solo em plantios, pisoteio intensivo de gado, estradas vicinais e canteiros de obras civis. A evolução desse processo de erosão laminar ocorre quando os fluxos de água se concentram e se tornam mais erosivos e competentes, produzindo erosões do tipo linear.

A **Figura 9.1** demonstra uma imagem de alta resolução da região central da UPGRH SF4 em que se pode observar uma grande quantidade de solo exposto. Os solos pouco desenvolvidos (Neossolos Litólicos, Neossolos Quartzarênicos e Cambissolos), particularmente aqueles oriundos de rochas das formações Três Marias, Serra da Saudade e Subgrupo Paraopeba, podem apresentar uma alta suscetibilidade a processos erosivos, principalmente quando esses apresentam um alto teor de areias nas camadas mais superficiais.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	128



**Figura 9.1 – Imagem da região do baixo rio Indaiá, região com alta produção de sedimentos por área (Macêdo, 2009).**

As áreas mais afetadas são os topos e cristas de morros, e que podem seguir grosso modo a ocorrência de estradas, caminhos rurais e caminhos de gado. Os fundos de vale, recobertos por vegetação mais densa, não são afetados por esses processos, mas recebem o *input* de sedimentos. Nota-se que embora o solo exposto indique uma predominância de processos erosivos laminares, também se pode observar processos lineares, como ravinamentos (canto inferior direito da **Figura 9.1**).

Na **Figura 9.2**, a imagem revela a fragilidade desses solos, pois os caminhos de gado são facilmente identificáveis. Essa imagem também revela o quanto o relevo é dissecado, proporcionando altas declividades em certos pontos, o que também contribui para a manutenção dos processos erosivos superficiais.

Na porção mais a sul da UPGRH SF4, também se observa terrenos com grande quantidade de solo exposto junto das cristas e topos de morro. Amplas áreas degradadas situam-se junto de estradas vicinais, e pequenos caminhos paralelos, em grande quantidade, sugerem o pisoteio intenso de gado (**Figura 9.3**).

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	129





**Figura 9.2 – Processos erosivos laminares no centro da UPRH SF4. A seta indica os caminhos preferencias de gado, resultando em áreas de solo exposto.**



**Figura 9.3 – Áreas degradadas com presença de estradas vicinais e caminhos de gado (seta), na porção Sul da UPRH SF4.**

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	130

Outro processo erosivo laminar observado na UPGRH SF4 é aquele relacionado às áreas de borda de tabuleiros lateríticos. Esses tabuleiros possuem declividades reduzidas ou mesmo são planos, enquanto que suas bordas podem apresentar declividades acentuadas, o que favorece a ocorrência de erosões laminares, e por vezes, até movimentos de massa. A **Figura 9.4** demonstra diversas ocorrências dessa natureza na borda de um tabuleiro próximo ao reservatório da UHE Três Marias.



**Figura 9.4 – Ocorrência de erosão laminar em uma área de borda de tabuleiro laterítico.**

Em menor escala, também ocorrem processos erosivos laminares nas margens do reservatório da UHE Três Marias (**Figura 9.5**). Esses processos acontecem devido à variação de nível das águas, que impede o desenvolvimento de vegetação protetora. Além disso, a textura excessivamente arenosa de alguns terrenos favorece a remoção de materiais por meio das ondulações provocadas pelo vento no lago.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	131



**Figura 9.5 – Áreas de solo exposto provocadas pela variação do nível do reservatório da UHE Três Marias.**

### 9.1.2. Erosões Lineares

Erosões lineares podem tomar diversas formas, sendo que a característica definidora é a concentração de fluxos de água com elevado poder de iniciar o movimento de partículas e transportá-las a jusante. Essa concentração de fluxos faz com que ocorra uma incisão vertical nos materiais, formando ravinas. A evolução desse processo, que pode levar a incisão chegar ao nível do lençol freático, pode ser definida como voçoroca.

Esse tipo de erosão pode ser uma evolução do processo de erosão laminar, mas pode ter origens diversas. Em materiais arenosos pode se desenvolver rapidamente e atingir grandes proporções, fase em que coloca os terrenos adjacentes em situação de risco, além de fornecer sedimentos às drenagens à jusante em quantidades muito além das normais.

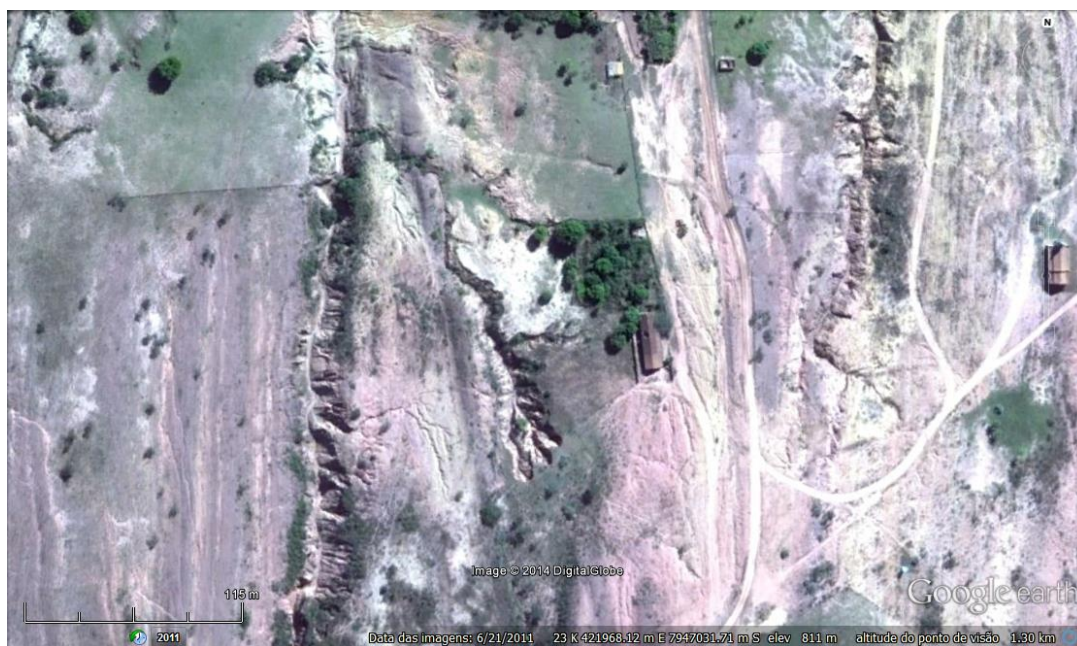
Esses processos, embora não tão comuns neste contexto, podem ser observados na região mais central da UPGRH SF4, onde se concentram as áreas degradadas mais extensas. A imagem da **Figura 9.6** ilustra uma ocorrência de solos extremamente frágeis.

A concentração das águas em determinada porção do terreno, possivelmente devido à existência de uma estrada vicinal que possibilitou a concentração das águas de escoamento,

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	132

mento superficial, produziu diversas ravinas e voçorocas alinhadas na direção da estrutura rochosa. Esse alinhamento com a estrutura sugere que os perfis sejam muito jovens, pouco desenvolvidos, e que ainda possuem características da rocha originária.

Voçorocas de grandes dimensões são raras na UPGRH SF4, como as evidenciadas na **Figura 9.7**, pois essas ocorrem geralmente em terrenos com solos profundos, além de pouco coesos. Na UPGRH SF4, solos profundos se concentram na região central, a Oeste do reservatório da UHE Três Marias, mas é possível que a maior coesão dos LATOSSOLOS seja limitante para esses tipos de processos.



**Figura 9.6 – Áreas degradadas por erosões laminares e lineares. Destaque aos voçorocamentos alinhados com a estrutura rochosa.**

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	133



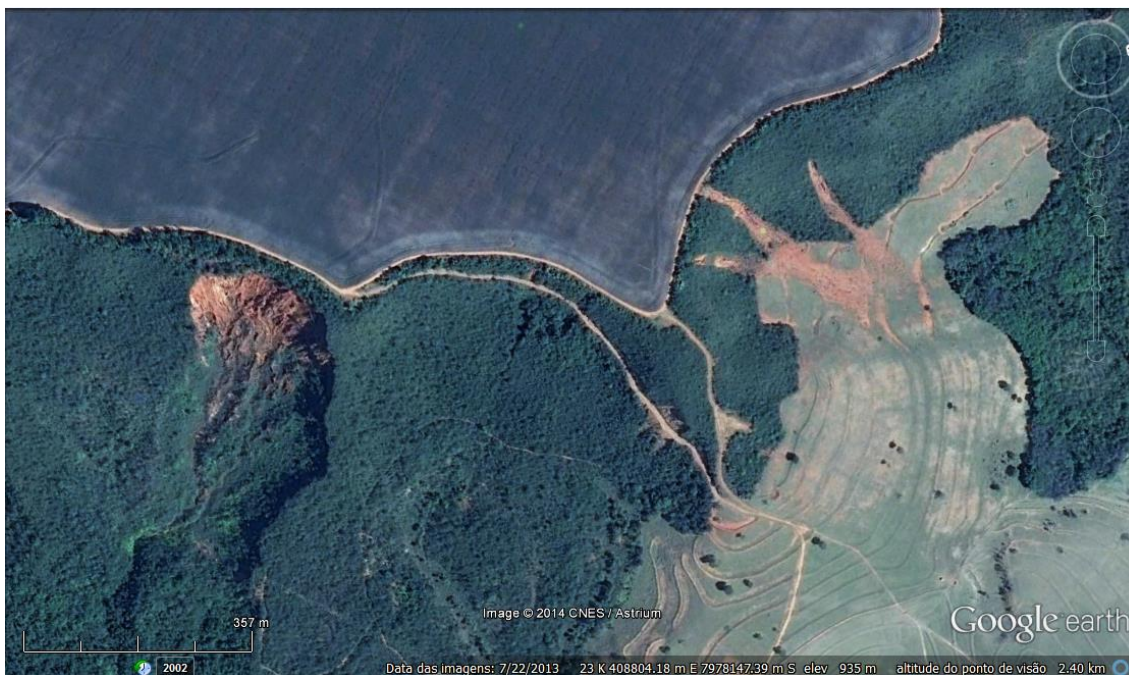
**Figura 9.7 – Processos de voçorocamento em áreas de solos profundos e incoesos.**

### 9.1.3. Movimentos de Massa

Movimento de massa é o deslocamento de materiais intemperizados ou rocha sã pela ação da força gravitacional e de uma série de condições favoráveis a esse fenômeno, como declividades acentuadas e eventos de intensa pluviosidade.

Na UPGRH SF4 esses fenômenos são raros, restringindo-se às áreas de borda de tabuleiros e planaltos (**Figura 9.8**), principalmente naqueles relativos à unidade geológica Grupo Mata da Corda, na porção Oeste da área em estudo. Essas áreas também são frequentemente recobertas por vegetação florestal, o que reduz o impacto desses fenômenos.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	134



**Figura 9.8 – Processos de movimento de massa em bordas de planalto. À direita, movimento de massa que evolui por eventos rotacionais, e à esquerda, deslizamentos rasos.**

## 9.2. Processos Sedimentológicos

Os processos sedimentológicos serão avaliados em dois ambientes: na rede de drenagem da UPGRH SF4 e no reservatório de Três Marias.

### 9.2.1. Processos sedimentológicos nas drenagens

Os sedimentos gerados por processos erosivos nas vertentes, enquanto houver energia para o transporte, seguem o curso em direção de jusante até as calhas das drenagens. Nessas, a continuidade do transporte ou a sua deposição também são condições que dependem da competência do fluxo de água.

No contexto da UPGRH SF4, a produção de sedimentos nas vertentes é refletida nas drenagens pela ocorrência de inúmeras barras de sedimentos finos. A **Figura 9.9 a)** demonstra um rio de ordem reduzida, que drena a região central da UPGRH SF4, umas das mais afetadas por processos erosivos, e cujo leito da calha é composto principalmente por sedimentos finos, possivelmente arenosos.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	135



a) Leito arenoso de pequeno curso de água      b) barras arenosas no baixo rio Indaiá

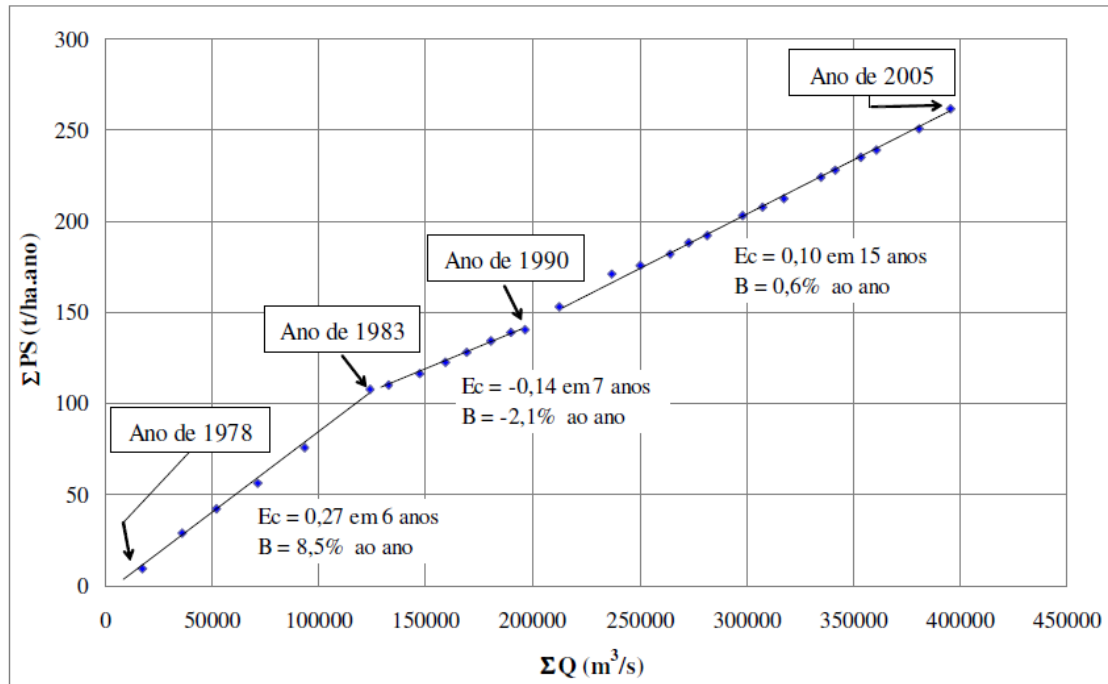
**Figura 9.9 – Imagens de sensor remoto de calhas fluviais da UPGRH SF4. Fonte: Google Earth (2014).**

Já a **Figura 9.9 b)** é relativa ao baixo curso do rio Indaiá, próximo à desembocadura no reservatório da UHE Três Marias. Nela observa-se a ocorrência de diversas barras laterais em sequência, sendo indicativo de uma elevada carga sedimentar de fundo.

Embora essas formas de leito possam ocorrer de forma natural, alguns trabalhos revelam que existe uma relação entre a quantidade de áreas degradadas e a quantidade de sedimentos nas calhas fluviais.

Macêdo (2009) levantou os dados de produção de sedimentos da estação fluviosedimentométrica de Porto Indaiá (Código 01845022) entre 1978 e 2005. Segundo os dados levantados, houve um grande aumento na concentração da carga sólida do rio nesse período (**Figura 9.10**).

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	136



**Figura 9.10 – Evolução da produção de sedimentos da bacia do rio Indaiá. PS: Produção específica anual de sedimentos. Q: Descargas líquidas anuais. Fonte: Macêdo (2009).**

Esse gráfico apresenta uma curva de massa com tendência de crescimento de 8,5% ao ano entre 1978 e 1983, período com intensos eventos de El Niño. Após esse período, além de uma redução das taxas pluviométricas, ocorre uma redução das áreas degradadas, o que reduz esse crescimento da produção de sedimentos.

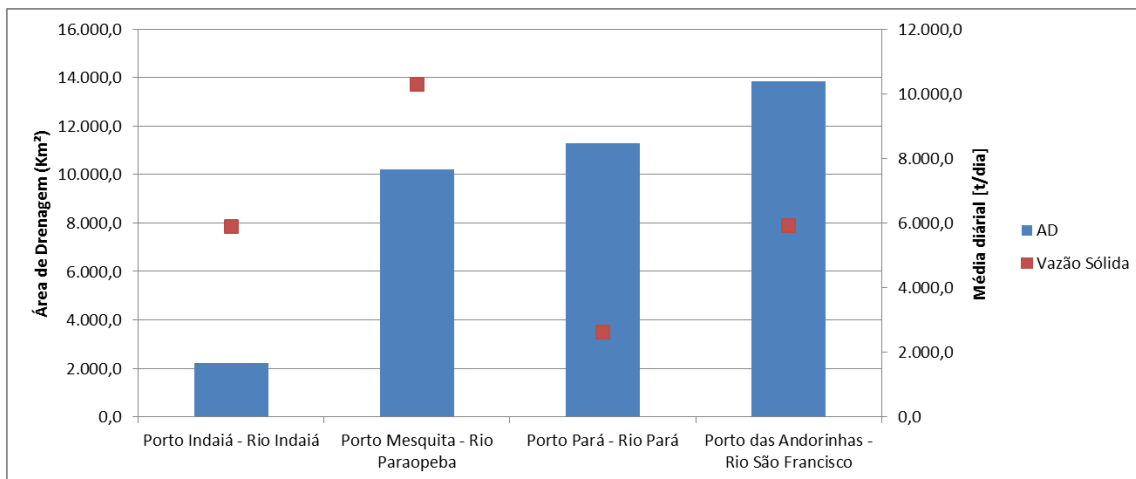
A importância do sistema da bacia do rio Indaiá no contexto da UPGRH-SF4 é evidenciada na **Figura 9.11** que compara a produção de sedimentos desta bacia com outras drenagens que também contribuem para o reservatório da UHE Três Marias, como os rios Paraopeba, Pará e São Francisco. Nela se pode comparar a média da vazão sólida diária entre 1978 e 2002 e verificar que o rio Indaiá possui uma produção de sedimentos comparável à do rio São Francisco, que na seção avaliada tem uma área de drenagem 7 vezes maior que a da seção fluvial do rio Indaiá. A maior produção neste grupo é a do rio Paraopeba. A **Figura 9.12** indica a localização destes postos junto das drenagens regionais e a UPGRH-SF4.

Estas diferenças entre bacias vizinhas podem ser explicadas principalmente com relação aos fatores litológicos que condicionam a textura dos solos, bem como aspectos geomorfológicos, como os relevos com maior predisposição ao desenvolvimento de processos erosivos. Por outro lado, as atividades antrópicas como o uso intensivo e inadequado da terra também podem contribuir com aumento da produção de sedimentos.

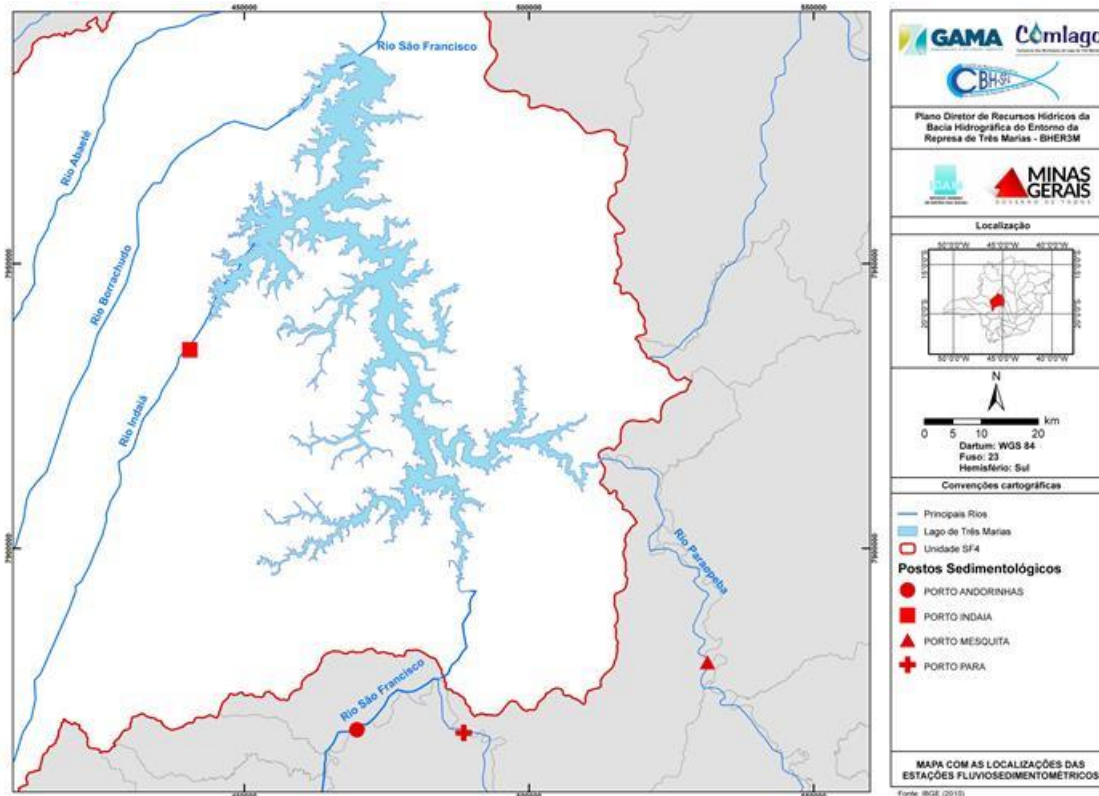
Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	137



Essa variação brusca no uso da terra ou de variações na intensidade da precipitação, podem ser uma possível explicação para os grandes picos registrados nos postos de Porto Mesquita em 1978 e do Porto das Andorinhas em 1992, uma vez que os valores de sedimento se normalizam no decorrer do tempo.



**Figura 9.11 – Áreas de drenagem dos postos analisados e média dos valores de produção diária de vazão sólida total de Jun./1978 a Set./2002. Fonte: Dados de Vazão Sólida Total – CEMIG (2007).**



**Figura 9.12 – Localização dos postos fluviossedimentométricos avaliados.**

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	138

Ao se analisar a série temporal das médias diárias de vazão sólida verifica-se uma variação anual em função das épocas chuvosas e de seca na região, com picos de produção nos meses de Dez/Jan/Fev. Os dados excepcionais de produção de sedimentos de 1982, 1992 e 1997 são relacionados a eventos de chuvas intensas vinculadas a eventos El Niño (NOAA, 2014; MACÊDO, 2009).

Em Fevereiro de 1992, o posto Porto das Andorinhas, no rio São Francisco, registrou uma vazão diária máxima de 3.322,8 m<sup>3</sup>/s, onde a média diária é de 225,1 m<sup>3</sup>/s. Neste mesmo mês, este evento apresentou uma produção diária média de 504.851,7 ton. de carga sólida total (**Figura 9.13**).

Em Fevereiro de 1979, o posto de Porto Mesquita, apresentou um valor de descarga sólida média mensal extrema. Para tentar explicar este evento, foi realizada uma análise nas séries de vazões no posto mais próximo com dados disponíveis no período, que é o posto Estação Alberto Flores (**Figura 9.15**). Contudo, não foi verificada nenhum registro de vazão extrema que explicasse esse pico de descarga sólida em fevereiro de 1979.

Procedeu-se então à análise das precipitações no posto pluviométrico de Porto Mesquita (**Figura 9.16**), e verifica-se que ocorreram eventos extremos de chuva, tanto em Janeiro (490,2 mm) como em fevereiro (344,4 mm) de 1979, e não obstante, esses eventos não são os mais críticos da série histórica. Uma vez que ocorreram volumes de chuvas maiores do que os registrados neste período, isso poderia resultar em outros eventos extremos de descarga sólida de magnitude igual ou maior que o ocorrido em fevereiro de 1979. O evento de descarga sólida também não é explicado pela ocorrência de precipitações máximas.

Há evidências, portanto, de que este evento extremo de descarga de sedimentos registrado em Porto Mesquita em 1979, seja referente a uma inconsistência nos registros dos dados ou uma anomalia.

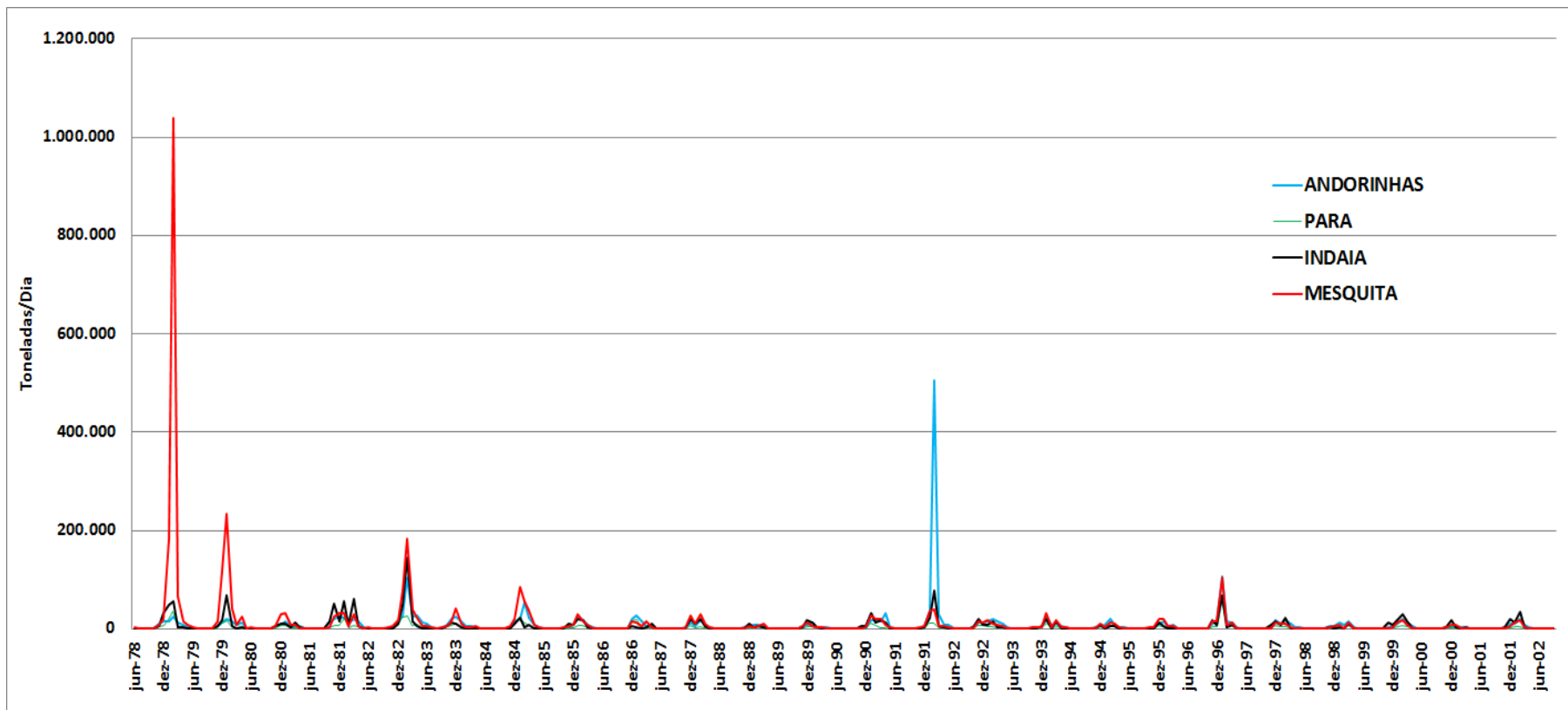
Na **Figura 9.14** são apresentadas as médias mensais de vazões sólidas totais para o período de janeiro/94 a setembro/2002, onde se destaca o evento de grande magnitude de janeiro/1997, em que todas as bacias responderam intensamente ao El Niño. Merece menção a magnitude dos picos de produção de sedimentos no rio Indaiá em relação às demais estações, mesmo esta sendo uma bacia de menor área de drenagem.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	139

Isto coloca relevância no aspecto das condições físicas de cada bacia e como tais aspectos são tratados pela ocupação e utilização humana destas. Bacias que apresentam solos frágeis associados a usos nem sempre adequados, como as dos rios Indaiá e Paraopeba, necessitam de maior atenção no que se refere ao planejamento adequado do uso sustentável do solo.

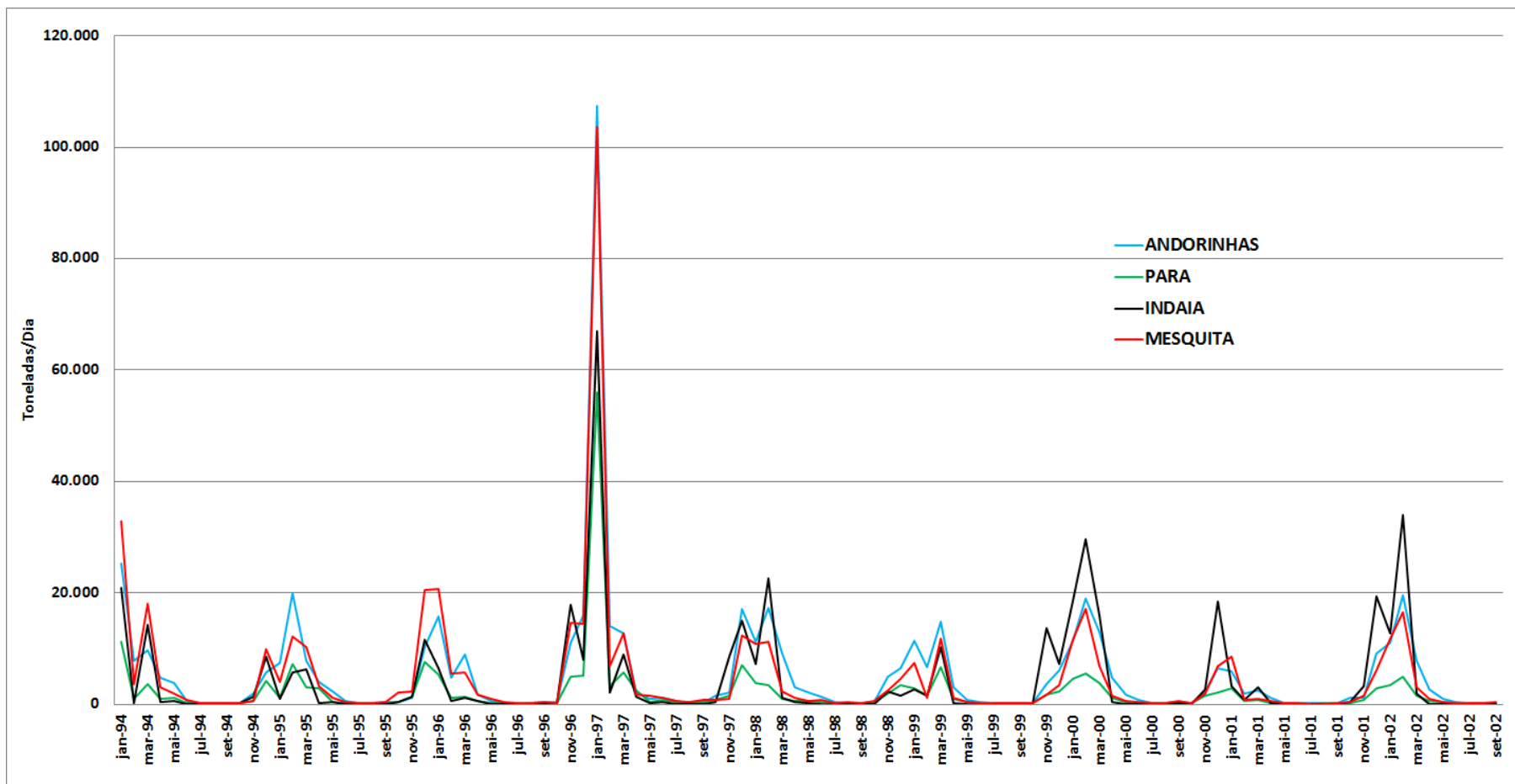
A adoção de melhores práticas agropecuárias para a redução da produção de sedimentos é importante para melhorar a qualidade das águas fluviais, fundamentais para a manutenção do equilíbrio da biota aquática, além de reduzir os custos do abastecimento humano.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	140

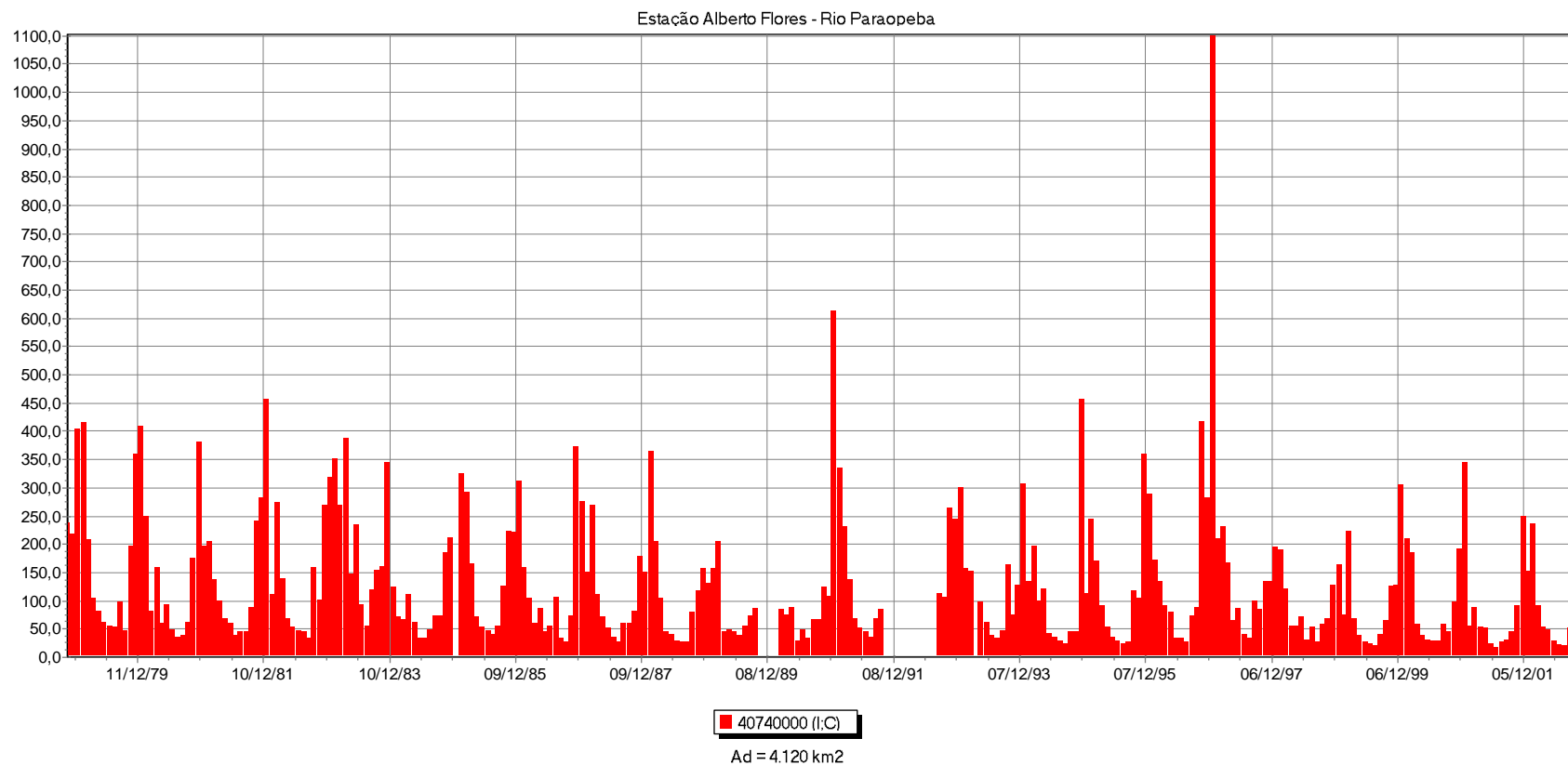


**Figura 9.13 – Médias mensais de medidas diárias de vazões sólidas totais dos postos Porto Andorinhas (rio São Francisco), Porto Pará (rio Pará), Porto Indaiá (Rio Indaiá) e Porto Mesquita (rio Paraopeba), entre os anos de 1978 e 2002. Fonte: CEMIG (2007).**

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 141
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

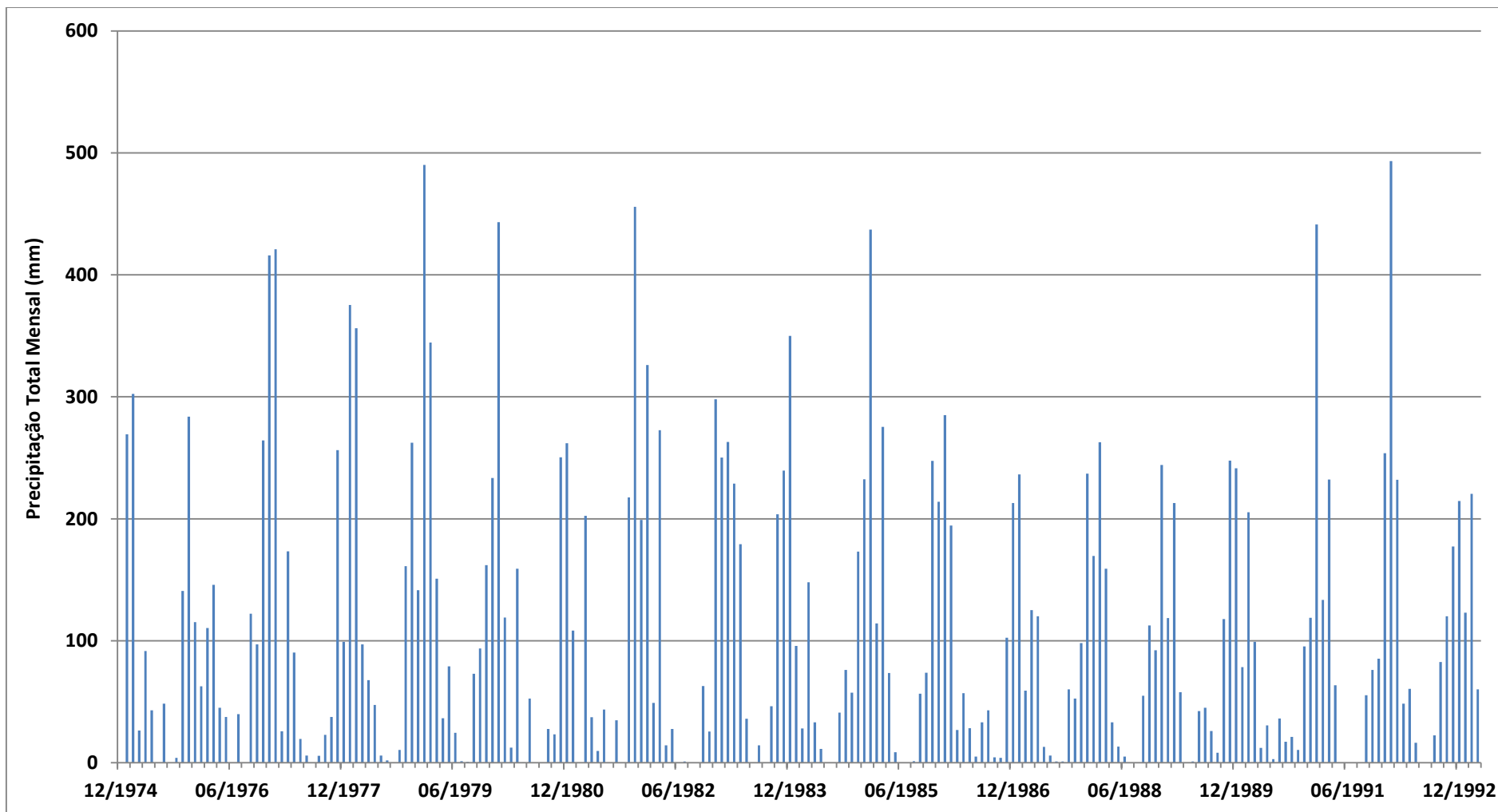


**Figura 9.14 – Médias mensais de medidas diárias de vazões sólidas totais dos postos Porto Andorinhas (rio São Francisco), Porto Pará (rio Pará), Porto Indaiá (Rio Indaiá) e Porto Mesquita (rio Paraopeba), entre os anos 1994 a 2002. Fonte: CEMIG (2007).**



**Figura 9.15 – Série histórica de vazões do postos fluviométrico Estação Alberto Flores (40740000).**

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 143
------------------------------	---	-------------------------------	---------------



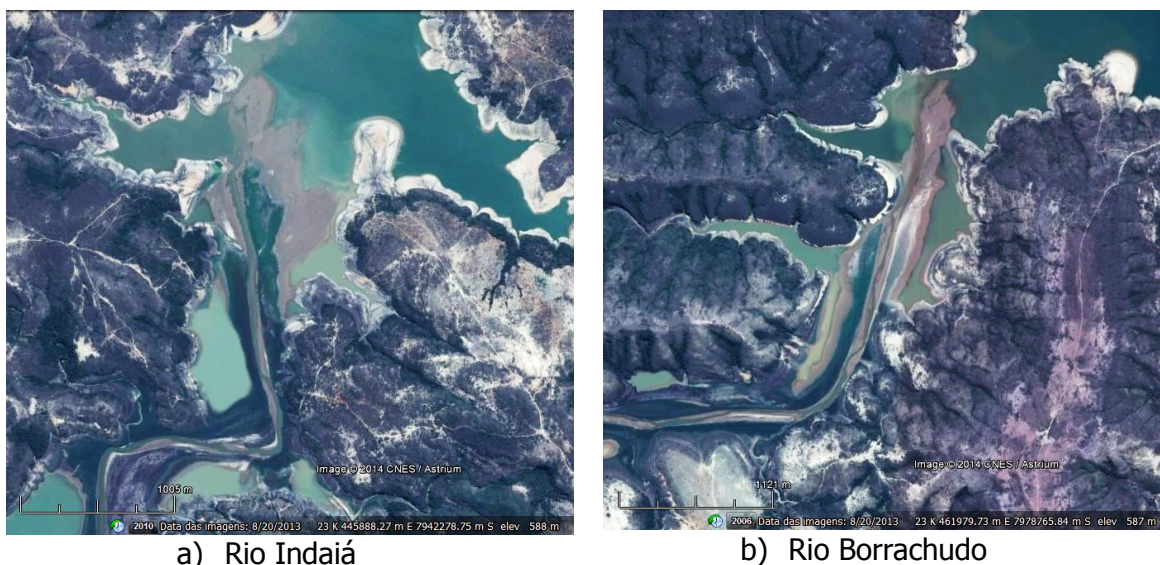
**Figura 9.16 – Série histórica de precipitação no posto Porto Mesquita**

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 144
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

### 9.2.2. Processos sedimentológicos no reservatório da UHE Três Marias

Uma vez que os sedimentos gerados por processos erosivos nas vertentes atingem as drenagens, estes podem ser transportados a jusante ou ser depositados quando a competência do fluxo fica abaixo do mínimo exigido para seu transporte. No caso de reservatórios formados por barragens, quando um rio deságua nele, o aumento brusco da seção e a redução da velocidade fazem com que as partículas arenosas e boa parte daquelas em suspensão sejam depositadas em um tipo de leque sedimentar.

No caso do reservatório da UHE Três Marias, esse processo pode ser observado na desembocadura das principais drenagens tributárias do lago (**Figura 9.17**).



**Figura 9.17 – Imagens de sensor remoto das fozes de alguns rios no reservatório da UHE Três Marias.**

O desenvolvimento desses depósitos se dá teoricamente até o preenchimento do reservatório, caso não forem tomadas medidas para retirada deste material. Para monitorar a velocidade de desenvolvimento desses depósitos, campanhas de levantamento batimétricos são realizadas periodicamente, como as realizadas pela CEMIG (2003).

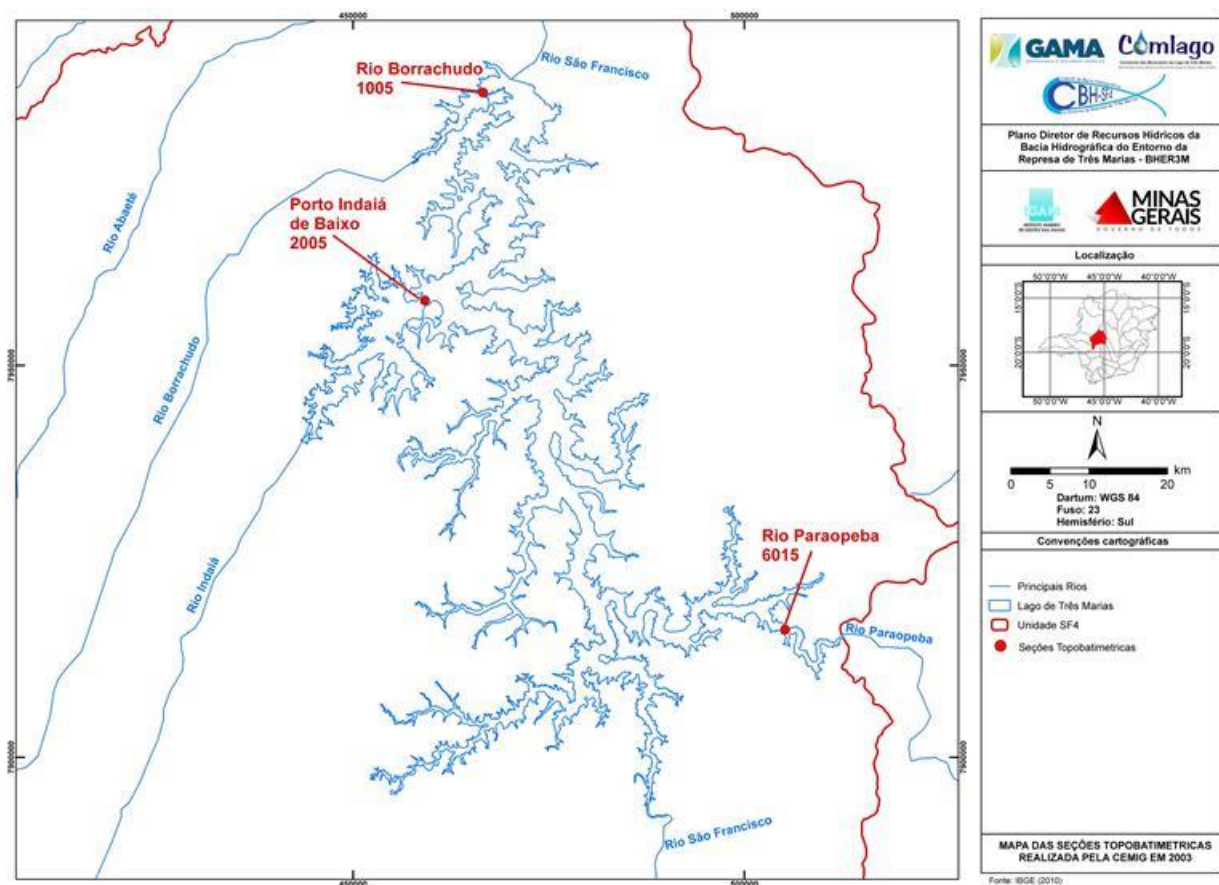
Nesse levantamento, foram realizadas três seções topobatimétricas junto a tributários do reservatório (**Figura 9.18**). Foram realizadas seções nos rios Borrachudo, Indaiá e Paraopeba, sendo gerados gráficos comparativos com um levantamento nos mesmos moldes realizado em 1975, para avaliação das modificações na morfologia e estimar a redução do volume útil do reservatório nesse período. Na seção realizada no rio Borrachudo, observa-se de modo geral a manutenção

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	145



da morfologia da seção, exceto na porção mais profunda, em que nota-se um nítido preenchimento por sedimentos, com espessura da ordem de 3 m de espessura, se comparado à medição realizada em 1975 (**Figura 9.19**).

Na seção realizada em no rio Indaiá, na localidade de Porto Indaiá de Baixo, pouca diferença pode ser atribuída entre as duas medições, a não ser um pequeno incremento junto da margem esquerda, da ordem de 1 a 2 m. Na porção mais profunda da seção, nota-se a modificação do leito, mas com resultado pouco preciso, não permitindo uma conclusão definitiva (**Figura 9.20**).



**Figura 9.18 – Mapa de localização das seções topobatimétricas realizadas pelo levantamento da CEMIG (2003).**

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 146
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

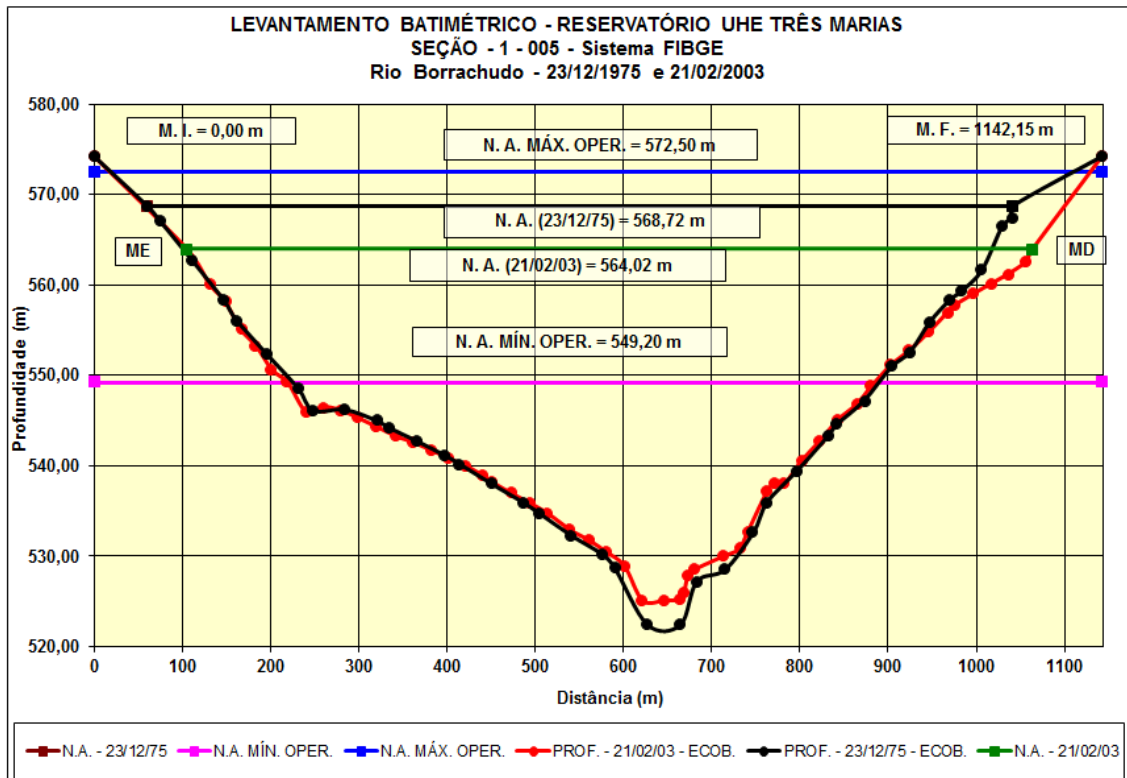


Figura 9.19 – Levantamento topobatimétrico no rio Borrachudo. Fonte: CEMIG (2003).

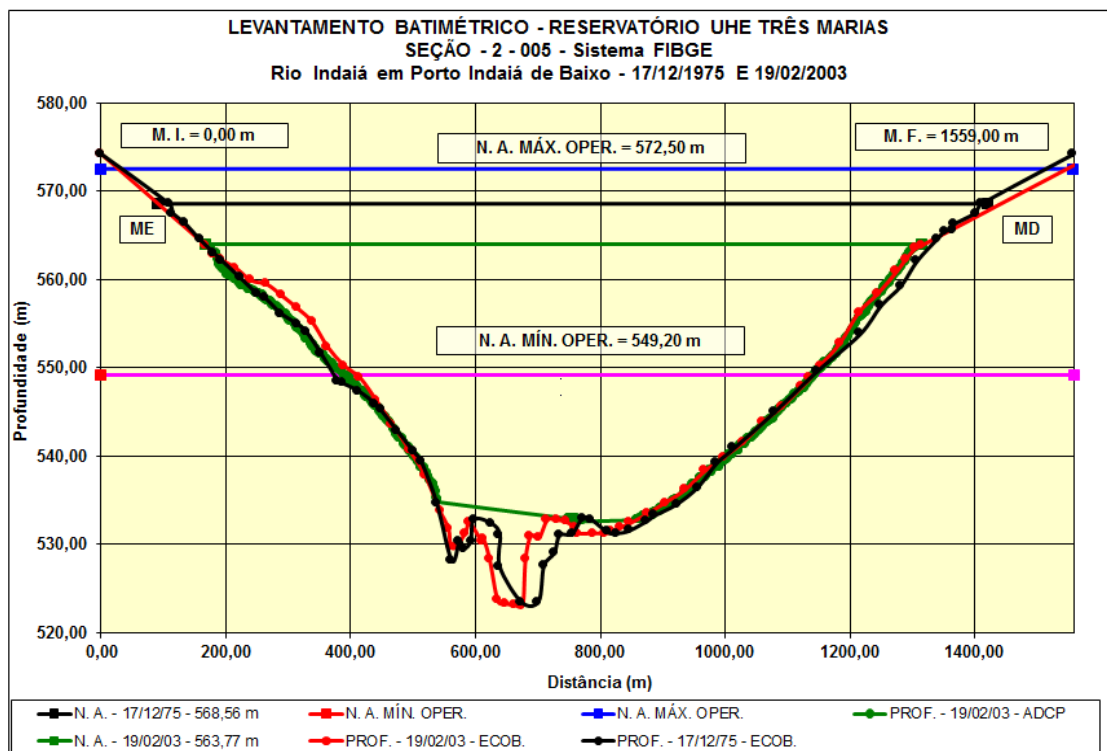
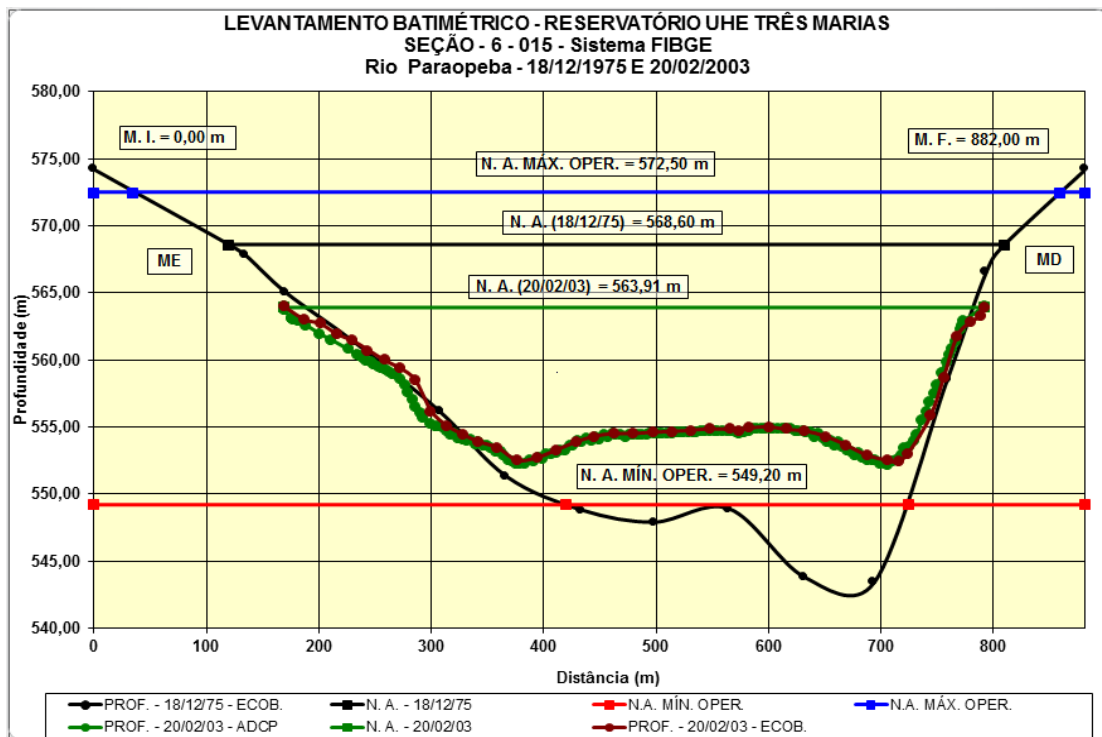


Figura 9.20 – Levantamento topobatimétrico no rio Indaiá. Fonte: CEMIG (2003).

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 147
------------------------------	---	-------------------------------	---------------



**Figura 9.21 – Levantamento topobatimétrico no rio Paraopeba. Fonte: CEMIG (2003).**

Já na seção do rio Paraopeba, verificam-se as maiores modificações no leito, na porção mais profunda do mesmo, onde pode ser identificado um preenchimento sedimentar da ordem de 10 m de espessura.

Mesmo considerando que o assoreamento de um reservatório é uma consequência natural em qualquer sistema de drenagem, deve ser dada atenção ao uso do solo realizado nas bacias do entorno do reservatório, tal como sugere Macêdo (2009), principalmente com relação às boas práticas de manejo da pecuária, que produzem extensas áreas degradadas que vem ao final produzir um aporte adicional de sedimentos ao reservatório da UHE Três Marias.

Eventos de grande magnitude como os eventos registrados nos postos de Mesquita e Andorinhas, podem acelerar o assoreamento do reservatório de Três Marias. Esse assoreamento prejudica não só a geração de energia elétrica, bem como o abastecimento de água, tanto para a irrigação como para o consumo humano, pois o volume útil do reservatório é reduzido gradativamente. Uma forma de reduzir esse assoreamento é dragar o lago, porém essa intervenção é cara e implica em grandes impactos ambientais, outra forma de se reduzir a produção de sedimentos é implantar programas de preservação da cobertura do solo, evitando assim o carreamento de sedimentos para o leito do rio.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	148

## 10. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Esta parte do diagnóstico consistirá na avaliação da disponibilidade hídrica superficial em pontos notáveis da bacia hidrográfica, com base nas séries de vazões naturais, na rede de monitoramento mantida na bacia e no cadastro de poços. Ele embasará, adiante, o gerenciamento dos recursos hídricos, em especial o enquadramento dos corpos de água, as prioridades para outorga de direito de uso das águas e contribuirá para a definição de diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso das águas.

### 10.1. Regime Pluviométrico

#### 10.1.1. Levantamento e Seleção dos Postos Pluviométricos

Foi levantado um total de 69 estações pluviométricas, a partir do banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA) - Hidroweb ([www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br)), de responsabilidade das seguintes entidades: ANA, CEMIG, CODEVASF, COPASA, DAEE-MG e INMET. Uma análise de pré-seleção dos postos foi realizada, que resultou na exclusão de 36 das 69 estações levantadas devido a indisponibilidade de dados nestas estações. Um outro critério foi a exclusão de estações com séries de dados inferiores a 10 anos, garantindo uma amostra mais representativa da série e interdependência entre as séries após o preenchimento de falhas. A disponibilidade de dados das séries dos postos pluviométricos foi observada por meio de um gráfico de Gantt gerado pelo programa Manejo de Dados Hidrológicos do Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS (**Figura 10.1**). Tal visualização permitiu identificar a disponibilidade de dados, retirando da análise mais 8 postos pluviométricos, o que resultou um total de 25 estações pluviométricas selecionadas para o estudo.

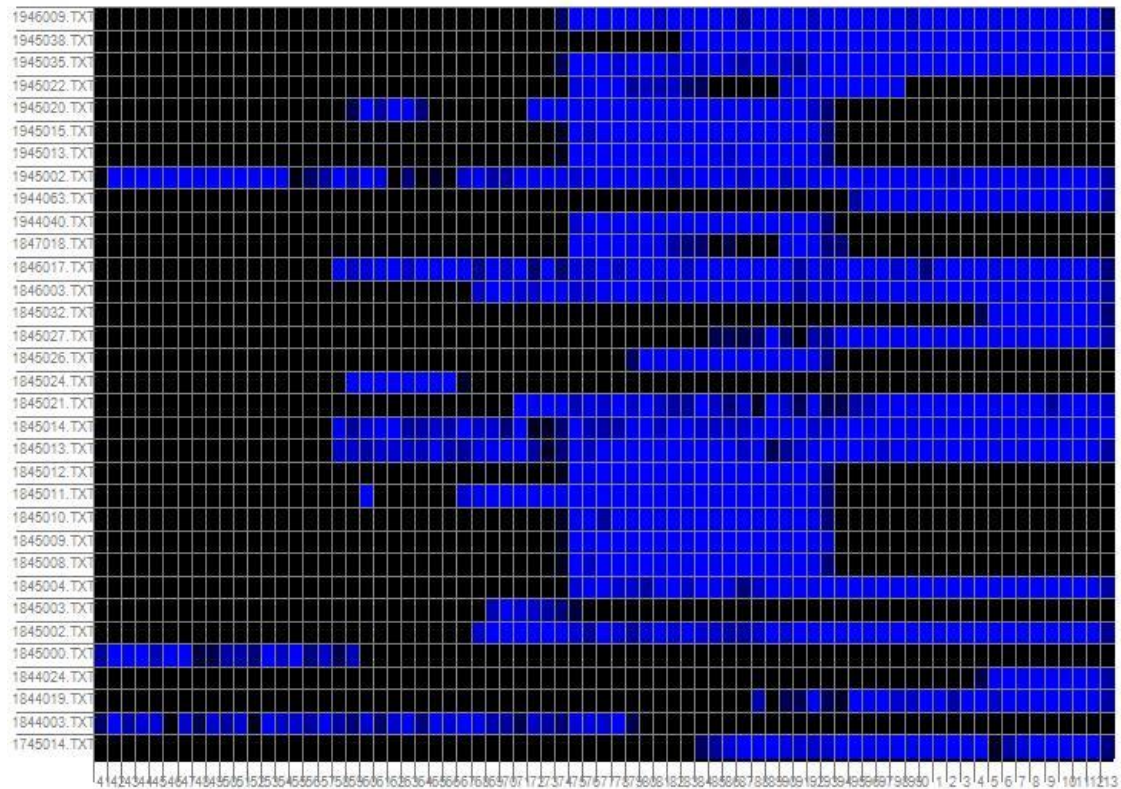
Do total das 25 estações pré-selecionadas, 15 se encontram ativas e 10 não estão mais em operação. Dentre os postos ativos, todos são operados pela ANA. As informações gerais das estações pré-selecionadas podem ser vistas no **Quadro 10.1**. A localização espacial dos postos pluviométricos na UPGRH SF4 é apresentada na **Figura 10.2**.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	149

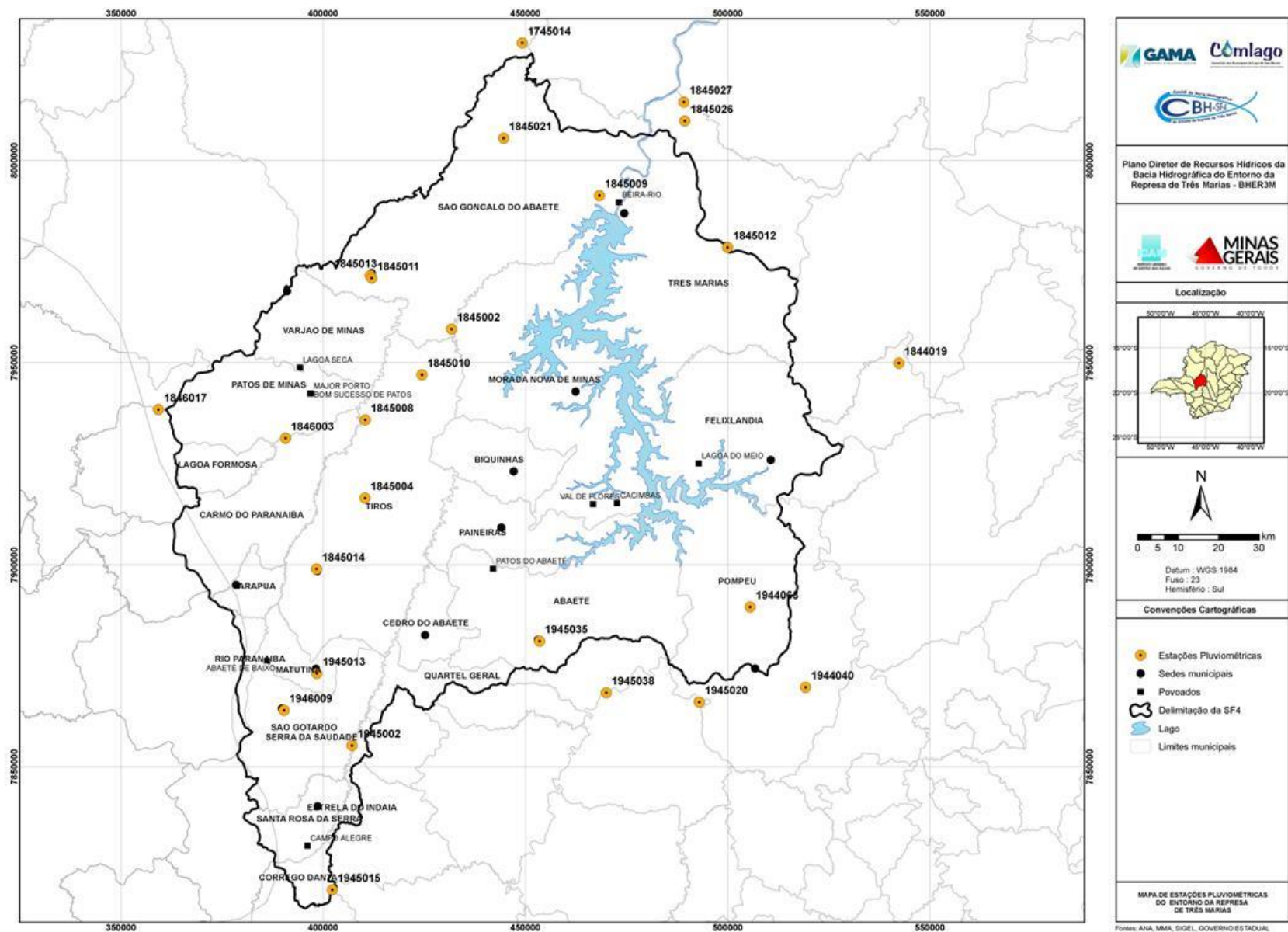
**Quadro 10.1 - Postos pluviométricos selecionados para o estudo.**

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOME</b>	<b>MUNICÍPIO</b>	<b>LAT</b>	<b>LONG</b>
1745014	Fazenda Santana	João Pinheiro	-17.83	-45.48
1844003	Ponte do Licínio	Morro da Garça	-18.68	-44.68
1844019	Morro da Garça	Morro da Garça	-18.54	-44.60
1845002	Fazenda São Felix	São Gonçalo do Abaeté	-18.46	-45.65
1845004	Lagoa do Gouveia	Tiros	-18.84	-45.85
1845008	Morada Nova de Minas	Morada Nova de Minas	-18.67	-45.85
1845009	UHE Três Marias	São Gonçalo do Abaeté	-18.17	-45.30
1845010	Vila Canastrão	Tiros	-18.57	-45.72
1845011	São Gonçalo do Abaeté	São Gonçalo do Abaeté	-18.35	-45.83
1845012	Andrequice	Três Marias	-18.28	-45.00
1845013	São Gonçalo do Abaeté	São Gonçalo do Abaeté	-18.34	-45.84
1845014	Tiros	Tiros	-19.00	-45.97
1845021	Canoeiros	São Gonçalo do Abaeté	-18.04	-45.52
1845026	Fazenda das Pedras	Três Marias	-18.00	-45.10
1845027	Barra do Rio de Janeiro	Três Marias	-17.96	-45.10
1846003	Major Porto	Carmo do Paranaíba	-18.71	-46.04
1846017	Leal de Patos	Patos de Minas	-18.64	-46.33
1944040	Pompeu Velho	Pompéu	-19.27	-44.82
1944063	Silva Campos	Pompéu	-19.09	-44.95
1945002	Barra do Funchal	Serra da Saudade	-19.39	-45.88
1945013	Matutina	Matutina	-19.23	-45.97
1945015	Fazenda Novo Horizonte	Córrego Danta	-19.72	-45.93
1945020	Porto Para	Martinho Campos	-19.30	-45.07
1945022	Pompéu	Pompéu	-19.22	-45.00
1945038	Porto das Andorinhas	Abaeté	-19.28	-45.29

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 150
------------------------------	---	-------------------------------	---------------



**Figura 10.1 - Gráfico de Gantt dos Postos Pluviométricos. Cor azul (com disponibilidade de dados), cor preta (sem disponibilidade de dados).**



**Figura 10.2 – Mapa de Localização das Estações Pluviométricas.**

<p>Contrato 001/COMLAGO/2013</p>	<p>Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV03</p>	<p>Data de Emissão Junho/2015</p>	<p>Página 152</p>
--------------------------------------	---	---------------------------------------	-----------------------

### 10.1.1. Análise de estacionariedade e variabilidade da precipitação

Uma avaliação de estacionariedade e variabilidade das séries dos postos pré-selecionados foi realizada considerando os totais anuais da precipitação em cada posto. A Estacionariedade representa uma variação dos índices pluviométricos anuais acumulados dos de cada posto em relação à média anual do próprio posto; e variabilidade, refere-se a variação dos totais pluviométricos anuais acumulados dos postos em relação à média anual regional. A **Equação 6** e a **Equação 7** representam, respectivamente, o cálculo dos índices de estacionariedade e variabilidade. Ressaltando que o cálculo das precipitações anuais acumuladas seguiu o Ano Hidrológico da região, que tem início em outubro e término em setembro.

$$i_e = \frac{P_p^i}{P_p}$$

**Equação 6**

$$i_v = \frac{P_p^i}{P_m^i}$$

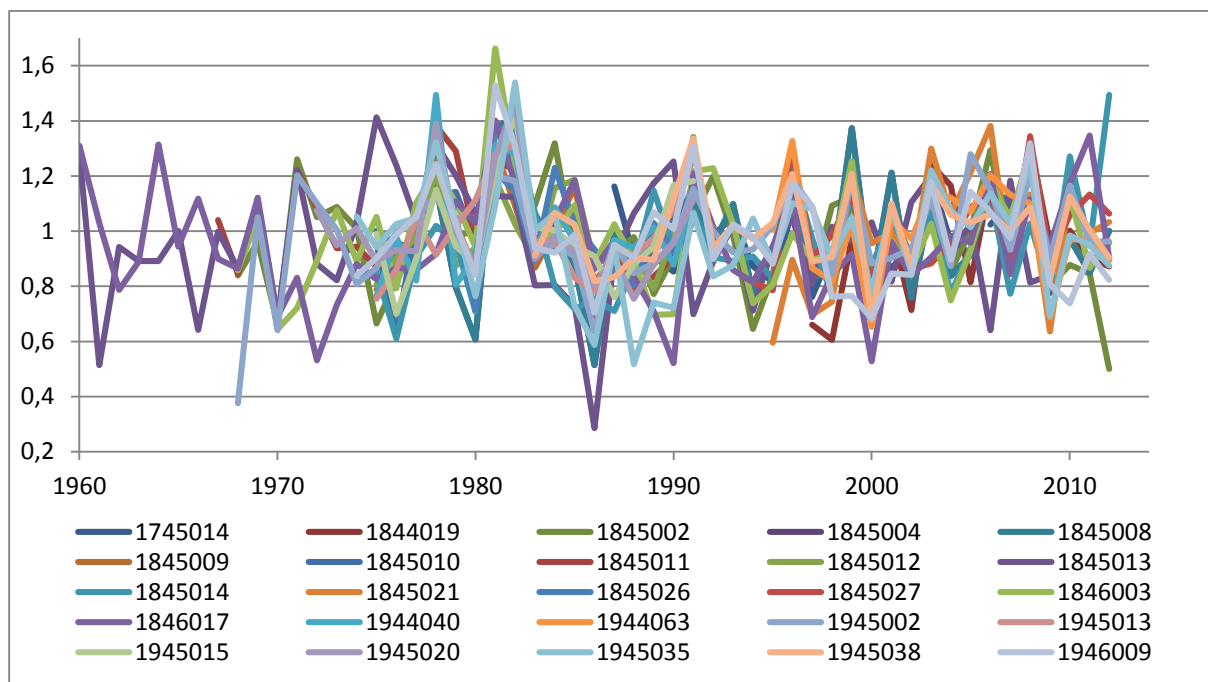
**Equação 7**

Onde:  $i_e$  é o índice de estacionariedade,  $i_v$  é o índice de variabilidade,  $P_p^i$  é a precipitação acumulada do ano hidrológico  $i$  para o posto  $p$ ,  $P_p$  é a precipitação média por posto pluviométrico (média anual de longo termo do posto para toda série avaliada),  $P_m^i$  é a precipitação média regional anual (média aritmética dos valores de precipitação anual de todos os postos dentro do mesmo ano hidrológico).

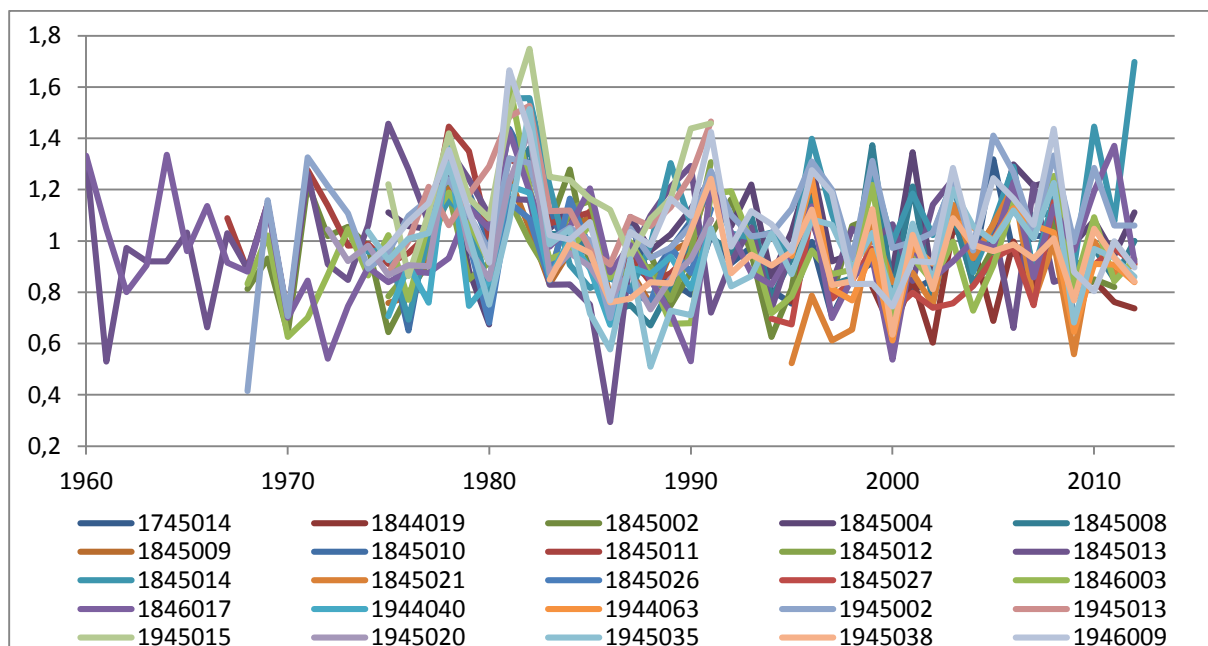
A **Figura 10.3** e a **Figura 10.4** apresentam, respectivamente, a análise de estacionariedade e variabilidade da precipitação dos postos selecionados na bacia. Com o uso dessa análise e posterior análise visual foram excluídos alguns anos dos postos que possuíam uma dispersão elevada em relação a própria média e/ou em relação à média regional. Os anos excluídos referente a cada posto podem ser observados no **Quadro 10.2**. A análise de estacionariedade não identificou mudanças de tendência nas séries históricas dos pontos. No entanto, foi observada grande a variabilidade da precipitação anual de cada posto em relação à precipitação anual do próprio posto como também em relação à precipitação média anual da bacia. Apesar da grande variabilidade, não foi observada uma forte persistência de anos secos ou de anos úmidos consecutivos.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	153





**Figura 10.3 - Análise da estacionariedade da precipitação na bacia. Os valores de precipitação anuais dos postos foram normalizados pela precipitação anual média do próprio posto.**



**Figura 10.4 - Análise da variabilidade da precipitação na bacia. Os valores de precipitação anuais dos postos foram normalizados pela precipitação anual média da bacia.**

### Quadro 10.2 - Anos hidrológicos suprimidos da série histórica após análise de espacialidade e variabilidade.

Posto	Ano
1844019	1997; 1998
1845002	1981; 1986
1845004	1986
1845010	1981
1845013	1975; 1981
1845014	2012
1946009	1981

#### 10.1.2. Síntese das informações pluviométricas selecionadas

O regime pluviométrico na região do entorno do Lago de Três Marias é caracterizado pela concentração das chuvas entre os meses de outubro a março, neste período, a média aritmética de todos os postos pluviométricos selecionados corresponde a cerca de 87% do valor da precipitação média anual na região. O **Quadro 10.3** apresenta a distribuição das chuvas, os valores médios mensais por estação e a média anual acumulada.

Através da análise da variação sazonal das chuvas observadas em cada estação pluviométrica utilizada foi identificado que os postos pluviométricos possuem comportamentos semelhantes. Ou seja, a precipitação se distribui ao longo do ano em dois períodos bem definidos: um período seco, compreendendo os meses de abril a setembro com valores entre junho e agosto inferiores a 15 mm (em média), e um período chuvoso, de outubro a março com valores entre novembro e janeiro superiores a 200 mm. A **Figura 10.5** apresenta a distribuição da precipitação média mensal considerando a totalidade dos postos selecionados para a bacia. A **Figura 10.6** mostra a dispersão da precipitação média mensal em todos os postos utilizados. Observa-se que as maiores diferenças acontecem durante o período chuvoso devido as diferenças nas médias anuais de cada estação. No período seco tais diferenças não são significativas, onde todos os postos apresentam comportamentos praticamente homogêneo.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 155
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

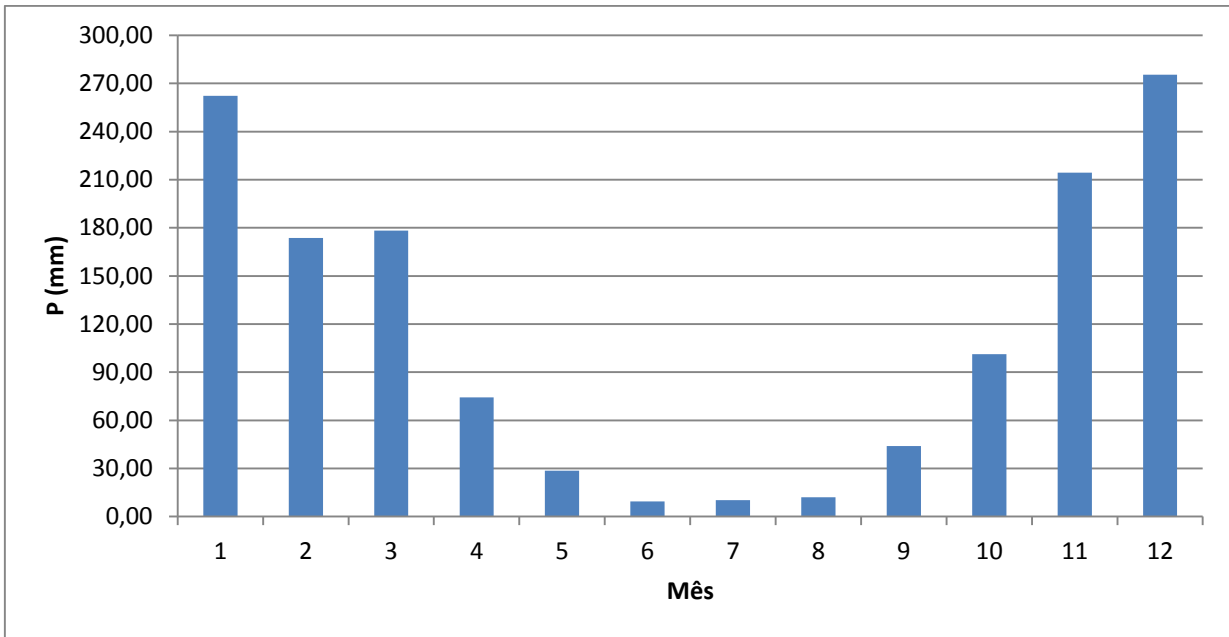
**Quadro 10.3 - Distribuição média mensal da precipitação e medida da concentração sazonal do volume anual precipitado. (continua)**

Código	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual	Out a Mar
1745014	203,18	142,93	194,00	74,66	17,43	3,70	5,87	9,42	35,47	97,29	216,08	282,40	1.282,43	89%
1844003	167,55	147,24	108,58	53,90	22,84	5,93	7,10	5,78	24,77	118,62	181,08	263,56	1.106,94	89%
1844019	202,94	127,88	153,96	43,08	22,48	9,23	3,77	13,64	33,53	84,86	211,88	261,07	1.168,33	89%
1844024	228,36	110,85	184,76	50,04	15,24	10,73	2,51	5,20	19,43	77,58	208,90	306,91	1.220,50	92%
1845000	177,60	159,64	125,87	70,57	15,54	7,84	0,57	2,44	21,66	66,42	181,64	264,67	1.094,46	89%
1845002	242,68	169,33	195,44	66,12	21,27	10,07	7,92	7,71	37,32	105,34	215,30	262,88	1.341,38	89%
1845003	176,66	104,46	121,38	49,95	17,87	8,60	17,00	7,03	30,02	140,33	170,96	182,80	1.027,06	87%
1845004	303,27	185,91	194,80	83,27	33,69	9,70	7,29	15,47	47,83	104,53	236,09	314,82	1.536,67	87%
1845008	281,22	191,35	150,35	69,46	28,41	5,74	15,18	6,06	51,87	96,53	208,02	217,08	1321,26	87%
1845009	268,41	186,08	134,71	72,72	25,08	8,26	12,87	9,34	50,86	94,51	226,44	240,58	1.329,85	87%
1845010	278,93	218,19	179,38	75,35	21,51	8,04	11,36	10,84	48,75	92,28	218,91	274,22	1.437,75	88%
1845011	250,46	187,12	168,65	81,30	27,94	8,50	14,86	10,86	49,38	127,04	235,80	286,31	1.448,22	87%
1845012	281,69	186,28	138,91	74,49	25,44	4,73	9,15	10,09	37,74	87,59	218,42	273,39	1.347,92	88%
1845013	257,07	185,46	190,13	75,37	26,90	9,23	8,12	9,18	42,60	98,76	232,31	293,10	1.428,24	88%
1845014	314,38	176,19	192,85	84,81	40,10	11,55	9,89	15,06	55,40	114,75	242,38	315,71	1.573,06	86%
1845021	188,61	149,87	203,81	68,08	21,63	4,91	3,68	11,31	26,28	70,01	219,80	247,80	1.215,80	89%
1845024	325,01	232,51	186,38	44,95	22,78	4,08	3,48	3,20	33,10	124,51	177,18	226,98	1.384,14	92%
1845026	275,48	163,66	160,63	77,55	17,72	6,39	11,48	8,96	36,11	85,46	200,45	266,76	1.310,65	88%
1845027	191,92	128,99	207,94	63,63	17,29	4,79	3,51	9,21	27,34	73,40	212,67	246,28	1.186,97	89%
1845032	267,61	160,29	350,68	94,91	18,30	10,55	0,00	25,96	24,84	74,46	250,66	316,63	1.594,89	89%
1846003	255,96	164,32	176,48	71,24	27,64	10,13	7,09	14,47	35,49	102,67	199,31	280,01	1.344,83	88%
1846017	274,12	174,40	187,09	65,41	24,06	9,76	6,59	10,78	41,62	127,79	199,95	286,14	1.407,71	89%
1847018	249,57	122,99	155,80	59,90	30,58	14,90	11,93	14,86	49,38	145,08	266,36	281,76	1.403,09	87%
1944040	278,48	165,84	127,84	63,73	29,02	10,92	15,00	12,25	47,54	102,59	187,02	241,32	1.281,55	86%

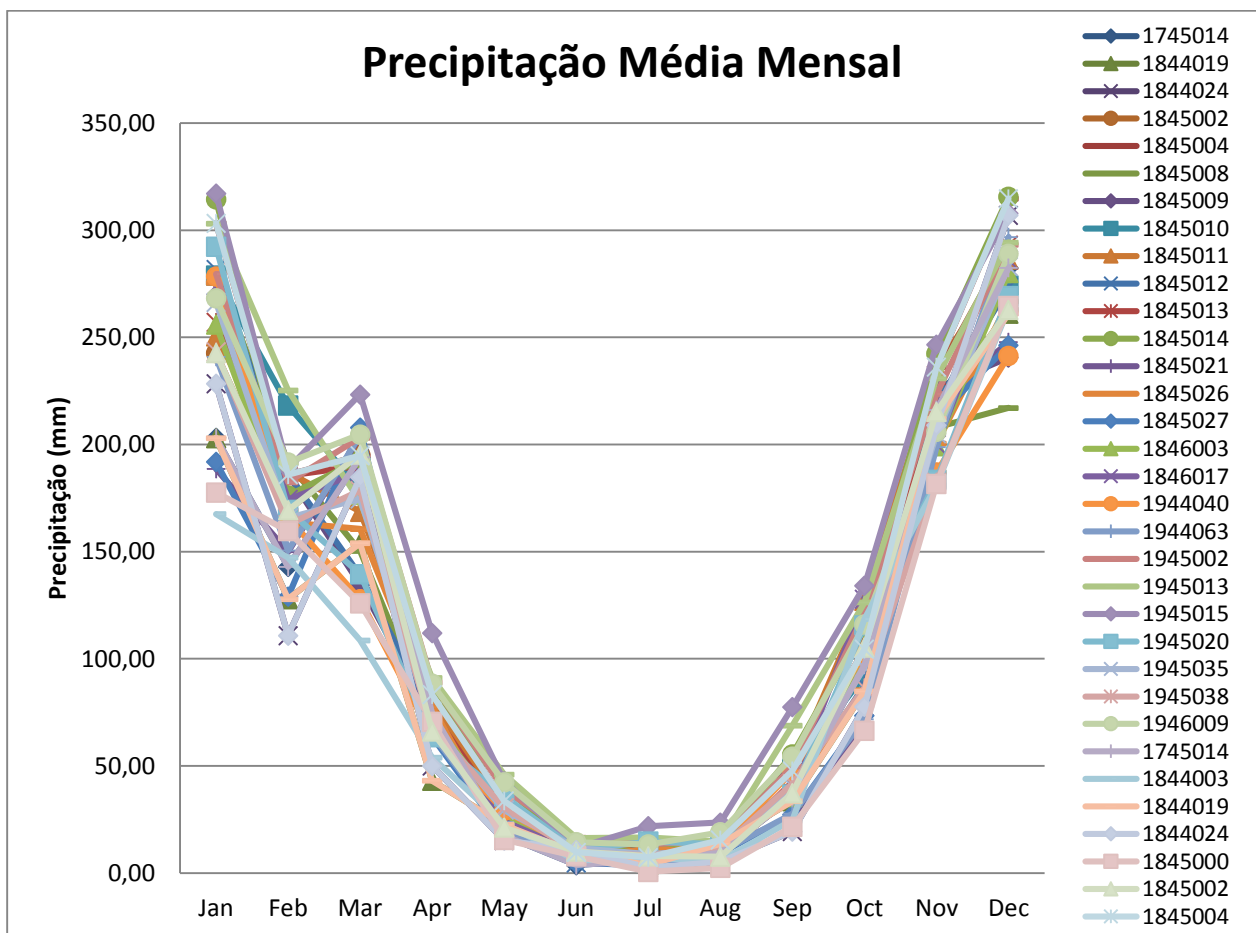
**Quadro 10.3 - Distribuição média mensal da precipitação e medida da concentração sazonal do volume anual precipitado. (conclusão)**

<b>Código</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Média Anual</b>	<b>Out a Mar</b>
1944063	240,92	150,51	204,29	64,87	20,23	7,79	4,59	9,79	27,72	71,74	198,86	296,86	1.298,18	90%
1945002	279,62	182,39	203,20	89,03	38,93	16,47	13,48	15,08	49,75	121,26	223,55	293,23	1.525,97	85%
1945013	303,16	225,29	173,36	91,09	45,99	16,32	16,67	14,72	68,85	126,30	230,95	294,34	1.607,02	84%
1945015	317,09	188,66	223,34	112,03	42,90	11,71	21,90	23,58	77,43	134,10	246,67	307,84	1.707,25	83%
1945020	292,27	169,48	139,54	63,49	35,84	10,86	14,74	13,47	36,67	115,59	183,53	269,34	1.344,79	87%
1945022	273,24	153,52	131,77	61,57	40,55	12,06	6,39	7,97	37,90	72,88	167,63	258,58	1.224,05	86%
1945035	266,40	165,74	174,67	69,19	29,38	11,61	8,89	10,94	40,27	96,03	205,02	283,13	1.361,26	87%
1945038	243,34	162,65	178,50	67,78	30,61	9,72	8,26	11,36	41,73	86,50	182,48	264,33	1.287,26	87%
1946009	268,32	191,63	204,66	88,36	42,37	14,40	13,37	19,03	54,30	115,99	205,91	289,08	1.507,41	85%
Média Mensal	255,32	167,62	176,48	70,97	27,20	9,37	9,23	11,36	40,69	101,60	210,98	272,42	1.353,24	88%

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 157
------------------------------	---	-------------------------------	---------------



**Figura 10.5 - Precipitação média mensal dos postos pluviométricos.**



**Figura 10.6 - Dispersão da precipitação média mensal dos postos.**

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV03	Data de Emissão Junho/2015	Página 158
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

A média anual da precipitação para todas as estações selecionadas na região é de 1.384 mm. Os valores máximos de precipitação mensal foram encontrados no mês de dezembro (valores médios mensais acima de 250 mm) e os valores mínimos de precipitação mensal foram encontrados em junho (valores médios mensais próximos a 10 mm). Considerando a média dos postos utilizados na região, foi encontrado que em anos chuvosos a precipitação anual da região é em média 1.900 mm e que em anos secos a precipitação anual média é aproximadamente 950 mm.

As isoietas de precipitação média anual da bacia do entorno do Lago de Três Marias podem ser observadas na **Figura 10.7**, que repete a Figura 6.10. Neste mapa, pode-se observar a distribuição espacial da precipitação média anual na bacia. A região de cabeceira da bacia apresenta as maiores médias anuais, as quais vão diminuindo ao longo da bacia, chegando a valores médios anuais de precipitação menores nas proximidades da cidade de Três Marias (em torno de 1.000 mm).

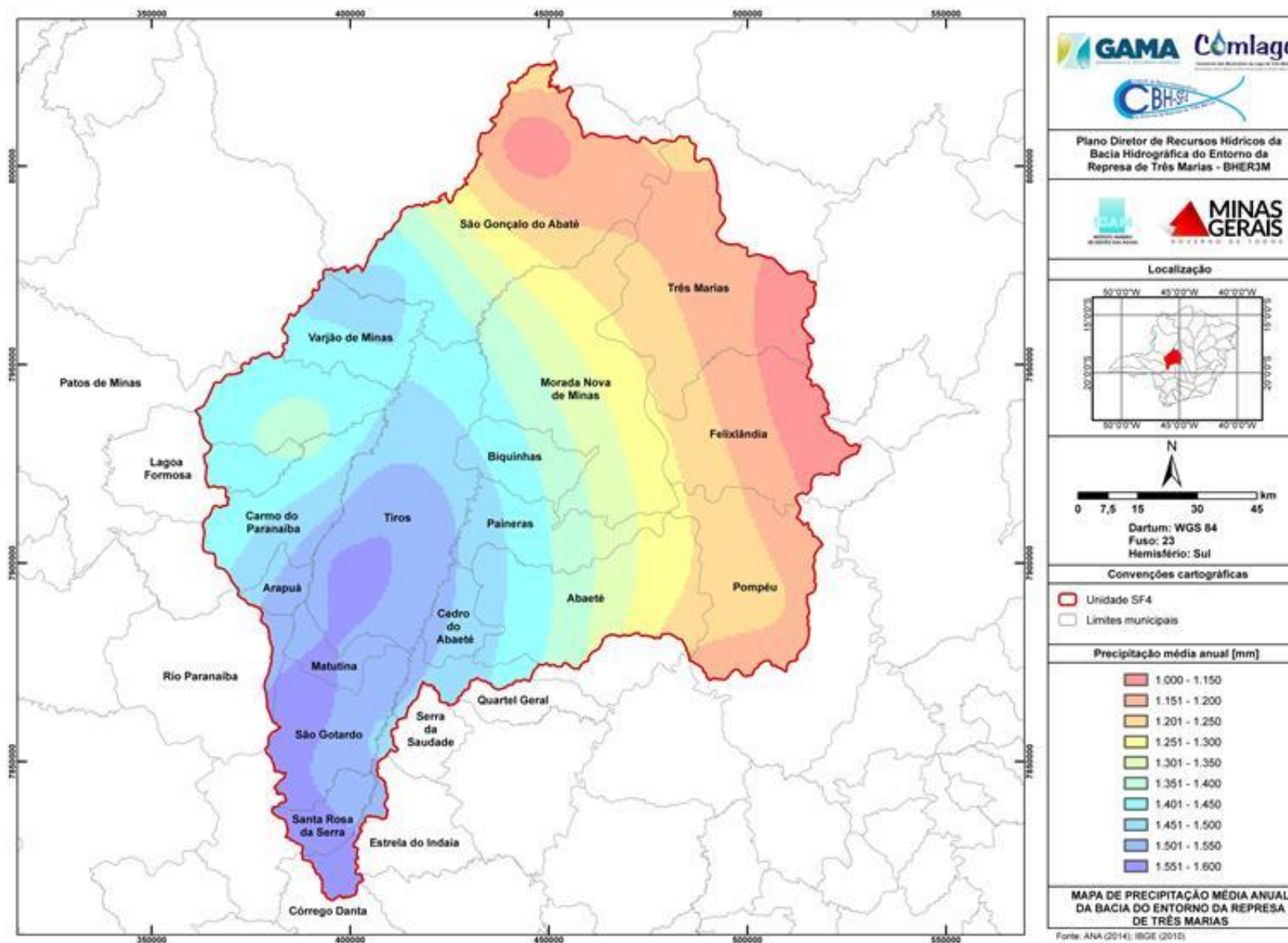
## 10.2. Regime Fluviométrico

### 10.2.1. Levantamento e Seleção dos Postos

Na bacia hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias foram inventariadas 10 estações fluviométricas a partir do banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA) - Hidroweb ([www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br)). O **Quadro 10.4** apresenta uma lista com os postos inventariados localizados na bacia. A localização espacial das estações pode ser observada na **Figura 10.8**.

Para avaliar a disponibilidade da série de dados vazão foi gerado um gráfico de Gantt (**Figura 10.9**) através do programa Manejo de Dados Hidrológicos do Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS. Das 10 estações inventariadas na bacia, os postos de código 41020002 e 40090000 foram excluídos. O primeiro por se tratar de uma estação localizada no rio São Francisco à jusante do lago de Três Marias e que não está contemplado nos estudos no âmbito deste trabalho, o segundo por apresentar uma série reduzida com as mesmas informações da série histórica da estação 40090002.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV03	Junho/2015	159



**Figura 10.7 - Isoietas Totais Anuais na UPRH SF4. Fonte: Hidroweb (2014).**

**Quadro 10.4 - Postos fluviométricos inventariados na UPGRH SF4.**

CÓDIGO	NOME	MUNICÍPIO	LAT	LONG
40530000	Abaeté	Abaeté	-19,1628	-45,4419
40930000	Barra do Funchal	Serra da Saudade	-19,3789	-45,8694
40960000	Fazenda Bom Jardim	Tiros	-18,9500	-45,7000
40963000	Porto Indaiá	Biquinhas	-18,6883	-45,5761
40975000	Fazenda São Félix	São Gonçalo do Abaeté	-18,4672	-45,6458
41020002	UHE Três Marias - Jusante	Três Marias	-18,1883	-45,2506
41050000	Major Porto	Patos de Minas	-18,7064	-46,0397
41075001	Porto do Passarinho	São Gonçalo do Abaeté	-18,4031	-45,7344
41090000	Canoeiros	São Gonçalo do Abaeté	-18,1000	-45,4667
41090002	Ponte da BR-040	São Gonçalo do Abaeté	-18,1086	-45,4614

**10.2.2. Análise de Consistência - Estacionariedade**

Uma avaliação quanto a consistência dos postos de vazão pré-selecionados foi realizada com base na estacionariedade das séries de dados de cada estação fluviométrica. A estacionariedade das vazões pode ser entendida como a variação das vazões médias anuais dos postos em relação à média anual de longo termo do próprio posto. O índice de estacionariedade foi calculado através da **Equação 8**. Para esta análise foi considerado a vazão média anual calculada a partir do ano hidrológico da região, tendo como início o final da estação seca (outubro).

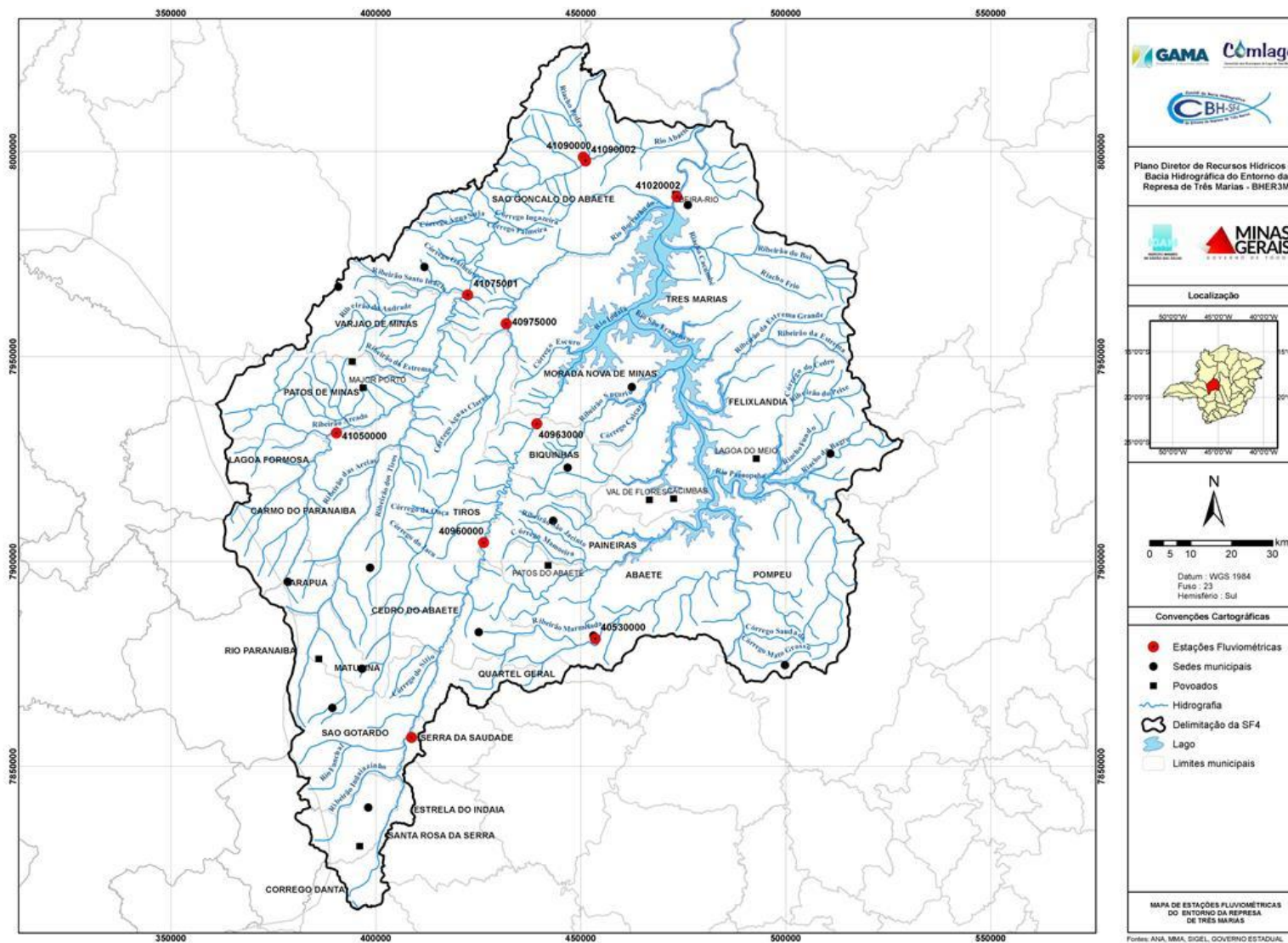
$$i_e = \frac{Q_p^i}{Q_p}$$

**Equação 8**

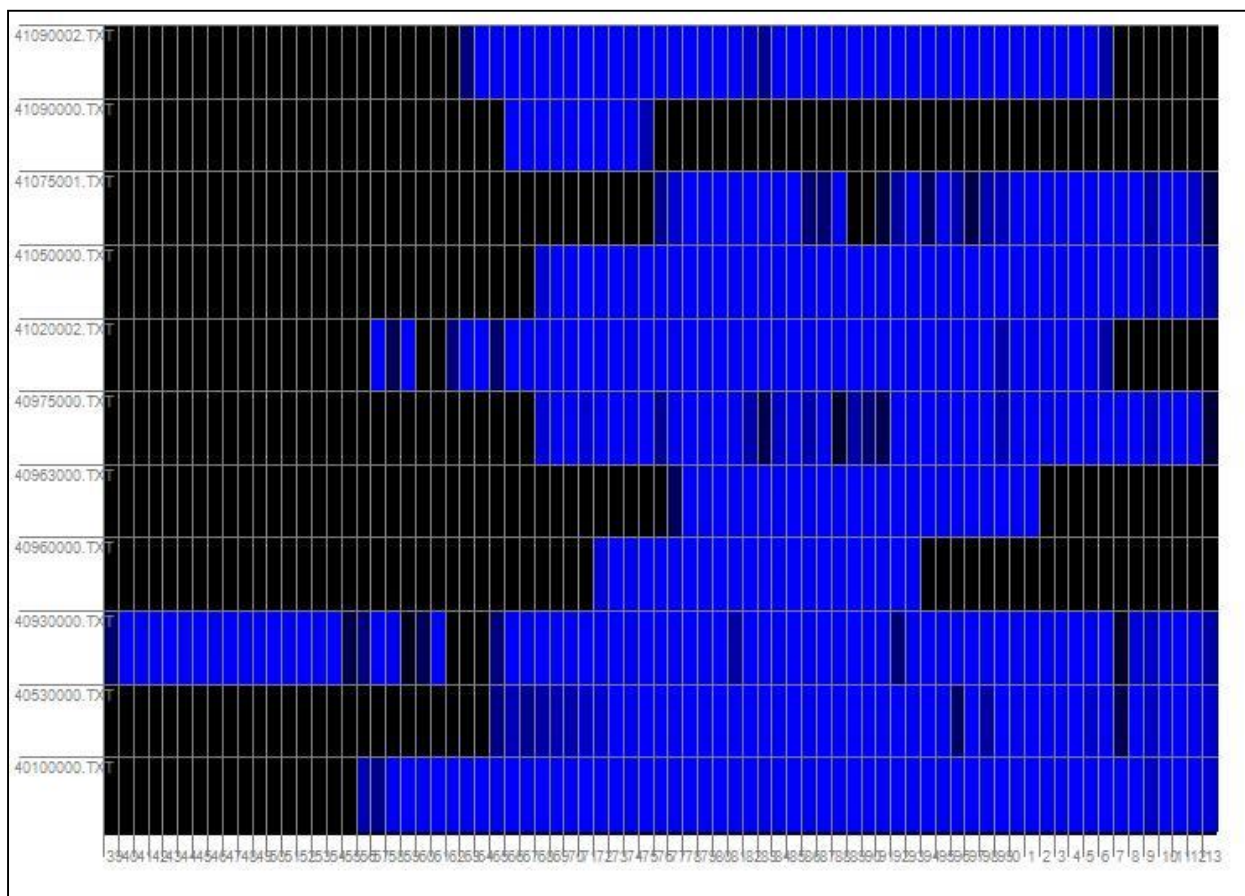
onde  $i_e$  é o índice de estacionariedade,  $Q_p^i$  é a vazão média do ano hidrológico  $i$  para o posto  $p$ ,  $Q_p$  é a vazão média para o posto  $p$  (média anual de longo termo do posto para toda série avaliada).

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 161
------------------------------	---	-------------------------------	---------------





**Figura 10.8 – Estações fluviométricas inventariadas na bacia.**



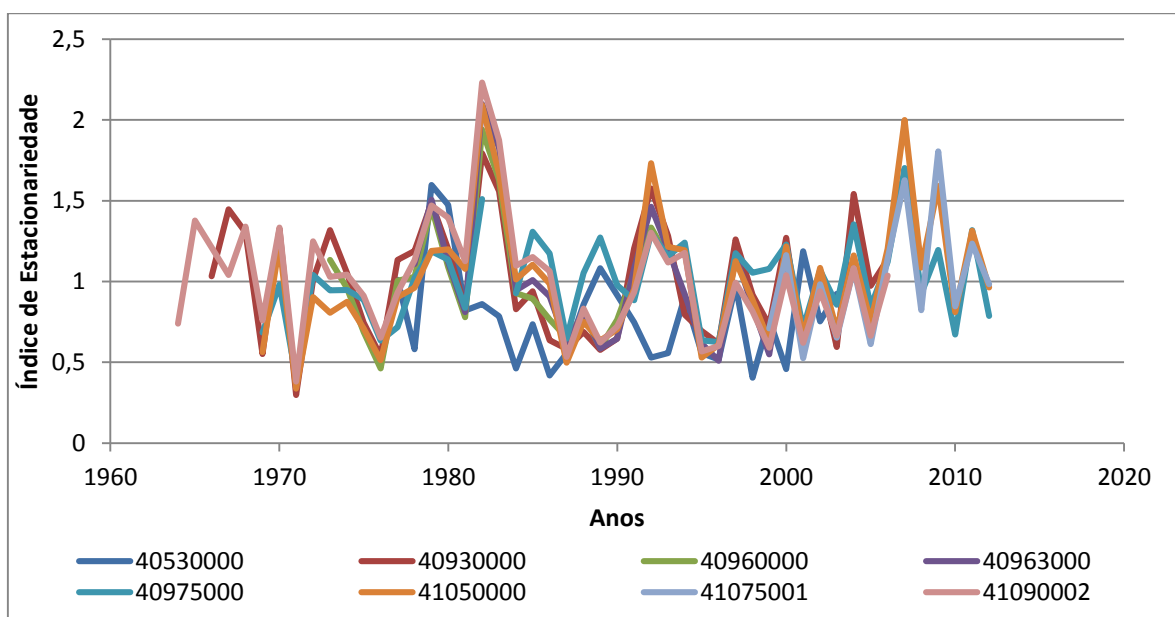
**Figura 10.9 - Gráfico de Gantt dos postos fluviométricos da bacia. Cor azul (com disponibilidade de dados), cor preta (sem disponibilidade de dados).**

A **Figura 10.10** apresenta a análise de estacionariedade das vazões dos postos com dados disponíveis na bacia. O índice de estacionariedade permite a observação do comportamento das séries de dados em relação a sua média, podendo identificar ao longo da série a presença de períodos onde os deflúvios se mantiveram acima ou abaixo da média de longo prazo. Tal análise permite avaliar a escolha de um período de dados representativo, do ponto de vista da variabilidade, evitando utilizar dados inseridos em décadas mais úmidas ou secas, que certamente superestimariam ou subestimariam respectivamente a disponibilidade hídrica na região. A análise de estacionariedade não identificou mudanças de tendência nas séries históricas dos postos de vazão. No entanto, foi observada grande a variabilidade das vazões anuais de cada posto em torno da vazão anual do próprio posto. Apesar da grande variabilidade, não foi observada uma forte persistência de anos secos ou de anos úmidos consecutivos.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	163

### 10.2.3. Análise Descritiva das Séries Fluviométricas

As estatísticas das séries de vazão dos postos selecionados estão apresentadas no **Quadro 10.5**.



**Figura 10.10 - Análise da estacionariedade dos postos fluviométricos da bacia.**

**Quadro 10.5 - Estatísticas das séries de vazões nas estações fluviométricas.**

Postos	Área (Km <sup>2</sup> )	Precipitação Média Anual (mm)	Vazão Observada			
			Mínima (m <sup>3</sup> /s)	MLT (m <sup>3</sup> /s)	Máxima (m <sup>3</sup> /s)	Específica Média (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )
40530000	471	1.360	2,74	9,16	27,79	0,0194
40930000	897	1.540	3,20	18,31	165,76	0,0204
40960000	1.730	1.560	5,21	34,23	341,47	0,0198
40963000	2.215	1.460	5,80	39,18	414,81	0,0177
40975000	970	1.340	3,06	19,35	216,43	0,0199
41050000	1.200	1.340	3,14	20,11	239,49	0,0168
41075001	4.130	1.420	23,84	74,93	438,74	0,0181
41090002	5.190	1.240	9,20	77,44	689,94	0,0149

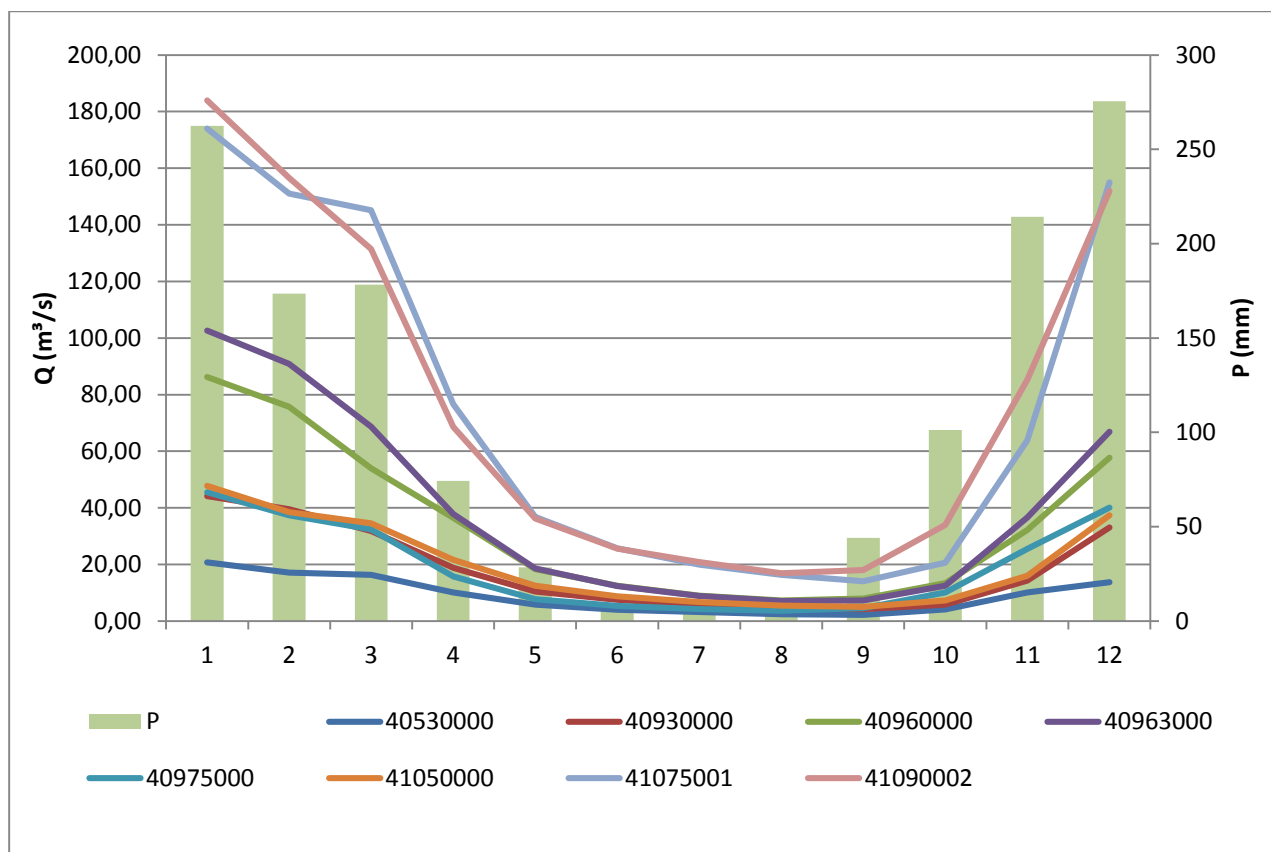
Em uma análise sobre as variações das vazões médias mensais (**Quadro 10.6**), nota-se a ocorrência das maiores vazões entre novembro e abril, como resposta ao período mais chuvoso da bacia (outubro a março), já as menores vazões ocorrem entre maio a outubro. No geral se observa defasagem entre as precipitações e vazões máximas mensais. Esta defasagem da resposta entre os picos médios de precipitação e vazão mensalé em torno de um mês (dependendo do tamanho da área de drenagem da estação o tempo pode ser menor). Os picos de vazões mensais tendem a ocorrer entre os meses de dezembro a fevereiro.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	165

**Quadro 10.6 - Vazões Mínimas, Médias e Máximas Mensais (m³/s).**

Postos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
<b>40530000</b>	Mínima	4,07	3,94	5,05	0,75	3,50	0,28	0,28	0,18	0,09	0,04	0,12	14,55
	Média	20,74	17,10	16,31	10,13	5,79	4,04	3,17	2,45	2,19	4,10	10,15	13,76
	Máxima	46,47	26,22	46,50	51,50	5,99	15,40	4,34	2,74	6,97	15,19	63,00	49,18
<b>40930000</b>	Mínima	7,95	3,03	2,55	5,89	5,12	3,64	3,27	2,55	0,85	0,67	1,01	1,87
	Média	44,11	39,52	31,79	18,78	10,40	7,47	5,71	4,50	4,25	5,85	14,28	33,08
	Máxima	273,16	391,24	315,22	203,66	38,00	28,98	11,56	12,17	44,01	81,24	340,82	249,01
<b>40960000</b>	Mínima	6,13	8,18	7,57	8,90	7,26	5,45	4,55	3,38	3,00	2,52	2,20	3,38
	Média	86,20	75,74	53,98	36,45	18,34	12,50	9,02	7,29	8,01	13,33	32,14	57,76
	Máxima	538,50	995,50	522,00	425,50	77,30	79,67	23,70	44,50	77,30	269,50	481,00	563,20
<b>40963000</b>	Mínima	9,95	7,85	10,81	9,09	7,45	5,70	3,74	3,18	2,06	2,06	2,62	5,10
	Média	102,67	90,82	68,74	37,78	18,64	12,39	8,86	7,08	7,23	12,50	36,57	66,92
	Máxima	808,32	1.319,40	644,86	385,60	139,00	75,22	23,10	51,20	57,98	286,20	788,74	398,15
<b>40975000</b>	Mínima	4,20	4,64	4,39	4,16	3,26	2,63	2,09	1,67	2,13	1,13	3,38	3,00
	Média	45,46	37,42	32,37	15,79	7,71	5,33	4,21	3,65	4,59	10,10	25,45	40,08
	Máxima	341,23	302,80	582,57	318,47	64,38	42,33	15,57	36,19	3,58	116,64	224,44	549,03
<b>41050000</b>	Mínima	4,38	3,66	4,65	3,90	3,18	2,97	2,56	1,98	4,21	2,14	1,96	2,14
	Média	47,75	38,47	34,55	21,60	12,44	8,71	6,68	5,41	5,05	7,26	16,02	37,35
	Máxima	503,47	482,42	578,11	193,31	88,99	44,31	16,04	24,89	9,69	130,13	321,00	481,55
<b>41075001</b>	Mínima	16,01	14,51	36,31	127,69	15,00	29,48	9,20	11,27	8,05	5,24	7,68	5,65
	Média	173,98	151,09	145,14	76,65	36,84	25,76	19,93	16,30	14,03	20,67	63,87	154,96
	Máxima	1.336,15	1.134,72	37,07	174,02	195,10	71,78	34,08	28,80	37,84	271,84	598,14	1345,39
<b>41090002</b>	Mínima	10,00	12,85	17,80	10,00	12,30	10,10	8,60	3,60	3,39	7,00	6,80	8,00
	Média	183,96	156,54	131,42	68,61	36,23	25,64	20,84	16,92	18,02	33,98	85,17	151,98
	Máxima	1.770,00	1.040,00	936,00	631,00	169,00	108,10	55,80	117,00	163,00	299,40	1.970,00	1.020,00

Comparando o hidrograma da série de vazões médias mensais de um ano civil e a precipitação média mensal da bacia (**Figura 10.11**) é possível observar o retardo na resposta do escoamento, por exemplo, as maiores precipitações ocorrem em média em dezembro mas as maiores vazões em média só aparecem em janeiro. Nota-se também que o período seco na bacia ocorre entre abril e setembro, onde as vazões acompanham a sazonalidade das precipitações.



**Figura 10.11 - Hidrogramas das séries de vazões médias mensais do ano civil para os postos fluviométricos selecionados e precipitação média mensal na bacia.**

### 10.3. Estimativa da Disponibilidade Hídrica Superficial

Os estudos sobre disponibilidade hídrica das águas superficiais na bacia basearam-se na análise das séries históricas de vazões das estações fluviométricas selecionadas. As disponibilidades foram obtidas a partir dos estudos de regionalização hidrológica. Desta forma, o cálculo da disponibilidade em qualquer local da bacia pode ser efetuado através das equações determinadas pela regionalização hidrológica.

Os estudos de regionalização, incluídos neste documento, dizem respeito às vazões médias de longo período ( $Q_{MLT}$ ), à vazão mínima anual com sete dias de duração e dez anos de período de retorno ( $Q_{7,10}$ ) e às vazões com permanência de 90% ( $Q_{90}$ ) e de 95% ( $Q_{95}$ ) no tempo, ditas aqui

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 167
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

como vazões de referência. As informações sobre disponibilidade hídrica aqui produzidas servirão, principalmente, para os estudos de balanços hídricos apresentados na fase de diagnóstico e prognóstico.

Inicialmente, as vazões médias e de mínimas de referência foram estimadas para cada posto fluviométrico, conforme apresentado no **Quadro 10.7**.

**Quadro 10.7 - Vazões de referência nas estações fluviométricas da bacia.**

Postos	Área (Km <sup>2</sup> )	MLT (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>90%</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>95%</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>7,10</sub> (m <sup>3</sup> /s)
40530000	471,00	9,16	1,01	0,77	0,36
40930000	897,00	18,31	3,65	3,24	1,35
40960000	1.730,00	34,23	6,80	5,40	2,70
40963000	2.215,00	39,18	6,47	5,23	2,54
40975000	970,00	19,35	3,27	2,73	1,28
41050000	1.200,00	20,11	4,34	3,73	2,09
41075001	4.130,00	74,93	14,10	11,40	5,92
41090002	5.190,00	77,44	14,60	12,40	6,29

Para o estudo de regionalização, foram realizadas as seguintes etapas:

- *Análise e seleção dos dados básicos para regionalização:* análise e seleção dos dados fisiográficos, pluviométricos e fluviométricos para regionalização e verificação da quantidade, qualidade e consistência dos mesmos. Esta análise e seleção dos dados foi realizada e apresentada anteriormente.
- *Curvas adimensionais de probabilidades:* ajuste de distribuições estatísticas às curvas adimensionais de probabilidades das estações da bacia;
- *Delimitação de regiões homogêneas:* verificação da necessidade de subdividir a área estudada em sub-regiões de comportamento hidrológico homogêneo;
- *Análise de regressão:* estabelecimento dos modelos de regressão da vazão com as variáveis fisiográficas e climáticas das bacias hidrográficas selecionadas;
- *Verificação e validação dos resultados da regionalização:* nessa etapa, o modelo utilizado foi aplicado para estimar os valores de vazão mínima.

### 10.3.1. Curvas adimensionais de probabilidades e regiões homogêneas

Uma análise adimensional das curvas de probabilidade ( $Q_{7,10}$  e  $Q_{MLT}$ ) e da curva de permanência ( $Q_{90\%}$  e  $Q_{95\%}$ ) foi realizada a caráter preliminar para a separação das estações em relação à regiões hidrologicamente homogêneas.

Para as vazões mínimas  $Q_{7,10}$ , foi adotado o método das curvas adimensionais sugerido por Tucci (2002), que consiste em curvas de probabilidade de vazões mínimas para uma dada duração no tempo. As vazões mínimas anuais de 7 dias foram adimensionalizadas pela média das mínimas de 7 dias, posteriormente se calculou a posição de plotagem de cada valor de vazão pela **Equação 9**.

$$P = \frac{i - 0.4}{N + 0.2}$$

**Equação 9**

Onde:

P = valor de probabilidade na posição de plotagem ( $1/P$  é igual ao tempo de retorno - Tr);

i = a ordem dos valores da vazão, para mínimas é decrescente;

N= o tamanho da amostra;

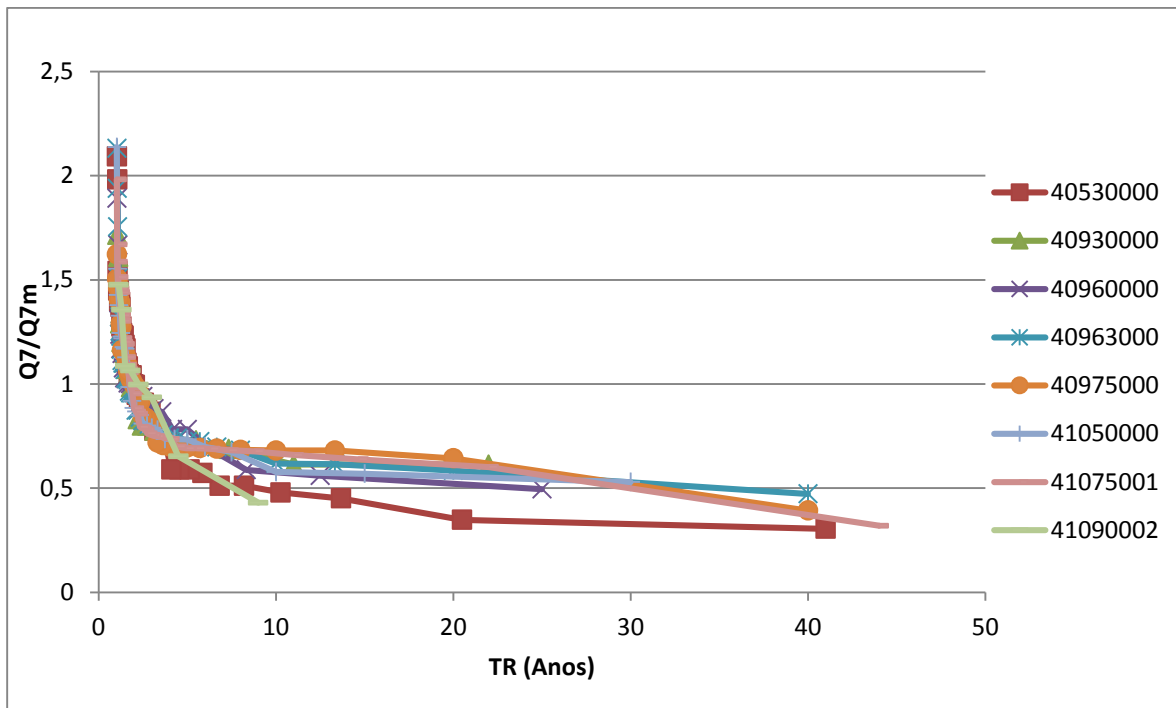
O Tempo de Retorno (Tr), definido como inverso da probabilidade (P), foi calculado para cada posição de plotagem. As vazões mínimas de 7 dias adimensionais para cada posto foram plotadas com seus respectivos Tempos de retorno (**Figura 10.12**). Pode-se observar que as curvas adimensionais de probabilidade das vazões mínimas de 7 dias são próximas, sugerindo que toda área da bacia do entorno do lago de Três possui uma única região homogênea.

Para as vazões médias foram estimadas as curvas adimensionais de probabilidade seguindo a metodologia descrita por Tucci (2002), a qual considera os seguintes passos:

- Seleção das vazões médias para cada posto (realizado anteriormente);
- Determinação da vazão média de longo prazo para cada posto (realizado anteriormente);
- Cálculo das vazões adimensionais de cada posto;
- Verificação da tendência de agrupamento dos postos, plotando as curvas em um mesmo gráfico.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	169





**Figura 10.12 - Curvas adimensionais de probabilidade das vazões mínimas de 7 dias dos postos fluviométricos.**

Para o cálculo das probabilidades por posição de plotagem foi utilizada a seguinte equação:

$$P = \frac{i - (3/8)}{N + (1/5)}$$

**Equação 10**

Onde:

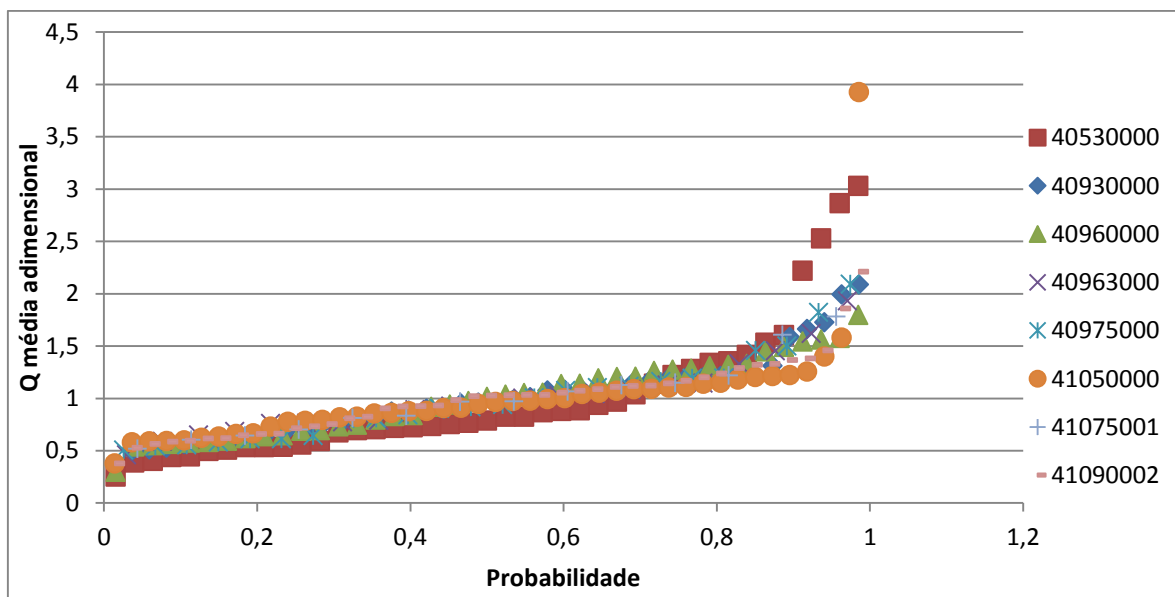
P = valor da posição de plotagem (1/P é igual ao tempo de retorno - TR);

i = a ordem dos valores da vazão, para mínimas é decrescente;

N= o tamanho da amostra;

A curvas adimensionais de probabilidade das vazões médias podem ser observadas na **Figura 10.13**. É possível também identificar pelas curvas adimensionais de probabilidade das vazões médias uma similaridade entre elas, sugerindo a existência de uma única região homogênea para as vazões médias.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 170
------------------------------	---	-------------------------------	---------------



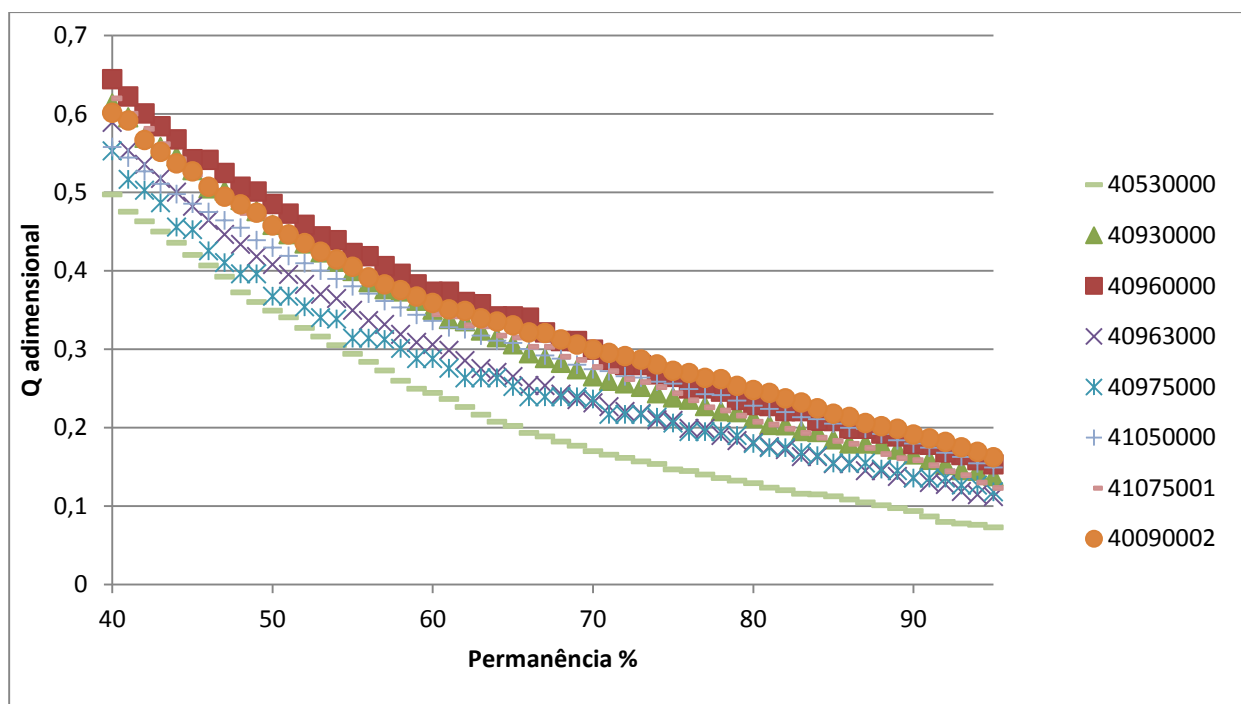
**Figura 10.13 - Curvas adimensionais de probabilidade das vazões médias dos postos fluviométricos.**

Por fim, a curva de permanência de cada posto foi adimensionalizada pela vazão média do próprio posto gerando as curvas de permanência adimensionais dos postos fluviométricos. O gráfico das curvas de permanência adimensionais também sugerem a existência de uma única região homogênea para as vazões de permanência na faixa de 50% a 95% no tempo. A estação 40530000 se situou na faixa entre 60% a 95% de permanência do tempo da vazão em comparação às demais curvas. Este fato pode ser explicado por este posto estar localizado na cabeceira, possuindo uma menor área de drenagem, e características hidrogeológicas um pouco diferentes dos demais posto. No entanto, a variação da vazão adimensional ( $Q/Q_m$ ) se mostrou pequena (variação máxima de 0,1) na faixa de permanência de interesse que está entre 90% e 95%.

Observando-se as curvas adimensionais acima, para cada tipo de vazão analisada, seja  $Q_{7,10}$ ,  $Q_{média}$  ou Curva de permanência, é possível observar uma tendência de agregação das curvas adimensionais, indicando a presença de única região hidrologicamente homogênea. Comparando as vazões específicas dos postos de vazão (ver **Quadro 10.5**), observa-se também uma semelhança dos valores, os quais independem da área de drenagem da estação. Por exemplo, a vazão específica média de todos os postos é de  $0,0184 \text{ (m}^3\text{/s/km}^2\text{)}$  com desvio padrão de 0,0019 (cerca de 10% em relação a média). A estação 40530000 que apresenta menor com área de drenagem ( $471 \text{ Km}^2$ ) possui uma vazão específica de  $0,0194 \text{ m}^3\text{/s/km}^2$ , que é muito semelhante a vazão específica do posto com maior área de drenagem (41090002), com cerca de  $5.190 \text{ Km}^2$ , o qual

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	171

possui vazão específica de  $0,0181 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ . Assim, baseado nesta nos valores de vazão específica e no agrupamento das curvas adimensionais, os postos fluviométricos utilizados na bacia do entorno da represa de Três Marias podem ser considerados como pertencentes a uma única região homogênea.



**Figura 10.14 - Curvas adimensionais da bacia.**

### 10.3.2. Regionalização de Vazões

Sendo a regionalização hidrológica um processo de regressão múltipla, uma das etapas mais importantes é a seleção das variáveis explicativas dos fenômenos, neste caso a explicação da variabilidade das vazões de referência.

A escolha das variáveis deve ser utilizada com parcimônia, haja vista que existe um custo para obtenção de cada uma das variáveis capazes de explicar a variância do fenômeno estudado. Uma vez que a inclusão de uma variável na base de variáveis explicativas da regressão não agregue explicação da variância amostral, não se justifica sua inclusão.

Neste processo de escolha das variáveis explicativas, a experiência e a compreensão física dos fenômenos hidrológicos também contam. Uma vez que as vazões mínimas são as vazões de estiagem, constituídas pelas recargas dos sistemas aquíferos pelas águas das chuvas durante o

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 172
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

período chuvoso (podendo haver contribuições externas), a precipitação média anual pode ser uma variável explicativa relevante.

No caso da UPGRH SF4, a análise da precipitação constatou que a região não possui grande heterogeneidade espacial, apresentandoum acumulado médio anual em torno de 1.340 mm e um regime que se distribui praticamente por igual ao longo da bacia. Assim, a precipitação não foi inclusa na base de variáveis explicativas.

Outras variáveis como Densidade de Drenagem são comumente utilizadas em estudos de regionalização, pois reflete indiretamente a capacidade de infiltração e recarga dos aquíferos. Porém, a principal variável explicativa é a área de drenagem, visto que representa a capacidade de receber todas as entradas a partir da qual vão se derivar outros processos hidrológicos, tais como evaporação e infiltração.

Desta forma, para a regionalização de vazões neste estudo, foi utilizada uma única variável explicativa, a área de drenagem, visto que sua correlação se apresentou alta e suficiente para explicar grande parte da variabilidade das vazões de referência, onde o ganho ao se incluir mais variáveis explicativas seria mínimo e custoso.

Para a regressão das vazões, foi utilizado uma regressão direta das vazões de referência ( $Q_{7,10}$ ,  $Q_{média}$ ,  $Q_{90\%}$  e  $Q_{95\%}$ ) para cada estação fluviométrica selecionada com a área de drenagem.

A análise de regressão, que permitiu relacionar as vazões médias (QMLT), a vazão mínima anual com sete dias de duração e dez anos de período de retorno ( $Q_{7,10}$ ) e as vazões com permanência de 90% ( $Q_{90}$ ) e de 95% ( $Q_{95}$ ) no tempo com a área de drenagem de cada estação fluviométrica. Estas relações podem ser observadas nas **Figura 10.15** a **Figura 10.18**.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	173

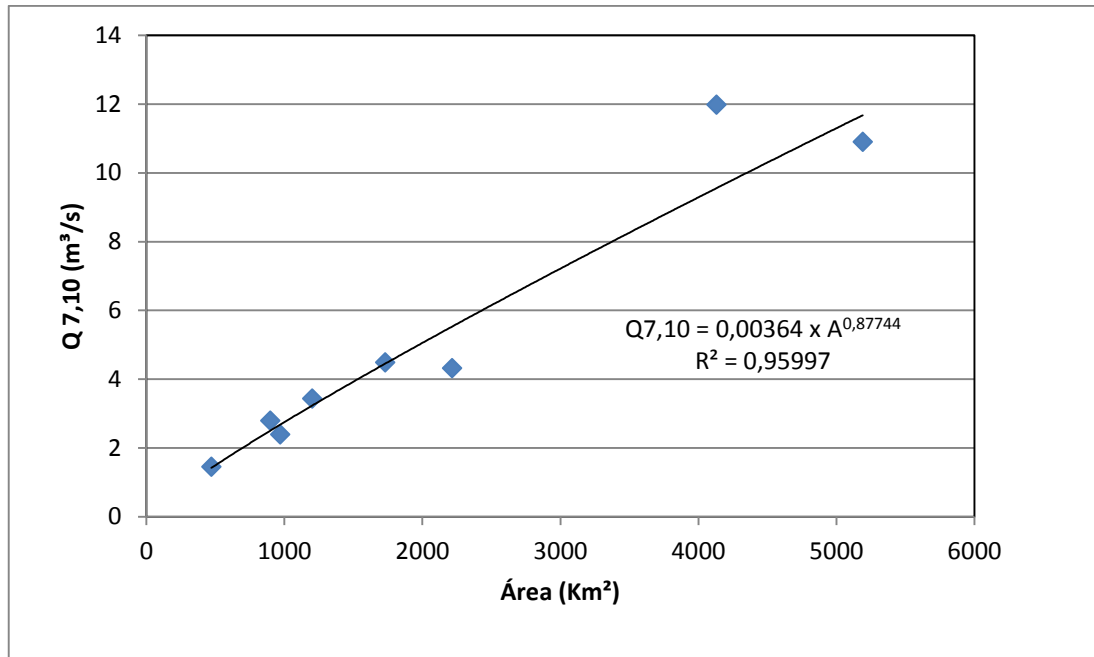


Figura 10.15 - Relação da  $Q_{7,10}$  em relação à área de drenagem.

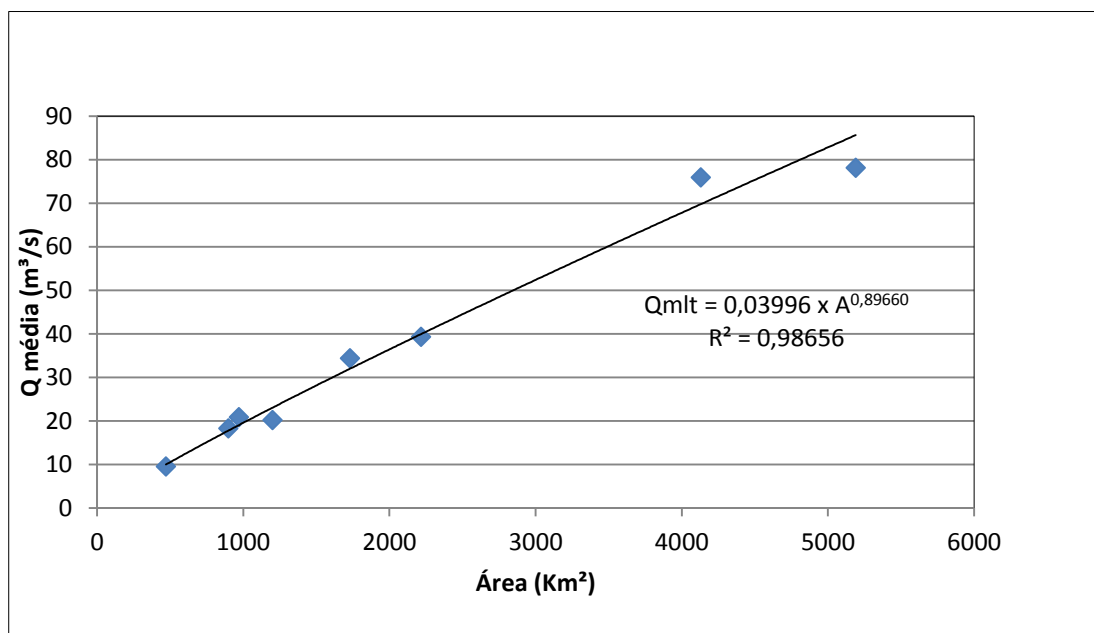


Figura 10.16 - Relação da vazão médias de longo período em relação à área de drenagem.

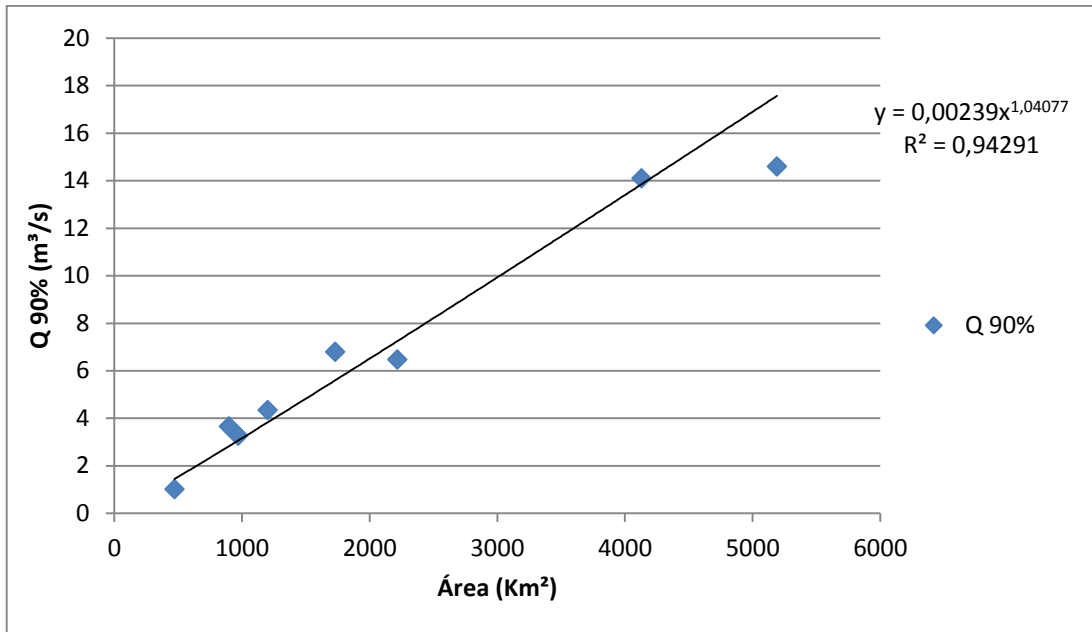


Figura 10.17 - Relação da Q<sub>90</sub> em relação à área de drenagem.

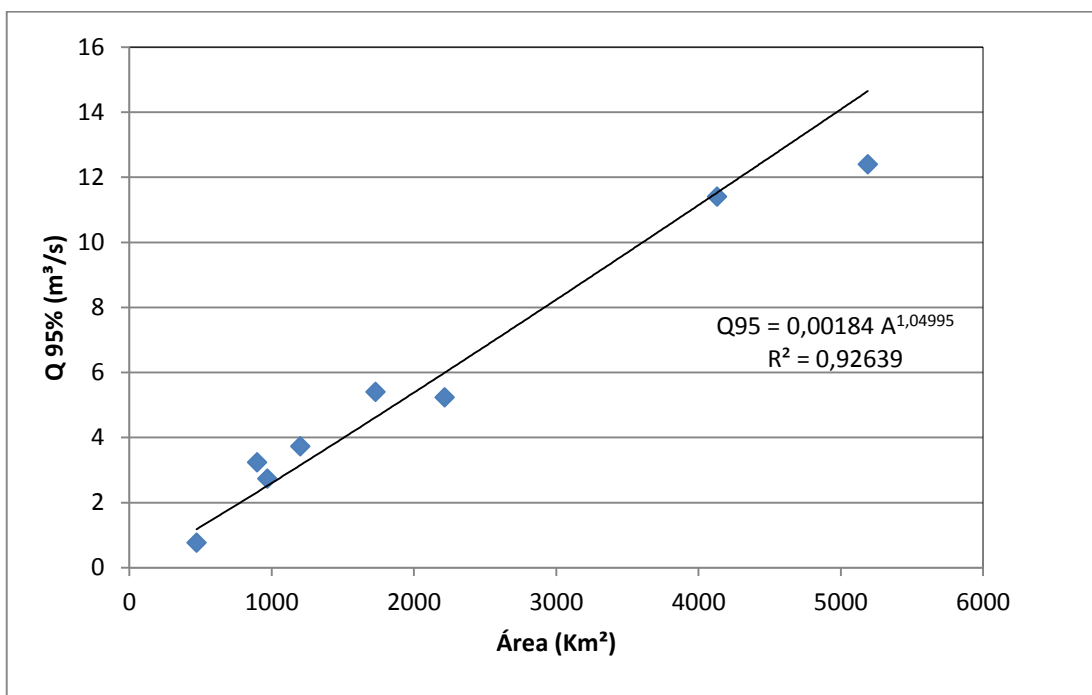


Figura 10.18 - Relação da Q<sub>95</sub> em relação à área de drenagem.

No **Quadro 10.8** são apresentadas as equações obtidas da regressão, em função da variável explicativa.

**Quadro 10.8- Equações de regressão obtidas na regionalização das vazões de referência.**

<b>(Q<sub>7,10</sub>)</b>	$0,00364 * (A^{0,87742})$
<b>(Q<sub>MLT</sub>)</b>	$0,03996 * (A^{0,89667})$
<b>(Q<sub>90%</sub>)</b>	$0,00239 * (A^{1,04077})$
<b>(Q<sub>95%</sub>)</b>	$0,00184 * (A^{1,04995})$

Os coeficientes de correlação ( $R^2$  ajustado) obtidos nos ajustes, utilizando somente a área de drenagem como variável explicativa, apresentou muito boa qualidade, com valores de correlação na ordem de 94%. Os quadros a seguir apresentam comparações das vazões de referência (Q<sub>7,10</sub>, Q<sub>MLT</sub>, Q<sub>90%</sub>, Q<sub>95%</sub>), observadas e calculadas para cada posto fluviométrico.

**Quadro 10.9 - Comparação dos valores de Q<sub>7,10</sub> estimados pela regionalização e pela série de dados observados.**

ESTAÇÃO	Q <sub>7,10</sub> amostra	Q <sub>7,10</sub> calculada
	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)
40530000	0,36	0,81
40930000	1,35	1,42
40960000	2,70	2,53
40963000	2,54	3,14
40975000	1,28	1,52
41050000	2,09	1,83
41075001	5,92	5,42
41090002	6,29	6,62

**Quadro 10.10 - Comparação dos valores de Q<sub>MLT</sub> estimados pela regionalização e pela série de dados observados.**

ESTAÇÃO	Q <sub>MLT</sub> amostra	Q <sub>MLT</sub> calculada
	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)
40530000	9,55	9,96
40930000	18,29	17,75
40960000	34,40	31,98
40963000	39,35	39,91
40975000	20,87	19,04
41050000	20,17	23,04
41075001	75,96	69,77
41090002	78,14	85,63

**Quadro 10.11 - Comparação dos valores de Q90 estimados pela regionalização e pela série de dados observados.**

ESTAÇÃO	Q90% amostra	Q90% calculada
	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)
40530000	1,01	1,45
40930000	3,65	2,83
40960000	6,80	5,60
40963000	6,47	7,25
40975000	3,27	3,07
41050000	4,34	3,83
41075001	14,10	13,86
41090002	14,60	17,58

**Quadro 10.12 - Comparação dos valores de Q95 estimados pela regionalização e pela série de dados observados.**

ESTAÇÃO	Q95% amostra	Q95% calculada
	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)
40530000	0,77	1,18
40930000	3,24	2,32
40960000	5,40	4,62
40963000	5,23	5,99
40975000	2,73	2,52
41050000	3,73	3,15
41075001	11,40	11,52
41090002	12,40	14,64

**10.3.3. Disponibilidade hídrica por sub-bacia**

De posse das equações empíricas de regionalização, as vazões de referência foram estimadas para as 19 sub-bacias na qual a região de estudo foi dividida.

É importante ressaltar que a transferência de informações para locais sem informações deve observar a faixa de variação dos dados observados. Ou seja, as equações empíricas de regionalização serão mais confiáveis para a faixa de valores de área de drenagem próximos aos dados utilizados na regressão. O **Quadro 10.13** apresenta as vazões de referência (Q<sub>7,10</sub>, Q<sub>MLT</sub>, Q<sub>90%</sub>, Q<sub>95%</sub>) estimadas por sub-bacias.

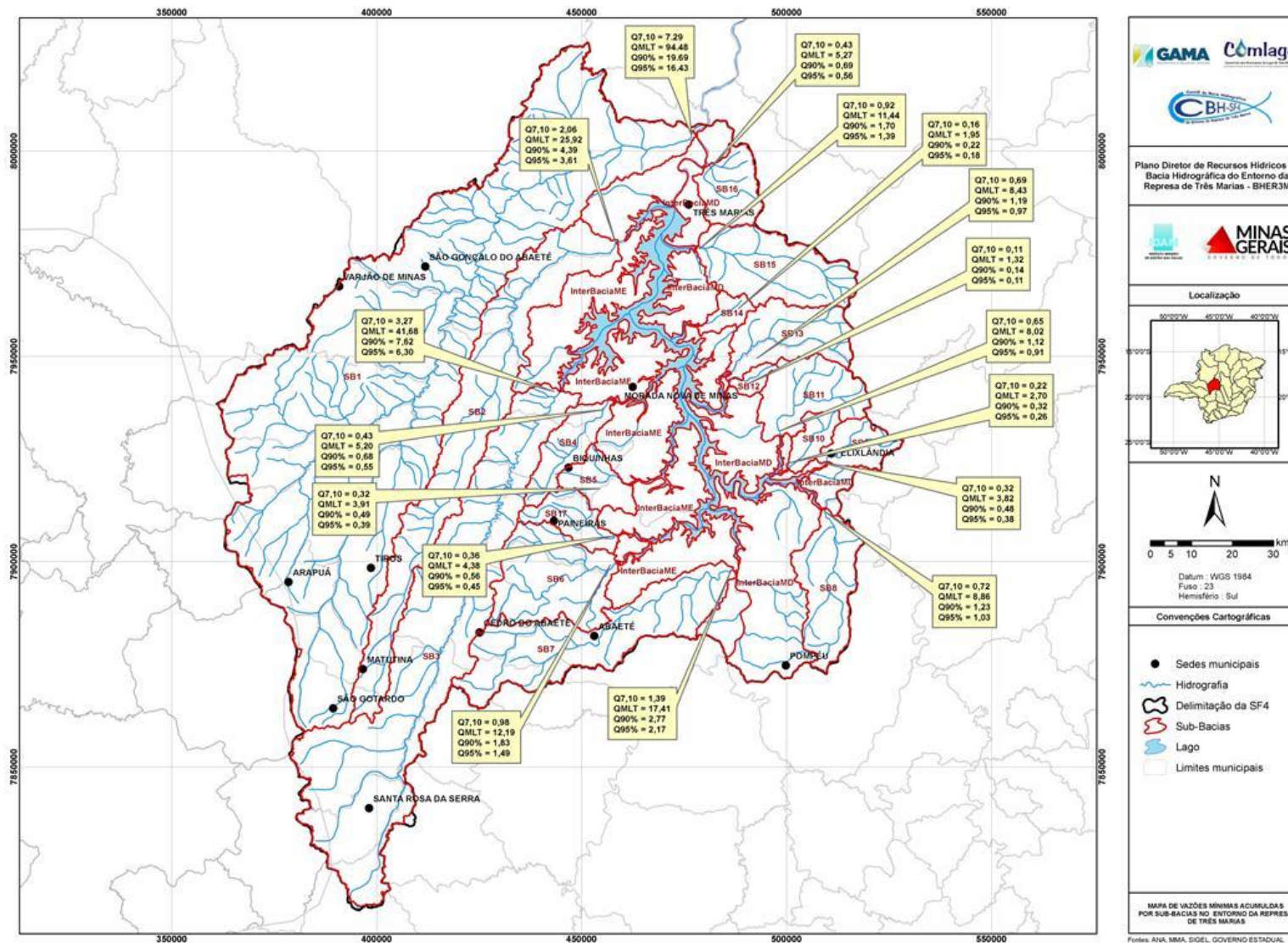
Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 177
------------------------------	---	-------------------------------	---------------



**Quadro 10.13 - Vazões de referência estimadas para as sub-bacias por regionalização.**

Sub-Bacia	Área (Km <sup>2</sup> )	Q <sub>7,10</sub>	Q <sub>MLT</sub>	Q <sub>90%</sub>	Q <sub>95%</sub>
SB1	5.791,1	7,29	94,48	19,69	16,43
SB2	1.368,9	2,06	25,92	4,39	3,61
SB3	2.324,5	3,27	41,68	7,62	6,30
SB4	228	0,43	5,20	0,68	0,55
SB5	166,2	0,32	3,91	0,49	0,39
SB6	589,8	0,98	12,19	1,83	1,49
SB7	878,3	1,39	17,41	2,77	2,27
SB8	413,6	0,72	8,86	1,26	1,03
SB9	161,7	0,32	3,82	0,48	0,38
SB10	109,9	0,22	2,70	0,32	0,26
SB11	369,7	0,65	8,02	1,12	0,91
SB12	49,3	0,11	1,32	0,14	0,11
SB13	391,3	0,69	8,43	1,19	0,97
SB14	76,6	0,16	1,95	0,22	0,18
SB15	549,5	0,92	11,44	1,70	1,39
SB16	2.311,6	0,43	5,27	0,69	0,56
SB17	188,4	0,36	4,38	0,56	0,45
InterBacia ME	2.175,8	3,09	39,28	7,11	5,88
InterBacia MD	1.710	2,50	31,65	5,53	4,56

A divisão sugerida nas sub-bacias de unidades de planejamento não contempla áreas incrementais, sendo esta igual a sua totalidade ou área acumulada. Na **Figura 10.19** são apresentados de forma espacial a distribuição da vazão de referência para as sub-bacias.



**Figura 10.19 - Vazões de referência ( $Q_{7,10}$ ,  $Q_{MLT}$ ,  $Q_{90\%}$ ,  $Q_{95\%}$ ) para cada sub-bacia.**

#### 10.3.4. Resumo da análise quantitativa

As estatísticas demonstraram qualidade satisfatória no ajuste das equações de regressão com os dados observados. No entanto, recomenda-se cautela na transferência de informações para sub-bacias de áreas menores que aproximadamente 400 km<sup>2</sup>, visto que as estações fluviométricas têm área de drenagem entre 470 km<sup>2</sup> a 5.200 km<sup>2</sup>, onde em sua maioria as áreas de drenagens das estações são na ordem de grandeza de 1.000 Km<sup>2</sup>. Assim, as áreas de sub-bacias com valores inferiores a 400 Km<sup>2</sup>, tiveram as vazões superestimadas.

Independente desta limitação, a aproximação sugeriu a presença de uma única região homogênea na bacia, o possibilitou estimar e transferir informações hidrológicas para locais não monitorados.

#### 10.4. Disponibilidade qualitativa dos recursos hídricos na UPGRH SF4

Nesse item estão sintetizados os aspectos relevantes, interferências e efeitos na qualidade das águas da UPGRH SF4. De forma a se obter uma visão regional foi utilizada a representação espacial das faixas dos valores médios de um conjunto de constituintes mais representativos da qualidade das águas superficiais da bacia.

##### 10.4.1. Metodologia

A caracterização das águas superficiais no cenário atual fundamentou-se, sobretudo, nos dados do período de setembro de 1997 a novembro de 2013 da rede de monitoramento operada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, em Minas Gerais, onde foram obtidas 18 estações de monitoramento inseridas na UPGRH SF4. Os dados de monitoramento da rede do IGAM contemplam períodos significativos de observações, compondo séries históricas representativas da evolução média dos constituintes selecionados. Adicionalmente, também foram disponibilizados para este estudo 8 estações de amostragem da rede de monitoramento operada pela Votorantim. No entanto, a lista de constituintes avaliados pela rede de monitoramento da Votorantim não contempla parâmetros importantes, tais como Coliformes Termotolerantes, Nitrito, Nitrato, Fósforo Total, Bário Total, Cianeto e Fenóis Totais. Isto limita uma análise da qualidade da água mais ampla em termos do seu uso para abastecimento (potabilidade), de toxidade e de estado trófico. Além disso, as estações de qualidade da água da Votorantim estão localizadas na calha do rio São Francisco, a jusante da barragem do reservatório de Três Marias, e não fazem parte da

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	180

UPGRH SF4. Desta forma, os dados de monitoramento de qualidade da água da Votorantim não foram utilizados nesta análise.

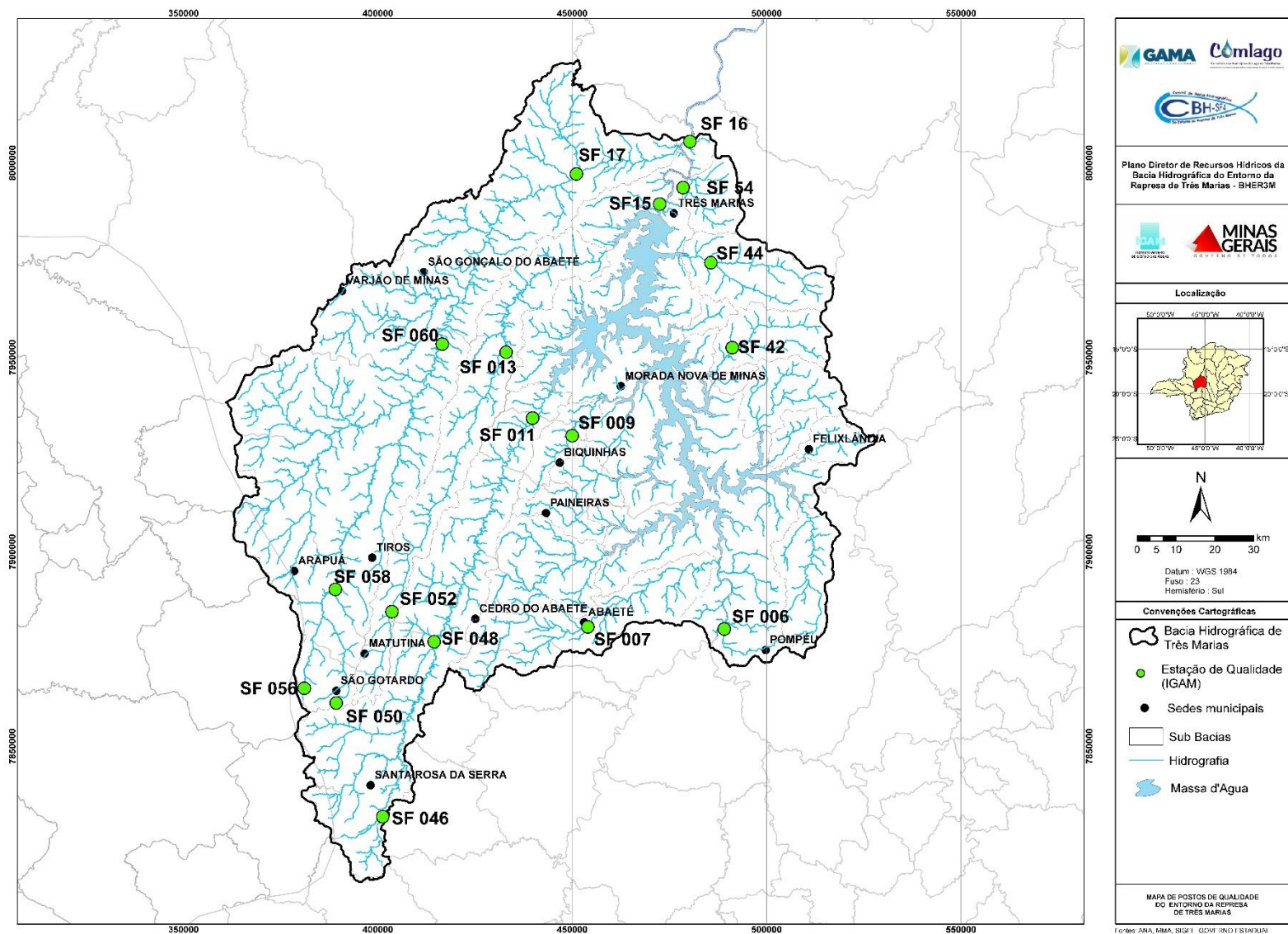
A rede básica selecionada para a UPGRH SF4 totaliza 18 estações de amostragem do IGAM cuja localização está na **Figura 10.20** com descrição é apresentada no **Quadro 10.14**. Ressalta-se que as estações de código SF06, SF15, SF16 e SF54 são localizadas no rio São Francisco, e não fazem parte do escopo do trabalho. No entanto, em função do período significativo de observação das séries históricas e devido à vasta gama de parâmetros analisados, os resultados destas estações foram examinados em conjunto no presente diagnóstico no intuito de identificar possíveis influências dos rios afluentes.

Para possibilitar uma visão regionalizada da condição de qualidade das águas, as estações em operação foram relacionadas por sub-bacia. Essa abordagem objetivou considerar, mesmo que de forma genérica, os efeitos dos múltiplos usos do solo e das águas na alteração da qualidade dos recursos hídricos por unidade de planejamento.

O **Quadro 10.15** apresenta a densidade média de estações de qualidade da água por sub-bacia. Observa-se uma heterogeneidade do valor da densidade média de estações por sub-bacia, provavelmente influenciada pela ocupação populacional, onde grandes centros urbanos concentram boa parte de estações de qualidade da água. A densidade média de postos por 1000 km<sup>2</sup> na bacia é de 0,84, que é levemente inferior ao estabelecido como meta pelo IGAM, equivalente a 01 estação de monitoramento por 1.000 km<sup>2</sup>.

O conjunto de resultados do IGAM, de setembro de 1997 a novembro de 2013, refere-se a campanhas com frequência de amostragem trimestral, com exceção do ano de 1997, onde ocorreram apenas duas campanhas. A metodologia adotada nesses trabalhos de monitoramento definiu dois tipos de avaliação. Nas coletas do primeiro e terceiro trimestres de cada ano, representativas do período de chuva e de estiagem, respectivamente, é realizada uma caracterização completa em todas as estações, incluindo ensaios de 54 parâmetros físicos, químicos e biológicos (**Quadro 10.16**). No segundo e quarto trimestres, as campanhas são intituladas intermediárias, e compreendem um grupo de 19 parâmetros comuns a todos os pontos, são eles: cloreto total, clorofila a, coliformes termotolerantes, condutividade elétrica (*in loco*), demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, fósforo total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal total, nitrogênio orgânico, oxigênio dissolvido, pH (*in loco*), sólidos dissolvidos totais, sólidos em suspensão totais, sólidos totais, temperatura da água, temperatura do ar e turbidez.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	181



**Figura 10.20 - Mapa de Localização das Estações de Qualidade da Água na UGRH SF4.**

**Quadro 10.14 – Informações sobre as estações de monitoramento de qualidade da água selecionadas para o estudo.**

Estação	Sub-bacia	Classe de Enquad.*	Período de Monitoramento	Curso D'água	Município	Latitude	Longitude
SF006	IT-ME	Classe 2	08/1997 - 11/2013	Rio São Francisco (SF)	Abaeté (MG), Pompéu (MG)	19° 10' 8,126" S	45° 6' 53,363" O
SF007	SB07	Classe 2	08/1997 - 11/2013	Ribeirão Marmelada	Abaeté (MG)	19° 9' 45" S	45° 26' 9,996" O
SF009	SB04	Classe 2	08/1997 - 11/2013	Ribeirão Sucuriú	Biquinhas (MG)	18° 39' 57,6" S	45° 33' 3,6" O
SF011	SB03	Classe 2	08/1997 - 11/2013	Rio Indaiá	Biquinhas (MG)	18° 34' 51,6" S	45° 30' 28,8" O
SF013	SB02	Classe 2	08/1997 - 11/2013	Rio Borrachudo	Morada Nova de Minas (MG)/ São Gonçalo do Abaeté (MG)	18° 32' 49,2" S	45° 39' 18" O
SF015	IT-ME	Classe 2	08/1997 - 11/2013	Rio São Francisco (SF)	São Gonçalo do Abaeté (MG)/ Três Marias (MG)	18° 9' 14,407" S	45° 13' 32,034" O
SF016	IT-ME	Classe 2	06/2011 - 11/2013	Rio São Francisco (SF)	Três Marias (MG)	17° 57' 39,2" S	45° 39' 51,199" O
SF017	SB01	Classe 2	08/1997 - 11/2013	Rio Abaeté	São Gonçalo do Abaeté (MG)	18° 7' 5,002" S	45° 28' 17,998" O
SF042	SB13	Classe 2	08/2007 - 11/2013	Ribeirão da Extrema Grande	Felixlândia (MG), Três Marias (MG)	18° 31' 12,148" S	45° 4' 29,334" O
SF044	SB15	Classe 2	08/2007 - 11/2013	Ribeirão do Boi	Três Marias (MG)	18° 19' 7,14" S	45° 6' 37,26" O
SF046	SB03	Classe 2	08/2007 - 11/2013	Rio Indaiá Estrela do Indaiá (MG)	Santa Rosa da Serra (MG)	19° 31' 25,5" S	45° 54' 8,698" O
SF048	SB03	Classe 2	08/2007 - 11/2013	Rio Indaiá Cedro do Abaeté (MG)	Quartel Geral (MG), Tiros (MG)	19° 9' 22,979" S	45° 47' 1,439" O
SF050	SB02	Classe 2	08/2007 - 11/2013	Rio Borrachudo	São Gotardo (MG)	19° 19' 22,678" S	46° 0' 11,578" O
SF052	SB02	Classe 2	08/2007 - 11/2013	Rio Borrachudo	Tiros (MG)	19° 6' 29,156" S	45° 54' 41,756" O
SF054	IT-ME	Classe 2	08/2007 - 11/2013	Rio São Francisco (SF)	Três Marias (MG)	18° 11' 19,018" S	45° 15' 0,119" O
SF056	SB01	Classe 2	08/2007 - 11/2013	Rio Abaeté Rio Paranaíba (MG)	São Gotardo (MG)	19° 18' 47,52" S	46° 8' 9,179" O
SF058	SB01	Classe 2	08/2007 - 11/2013	Rio Abaeté	Arapuá (MG)/ Tiros (MG)	18° 59' 38,159" S	46° 2' 23,039" O
SF060	SB01	Classe 2	08/2007 - 11/2013	Rio Abaeté	São Gonçalo do Abaeté (MG)	18° 30' 14,4" S	45° 47' 38,4" O

\* De acordo com a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 01/08, enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 183
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

**Quadro 10.15 – Densidade de estações de qualidade da água por sub-bacia.**

Sub-Bacia	Área (A) (km <sup>2</sup> )	Número de estações de QA	Número de estações por 1000 km <sup>2</sup>
SB1	5.791	4	0,69
SB2	1.369	3	2,19
SB3	2.325	3	1,29
SB4	228	1	4,39
SB5	166	0	0,00
SB6	590	0	0,00
SB7	878	1	1,14
SB8	414	0	0,00
SB9	162	0	0,00
SB10	110	0	0,00
SB11	370	0	0,00
SB12	49	0	0,00
SB13	391	1	2,56
SB14	77	0	0,00
SB15	550	1	1,82
SB16	232	0	0,00
SB17	188	0	0,00
IT-ME	2.176	4	1,84
IT-MD	1.710	0	0,00

**Quadro 10.16 – Lista dos parâmetros de qualidade da água analisados pelo IGAM.**

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

Fonte: IGAM, 2008

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 184
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

Devido às alterações ocorridas na legislação federal relativamente aos padrões de qualidade, em 2005 ocorreram alguns ajustes nos ensaios realizados, destacando-se a inclusão da forma dissolvida dos metais alumínio e cobre, cianeto livre, cromo total, fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantiprina) e fósforo total, e a partir da quarta campanha de 2006 foi introduzida a variável clorofila-a. As amostragens e os ensaios laboratoriais foram realizados por laboratório público terceirizado, da Fundação Centro Tecnológico de Minas Geras – CETEC, que emprega diversos métodos analíticos, os quais podem ser consultados em IGAM (2008).

Cabe enfatizar que tendo como base as considerações apresentadas nos relatórios disponibilizados pelo IGAM, julgou-se essencial abordar as variações da qualidade das águas no período de estiagem (de abril a setembro) e chuvoso (de outubro a março), integrando, respectivamente, as informações das campanhas do segundo e terceiro trimestres e do primeiro e quarto trimestres de cada ano. Além disso, esta análise buscou também identificar regiões homogêneas que caracterizassem as águas dos principais afluentes, próximo das cabeceiras e dos exutórios, bem como as interferências antrópicas, especialmente relacionadas à ocupação urbana e às atividades industriais e minerárias, além da agropecuária.

Foram também empregados os valores do Índice de Qualidade de Água – IQA. Esse índice é amplamente utilizado no Brasil na gestão dos recursos hídricos, tendo sido desenvolvido em 1970 pela “*National Sanitation Foundation (NSF)*” dos Estados Unidos. Incorpora nove parâmetros (oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrogênio total, temperatura, turbidez e sólidos totais), qualificando a água em cinco níveis, excelente, bom, médio, ruim e muito ruim, relacionados à degradação por despejos orgânicos, sólidos e nutrientes.

Com o objetivo de ajustar o IQA para a realidade brasileira, alguns estados promoveram adaptações em parâmetros e faixas de qualificação. Nesse sentido, o método utilizado em Minas Gerais considera a variável nitrato total, em substituição a nitrogênio total, por ser a forma assimilável pelos microorganismos e prontamente disponível para utilização. Avalia-se, no entanto, que as diferenças porventura existentes são pouco relevantes para os objetivos do presente diagnóstico. O IQA varia de 0 a 100 e quanto maior seu valor, melhor a qualidade da água. Foram adotadas as seguintes faixas de qualificação em uso pelo IGAM:

- Excelente –  $90 < IQA \leq 100$
- Bom –  $70 < IQA \leq 90$
- Médio –  $50 < IQA \leq 70$

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	185



- Ruim –  $25 < IQA \leq 50$
- Muito Ruim –  $0 \leq IQA \leq 25$

Complementarmente, o IGAM utiliza para estimar a presença de componentes prejudiciais a Contaminação por Tóxicos – CT, que avalia as concentrações de 14 componentes, incluindo os metais arsênio, bário, cádmio, chumbo, cromo, mercúrio, níquel e zinco, na forma total, além de cobre dissolvido, cianeto livre, fenóis totais, nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal total. Entre 1997 e 2004 foram considerados os parâmetros cobre total e cromo hexavalente seguindo a norma legal vigente no período. As concentrações desse conjunto de parâmetros são comparadas ao padrão de qualidade da classe de enquadramento dos cursos de água no local de amostragem. A CT é qualificada como Baixa, Média ou Alta. A denominação Baixa refere-se à ocorrência de concentração superior ao padrão de qualidade 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 tóxicos considerados.

Também foram avaliadas as características de qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas. Tal avaliação é feita através do Índice do Estado Trófico (IET) que tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia. Os valores do IET são classificados segundo classes de estado tróficos, apresentadas no **Quadro 10.17**, juntamente com suas características.

Nesse índice, os resultados do índice calculados a partir dos valores de fósforo, devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo.

As legislações utilizadas neste diagnóstico foram a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março DE 2005, que dispõe sobre o Enquadramento da bacia do rio e a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 1, de 5 de maio de 2008, que tratam da classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu Enquadramento, além de estabelecer as condições e padrões para lançamento de efluentes.

Para efetivar a avaliação, os dados foram organizados, tratados, incluindo a utilização de ferramentas estatísticas de análise mono e multivariada, e os resultados foram apresentados em forma gráfica. Nesse sentido, considerou-se a distribuição dos valores de IQA, entre setembro de 1997 e novembro de 2013 por estação de amostragem e por sub-bacia. Abordagem semelhante foi

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	186

utilizada para a CT e para o IET. Tanto para o IQA quanto para a CT e IET foram abordadas as condições dos períodos de chuva e estiagem. Em função de mudanças ocorridas no padrão de qualidade de fenóis totais, nitrogênio amoniacal total, arsênio total, bário total chumbo total e cromo total a CT foi recalculada para todo o período dados adotando-se os valores definidos na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 1/2008.

**Quadro 10.17 – Classe de estado trófico e suas características principais.**

Valor do IET	Classes de Estado Trófico	Características
= 47	Ultraoligotrófico	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
47 < IET ≤ 52	Oligotrófico	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
52 < IET ≤ 59	Mesotrófico	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
59 < IET ≤ 63	Eutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
63 < IET ≤ 67	Supereutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos.
IET > 67	Hipereutrófico	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fontes: CETESB (2007); LAMPARELLI (2004)

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 187
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

Quanto aos resultados analíticos, computou-se o percentual de não conformidades em relação ao padrão de qualidade para cada um dos parâmetros selecionados em todos os pontos de coleta. Essa análise foi integrada por sub-bacia de modo a evidenciar os aspectos regionais mais sensíveis, sendo que as variáveis críticas foram espacializadas em mapas.

Os resultados obtidos com o emprego da ferramenta estatística da análise multivariada possibilitaram identificar os trechos mais críticos da UPGRH SF4, assim como os parâmetros relevantes na avaliação da qualidade das águas. Consolidando a avaliação, uma síntese das interferências ou características relevantes que possam estar influenciando a qualidade das águas foi estruturada por sub-bacia, evidenciada por meio da identificação dos parâmetros não conformes com os limites legais, ou com resultados considerados relevantes nos cursos de água avaliados.

Deve-se ressaltar que a análise integrada dos resultados laboratoriais, não levou em consideração as possíveis interferências das diferenças dos métodos analíticos utilizados, e ademais, foi prejudicada em vista da disparidade existente entre os períodos de medição dos dados de monitoramento conduzidos pelos órgãos estaduais.

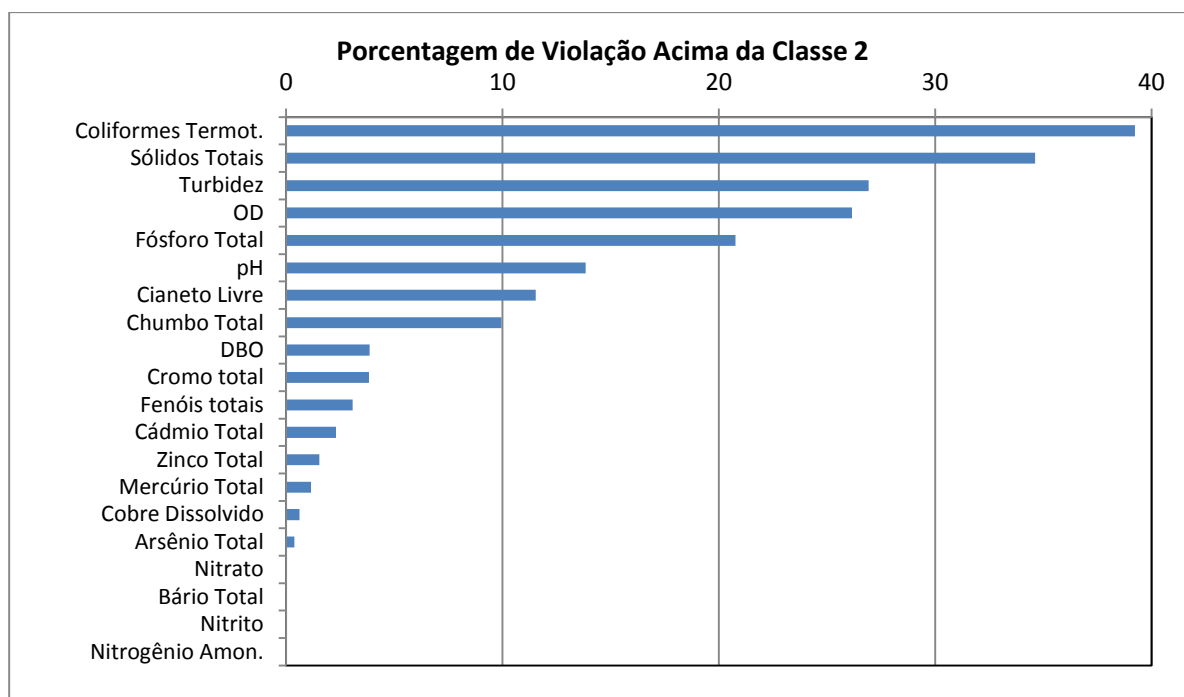
#### 10.4.2. Resultados: qualidade das águas

Em termos gerais, para o período de setembro de 1997 a novembro de 2013, destacou-se a degradação das águas por esgotos sanitários (**Figura 10.21**), em vista dos percentuais de resultados não conformes para coliformes de termotolerantes (38%), sólidos totais (35%), turbidez (27%), oxigênio dissolvido (27%) e fósforo total (21%). Adicionalmente, sobressaíram-se também os parâmetros pH e DBO, respectivamente, com 14% e 4% de violações em relação aos padrões de qualidade da classe 2. As condições sanitárias foram predominantemente impróprias do ponto de vista bacteriológico. No entanto, o conteúdo de matéria orgânica biodegradável foi pouco expressivo, com prevalência de excelentes níveis de oxigenação das águas. A carência de sistemas de saneamento adequados também acarretou a detecção de concentrações não conformes de fósforo total. Por outro lado, o manejo inadequado do solo na agropecuária e as reduzidas taxas de áreas cobertas com vegetação natural, podem explicar a considerável presença de sólidos nas águas, associada a medidas de turbidez superiores ao padrão de qualidade da classe 2.

A detecção de teores acima dos padrões legais para os componentes tóxicos tais como cianeto livre (11%), chumbo total (10%), cromo total (4%), fenóis totais (3,5%), cádmio (2%) e zinco (1,5%), podem estar correlacionadas às atividades industriais e agropecuárias desenvolvidas na região. Já a detecção de mercúrio (1,4%), cobre (0,3%), arsênio (0,3%) na forma total, pode

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	188

estar vinculado à atividade de mineração na UPGRH SF4. Deve-se destacar a capacidade bioacumulativa do mercúrio, arsênio e chumbo.

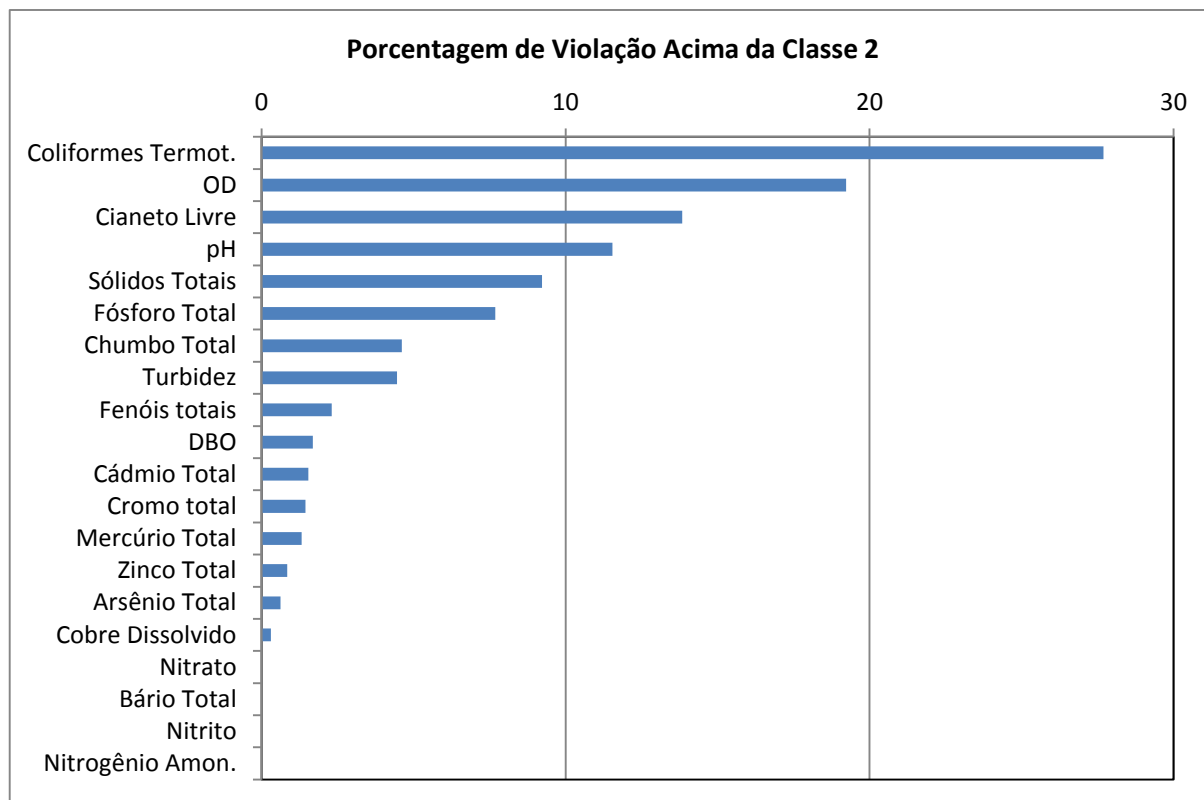


**Figura 10.21 - Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da classe 2 no período de setembro de 1997 a novembro de 2013 - UPGRH SF4.**

A **Figura 10.22** e a **Figura 10.23** mostram a porcentagem de violação dos parâmetros que não atenderam o limite da classe 2 no período de estiagem e chuvoso, respectivamente. O período chuvoso apresenta as maiores porcentagens de violação para diversos parâmetros de qualidade da água, com destaque para sólidos totais (61%), coliformes termotolerantes (51%), turbidez (49%), oxigênio dissolvido (34%) e fósforo total (34%). A alta porcentagem de violação da classe 2 para sólidos totais (que pode ser matéria orgânica ou inorgânica) e turbidez no período chuvoso sugere que está ocorrendo um forte processo erosivo na bacia com o aumento do escoamento superficial. Áreas de solo mais exposto, tais como para agricultura e pecuária, favorecem este processo de perda do solo na bacia. Além disso, o período chuvoso também apresenta uma maior porcentagem de violação da classe 2 de coliformes termotolerantes, (esgotos sanitários). Este padrão pode estar associado à acumulação de matéria orgânica de origem animal e humana no solo durante período de estiagem que é posteriormente carregada para os rios com a lavagem da superfície do solo no período chuvoso, ocorrendo principalmente devido à presença de extensa atividade pecuária (fonte difusa). A grande porcentagem de violação, no período chuvoso, de outros parâmetros também relacionados ao uso da água para abastecimento, tais como fósforo

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	189

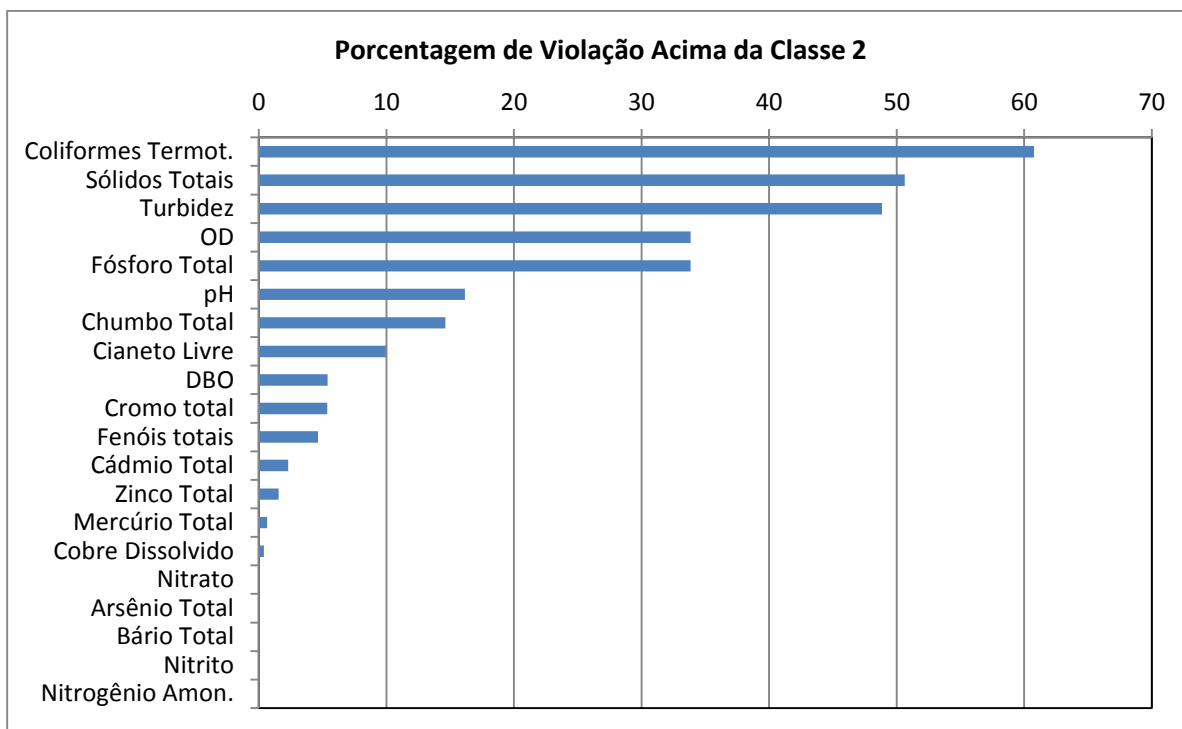
total, oxigênio dissolvido e DBO, podem estar associadas a fontes pontuais (lançamentos de esgotos de centros urbanos), bem como a fontes difusas de origem agropecuária (matéria orgânica de origem animal e fertilizantes).



**Figura 10.22 - Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da classe 2 no período de estiagem - UPGRH SF4.**

O período de estiagem não apresenta comprometimento sanitário significativo devido à baixa porcentagem de violação dos parâmetros de qualidade da água, com destaque para coliformes termotolerantes (28%), oxigênio dissolvido (18%) e cianeto livre (13%). A presença de uma maior quantidade de cianeto livre (toxinas liberadas por cianobactérias) no período de estiagem está associada não só disponibilidade de nutrientes na água, mas também ao aumento de temperaturas da água e luz na coluna d'água (redução da turbidez). As violações apresentadas no período seco estão mais associadas à liberação de esgotos sanitários não tratados na bacia.

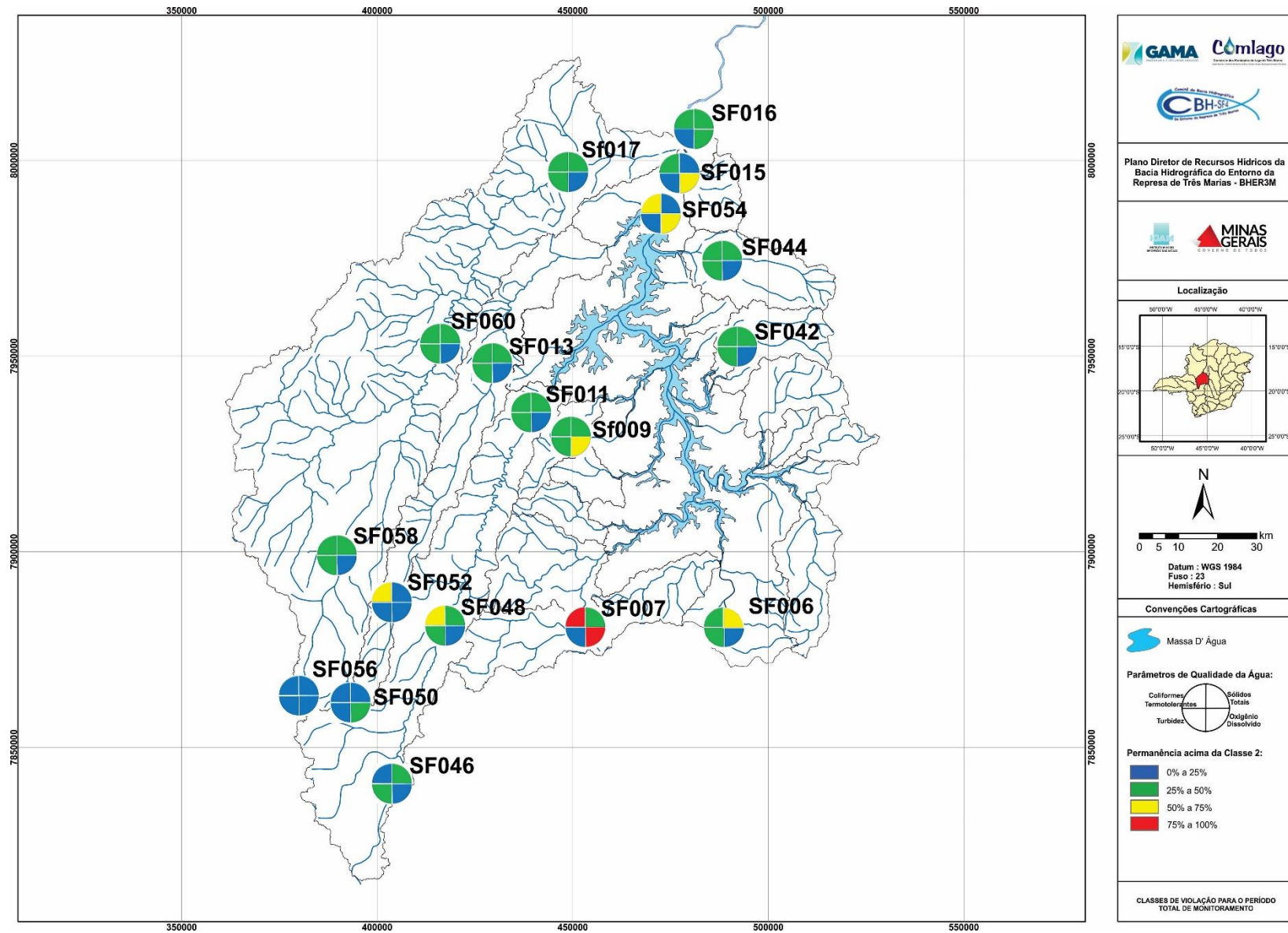
Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	190



**Figura 10.23 - Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da classe 2 no período chuvoso - UPGRH SF4.**

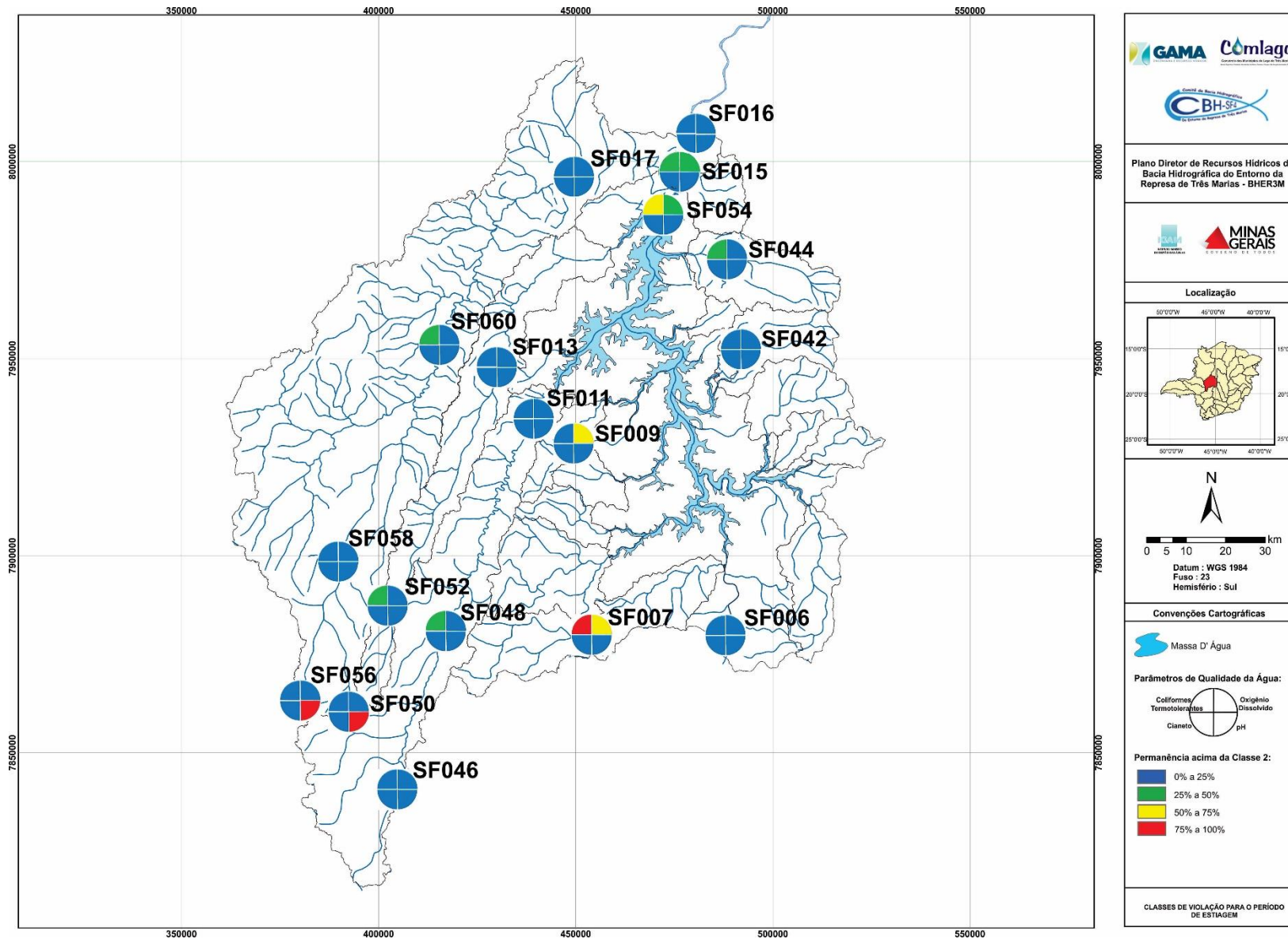
Uma avaliação espacial, por estação de qualidade da água, dos parâmetros mais críticos que apresentaram concentrações acima da classe 2 para o período total, seco e chuvoso, pode ser observada na **Figura 10.24** até a **Figura 10.26**, respectivamente. Em geral a porcentagem de violação de classe 2 dos parâmetros mais críticos aumenta com a área drenagem, sugerindo uma relação com o uso e cobertura do solo (poluição difusa). A estação SF007 (Riberão Marmelada) apresenta classes de violação mais críticas, sobretudo para coliformes termotolerantes e oxigênio dissolvido. O período seco apresenta baixas porcentagens de violação para todas as estações, enquanto o período chuvoso apresenta classes mais críticas de violação.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	191



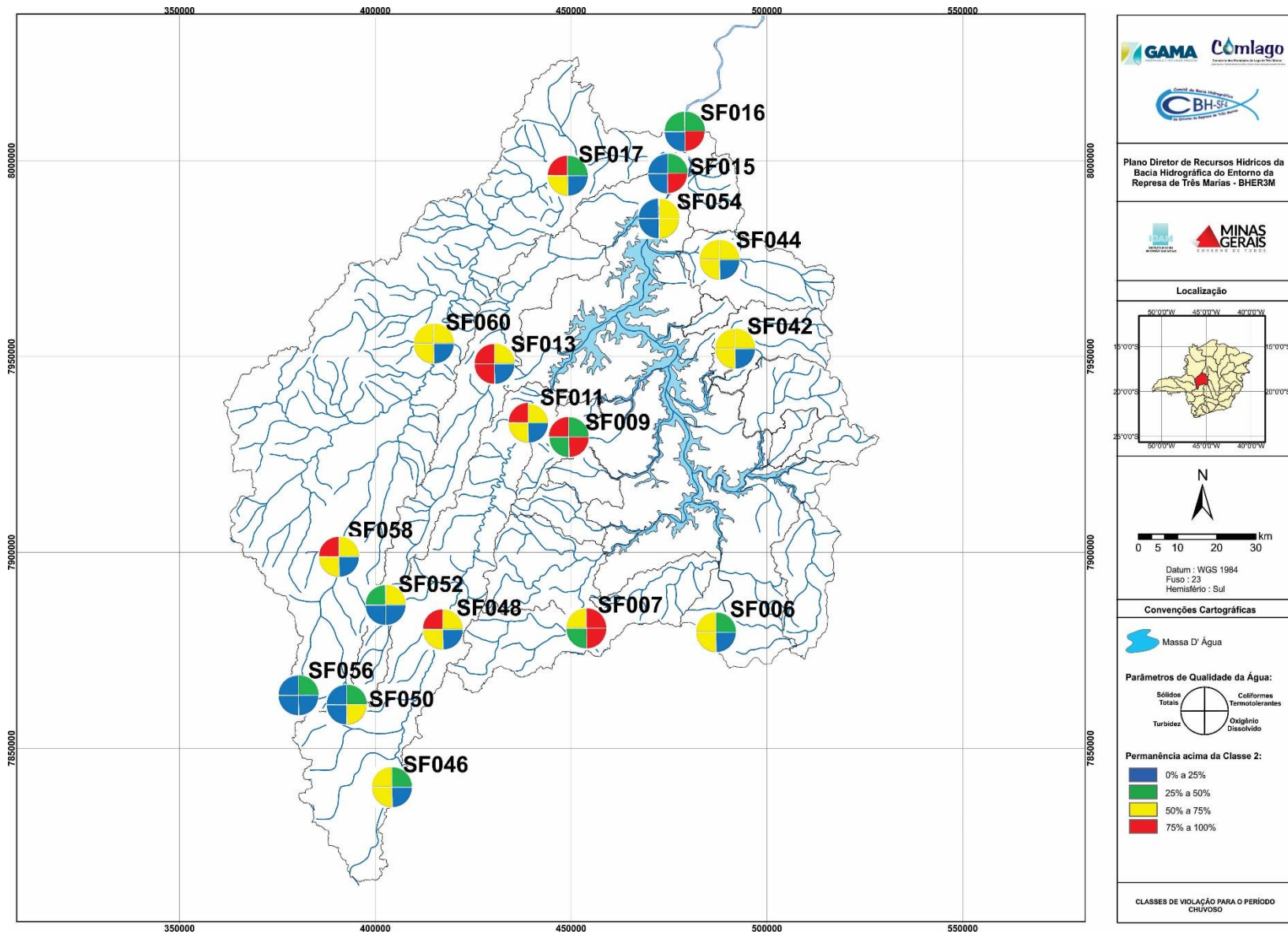
**Figura 10.24 - Faixas de porcentagem de violação acima da classe 2 dos 4 parâmetros mais críticos por estação no período total (de setembro de 1997 a novembro de 2013).**

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 192
------------------------------	---	-------------------------------	---------------



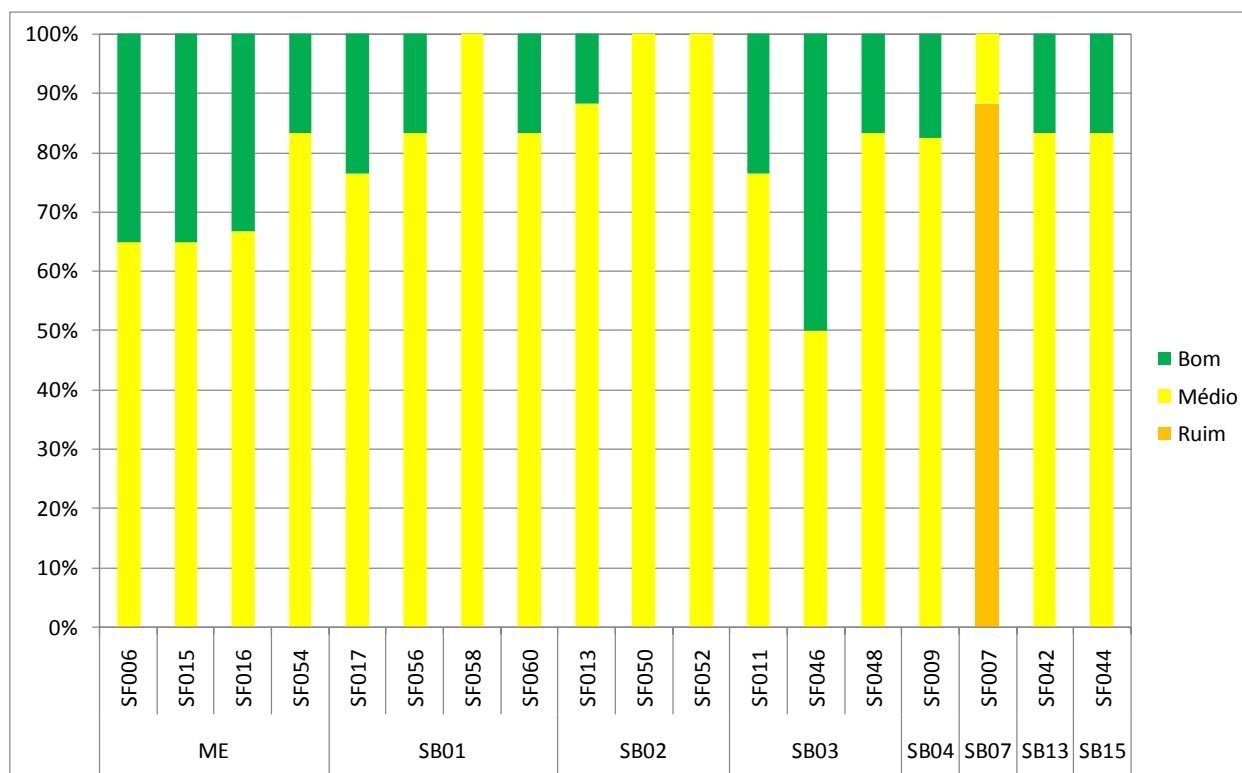
**Figura 10.25 - Faixas de porcentagem de violação acima da classe 2 dos 4 parâmetros mais críticos por estação no período seco.**





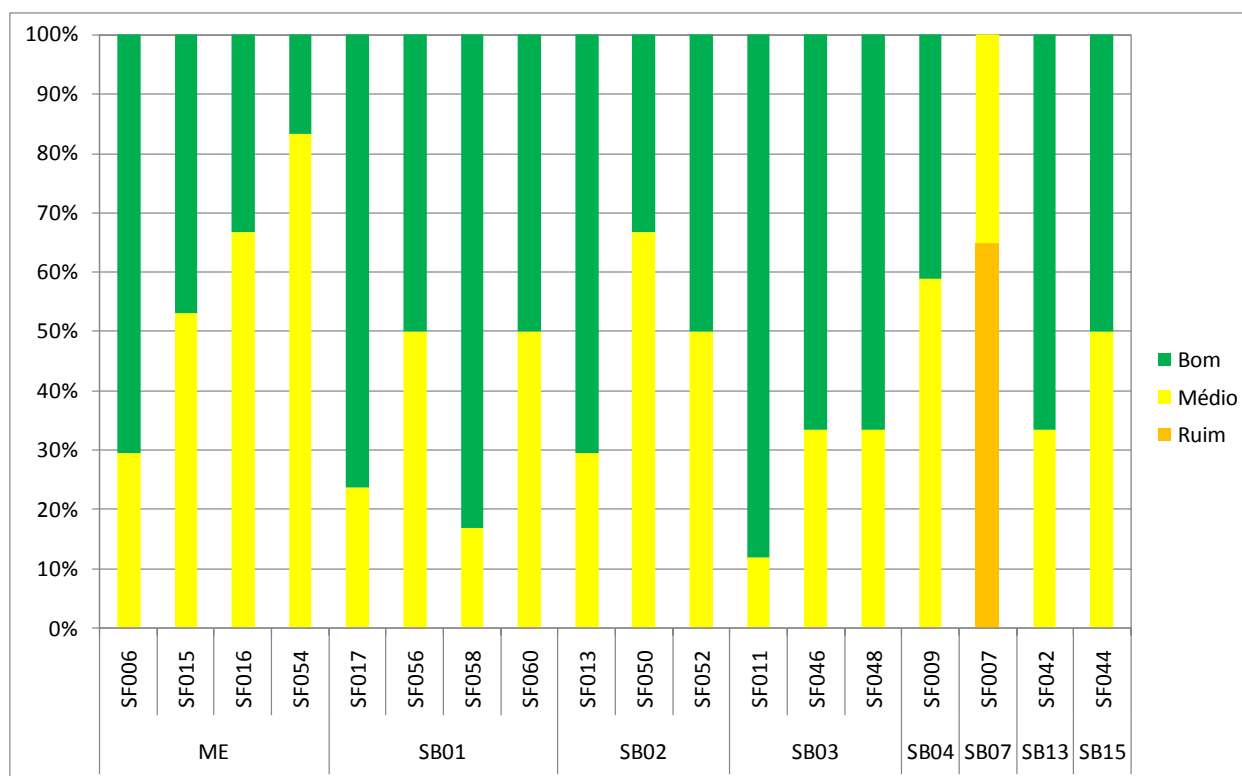
**Figura 10.26 - Faixas de porcentagem de violação acima da classe 2 dos 4 parâmetros mais críticos por estação no período chuvoso.**

A distribuição das faixas do IQA por estação de amostragem, de setembro de 1997 a novembro de 2013 na UPGRH SF4 (período total), é apresentada na **Figura 10.27**. Não foi observado IQA Excelente em nenhuma estação, assim como nenhum valor na faixa Muito Ruim. Na maioria das estações predominou o nível Médio, exceto na estação SF007, localizado no Riberão Marmelada a jusante do município de Abaeté, que predominou IQA Ruim (88%). Em melhores condições sobressaíram-se as estações SF046, localizada no rio Indaiá (SB003), e as estações SF006, SF015 e SF016, localizadas no rio São Francisco (Interbacias da ME). Na escala de sub-bacia, observa-se que a SB1, SB2, SB3 e ME apresentaram em média 13%, 11%, 27% e 29%, respectivamente, das amostras no nível Bom. A análise da evolução da qualidade das águas, com base no IQA, no percurso dos rios que possuem mais de uma estação de monitoramento, indicou uma leve tendência de acréscimo no percentual da faixa Bom de montante (cabeceira) para jusante (foz) para as sub-bacias SB01, SB02, SB3 e no rio São Francisco a jusante da barragem.



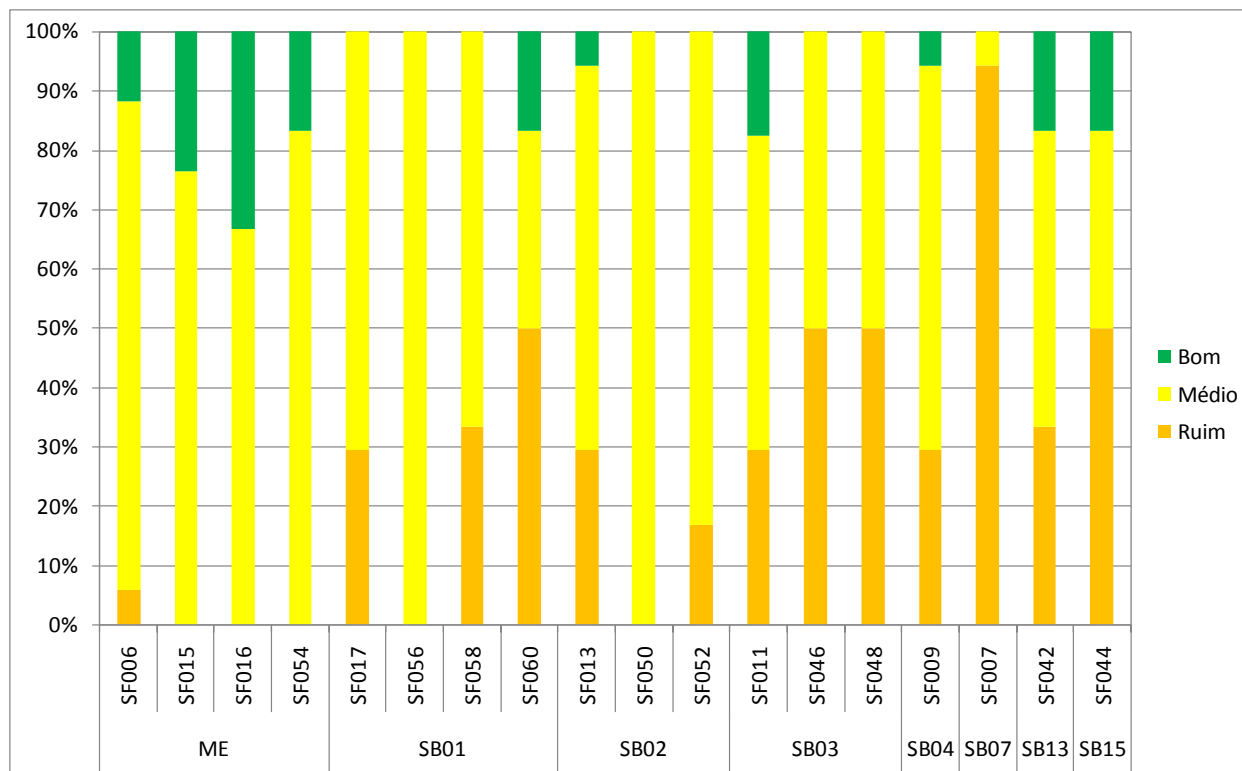
**Figura 10.27 - Distribuição das faixas do IQA por estação de amostragem de 1997 a 2013 na UPGRH SF4.**

Uma distribuição distinta das classes é observada integrando os dados por estação de qualidade da água, para os períodos de estiagem (**Figura 10.28**) e chuvoso (**Figura 10.29**). É nítida uma situação mais crítica no período chuvoso identificada em todas as estações da UPGRH SF4, quando ocorreram os maiores percentuais do IQA Ruim. Neste período, a estação SF007 foi a mais crítica, apresentando 95% das amostras no IQA Ruim. Ainda no período chuvoso, destacava-se também as estações SF060 (trecho médio do rio Abaeté), SF048 (trecho médio do rio Indaiá), SF046 (trecho alto do rio Indaiá) e SF044 (ribeirão do Boi), onde aproximadamente 50% das amostras apresentaram IQA Ruim. O período de estiagem apresentou uma melhora da qualidade do IQA, para todas as estações, em relação ao período completo de dados e ao período chuvoso. Neste período, a maioria das estações predominou o nível Bom, exceto na estação SF007 ainda que predominou IQA Ruim (64%).



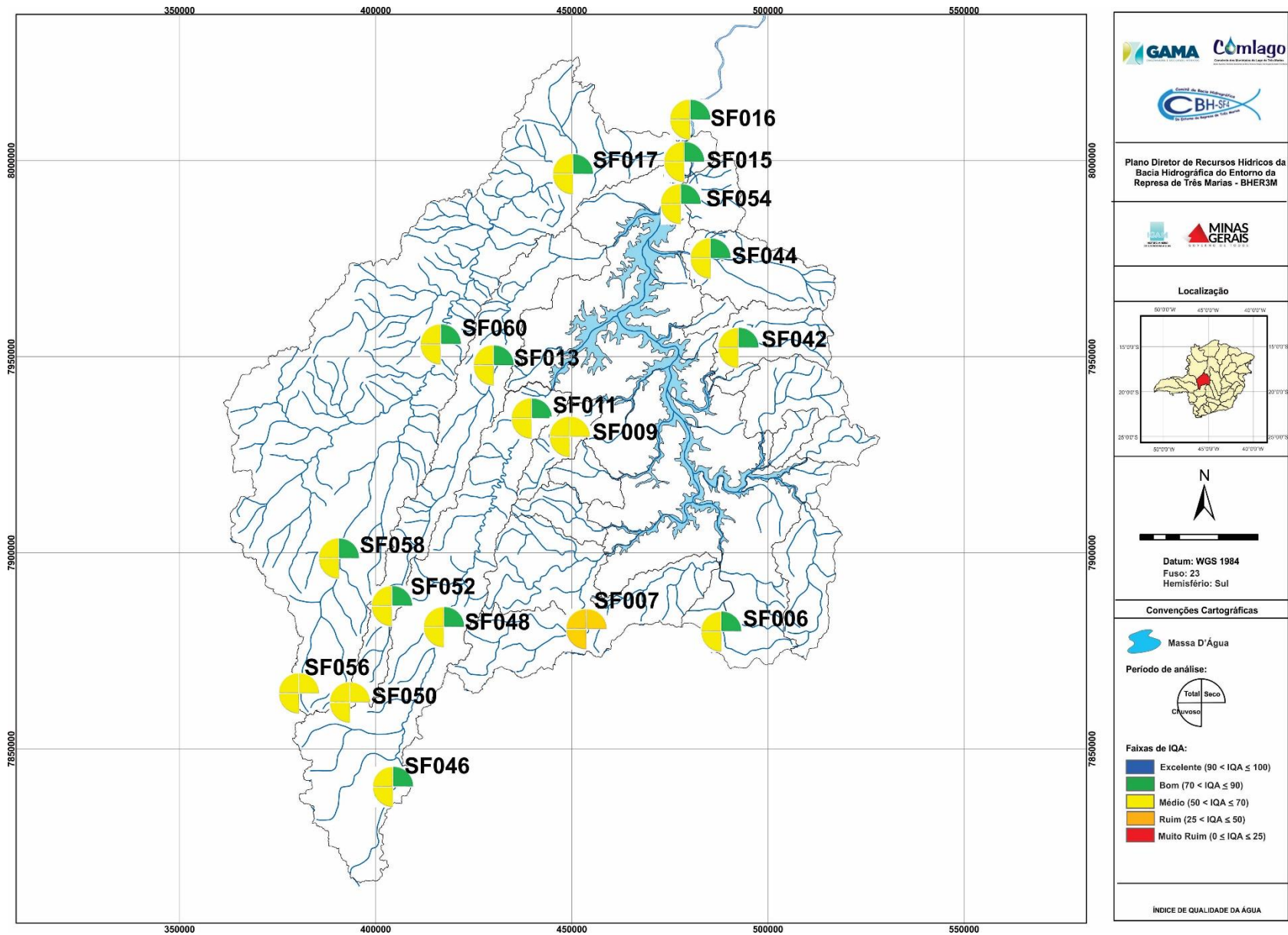
**Figura 10.28 - Distribuição das faixas do IQA por estação de amostragem para o período de estiagem.**

Os parâmetros que contribuíram para a redução do IQA na época chuvosa foram principalmente sólidos totais, coliformes termotolerantes e turbidez, e com menor representatividade o oxigênio dissolvido e o fósforo total. Essa situação é resultado da interferência das fontes difusas, urbanas e rurais, agravada pela deficiência de sistemas de saneamento básico, manejo inadequado do solo e degradação da vegetação natural. A sub-bacias SB07, SB03, SB15 e SB01, sobretudo, a piora foi mais expressiva.



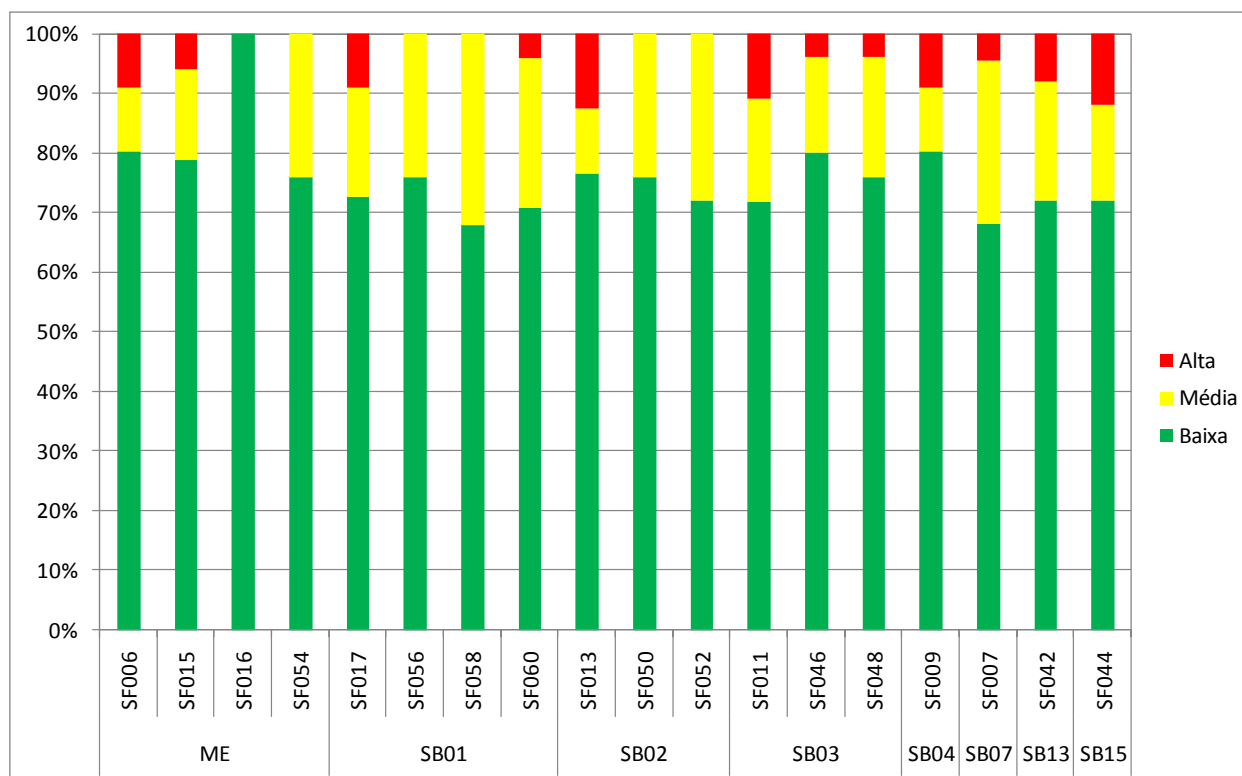
**Figura 10.29 - Distribuição das faixas do IQA por estação de amostragem para o período chuvoso.**

A **Figura 10.30** apresenta uma classificação dos valores médios de IQA por estação, considerando os três períodos de análise: total, seco e chuvoso. Em termos médios, a maioria das estações de qualidade da água apresenta IQA Médio nos períodos total e chuvoso, melhorando para IQA Bom no período de estiagem. A estação SF007 apresenta IQA Ruim para os três períodos de análise. Duas estações localizadas na cabeceira das sub-bacias SB01 e SB02, além da estação SF009, não apresentaram variabilidade significativa do IQA em termos médios independente do período de análise.



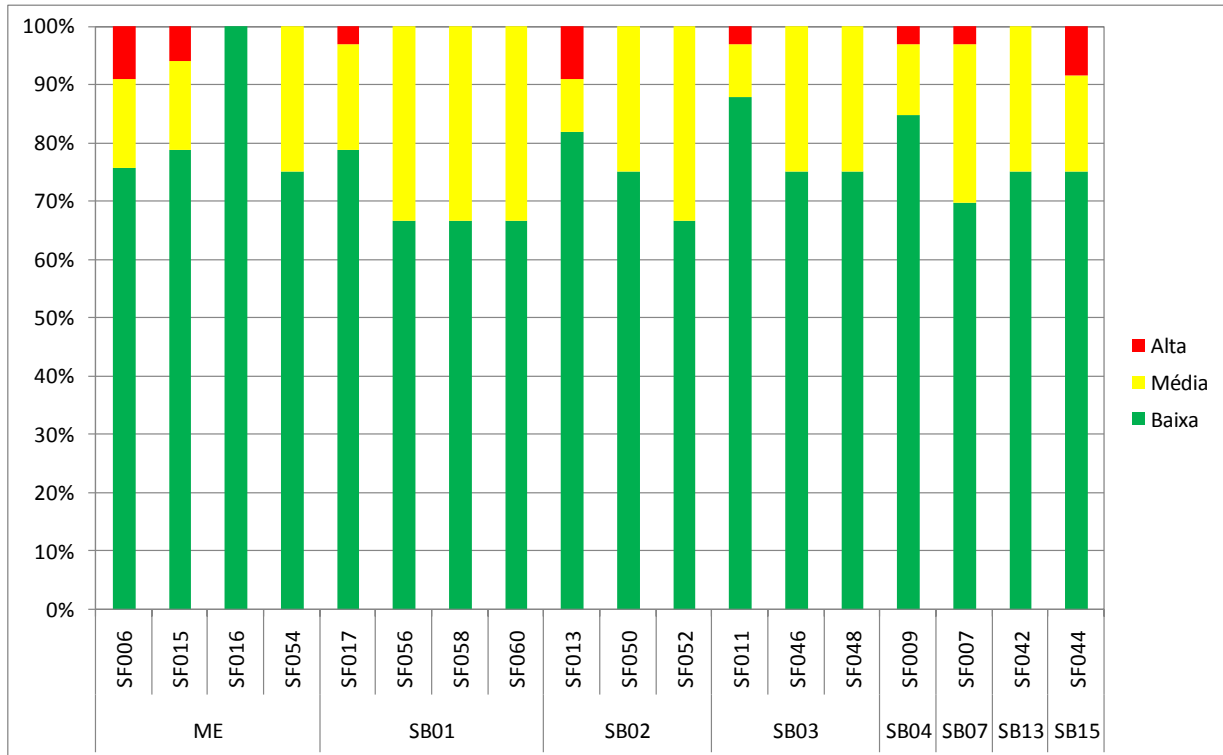
**Figura 10.30 - Classificação dos valores médios de IQA por estação para o período total, seco e chuvoso.**

Com relação à distribuição das faixas de CT no período total de amostragem, conforme indicado na **Figura 10.31**, observa-se uma predominância da classe Baixa em todas as estações de monitoramento. As estações SF006 (rio São Francisco, a montante do reservatório), SF017 (foz da SB1), SF013 (foz da SB2), SF011 (Foz da SB3) e SF044 (SB15) são os pontos mais críticos, apresentando aproximadamente 10% das amostras na classe CT Alta. A porcentagem de amostras que apresentam CT Alto aumenta no período chuvoso (**Figura 10.32**), sobretudo nas estações SF017, SF013 e SF011, sugerindo a influência de fonte difusa de contaminantes tóxicos provocada pelo incremento do escoamento superficial nas sub-bacias (processo de erosão). Além disso, é possível observar que a distribuição das classes de CT nas estações SF006, SF015, SF016, SF054 e SF044 não variaram significativamente com o período de análise, indicando uma fonte tóxica continuada, provavelmente de atividade de mineração. O período seco apresentou melhores condições de CT (**Figura 10.32**) em comparação com o período chuvoso e total.

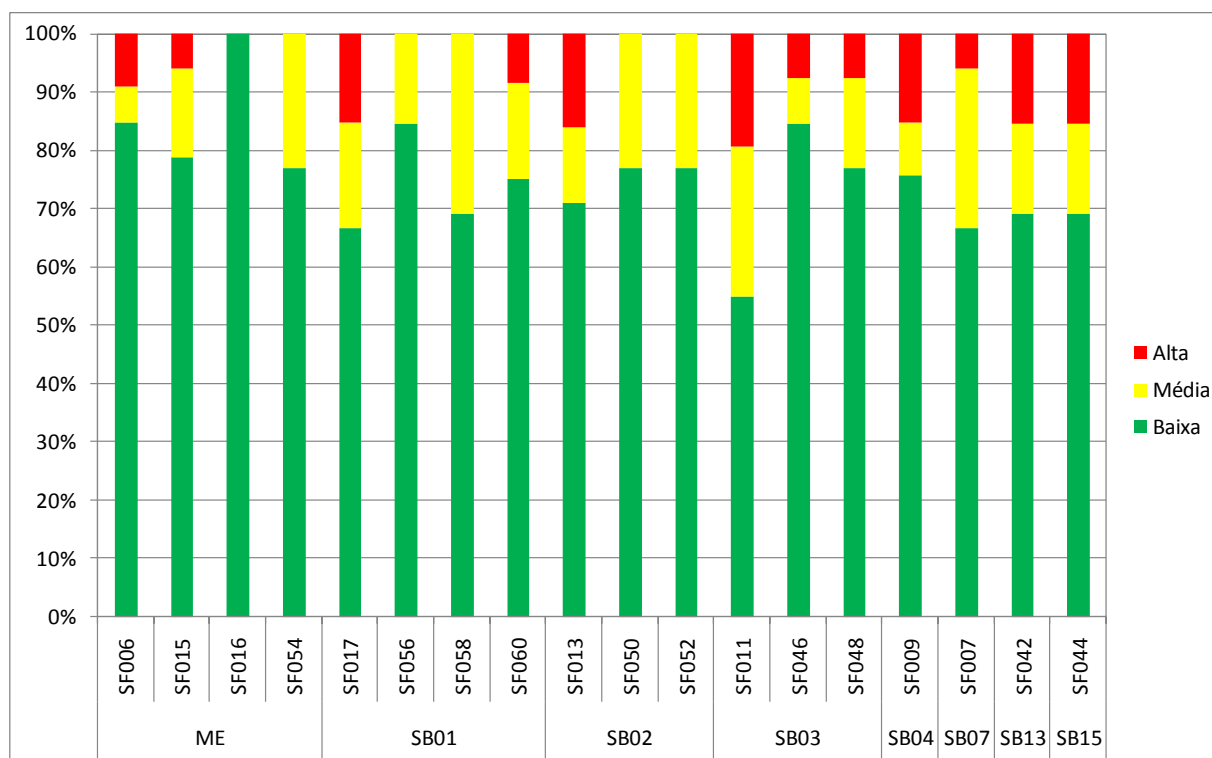


**Figura 10.31 - Distribuição das faixas de Contaminação por Tóxicos por estação no período de total de amostragem.**

Deve-se considerar que esses componentes tóxicos podem ficar depositados nos sedimentos das calhas dos rios, ficando temporariamente imobilizados, até serem liberados via fluxo de ressuspensão provocada pelo aumento do escoamento. Desta forma, os sedimentos dos rios representam fonte potencial de contaminação uma vez a qualquer momento, devido a mecanismos físicos e químicos comuns ao meio hídrico, são capazes de transferir contaminantes tóxicos para a coluna de água.



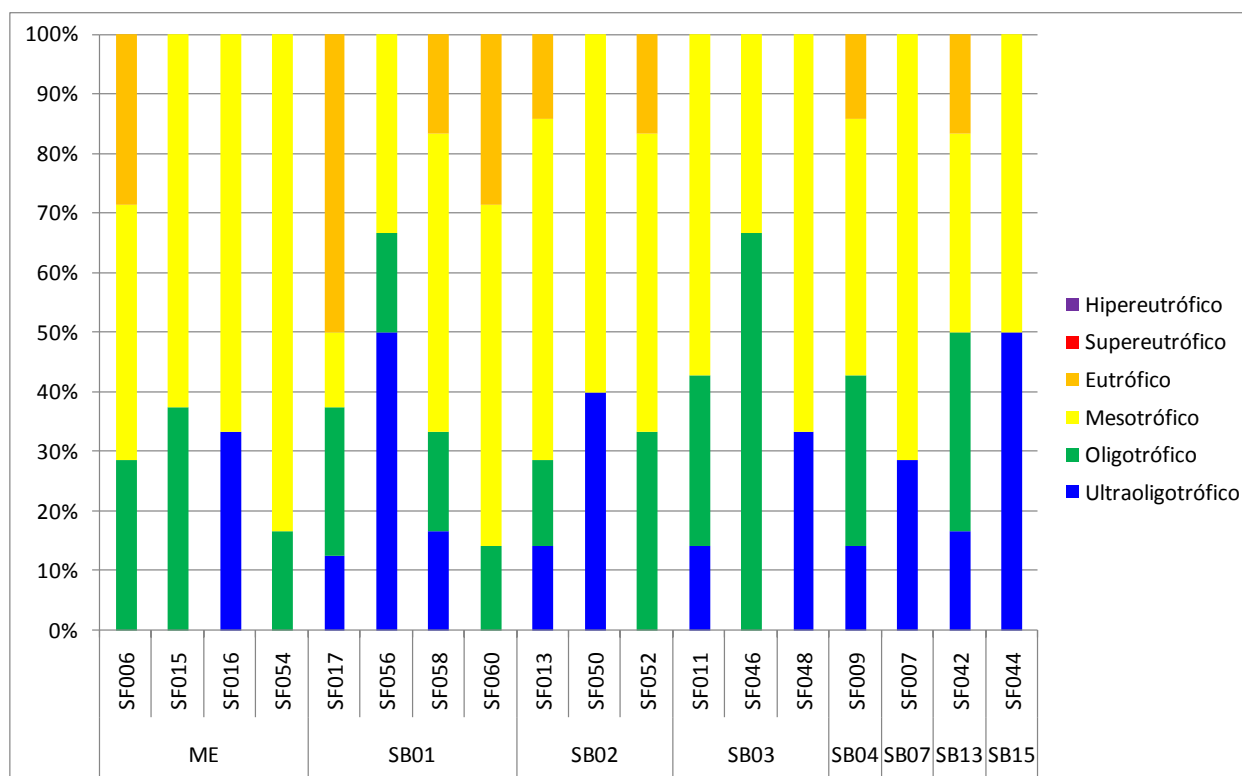
**Figura 10.32 - Distribuição das faixas de Contaminação por Tóxicos por estação no período de estiagem.**



**Figura 10.33 - Distribuição das faixas de Contaminação por Tóxicos por estação no período chuvoso.**

Considerando o período total amostrado, a faixa do IET variou entre Eutrófico e Ultraoligotrófico em todas as estações de monitoramento (**Figura 10.34**). A faixa Mesotrófico para IET foi predominante para todas as estações, com exceção da estação SF017 (Foz da SB01) que apresentou 50% das amostras na faixa Eutrófico, sugerindo que, em geral, os corpos d'água têm produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis. Em escala de sub-bacia, foi observado um aumento do IET de montante para jusante, indicando uma mais alta produtividade na foz em relação às condições naturais, com redução da transparência. Este aumento do estado trófico de montante para jusante está relacionado as atividades antrópicas difusas e pontuais nas sub-bacias, sobretudo as atividades agropecuárias e lançamentos de esgotos sanitários. Além disso, existe a influência do reservatório de Três Marias nos pontos mais próximos a foz dos rios afluentes, que desacelera o escoamento (água mais estagnada e menor turbulência), favorecendo o desenvolvimento de produtores primários (algas e vegetação aquática).

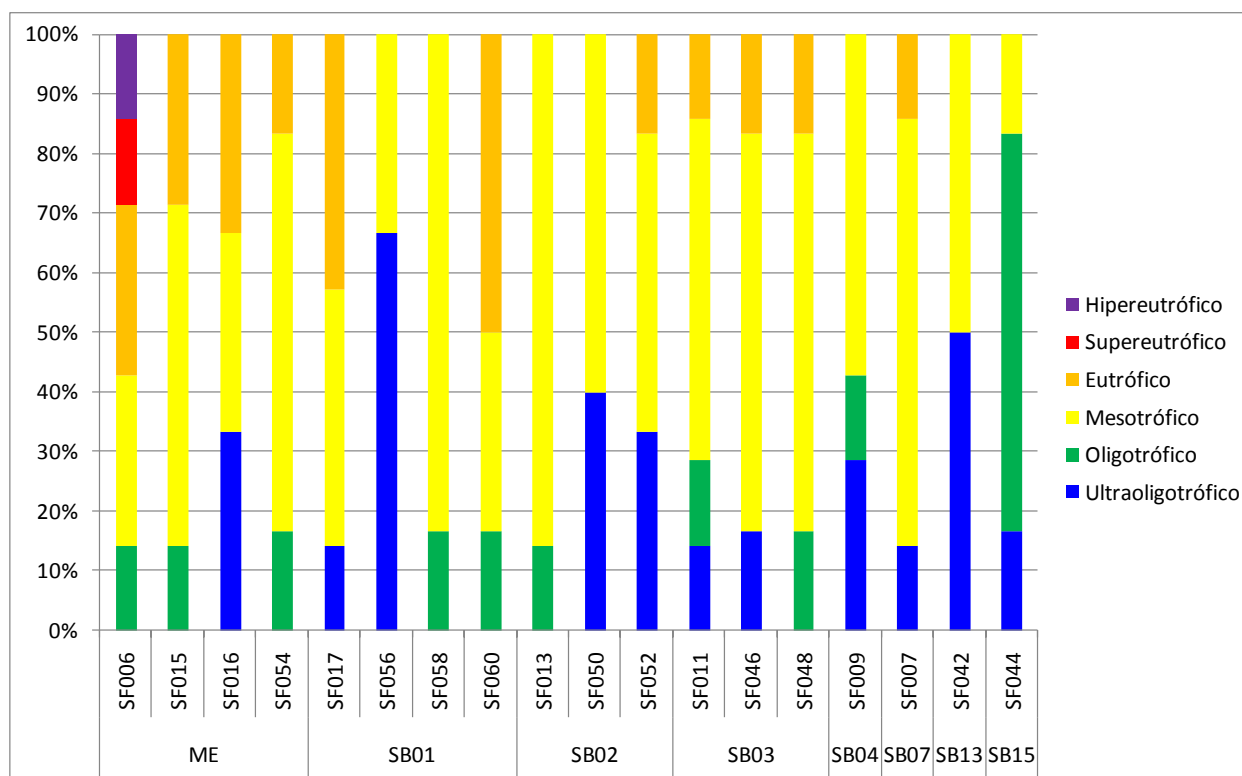




**Figura 10.34 - Distribuição das faixas de Índice de Estado Trófico por estação no período total.**

O período de estiagem apresenta menor variabilidade dos valores de IET em relação ao período chuvoso, chegando a apresentar em algumas estações de monitoramento variações de faixas entre Ultraoligotrófico e Hipereutrófico como, por exemplo nas estações SF013 e SF042 (ver **Figura 10.35** e **Figura 10.36**). No período de estiagem, em geral, ocorre uma redução dos valores de IET, em relação ao período total, para todas as estações de monitoramento, com predominância do estado Mesotrófico. O ponto mais crítico em termos de IET no período de estiagem é a estação SF006 (rio São Francisco a montante do Reservatório de Três Marias), apresentando 15% das amostras na faixa Hipereutrófico. Na maioria dos postos foi observado uma leve redução dos valores médios de IET no período chuvoso em relação ao período seco e total, ao contrário do observado nas estações mais próximas do Reservatório de Três Marias (por exemplo, SF009, SF017, SF013, SF042 e SF044) e a estação SF007, no Riberão Marmelada, que recebe esgoto sanitário do Município de Abaeté.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 202
------------------------------	---	-------------------------------	---------------



**Figura 10.35 - Distribuição das faixas de Índice de Estado Trófico por estação no período seco.**

A **Figura 10.37** apresenta a classificação dos valores médios de IET, por estação de monitoramento, considerando diferentes períodos de análise (total, seco e chuvoso). A sub-bacia SB01 apresenta uma condição média mesotrófica na parte baixa e média do rio Abaeté independente do período de análise, com uma melhora da condição média trófica na parte alta da sub-bacia (ultraoligotrófico para os períodos seco e total; e oligotrófico para o período chuvoso). Padrão similar acontece para SB02, que apresenta uma condição média mesotrófica próximo a foz do rio Borrachudo e uma condição oligotrófica na cabeceira do rio, independente do período. Na sub-bacia SB03 ocorre uma condição levemente melhor de trofia na foz do rio Indaiá. Condições médias mesotróficas foram encontradas na estação SF007, a jusante do município de Abaeté. Estações localizadas nas sub-bacias da margem direita da Represa (SF042 e SF044) variam entre as condições mesotróficas e ultraoligotróficas, dependendo do período de análise. As estações localizadas no rio São Francisco, a jusante da barragem de Três Marias variaram entre as condições mesotróficas e oligotróficas. O ponto mais crítico observado foi a estação SF006, que apresentou condição média eutrófica, mesotrófica e oligotrófica nos períodos de estiagem, total e chuvoso, respectivamente.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 203
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

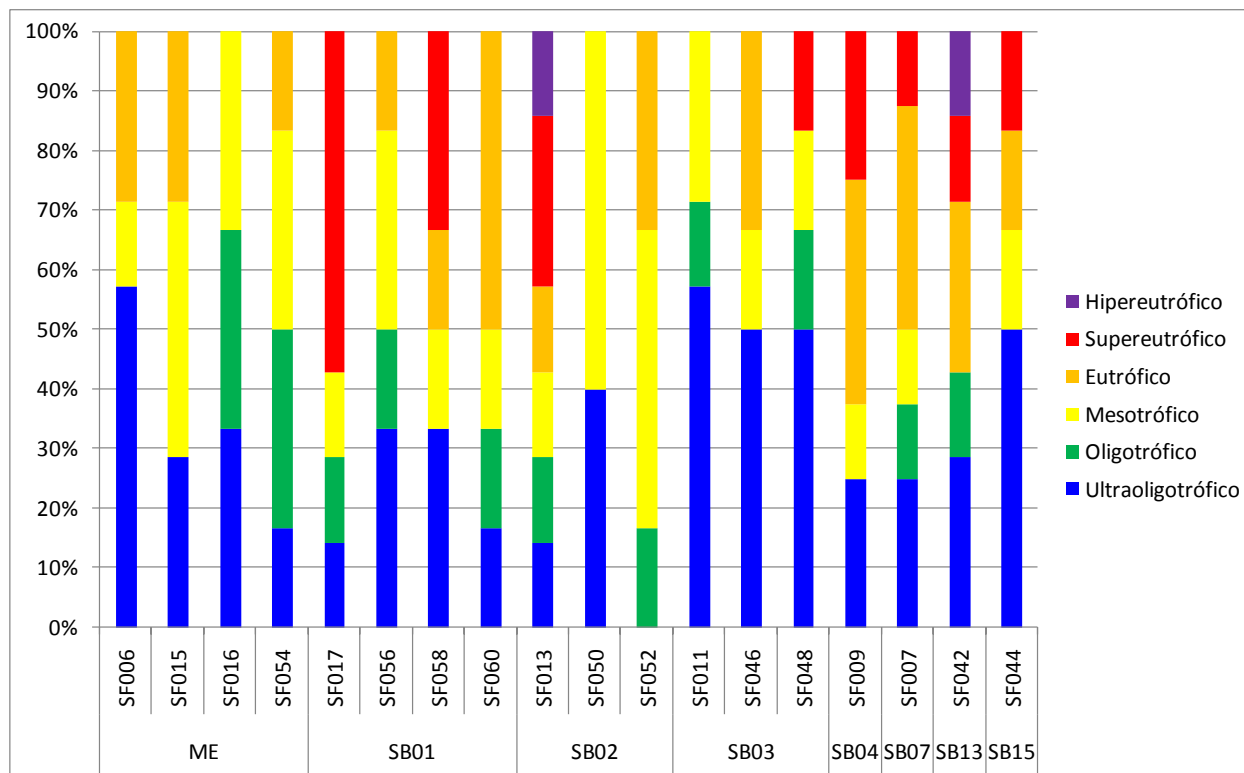
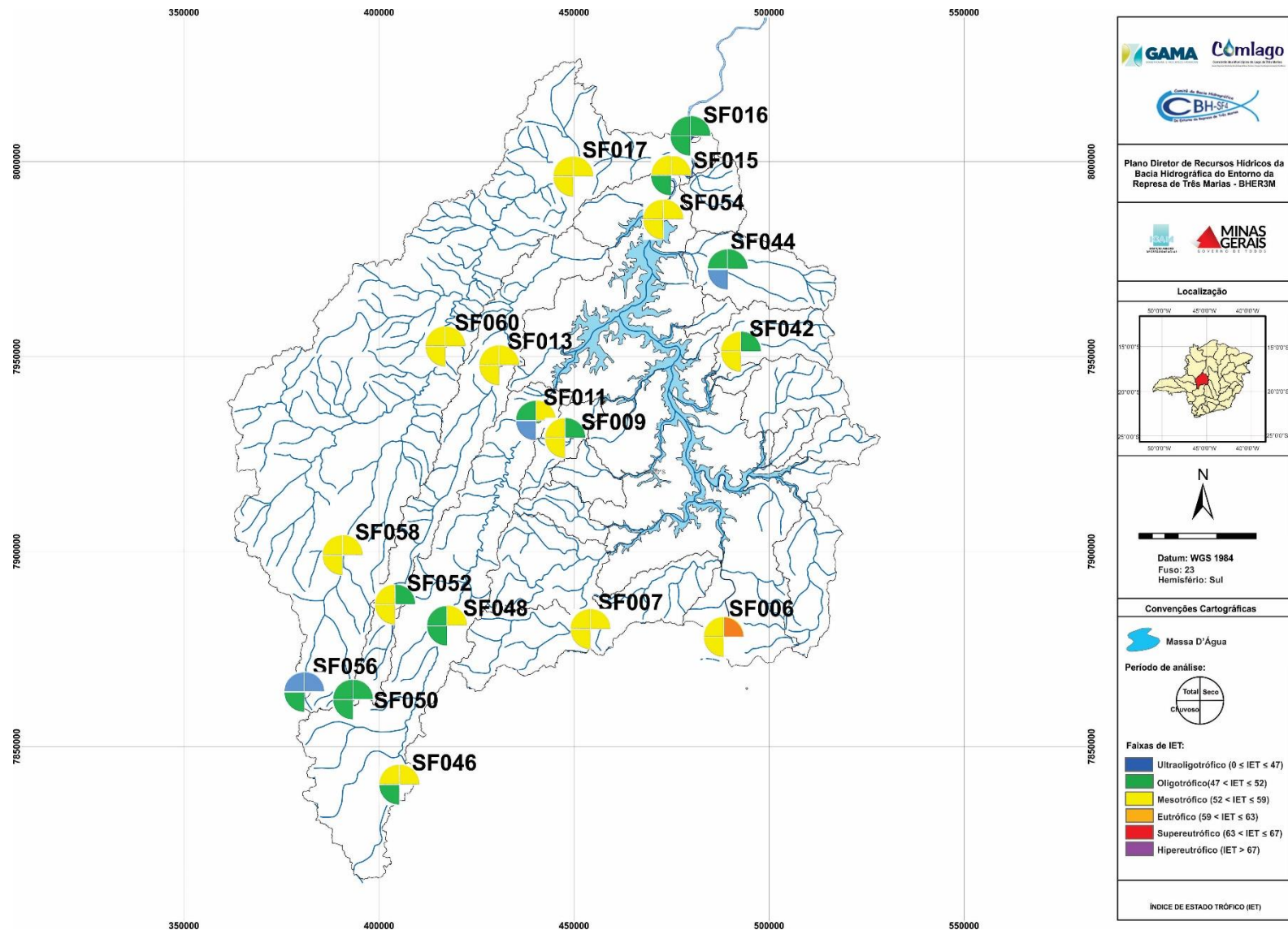


Figura 10.36 - Distribuição das faixas de Índice de Estado Trófico por estação no período chuvoso.



**Figura 10.37 - Classificação dos valores médios de IET por estação para o período total, seco e chuvoso.**

<p>Contrato 001/COMLAGO/2013</p>	<p>Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04</p>	<p>Data de Emissão Julho/2015</p>	<p>Página 205</p>
--------------------------------------	---	---------------------------------------	-----------------------

### 10.4.3. Análise multivariada: similaridade entre as seções de monitoramento quanto aos fatores que causam a poluição

Com a finalidade de avaliar as similaridades das estações de amostragem e parâmetros monitorados, foram utilizadas as técnicas de agrupamento hierárquico e análise de componentes principais, utilizando-se o software Palaeontological Statistics (PAST). Para tanto, procedeu-se a uma atualização das informações para o período de setembro de 1997 a novembro de 2013, considerando os mesmos parâmetros monitorados e metodologia de padronização dos dados por meio das medianas ranqueadas.

A análise de agrupamentos produz um gráfico denominado dendograma que representa a "árvore" ou a história do agrupamento. A escala vertical representa o nível de similaridade entre as estações de amostragem com relação aos parâmetros medidos. No eixo horizontal as estações são ordenadas de forma relacionada à história do agrupamento. As linhas verticais, partindo dos elementos amostrais agrupados, têm altura correspondente ao nível em que as estações foram consideradas semelhantes, isto é, a distância do agrupamento ou o nível de similaridade (MINGOTI, 2005). Esta técnica tem sido cada vez mais utilizada porque é um indicador de categorização ou separação. A vantagem é que pode sugerir, a partir de uma entrada complexa de dados, agrupamentos que de outra forma dificilmente seriam percebidos.

A interpretação de um dendograma de similaridade entre amostras fundamenta-se na seguinte premissa: duas amostras próximas devem ter também valores semelhantes para as variáveis medidas. Assim elas devem ser próximas matematicamente no espaço multidimensional. Portanto, quanto maior a proximidade entre as medidas relativas às amostras, maior a similaridade entre elas. O dendograma hierarquiza essa similaridade possibilitando uma visão bidimensional da semelhança ou diferença de todo o conjunto de amostras utilizado no estudo.

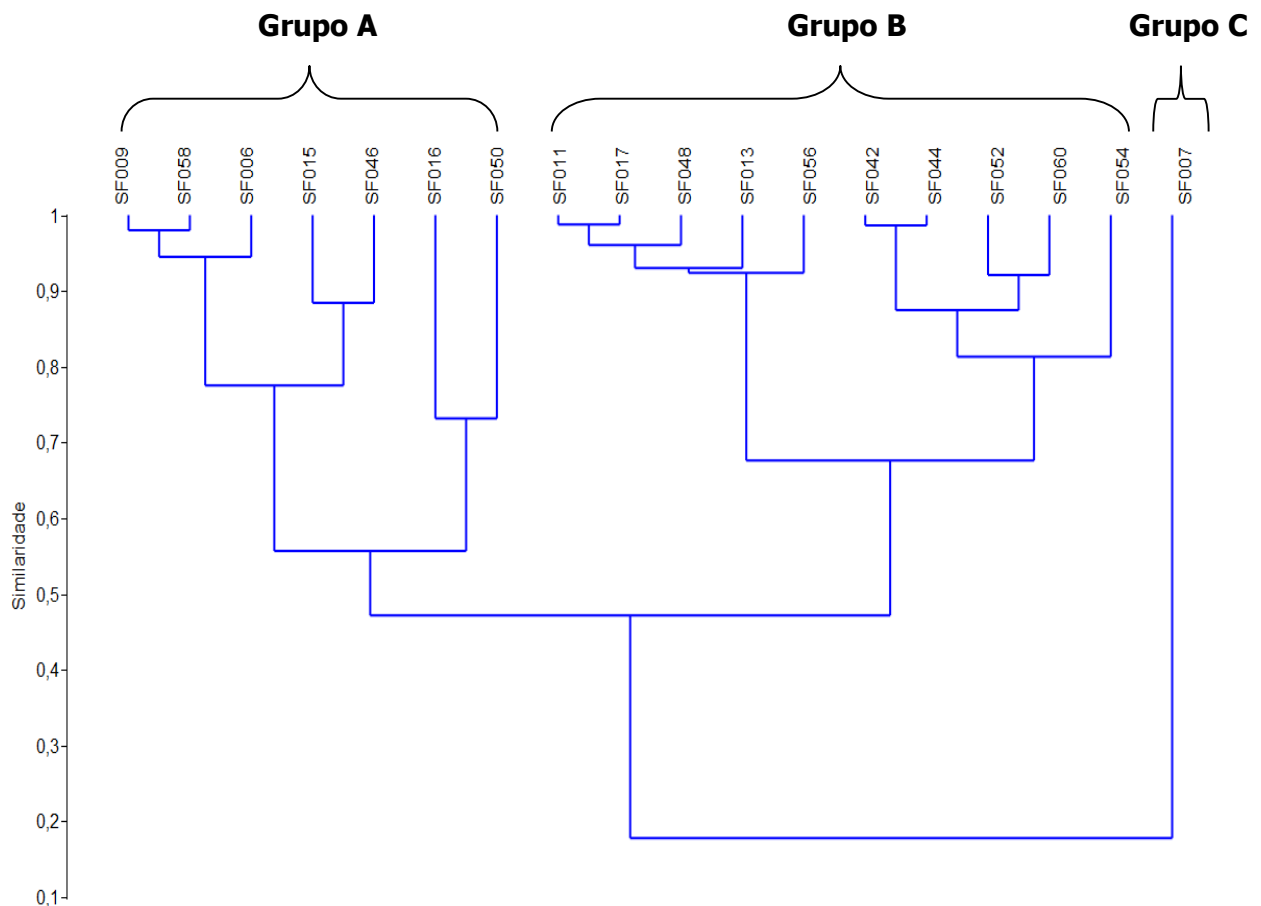
Foi também utilizada a análise por componentes principais (PCA), que é uma metodologia amplamente aplicada em trabalhos na área de saneamento, química e geografia. O propósito dessa análise é a redução da complexidade dos dados multivariados e a detecção de estrutura na relação entre os dados, transformando-os em um novo conjunto de variáveis, denominado de componentes principais, escritas como uma combinação linear das variáveis originais. As contribuições de cada variável nas componentes principais correspondem aos pesos ("loadings"). Nas novas componentes geradas, diversas componentes que explicam a maior variabilidade dos dados são escolhidas de modo a caracterizar a base de dados. A primeira componente principal

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	206

explica a maior proporção da variância total entre todas as combinações lineares dos dados originais, a segunda terá menor proporção de variância total que a primeira e assim sucessivamente. O número de componentes principais importantes para descrição da variabilidade dos dados é bem menor que o número de variáveis da base de dados original, pois a partir de certa componente limite, a variância das componentes tende a zero, sendo desnecessária a sua inclusão na nova base de dados reduzida.

A **Figura 10.38** apresenta o dendograma resultante da análise de agrupamento aplicada nas estações de qualidade da água selecionadas. A **Figura 10.39** apresenta um mapa com as estações agrupadas. Foi possível distinguir 3 grupos similares. O Grupo A abrange as estações da parte alta das sub-bacias SB01 (SF056 e SF-58), SB02 (SF050) e SB03 (SF046), a estação SF009 (localizada no Ribeirão Sucuriú, SB04) e a maioria das estações localizadas no rio São Francisco (SF006, SF015 e SF016). Este grupo é caracterizado, sobretudo, pela menor influência de atividades antrópicas, como é o caso de regiões de cabeceira da UPGRH SF4, da sub-bacia SB04 que não possui lançamento de centros urbanos. O efeito de diluição e autodepuração do rio São Francisco faz com que a variabilidade dos poluentes nas estações SF006, SF015 e SF016 seja similar a regiões menor influência antrópica. O Grupo B possui a maior quantidade de estações (10 estações no total). Este grupo é caracterizado por estações localizadas na parte média das sub-bacias (SF060, SF052, SF048) e estações próximas ao reservatório de Três Marias (SF017, SF013, SF011, SF042, SF044, SF054). Tais estações estão sujeitas a uma maior influência das atividades antrópicas (a maioria das estações ficam a jusante de lançamentos de centros urbanos ou de atividades agropecuárias). Os resultados sugerem que a variabilidade as estações mais próximas ao reservatório de Três Marias, tenham sua qualidade da água influenciada pela represa através de diversos mecânicos, tais como efeito de remanso, redução do escoamento nos braços do reservatório, hidrodinâmica e qualidade da água do próprio reservatório. A estação SF007 apresenta uma variabilidade distinta em relação as demais estações. A condição mais crítica de qualidade da água, influenciada pelo lançamento de esgotos sanitários do município de Abaeté é o principal agente promotor da heterogeneidade encontrada na estação SF007.

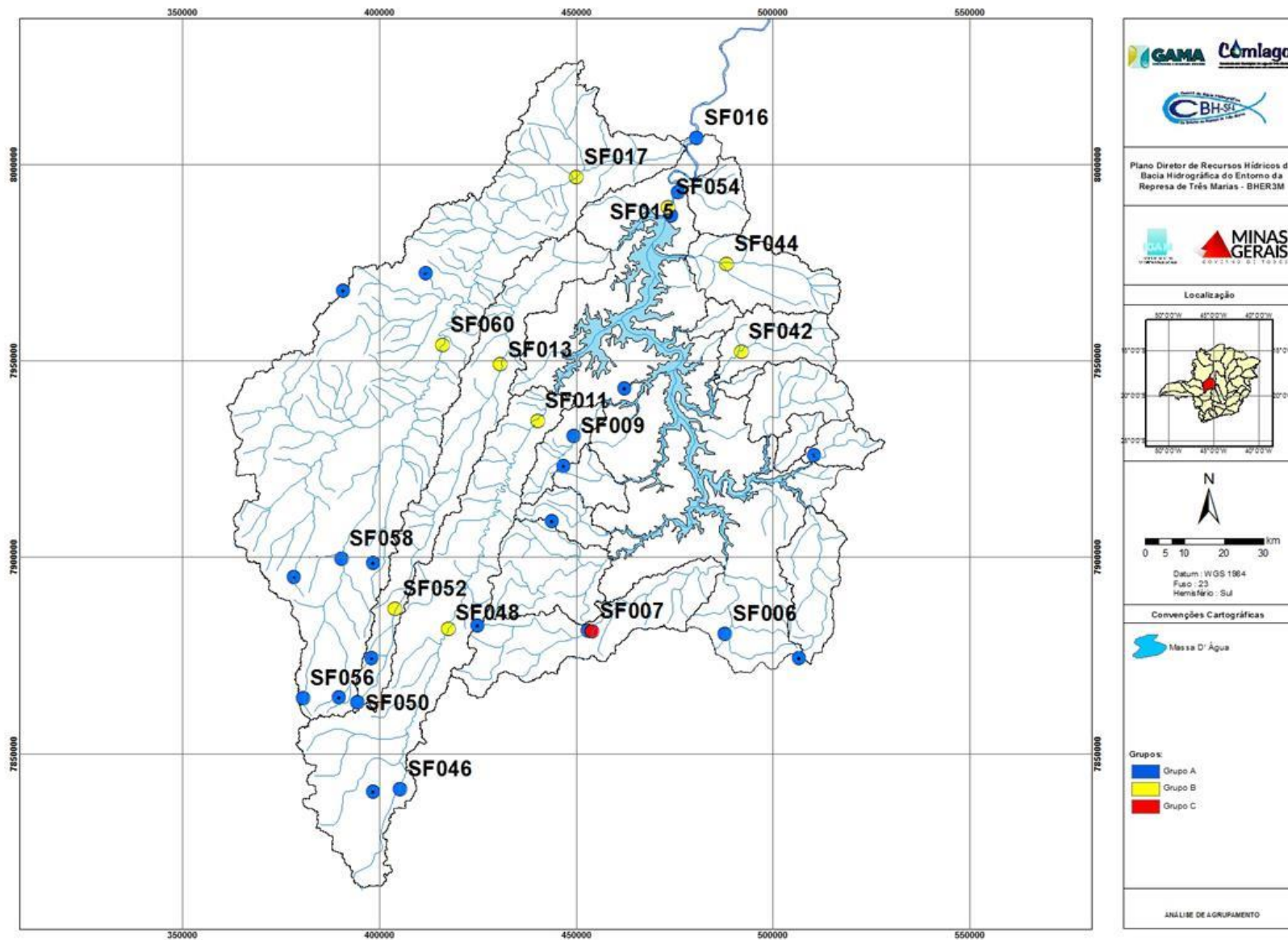
Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	207



**Figura 10.38 - Dendrograma indicando a separação das estações em três grupos (A, B e C).**

A análise das componentes principais, realizada com a matriz composta pelos 22 parâmetros e 18 estações de amostragem, permitiu avaliar quais os fatores mais relevantes que promovem variabilidade da qualidade da água nas estações. Quando somadas, as três primeiras componentes abrangem aproximadamente 63% da variabilidade total dos dados (componente 1 = 30,8%; componente 2 = 18,3%; componente 3 = 13,8%).

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 208
------------------------------	---	-------------------------------	---------------



**Figura 10.39 - Grupos de estações de qualidade da água que apresentam variabilidade similar.**

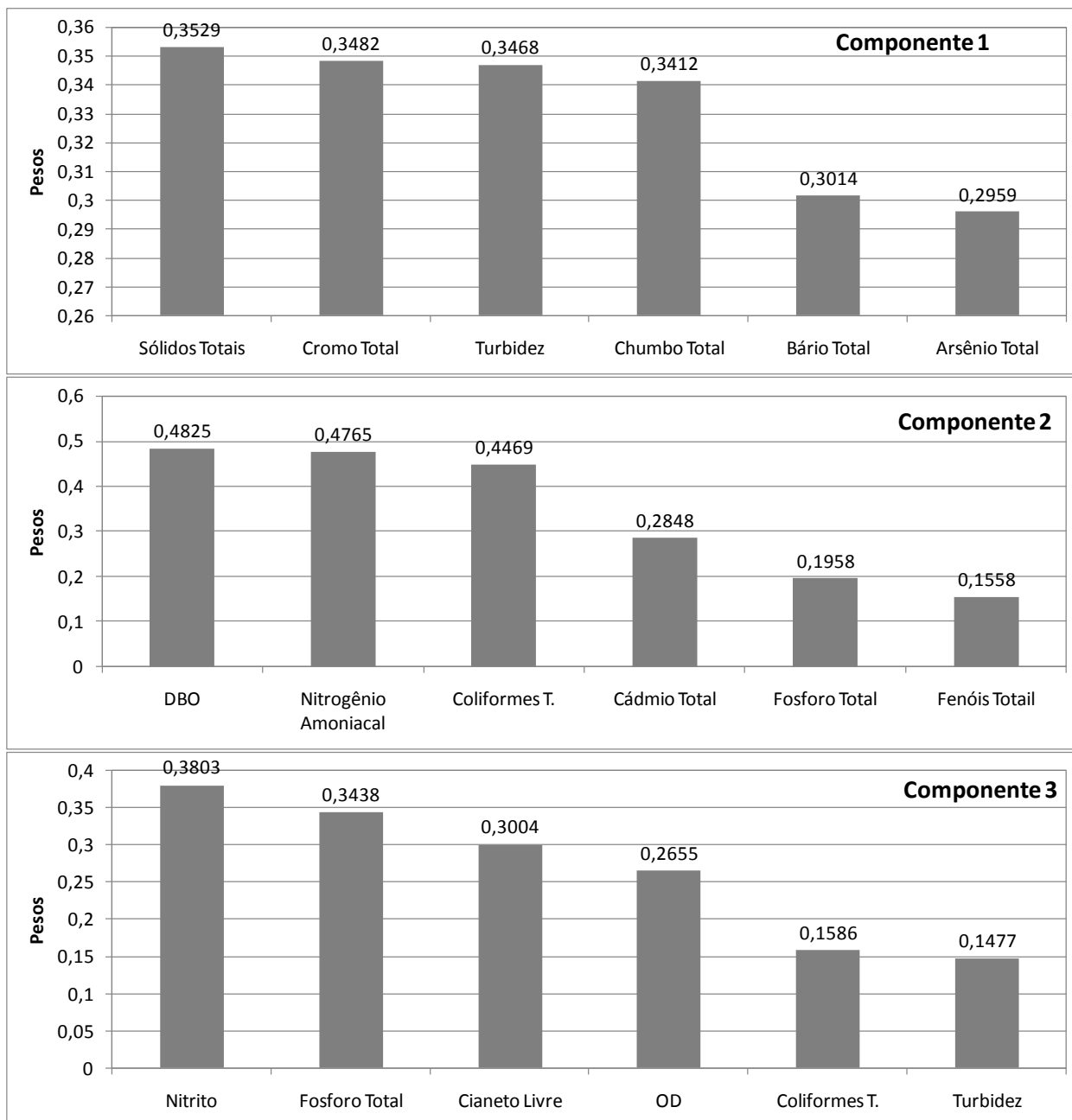


Os parâmetros que tiveram maior peso na componente 1 foram sólidos dissolvidos, cromo total, turbidez, bário total, arsênio os quais estão associados à presença de partículas na água com maior relevância no período chuvoso (**Figura 10.40**). Na componente 2 estão relacionados ao lançamento de esgotos sanitários sem tratamento nos corpos de água e às atividades minerárias e industriais (DBO, nitrogênio amoniacal, coliformes termotolerantes, cádmio total, fósforo total e fenóis totais). Na componente 3 tiveram maior peso as variáveis nitrito, fósforo total, cianeto livre, oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes e turbidez, os quais estão realizadas ao lançamento de esgotos sanitários sem tratamento nos corpos de água e proliferação de algas tóxicas na água, mais associado ao período de estiagem.

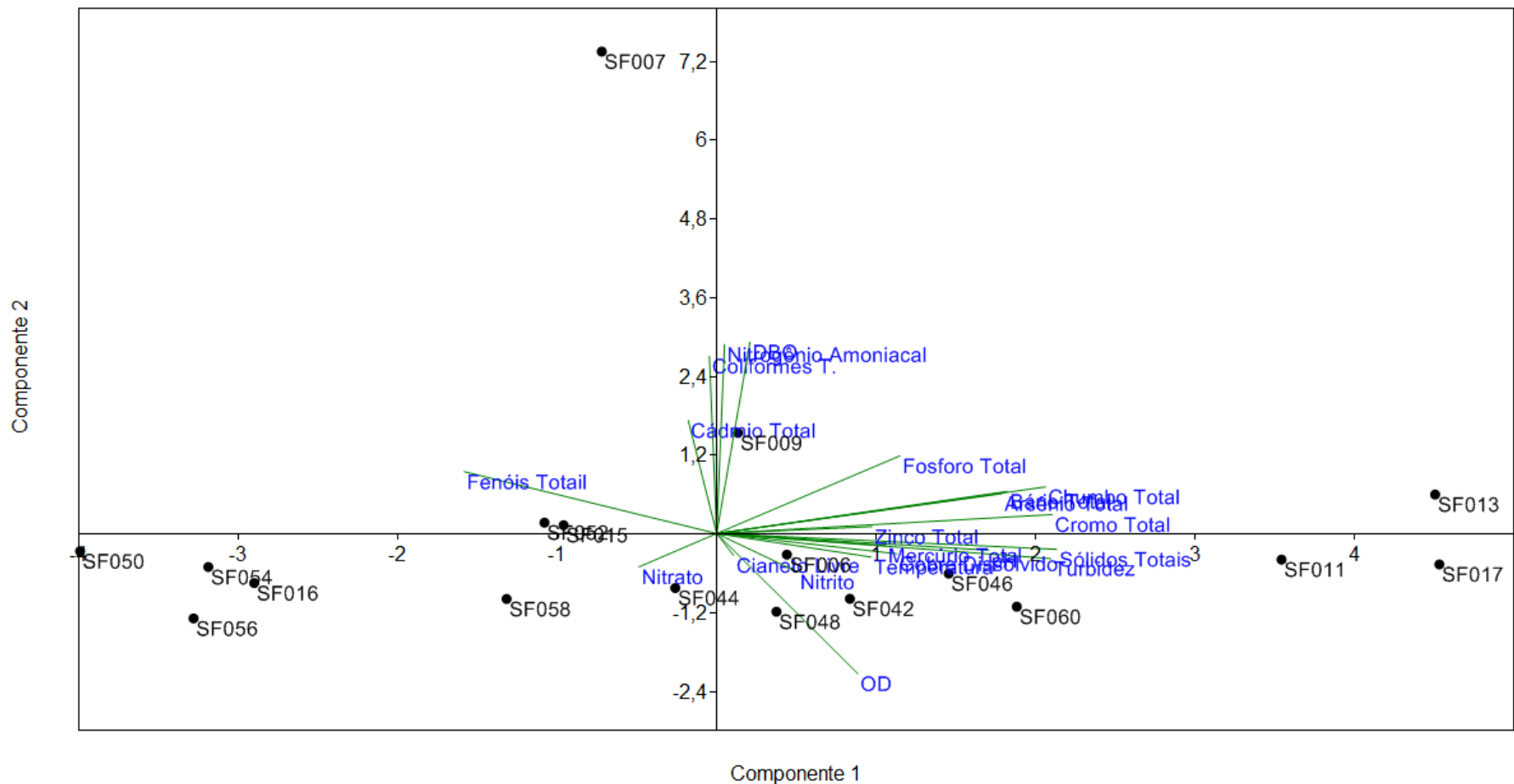
A representação gráfica dos escores e dos pesos ("loadings") de cada parâmetro das componentes principais 1 e 2 é mostrada na **Figura 10.41**, onde os pesos e os escores de cada parâmetro estão representados por vetores em um gráfico "biplot". Quanto mais paralelo é o vetor de peso ao eixo da componente principal maior é a importância do parâmetro correspondente. A proximidade das estações (escores) aos "loadings" é o fator que diferencia as estações em relação ao tipo de poluição. Como na análise de agrupamentos, observa-se a separação da estação SF007 das demais. Também houve uma distinção das estações RD057, RD049, RD058 e RD033 em relação às outras. As estações da parte média e baixa das sub-bacias relacionou-se principalmente aos parâmetros particulados os quais são carregados ou ressuspensos do leito do rio mais intensamente no período chuvoso (sólidos totais, turbidez, cromo total, arsênio). Estes parâmetros apresentaram correlação negativa fenóis totais e nitrato. As estações SF007 e SF009 se relacionaram com parâmetros característicos de impactos associados a esgotos sanitários (DBO, coliformes termotolerantes e nitrogênio amoniacal). Como esperado tais parâmetros tiveram uma correlação negativa com o oxigênio dissolvido.

A aplicação de aproximações multivariadas utilizadas nesse estudo (análises de cluster e análises das componentes principais) para a interpretação de dados qualidade de água da UPGRH SF4 permitiu fazer uma interpretação mais simples de um grande número de variáveis.

Contrato	Código	Data de Emissão	Página
001/COMLAGO/2013	GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Julho/2015	210



**Figura 10.40 - Duas primeiras componentes principais e respectivas cargas dos parâmetros mais relevantes em cada componente.**



**Figura 10.41 - Gráfico "biplot" de escores e pesos ("loadings") para as duas primeiras componentes principais referentes às estações de monitoramento da UGRH SF4.**

## 10.5. Proposta preliminar de segmentação para o enquadramento

Uma etapa importante para a realização do enquadramento é a definição da estrutura topológica da bacia hidrográfica com a segmentação de trechos e sub-bacias na região de estudo. A proposta de segmentação teve o objetivo de atender dois propósitos principais: (a) representação do traçado real de rios principais, afluentes, córregos e riachos importantes; e (b) definição das sub-bacias e pontos de controle para análise dos balanços quali-quantitativos.

### 10.5.1. Processo automático de segmentação

A segmentação era preparada manualmente a partir de mapas topográficos impressos. Atualmente, ferramentas de geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm sido empregados para obter as mesmas informações a partir do processamento automático de dados de elevação do terreno (BURROUGH E MCDONNEL, 1998; MENDES E CIRILO, 2001).

O desenvolvimento e aprimoramento de SIGs e algoritmos de processamento automático, em combinação com o aumento da capacidade computacional e com a disponibilidade de dados obtidos via sensoriamento remoto, têm permitido preparar diversos planos de informação para estudos hidrológicos de grandes áreas a baixo custo e com grande rapidez. Os dados topográficos são usualmente trabalhados sob a forma de um Modelo Numérico do Terreno (MNT), ou Modelo Digital de Elevação (MDE), cuja representação mais tradicional é através de uma imagem raster (matriz), ou grade, onde cada elemento, ou pixel, tem como atributo o valor de elevação do terreno em relação a um determinado referencial (Burrough e McDonnel, 1998). Atualmente, a principal fonte de dados de elevação do terreno em escala global é a base de dados obtida pelo projeto *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM), disponibilizada gratuitamente na Internet. Neste trabalho foram utilizados os dados do projeto TOPODATA/INPE, o qual disponibiliza o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais básicas em cobertura nacional, elaborados a partir dos dados SRTM após o tratamento, inspeção e revisão das imagens, com vistas a aprimoramentos e correções (ex. influência das copas das árvores). Devido a abrangência da área de estudo foram utilizadas cinco quadrículas (cenas) do TOPODATA (17S465ZN, 18S45\_ZN, 18S465ZN, 19S45\_ZN e 19S465ZN), as quais foram concatenadas em um único raster para o processamento da informação (**Figura 4.1**).

Para extração dos planos de informação de interesse para a segmentação, foi utilizado o pacote computacional ArcHydro desenvolvido em parceria pela Universidade do Texas e pela empresa ESRI, que operam internamente ao programa ArcGIS (Maidment, 2002). Uma seqüência típica

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 213
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

de utilização das ferramentas ArchHydro inicia com um MNT, a partir do qual são obtidas informações como direções de escoamento; área de drenagem; rede de drenagem; definição de trechos de rios; e definição de bacias hidrográficas. A seguir, são descritas as principais etapas deste processamento.

### 10.5.2. Direções de Fluxo

As direções de fluxo constituem o plano de informações básico derivado de um MNT em formato raster para suporte a segmentação. O procedimento mais comum consiste em considerar uma única direção de fluxo para cada pixel do MNT, sendo essa direção atribuída para um de seus 8 vizinhos (tomando uma janela 3x3). A determinação de qual direção de fluxo atribuir é feita escolhendo a direção que proporcione a maior declividade, calculada como sendo a diferença de elevação entre o pixel vizinho e o pixel central dividida pela distância entre eles (Paz e Collischonn, 2008). O algoritmo de definição de direções de fluxo mais comumente empregado é conhecido como D8 ou Deterministic Eight Neighbours (Jenson e Domingue, 1988). Aplicando a regra da maior declividade para cada pixel do MNT da UPGRH SF4, foi obtida a imagem raster de direção de fluxo, onde a cada pixel é atribuído um valor ou código que denota a direção para qual o pixel drena (**Figura 10.43**).

### 10.5.3. Determinação da área acumulada

Com base exclusivamente nas direções de fluxo, foi possível determinar o plano de informação que representa as áreas de drenagem acumuladas. Este plano de informação consiste em uma nova imagem raster onde cada pixel tem como atributo o valor correspondente ao somatório das áreas superficiais de todos os pixels a montante, cujo escoamento contribui para o pixel em questão (JENSON E DOMINGUE, 1988). Nesta fase o MNT foi projetado para o sistema de coordenadas planas (UTM), porque quando se trabalha com grandes áreas e sistema de coordenadas geográficas (latitude-longitude), os pixels podem ter áreas superficiais individuais distintas devido à distorção de área para diferentes latitudes.

### 10.5.4. Determinação da rede de drenagem numérica

Para determinação da rede de drenagem precisa é necessário atribuir um limite mínimo de área de drenagem ( $A_{min}$ ) que caracteriza o início da formação de cursos de água. O valor de área mínima de drenagem adotado foi de 5 km<sup>2</sup>, o qual foi definido visando obter um maior detalhamento possível da hidrografia da região com a definição de rios principais, afluentes, córregos e

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 214
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

riachos importantes. Assim foi possível gerar automaticamente um novo plano de informações referente à rede de drenagem a partir do raster de áreas acumuladas. Ou seja, nesta operação foi obtido um raster cujos pixels pertencentes à rede de drenagem têm atributo 1 e os demais têm atributo 0. No ArcHydro esta etapa é denominada "*Stream Definition*" e o arquivo de saída gerado é do tipo raster, ou grade.

#### **10.5.5. Identificação de trechos individuais da rede de drenagem numérica**

A rede de drenagem numérica, gerada na etapa anterior, pode apresentar locais em que dois ou mais rios se unem, e pontos em que a rede de drenagem se inicia. Um trecho individual é definido como um trecho da drenagem que une duas confluências ou um trecho que parte do início da drenagem e chega até a primeira confluência subsequente. O produto desta etapa, denominada "*Stream Segmentation*", é um arquivo raster em que todas as células pertencentes a um mesmo trecho tem o mesmo valor do atributo, e trechos diferentes tem valores diferentes.

#### **10.5.6. Definição das sub-bacias incrementais (microbacias)**

A partir dos trechos individualizados são identificadas todas as células que drenam para um mesmo trecho, e a estas células é atribuído o mesmo valor dos trechos. Esta etapa é chamada "*Catchment Grid Delineation*", onde o produto é um arquivo raster com células identificadas pelo atributo do segmento individual para o qual drenam. Em outras palavras é um arquivo raster de bacias incrementais (também chamadas de microbacias). Este arquivo raster foi utilizado para gerar um arquivo vetorial, com o contorno de cada microbacia individualizada como um polígono (**Figura 10.44**). Cada polígono automaticamente recebe um número identificador (HydroID) e tem definidos atributos adicionais, como área e perímetro. Foram geradas 1886 bacias incrementais para a área de estudo.

#### **10.5.7. Determinação da rede de drenagem vetorial**

Após a definição das bacias incrementais em formato vetorial são definidos os trechos de rio em formato vetorial, utilizando como informação de entrada o arquivo com trechos de rios individualizados em formato raster. Neste passo foi gerado um trecho de rio para cada microbacia (**Figura 10.45**). Esta rede de drenagem vetorial apresentou uma aproximação satisfatória do traçado (rios principais, afluentes, riachos e córregos) apresentado nas Cartas do Exército (**Figura**

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 215
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

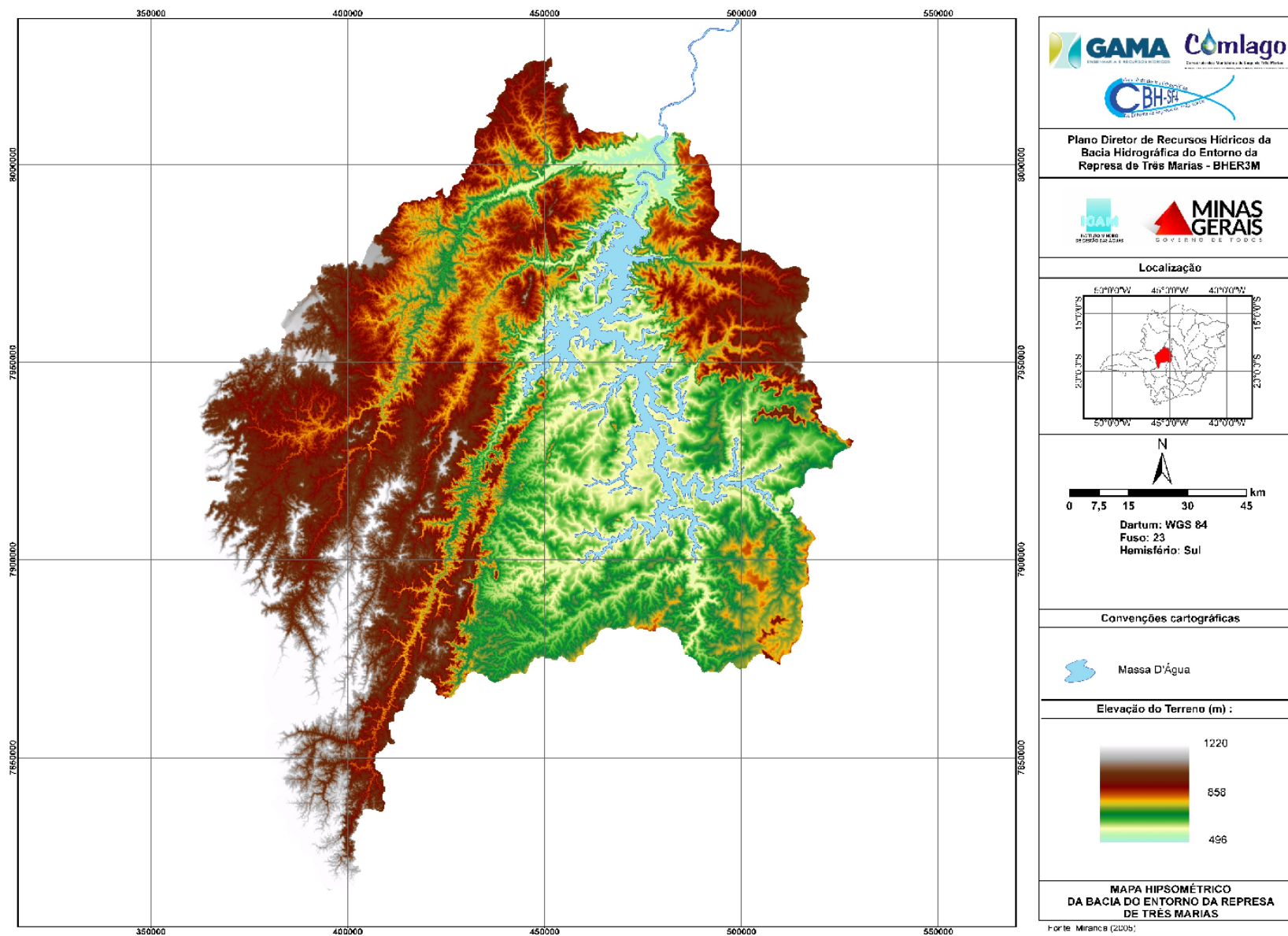
**10.46).** Notoriamente, a rede de drenagem vetorial da Agência Nacional de Águas (ANA) apresentou grandes distorções com a rede de drenagem das Cartas do Exército, sugerindo que a base da ANA não é uma boa referência da hidrografia da região.

Automaticamente o procedimento também definiu os códigos identificadores de cada trecho (HydroID) e os valores de atributos de cada uma destas linhas, como o comprimento. Para a etapa de modelagem do balanço hídrico quali-quantitativo, o atributo mais importante de um trecho de drenagem é o número identificador do trecho imediatamente a jusante (NextDownID), definindo a topologia e a interconexão dos trechos de rio. Esta informação também é gerada automaticamente na definição dos trechos em formato vetorial.

### **10.5.8. Definição da área de montante de cada microbacia**

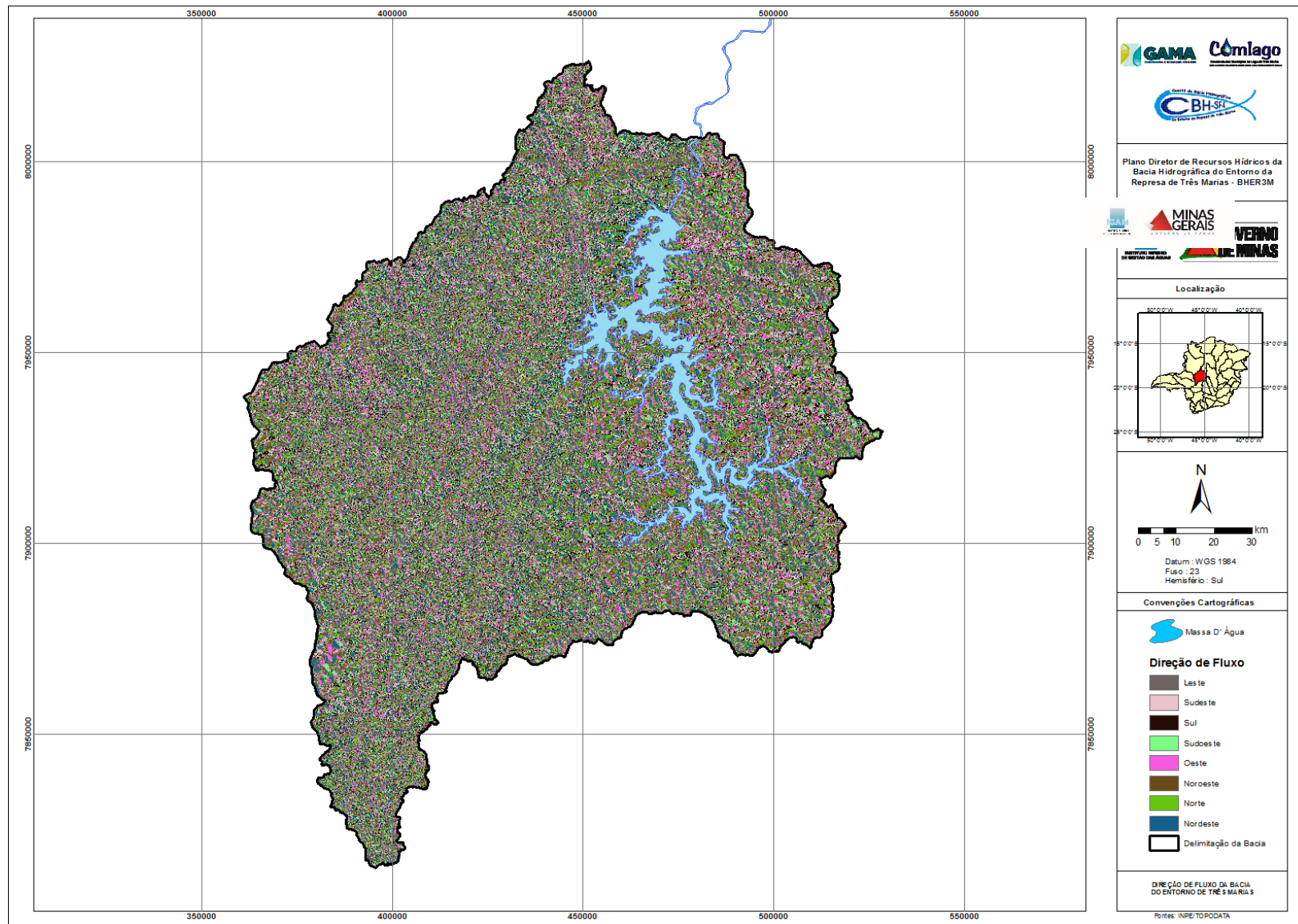
Um atributo importante para fase de regionalização de vazões e balanço hídrico é a definição da área de drenagem a montante de cada microbacia. Estas informações foram geradas através do comando "AdjointCatchments" no ArchHydro. Tais informações foram associadas a cada trecho de rio.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 216
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

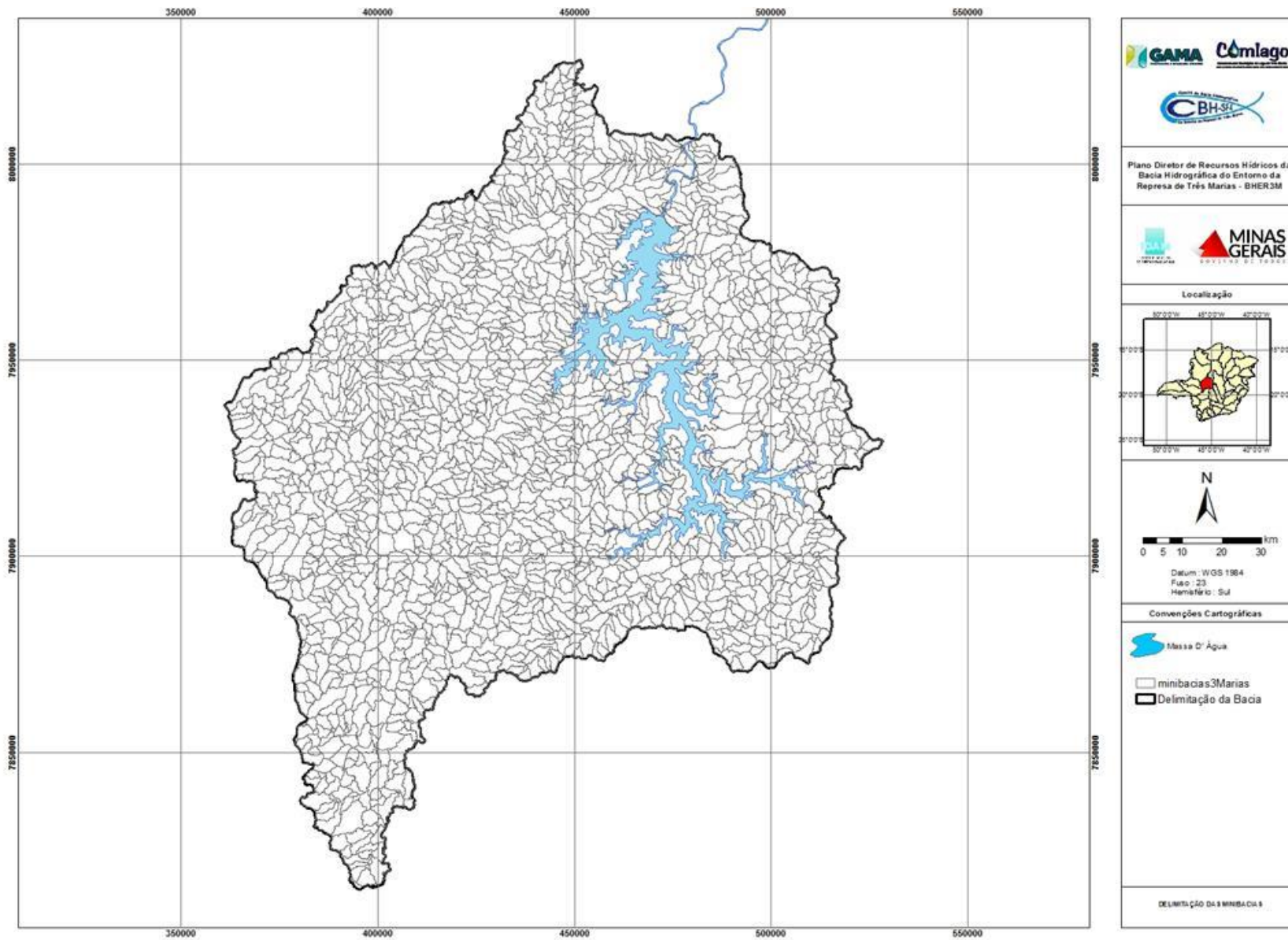


**Figura 10.42 – Modelo Numérico de Terreno da UPGRH SF4. Fonte: INPE/TOPODATA.**

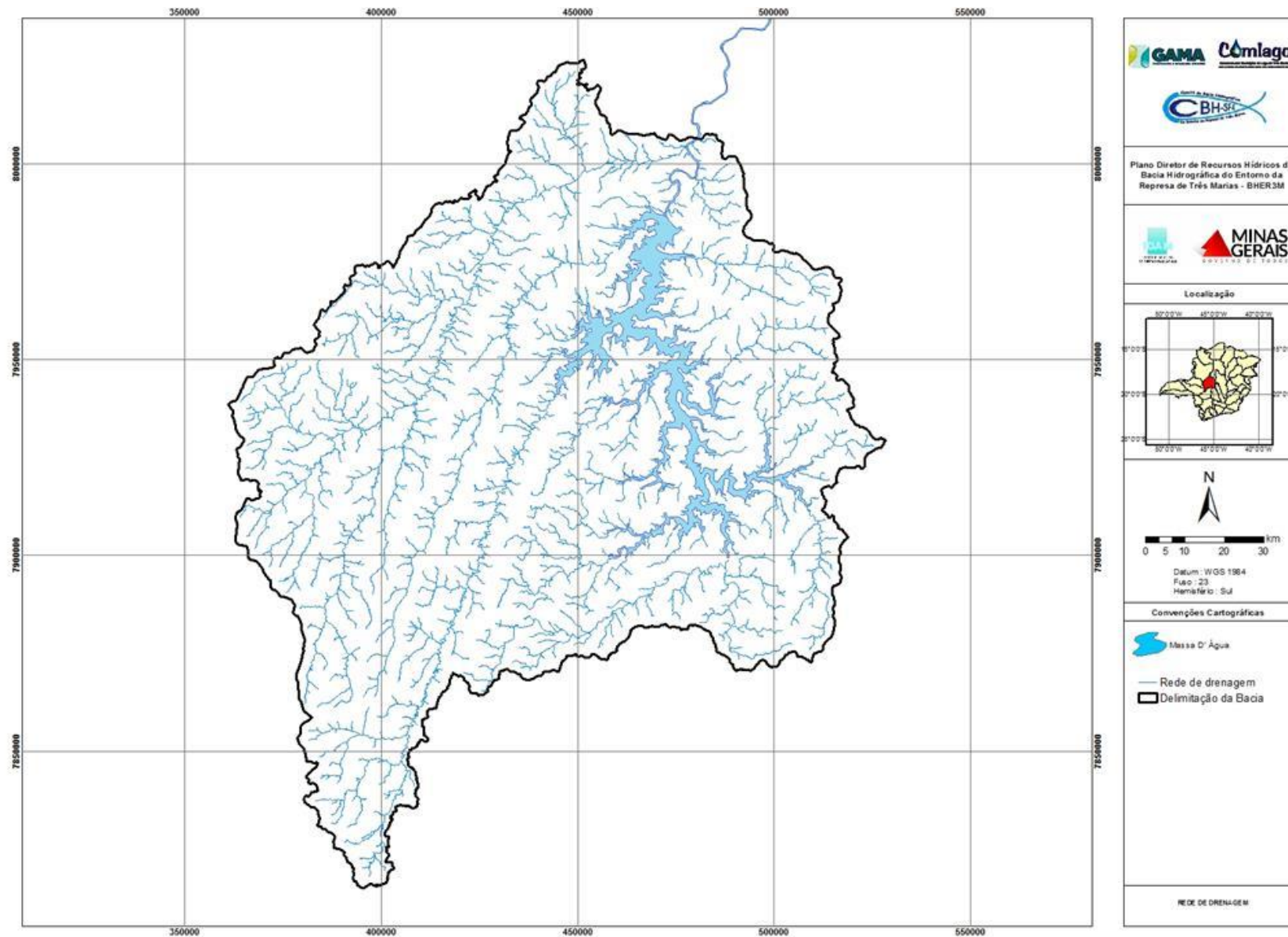




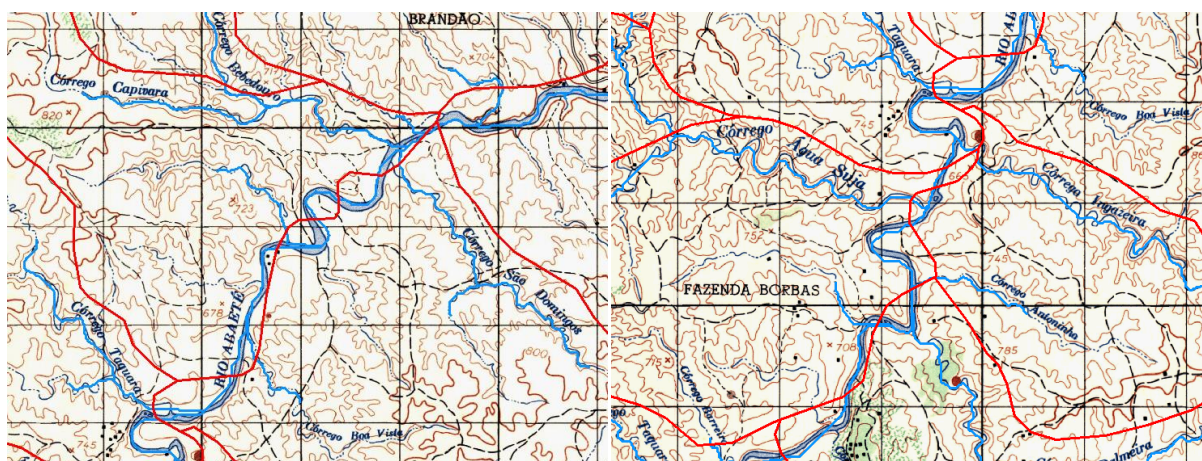
**Figura 10.43 – Direções de fluxo da UPRH SF4.**



**Figura 10.44 – Bacias incrementais da UGRH SF4.**



**Figura 10.45 – Rede de drenagem vetorial da UGRH SF4.**



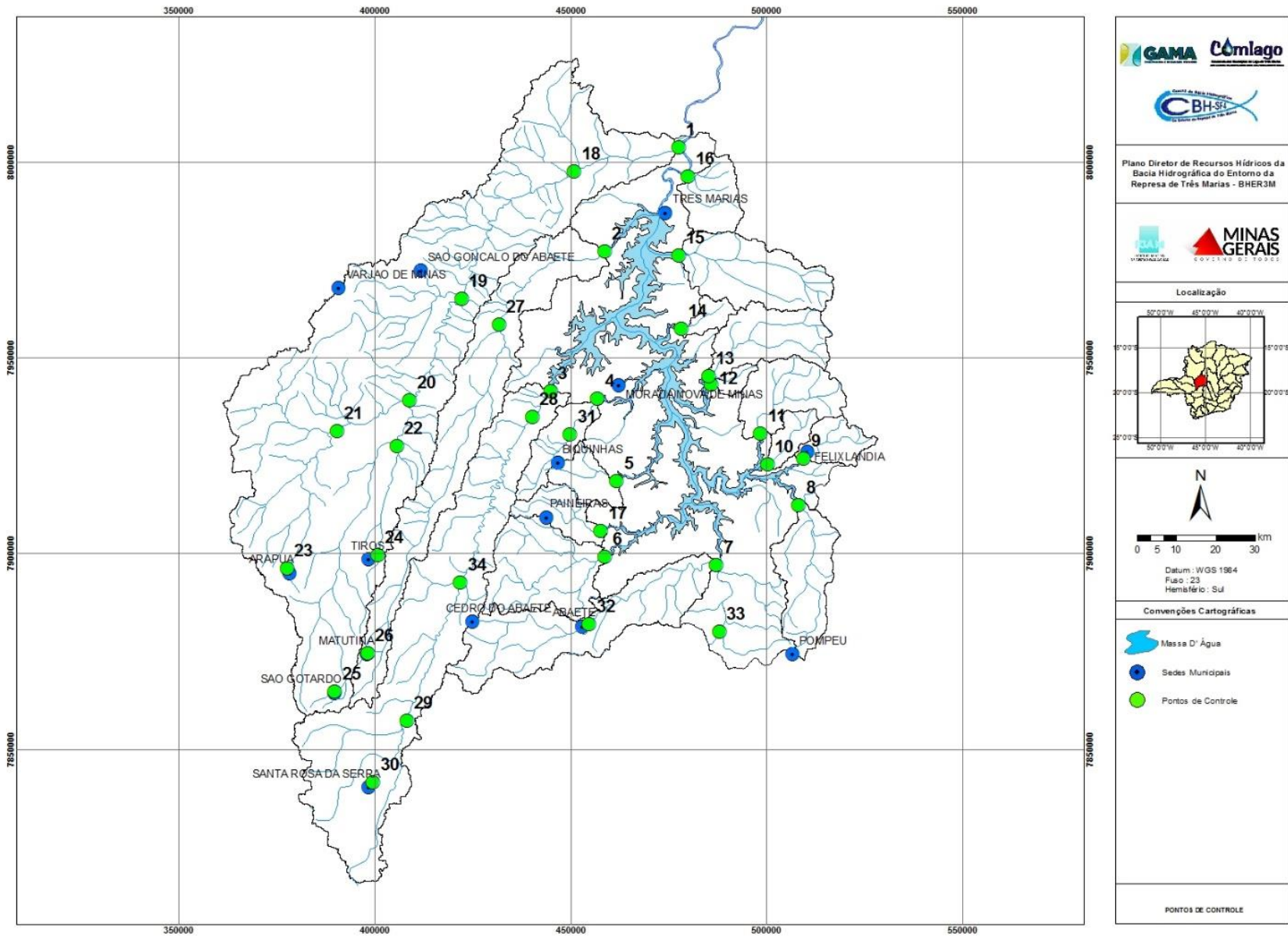
**Figura 10.46 – Comparação do traçado entre as redes de drenagem vetorial (Azul), ANA (vermelho) e Cartas do Exército.**

### 10.5.9. Proposta de segmentação para análise do enquadramento

A análise dos resultados do enquadramento em cada trecho de rio da rede de drenagem vetorial gerada seria inviável devido ao grande número de trechos produzidos automaticamente. Desta forma foi necessário simplificar os objetos de análise, considerando unidades de planejamento maiores, chamadas pontos de controle, as quais englobam um conjunto de microbacias e seus trechos de rio associados.

Na foz das sub-bacias, anteriormente apresentadas (ver **Figura 1.1**), foram definidos 19 pontos de controle. Além disso, foram adicionados outros 15 pontos de controle estratégicos para análise considerando sua proximidade a confluências importantes, estações de qualidade da água e sedes municipais (**Figura 10.47**), totalizando 34 pontos de controle.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 221
------------------------------	---	-------------------------------	---------------



**Figura 10.47 – Pontos de controle de análise da UPGRH SF4.**

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 222
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

## 11. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O ciclo de água na Terra consiste na evaporação gradativa da água dos oceanos ou do solo que, após cerca de 10 dias na atmosfera precipita-se sobre os continentes, na forma de chuva ou neve. Parte da água da chuva se infiltra no solo, converte-se em água subterrânea, que pode aflorar superficialmente (as chamadas nascentes). A outra parcela escoia pela superfície terrestre destinando-se aos lagos, pântanos e rios, além, é claro, de uma parcela evaporar-se e retornar a atmosfera nesse ínterim.

Ao penetrar no solo, por gravidade, a água é armazenada em reservatórios formados por sedimentos ou rochas que permitem sua transmissividade gradativa. Em um ambiente natural, a composição das rochas/sedimentos que constituem os aquíferos, bem como o tempo de residência das águas nesses reservatórios determina a concentração de sais dissolvidos nas águas subterrâneas. A tendência é que as águas profundas possuam mais sais dissolvidos que as águas mais próximas à superfície, dada a maior trajetória que permite maior dissolução do material geológico.

Apesar de comumente serem utilizados os limites das bacias hidrográficas para a delimitação da área de prognóstico dos recursos hídricos, no caso da água subterrânea, devem-se considerar certos aspectos como as características geológicas dos sistemas armazenadores das águas subterrâneas (aquíferos) que muitas das vezes não obedecem aos limites das bacias hidrográficas, as relações hidrodinâmicas entre os sistemas aquíferos e as águas superficiais, vulnerabilidade a contaminação dos recursos hídricos subterrâneos, regime de infiltração da água da chuva em subsuperfície, etc.

As águas subterrâneas brasileiras vêm sendo constantemente exploradas para o abastecimento de cidades e núcleos urbanos, assim como para a indústria, irrigação e turismo, existindo cerca de 416 mil poços no país, com um aumento anual de 10,8 mil novas captações, atendendo a 30-40 % da população (HIRATA et, al. 2010). Considerando o aumento do uso da água subterrânea em todo o território brasileiro em função do desenvolvimento socioeconômico, muitas perfurações além de estarem relacionadas à expansão de serviços de abastecimento em centros urbanos, também estão relacionadas a áreas de assentamentos e comunidades rurais, além da forte tendência por parte do setor industrial na adoção da alternativa do uso da água subterrânea em sua matriz de abastecimento.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 223
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

De acordo com SILVA e KIRCHHEIM (2011), os fatores gerais mais importantes que levam ao crescente uso de água subterrânea são: (i) a deterioração progressiva da qualidade dos recursos hídricos superficiais e crescentes custos de captação e tratamento; (ii) vulnerabilidade das reservas superficiais aos períodos de estiagem em alguns pontos do país; (iii) avanços tecnológicos das bombas elétricas (submersas ou de eixo prolongado) que possibilitam a extração segura de grandes vazões a grandes profundidades; (iv) avanços na tecnologia de perfuração roto-pneumática e na diminuição dos investimentos necessários para adquirir e operar sondas; (v) expansão da oferta de energia elétrica; (vi) progressivo barateamento, redução dos prazos e riscos econômicos da construção dos poços; (vii) ausência em geral de impactos ambientais associados às extrações de água subterrânea e, finalmente (viii) estímulo à clandestinidade da extração sem o mínimo registro por parte dos órgãos de gestão.

Os referidos autores ainda apontam, e este cenário é facilmente verificado pelos profissionais de hidrogeologia ao longo do território brasileiro, que muitas destas perfurações vêm sendo concluídas sem o devido consenso e registro dos órgãos de gestão dos recursos hídricos e, sem a reversão das informações das perfurações em dados sobre as unidades aquíferas exploradas, ocorre um impacto direto no cálculo das estimativas das extrações e reservas.

De uma maneira geral, além da caracterização das condições hidrodinâmicas, de qualidade da água e cálculo da disponibilidade hídrica subterrânea, as constatações socioeconômicas verificadas no texto acima influenciam no diagnóstico hidrogeológico dos estados brasileiros e devem ser apontadas aos gestores a fim de que se minimizem/suavizem tais questões, principalmente no momento da tomada de decisão sobre o uso da água subterrânea.

### **11.1. Descrição dos domínios hidrogeológicos e das unidades aquíferas**

As descrições sobre a água subterrânea no Brasil baseiam-se, principalmente, nos resultados obtidos pioneiros da elaboração do Mapa Hidrogeológico do Brasil (BRASIL, DNPM, 1983). Diante dessa metodologia, a caracterização das águas subterrâneas da UPGRH SF4 baseou-se na definição dos Domínios Hidrogeológicos determinados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2007), nos dados hidrogeológicos contidos no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS – CPRM) e na caracterização geológica realizada neste estudo para a UPGRH SF4. Desta forma, na área de estudos são encontrados 3 domínios hidrogeológicos (**Figura 11.1**) subordinados a unidades geológicas verificadas na área, sendo eles:

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 224
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

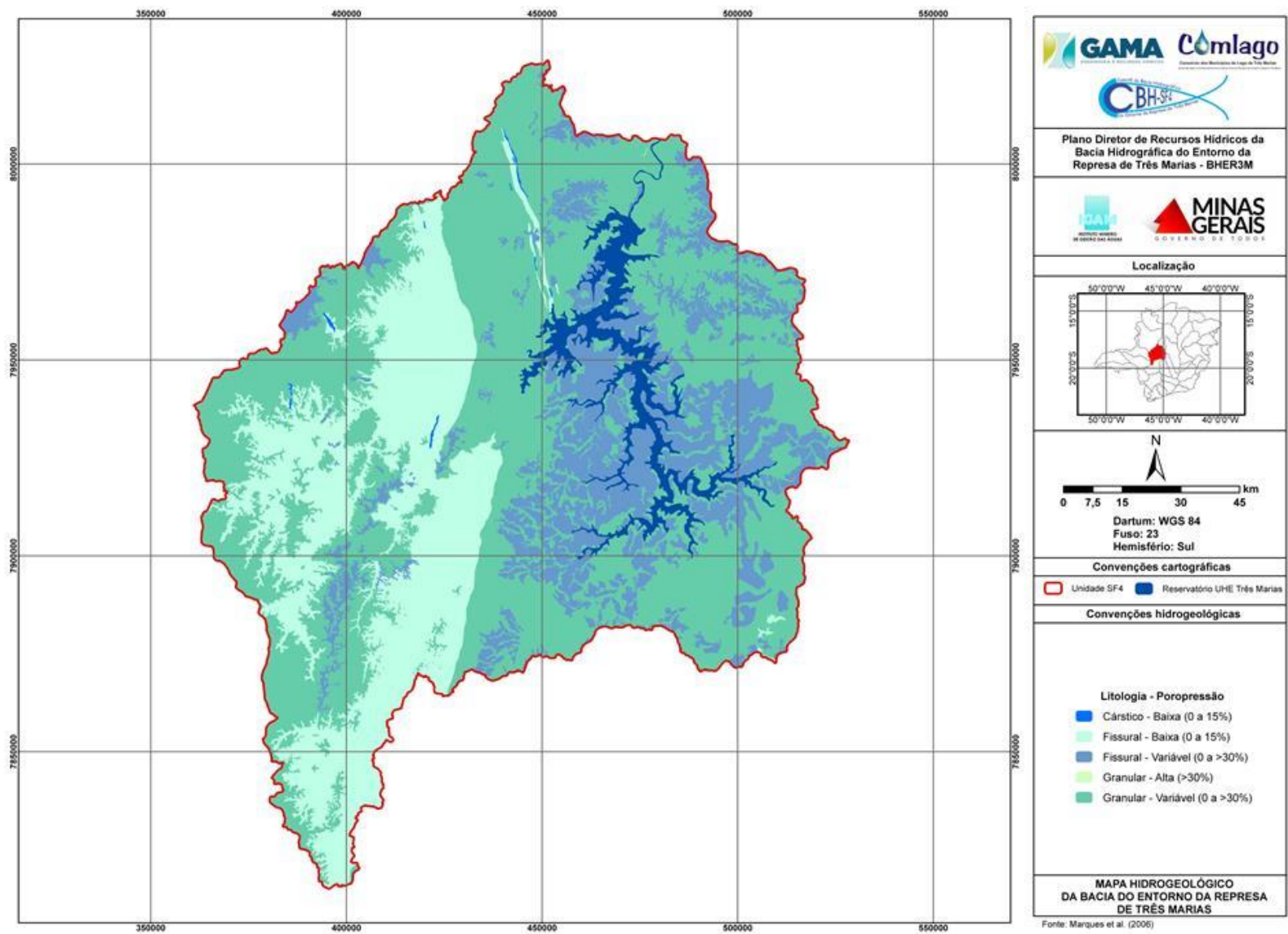
- **Formações Cenozoicas:** formada pelos Depósitos aluvionares, Depósitos aluvionares antigos, Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas. O domínio hidrogeológico Formações Cenozoicas é do tipo poroso;
- **Bacias Sedimentares:** formada a partir das unidades Grupo Mata da Corda e Grupo Aerado. O domínio hidrogeológico Bacias Sedimentares é do tipo poroso;
- **Poroso/Fissural:** formado a partir das unidades Formação Três Marias, Subgrupo Paraopeba, Formação Lagoa do Jacaré, Formação Serra da Saudade, Formação Serra de Santa Helena e Formação Canastra Indiviso. Apesar de também ser do tipo poroso predomina, ao longo do domínio hidrogeológico Poroso/Fissural, o tipo fissural. Esse predomina como área aflorante da bacia hidrográfica do entorno da represa de Três Marias.

A título de conhecimento, a Bacia sedimentar do São Francisco é caracterizada principalmente por sedimentos pelítico-carbonáticos do Grupo Bambuí e por quartzitos, metassiltitos e filitos do Super-Grupo Araí. O Grupo Bambuí (**Quadro 11.1**) é constituído pelo Subgrupo Paraopeba e pela Formação Três Marias. O Subgrupo Paraopeba está subdividido em 4 Formações: Formação Serra da Saudade, Formação Lagoa do Jacaré, Formação Serra de Santa Helena e Formação Sete Lagoas. Essas Formações são caracterizadas basicamente por siltitos e folhelhos intercalados com calcários e dolomitos; a Formação Sete Lagoas caracterizada por conglomerados e diamictitos que são denominados de Formação Jequitaiá. A Formação Três Marias é caracterizada por intercalações de arcósios e siltitos (Braun et al., 1990).

Importa observar que, mesmo com a classificação sedimentar que poderia conferir um comportamento poroso (granular) para as formações do Grupo Bambuí há um controle lito-estrutural relevante nesses sedimentos pelíticos-carbonáticos que apresenta um comportamento fissural para muitas das desse Grupo. Velásquez e Fantinel (2011) caracterizaram que as rochas siliciclásticas do Grupo Bambuí têm baixa porosidade primária devido a textura, cimentação ferruginosa e/ou recristalização sendo que as referidas autoras em seus mapeamentos hidrogeológicos no norte de Minas Gerais optaram por agrupar essas rochas de acordo com suas propriedades hidrogeológicas, em lugar de utilizar sua divisão litoestratigráfica, compelindo, em muitos casos, o controle estrutural para a circulação da água subterrânea no Grupo Bambuí. O controle estrutural predominante nas unidades geológicas do Grupo Bambuí também foi observado para o Domínio Hidrogeológico Poroso/Fissural da bacia UPGRH SF4 durante a etapa de reconhecimento e levantamento de campo para este trabalho.

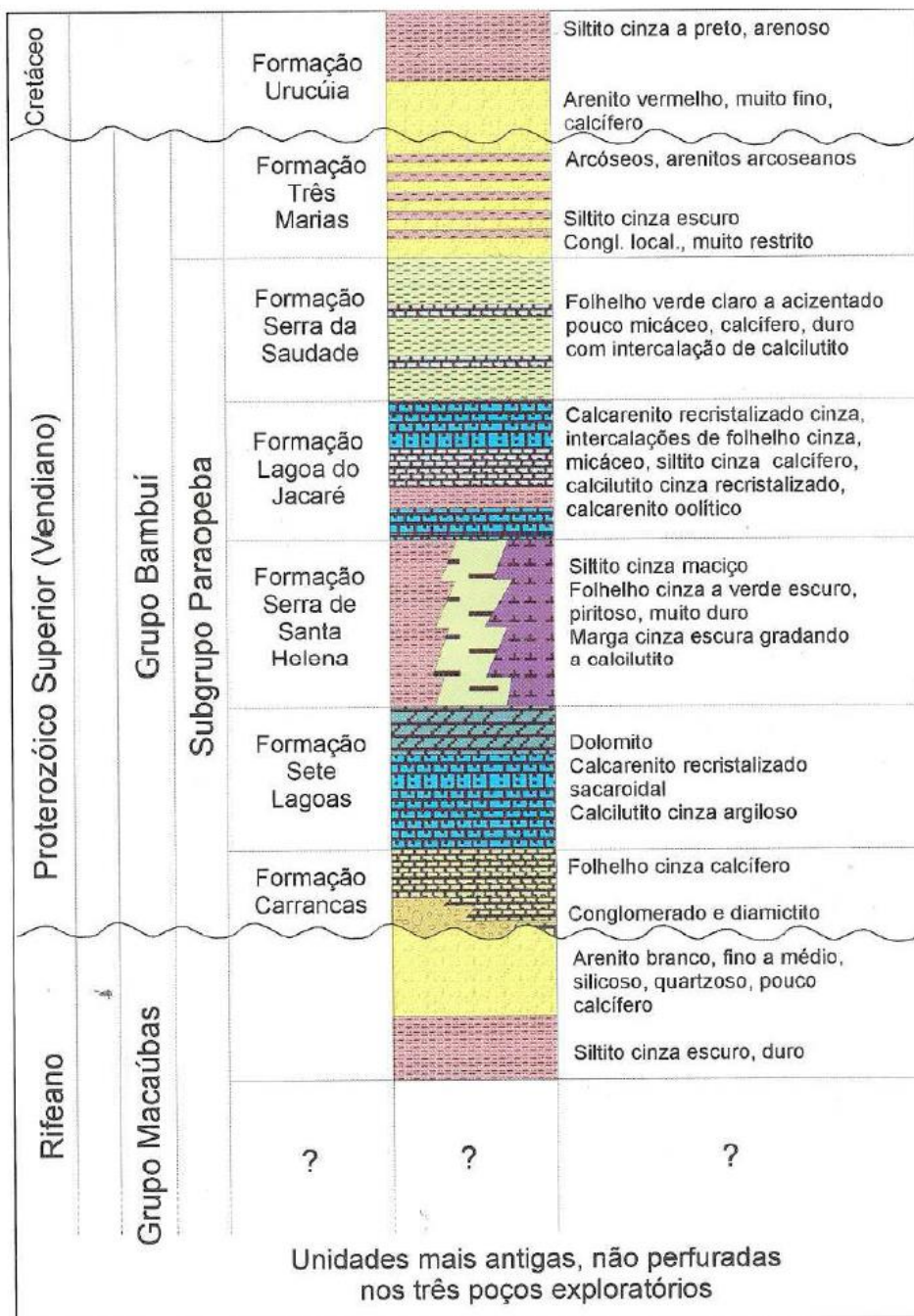
Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 225
------------------------------	---	-------------------------------	---------------





**Figura 11.1 – Domínios hidrogeológicos na UPRH SF4**

**Quadro 11.1 – Coluna estratigráfica do Grupo Bambuí.**



Fonte: Pinto, C.P. & Martins-Neto, 2001.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 227
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

Uma grande zona de cisalhamento compressional de direção NS e vergência para E (Subgrupo Paraopeba) foi verificada na porção oeste do Mapa Geológico da Bacia, a partir de lineamentos de relevo e de estruturas de cisalhamento encontradas ao longo de seu traçado. Além disso, lineamentos estruturais NW-SE (Subgrupo Paraopeba) e N-S, NE-SW (Formação Serra da Saudade e Formação Santa Helena) são facilmente perceptíveis no Mapa Geológico da Bacia UPGRH SF4 evidenciando o controle estrutural para o Grupo Bambuí e conseqüentemente para o Domínio Hidrogeológico Poroso/Fissural.

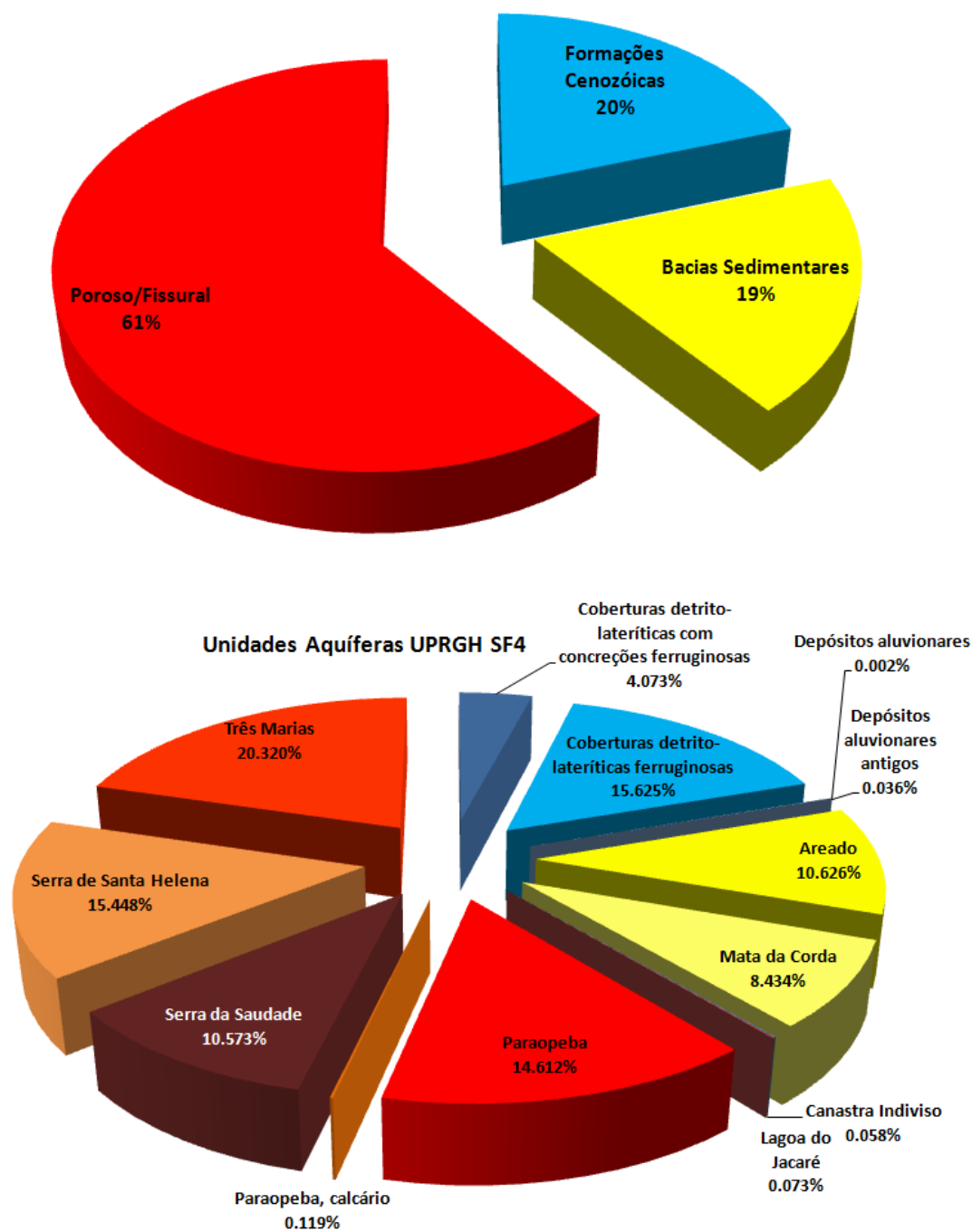
Os pelitos afetados pelas zonas de cisalhamento, quando intemperizados, tornam-se extremamente quebradiços, e seu desmantelamento dá origem a uma infinidade de pequenos fragmentos tabulares (Kuchenbecker e Pedrosa-Soares, 2010), sendo constantemente verificados na área de estudos durante as atividades de campo.

Analisando a **Figura 11.2**, é possível observar que o Domínio Poroso/Fissural predomina em termos de área na bacia, com quase 61% da área total, sendo as unidades Formação Três Marias, Formação Santa Helena, Subgrupo Paraopeba e Formação Serra da Saudade as mais extensas englobando 58,5% da área pesquisada. Tratam-se de formações com erosões muito frequentes junto aos topos e cristas das elevações quando no domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos da UPGRH SF4. Em seguida, as Formações Cenozoicas possuem uma extensão de 20% da superfície da bacia onde as coberturas detrito-lateríticas ferruginosas são predominantes e finalmente, o domínio hidrogeológico Bacias Sedimentares abrange 19% da bacia.

O **Quadro 11.2** apresenta os domínios hidrogeológicos por sub-bacias pertencentes a bacia hidrográfica do entorno da represa de Três Marias. A título de área, é possível perceber que o domínio Poroso/Fissural predomina em 12 das 16 sub-bacias.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 228
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

### Domínios Hidrogeológicos na UPGRH SF4



**Figura 11.2 – Domínios Hidrogeológicos e Unidades Aquíferas da UPRGH SF4.**

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 229
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

**Quadro 11.2 – Área dos domínios hidrogeológicos por sub-bacia da UPGRH SF4. (continua)**

Domínios hidrogeológicos por sub-bacia da UPGRH SF4				
Sub-bacia	Domínios hidrogeológicos	Unidades Geológicas	Ha	%
1 - Rio Abaeté	Formações Cenozoicas	Coberturas detrito-lateríticas com conc. ferruginosas	21.764	6
		Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	9.887	
		Depósitos Aluvionares	229	
		Depósitos Aluvionares Antigos	598	
	Bacias Sedimentares	Areado	151.299	45
		Mata da Corda	107.769	
	Poroso/Fissural	Canastra Indivisio	1.215	50
		Paraopeba	205.085	
		Paraopeba, Calcário	1.672	
		Três Marias	79.590	
Total Sub-bacia 1			579.109	100
2 - Rio Bor-rachudo	Formações Cenozoicas	Coberturas detrito-lateríticas com conc. ferruginosas	5.661	6
		Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	2.839	
	Bacias Sedimentares	Areado	19.049	24
		Mata da Corda	13.910	
	Poroso/Fissural	Paraopeba	54.081	70
		Paraopeba, Calcário	578	
		Serra da Saudade	198	
		Três Marias	40.569	
Total Sub-bacia 2			136.885	100
3 - Rio Indaiá	Formações Cenozoicas	Coberturas detrito-lateríticas com conc. ferruginosas	2.810	1
		Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	413	
	Bacias Sedimentares	Areado	18.318	18
		Mata da Corda	23.345	
	Poroso/Fissural	Paraopeba	752	81
		Serra da Saudade	166.398	
		Serra Santa Helena	364	
		Três Marias	20.023	
Total Sub-bacia 3			232.423	100
4 - Ribeirão Sucuriú	Formações Cenozoicas	Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	2.853	13
	Poroso/Fissural	Serra da Saudade	1.040	87
		Serra Santa Helena	16.551	
		Três Marias	2.346	
Total Sub-bacia 4			22.790	100
5 - Ribeirão da Estrema	Formações Cenozoicas	Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	9.225	56
	Poroso/Fissural	Serra Santa Helena	6.729	44
		Três Marias	640	

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 230
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

**Quadro 11.2 – Área dos domínios hidrogeológicos por sub-bacia da UPGRH SF4. (continuação)**

Domínios hidrogeológicos por sub-bacia da UPGRH SF4				
Sub-bacia	Domínios hidrogeológicos	Unidades Geológicas	Ha	%
Total Sub-bacia 5			16.594	100
6- Ribeirão São Vicente	Formações Cenozoicas	Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	15.049	65
	Bacias Sedimentares	Areado	58	0
	Poroso/Fissural	Mata da Corda	35	35
		Serra da Saudade	7.422	
		Serra Santa Helena	431	
Três Marias	257			
Total Sub-bacia 6			23.251	100
7- Ribeirão Marmelada	Formações Cenozoicas	Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	18.608	21
	Bacias Sedimentares	Areado	457	1
	Poroso/Fissural	Mata da Corda	108	78
		Serra da Saudade	11.456	
Serra Santa Helena	57.181			
Total Sub-bacia 7			87.810	100
8-Ribeirão Cana Brava	Formações Cenozoicas	Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	6.615	16
	Poroso/Fissural	Lagoa Jacaré	1.131	84
		Serra Santa Helena	26.845	
Três Marias	6.747			
Total Sub-bacia 8			41.338	100
9 - Rio do Bagre	Formações Cenozoicas	Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	7.929	49
	Poroso/Fissural	Serra Santa Helena	6.813	51
		Três Marias	1.422	
Total Sub-bacia 9			16.164	100
10 - Riacho Fundo	Formações Cenozoicas	Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	7.510	69
	Poroso/Fissural	Serra Santa Helena	2.435	31
		Três Marias	1.014	
Total Sub-bacia 10			10.959	100
11- Ribeirão Peixe	Formações Cenozoicas	Coberturas detrito-lateríticas com conc. ferruginosas	157	41
		Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	14.973	
	Poroso/Fissural	Serra Santa Helena	8.072	59
		Três Marias	13.725	
Total Sub-bacia 11			36.927	100
12 - Córrego Riachão	Formações Cenozoicas	Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	1.650	33
	Poroso/Fissural	Serra Santa Helena	1.266	67
		Três Marias	2.012	

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 231
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

**Quadro 11.2 – Área dos domínios hidrogeológicos por sub-bacia da UPGRH SF4. (conclusão)**

Domínios hidrogeológicos por sub-bacia da UPGRH SF4				
Sub-bacia	Domínios hidrogeológicos	Unidades Geológicas	Ha	%
Total Sub-bacia 12			4.928	100
13 – Ribeirão Estrema Grande	Formações Cenozoicas	Coberturas detrito-lateríticas com conc. ferruginosas	6.941	20
		Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	734	
	Poroso/Fissural	Serra Santa Helena	742	80
		Três Marias	30.690	
Total Sub-bacia 13			39.108	100
14 -Ribeirão do Boi	Formações Cenozoicas	Coberturas detrito-lateríticas com conc. ferruginosas	3.346	47
		Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	233	
	Poroso/Fissural	Três Marias	4.082	53
Total Sub-bacia 14			7.661	100
15–Córrego do Barrão	Formações Cenozoicas	Coberturas detrito-lateríticas com conc. ferruginosas	18.550	34
		Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	224	
	Poroso/Fissural	Três Marias	36.096	66
Total Sub-bacia 15			54.870	100
16 -Córrego da Tolda	Formações Cenozoicas	Coberturas detrito-lateríticas com conc. ferruginosas	8.002	35
		Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	59	
	Poroso/Fissural	Três Marias	15.102	65
Total Sub-bacia 16			23.162	100

A análise por sub-bacia revela áreas com semelhante arcabouço de meio físico e conseqüentemente similar distribuição de unidades aquíferas. Considerando a distribuição das unidades aquíferas espera-se que as sub-bacias 2, 3, 4, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 16 possuam comportamentos parecidos já que predominam o Domínio Hidrogeológico Poroso/Fissural com recargas e fluxos controlados também por sistemas granulares, mas principalmente pelas estruturas geológicas (lineamentos, falhas e fraturas).

Outro agrupamento de sub-bacias no qual a dinâmica das águas subterrâneas é controlada de forma mais intensa pelo regime imposto pelos sedimentos Cenozoicos é formado pelas sub-bacias 5, 6 e 10.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 232
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

## 11.2. Síntese da Caracterização Hidrogeológica

Na bacia UPRGH SF4 as águas subterrâneas assumem três tipos de comportamentos distintos, determinados pelo arcabouço geológico e estrutural: (i) dinâmica de aquíferos fissurais/porosos fortemente condicionados pelos sistemas de cisalhamentos, lineamentos e fraturamentos do Grupo Bambuí e sua capacidade de recarga e transmissão de água e, (ii) dinâmica de aquíferos porosos e superficiais, típicos de depósitos aluvionares, mantos de alteração e coberturas detríticas, condicionados por sua porosidade, espessura e grau e tipo de conexão (efluente/afluente) com os corpos de água superficial (iii) dinâmica de aquíferos porosos subordinados a sedimentos do cretáceo (Grupo Areado e Mata da Corda). Para facilitar a compreensão dos processos hidrogeológicos atuantes na UPRGH SF4, destacam-se as seguintes premissas:

- Os processos intempéricos de desgaste físico e químico têm influência considerável na capacidade de armazenamento de água das rochas do Grupo Bambuí. Tais processos fazem com que se desenvolvam depósitos detríticos de coberturas ou regolitos os quais apresentam características hidrodinâmicas distintas da massa rochosa sã. Do ponto de vista hidrológico adota-se o termo manto de alteração para designar todos aqueles depósitos sedimentares inconsolidados que cobrem as rochas sãs.
- Estes mantos de alteração apresentam porosidade e permeabilidade primária devido aos espaços intergranulares podendo ainda apresentar porosidades secundárias em caso de estruturas reliquias como fraturas. O processo intempérico de degradação das rochas é facilitado pela existência de fraturas devido a maior percolação da água e aumento da superfície específica do contato água/rocha. Como resultado, os mantos de alteração constituem-se aquíferos singulares e uma fonte de recarga para os aquíferos porosos/fissurais (Grupo Bambuí), posicionados logo abaixo. Trata-se de uma situação comum na bacia UPRGH SF4.
- A recarga dos aquíferos Poroso/Fissural depende da espessura do manto de alteração, da declividade do terreno e do grau de fraturamento. Nos casos de regiões mais altas com erosão ativa (Formação Serra da Saudade e Formação Santa Helena) e pequena espessura do manto de alteração a recarga ocorre a partir da infiltração da água nos canais superficiais. Esta rede de drenagem encontra-se encaixada nas zonas de fraturas. Em regiões baixas e aplainadas com mantos de alteração mais espessos, toda a água move-se necessariamente através do mesmo antes de interceptar sistemas de fraturamentos na rocha não alterada. A quantidade de água disponível para a recarga do aquífero fraturado será função do balanço hídrico local.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 233
------------------------------	---	-------------------------------	---------------



- O Domínio Poroso/Fissural (Grupo Bambuí) na área em questão pode ser considerado como sendo um material rochoso pouco poroso separado por descontinuidades. Estas descontinuidades ou fraturas conferem ao conjunto a capacidade de armazenar e transmitir volumes de água (porosidade e permeabilidade ditas secundárias), tornando-os um aquífero em potencial.
- Na bacia UPRGH SF4 a ampla maioria dos fluxos se dá em meio poroso/fissural. Diferentemente dos aquíferos porosos granulares, esses aquíferos são considerados anisotrópicos e heterogêneos, pois suas condutividades hidráulicas além de variarem segundo direções preferenciais apresentam variações entre uma mesma direção de ponto a ponto do aquífero.

### 11.3. Reservas Subterrâneas

No caso da água subterrânea, as reservas se traduzem por volumes que representam a totalidade da água da água armazenada em um aquífero sendo que a retirada de volumes de água de um dado aquífero destina-se, por sua vez a um consumo, ou seja, abastecimento público, industrial, irrigação e outros. A reserva de água subterrânea constitui a quantidade de água mobilizável existente nos sistemas aquíferos das formações geológicas (Feitosa e Filho, 2000).

As unidades aquíferas identificadas na UPRGH SF4 subordinadas aos 3 domínios hidrogeológicos verificados descrito na área foram:

- **Domínio Hidrogeológico Formações Cenozoicas:** formado pelos depósitos aluvionares, Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas. O domínio hidrogeológico Formações Cenozoicas é do tipo poroso;
- **Domínio Hidrogeológico Bacias Sedimentares:** formado a partir das unidades Grupo Mata da Corda e Grupo Aerado. O domínio hidrogeológico Bacias Sedimentares é do tipo poroso;
- **Domínio Hidrogeológico Poroso/Fissural:** formado a partir das unidades Formação Três Marias, Subgrupo Paraopeba, Formação Lagoa do Jacaré, Formação Serra da Saudade, Formação Serra de Santa Helena e Formação Canastra Indiviso. Apesar de também ser do tipo poroso predomina, ao longo do domínio hidrogeológico Poroso/Fissural, o tipo fissural. Esse predomina como área aflorante da bacia hidrográfica do entorno da represa de Três Marias.

Foram calculadas as Reservas Reguladora, Permanente e Total ou Naturais para as unidades aquíferas baseando-se nas características hidrodinâmicas definidas a partir dos dados disponíveis

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 234
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil e através de porosidades efetivas estipuladas pela literatura. Vale ressaltar algumas prerrogativas antes de apresentar o cálculo das reservas:

- No cadastro SIAGAS constam condições livres para a grande maioria poços de exploração de todos os sistemas aquíferos analisados sendo, portanto, esta condição calculada para a reserva permanente.
- As espessuras saturadas ( $h_0$ ) foram consideradas a partir de espessuras médias saturadas perfuradas nos poços do cadastro SIAGAS;
- Os níveis médios de águas subterrâneas considerados para cada unidade aquífera se basearam na análise para cada unidade aquífera do cadastro;
- A variação do nível potenciométrico ( $\Delta s$ ) baseou-se na análise de níveis máximos e mínimos verificados nas unidades aquíferas exploradas.

Todos os dados utilizados nos cálculos das reservas foram apresentados no **Quadro 11.3**.

### 11.3.1. Reserva Permanente

Reserva permanente ( $R_p$ ) em aquíferos livres, corresponde ao volume hídrico armazenado no aquífero, na zona saturada e abaixo da variação mínima do nível da superfície potenciométrica por oscilação da variação sazonal (**Figura 11.3**). A reserva permanente é o volume de água armazenada nos aquíferos, enquanto que a reserva reguladora indica as condições de recarga. No caso de aquíferos livres pode se assumir que a reserva permanente seja igual ao volume de saturação ( $V_s$ ).

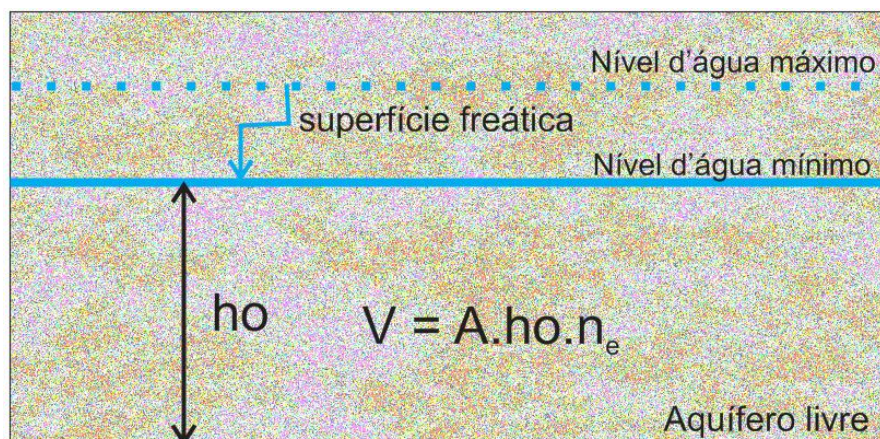
Assim:

$$V_s = A \times h_0 \times n_e = R_p$$

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 235
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

**Quadro 11.2 – Parâmetros utilizados no cálculo da UPRGH SF4.**

Unidade aquífera	Sedimento/ litologia	A (km <sup>2</sup> )	Ho (m)	n <sub>e</sub> (%)	Δs (m)
Coberturas detrito-late- ríticas	Areias cimentadas por óxidos de ferro	3.517,07	10	2,0	8,5
Depósitos aluvionares	Sedimentos arenosos e argilo-arenosos	6,94	10	10	8,5
Areado	Arenitos	1.897,21	-	8,0	-
Mata da Corda	Rochas vulcânicas	1.505,77	78	3,0	41
Paraopeba	Arcóseo, siltito e argilito e, tma com arenitos	2.630,11	53	5,0	24
Serra da Saudade	Siltito e argilito verdes, arenito e arcóseo	1.887,83	140	5,0	19
Serra Santa Helena	Ardósia, folhelho, siltito, marga e calcário	2.758,20	114	5,0	22
Três Marias	tm com arcóseo, siltito e argilito e, tma com areni- tos	3.627,97	86	5,0	23



**Figura 11.3 – Avaliação da reserva permanente em aquífero livre.**

### 11.3.2. Reserva Reguladora

A Reserva Reguladora ou Renovável ( $R_r$ ), em aquíferos livres, pode ser medida pela variação da superfície piezométrica, entre o seu nível mais baixo e o mais alto. Estas reservas também são chamadas de Vazão de Escoamento Natural (VEN) e caracterizam o volume de recarga do aquífero.

A reserva reguladora é obtida pela equação:

$$R_r = A \times \Delta s \times n_e$$

Onde:

$A$  = Área (m<sup>2</sup>);  $\Delta s$  = Variação do nível potenciométrico e  $n_e$  = Porosidade efetiva.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 236
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

### 11.3.3. Reserva Totais ou Naturais

As reservas totais ou naturais (Rt) são representadas pelo somatório das reservas permanentes com as reservas reguladoras constituindo, assim, a totalidade de água existente em um aquífero ou sistema hidrogeológico.

Assim:  $R_t = R_p + R_r$

Os cálculos das reservas estão representados no **Quadro 11.3**.

**Quadro 11.3 – Estimativas das Reservas de Água Subterrânea na Bacia UPRGH SF4.**

Domínios hidrogeológicos	Unidade aquífera	Reserva Permanente (Km <sup>3</sup> )	Reserva Reguladora (Km <sup>3</sup> /ano)	Reserva Total (Km <sup>3</sup> )
Formações Ceno-zoicas	Coberturas detrito-lateríticas	0,332	0,282	0,614
	Depósitos aluvionares	0,008	0,007	0,015
Bacias Sedimentares	Areado	-	-	-
	Mata da Corda	3,397	1,786	5,182
Poroso/Fissural	Paraopeba	6,947	3,146	10,093
	Serra da Saudade	13,056	1,772	14,828
	Serra Santa Helena	7,264	1,402	8,665
	Três Marias	10,835	2,898	13,732

### 11.4. Hidrogeoquímica e Qualidade das Águas Subterrânea na UPRGH SF4

A dissolução dos minerais das rochas pela água só ocorre porque a água é um solvente natural, capaz de dissolver uma infinidade de substâncias, como sais, gases, oligoelementos, matéria orgânica, etc. Reações intempéricas, tais como dissolução-precipitação, hidrólise, hidratação-desidratação, oxidação-redução entre a água que infiltra, a fase sólida, gasosa e líquida, já existente em subsuperfície, alteram sua composição (DEUTSCH, 1997). Os íons dissolvidos na água podem guardar certa analogia com o terreno de procedência ou indicar fenômenos modificadores de suas condições físico-químicas durante a percolação no meio poroso (CUSTODIO; LLAMAS, 1983).

A grande maioria dos elementos dissolvidos na água subterrânea encontra-se no estado iônico, sendo que alguns deles estão presentes em quase todas as águas subterrâneas e são denominados constituintes iônicos primários ou íons maiores, tais como o Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. A maior ou menor disponibilidade desses íons dissolvidos permite que se realize a classificação hidrogeoquímica das águas subterrâneas.

A análise das condições físico químicas das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do entorno da represa de Três Marias foi baseada nos dados hidroquímicos disponíveis na plataforma SIAGAS

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 237
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

- Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – CPRM e amostragens de água subterrânea realizadas em campo.

Constituem parâmetros físico-químicos as análises na água subterrânea de aspectos potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), totais de sólidos dissolvidos, , resíduo seco (RS). O pH consiste na medida da concentração hidrogeniônica da água, sendo muitas reações químicas dependentes desse parâmetro. O pH é uma função do gás carbônico e da alcalinidade da água. A maioria das águas naturais tem uma variação de pH entre 5 (ácido) e 9 (básico), sendo o pH em torno de 7,0 (neutro), a medida mais comum para as águas em temperaturas ambiente (25° C). Os sais dissolvidos e ionizados presentes na água transformam-na num eletrólito capaz de conduzir corrente elétrica. Como há uma proporcionalidade entre o teor dissolvidos dos sais (TDS) e a condutividade elétrica (CE) é possível estimar o TDS através de medidas da condutividade na água.

O resíduo seco (RS) consiste no peso dos sais evaporados para cada litro de água. Em uma análise química, a soma de todos os cátions, ânions e colóides subtraídos da metade da concentração do bicarbonato oferecem um resultado aproximado da quantidade de resíduo seco (RS).

#### 11.4.1. Cátions Principais

Sódio ( $\text{Na}^+$ ): está presente em todas as águas naturais devido a ampla distribuição em minerais fontes; instabilidade química dos minerais que o contém; alta solubilidade e difícil precipitação dos seus compostos químicos em solução. Sua ocorrência principal é sob a forma de cloretos nas águas subterrâneas sendo suas principais fontes de minerais os feldspatos, feldspatóides, anfíbolos e piroxênios.

Potássio ( $\text{K}^+$ ): em relação aos outros cátions principais, ocorre em pequenas quantidades nas águas naturais devido à sua intensa atuação em processos de troca iônica, adsorção por argilo-minerais, por ser um nutriente das plantas. Sua ocorrência está relacionada a feldspatos potássicos, micas, leucitas além de carnalitas e silvinitas em evaporitos (FEITOSA E MANOEL FILHO, 2000).

Cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ): representa um dos elementos mais abundantes das águas naturais e é um dos responsáveis pela dureza nas águas. Geralmente é encontrado na forma dissolvida como bicarbonato e raramente como carbonato. Sua ocorrência está associada as rochas calcárias através de minerais como calcita, aragonita e dolomita. Nas rochas ígneas é encontrado normalmente em plagioclásios e apatitas (FEITOSA E MANOEL FILHO, 2000).

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 238
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

Magnésio ( $Mg^{+2}$ ): outro elemento responsável pela dureza das águas, sendo mais solúvel e mais difícil de precipitar que o cálcio. Consiste em um íon resiliente em solução, por isso a água dos oceanos é enriquecida nesse elemento. A principal fonte do magnésio são as rochas carbonatadas, mas podem ser encontrados em minerais de origem ígnea e metamórficas como a biotita, granada, hornblenda, clorita, alanita, magnesita e olivina (FEITOSA E MANOEL FILHO, 2000).

#### 11.4.2. Ânions Principais

Sulfato ( $SO_4^{-2}$ ): a presença de sulfato nas águas está relacionada à oxidação de sulfetos nas rochas, nos sedimentos, além da lixiviação de minerais como gipsita e anidrita.

Cloreto ( $Cl^-$ ): presente em todas as águas naturais, muito solúveis e estáveis em solução. Suas fontes estão relacionadas a minerais ferromagnesianos e evaporitos.

Bicarbonato ( $HCO_3^{-}$ ): nas águas naturais predomina em faixas de pH entre 6 a 10, podendo se precipitar com certa facilidade o bicarbonato de cálcio ( $CaCO_3$ ).

Carbonato ( $CO_3^{-2}$ ): a quantidade desse íon está subordinada ao pH e ao conteúdo de gás carbônico. Segundo Logan (1965), nas águas naturais o carbonato somente será superior às concentrações de bicarbonato quando o pH for igual ou superior a 10.

As interpretações da composição química da água subterrânea geralmente são realizadas através de gráficos que ressaltam as relações iônicas das amostras enfatizando variações temporais e espaciais através de diagramas como o diagrama de piper que é um método que utiliza seguintes constituintes catiônicos ( $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{+2}$  e  $Ca^{+2}$ ) e aniônicos ( $HCO_3^- + CO_3^{-2}$ ,  $SO_4^-$  e  $Cl^-$ ) como variáveis.

Além da classificação hidroquímica, um breve estudo da contaminação das águas subterrâneas foi realizado a partir de análises das concentrações de alguns constituintes secundários verificados no cadastro do SIAGAS que foram comparadas com os limites da Portaria do Ministério da Saúde no 2.914, que estabelece os padrões de potabilidade da água para consumo humano (MS/2.914).

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 239
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

### 11.4.3. Apresentação dos resultados hidroquímicos

No **Quadro 11.4** são apresentados os valores dos parâmetros físico-químicos dos íons maiores, constituintes secundários e medições de CE, pH, Resíduo Seco (RS) adquiridos a partir do cadastro SIAGAS e complementados com duas amostras coletadas em campo (Ponto 01 e 02) nos municípios de Tiros e Serra da Saudade, durante visita de reconhecimento.

Na bacia UPGRH SF4, o menor valor de CE foi verificado na unidade aquífera Mata da Corda (aquífero poroso) com valor de 7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e o maior valor foi de 1.678  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em Patos de Minas para o Grupo Bambuí (poroso/fissural). O pH das águas subterrâneas variou entre 6,0 (ácido) para a unidade aquífera Paraopeba em Córrego Danta e 8,8 (alcalino) também para a unidade aquífera Paraopeba em Felixlândia.

Quanto à mineralização, 57% das amostras das águas subterrâneas analisadas para resíduo seco foram classificadas como fracamente mineralizadas (resíduo seco < 100mg/l) e cerca de 43% das amostras foram classificadas como moderadamente mineralizadas (resíduo seco > 100 mg/l até 600 mg/l), com valores de RS de até 301 mg/L para a unidade aquífera Paraopeba em Felixlândia.

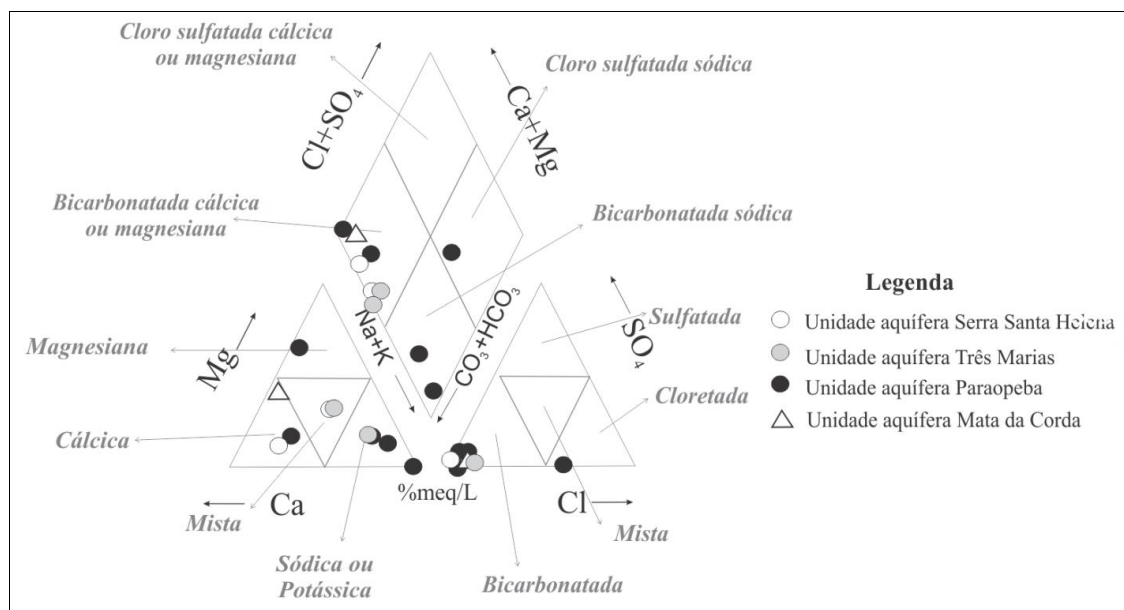
Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 240
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

**Quadro 11.4 – Parâmetros físico-químicos da água subterrânea**

Código	Município	Aquífero	Unidade Aquífera	Prof.	pH	CE	Du-reza	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	Nitratos	RS	F	Fe	Mn	
				m		µS/cm		mg/L													
3100001304	Abaeté	fissural	Paraopeba	51	6,9	185	87,8	5,5	0,9	32	43	2	3,5	113,46	-	0,2	130	-	-	-	
3100001307	Abaeté	fissural	Paraopeba	15		40	10,78	5,4	0,8	0,8	0,8	1,9	-	13,42	-	3,8	59	-	-	-	
3100001311	Abaeté	fissural	Paraopeba	14	6,3	29	-	2	2,3	2,1	0,02	2	-	9,76	-	3,1	35	<b>18</b>	<b>0.38</b>	-	
3100004054	Abaeté	fissural	Paraopeba	52	6,69	162	90	-	-	-	-	6	3,5	74	-	6,4	-	0.1	<b>0.32</b>	<b>0.16</b>	
3100020840	Abaeté	fissural	Paraopeba	51	7,85	180	94	4,8	1	29,6	5	2	-	101	-	0,12	132.4		<b>1.74</b>	0.2	
3100004683	Biquinhas	fissural	Tres Marias	100	7,85	140	60	9,5	0,86	17,6	4	0,5	-	81	-	0,09	-	0.44	0.2	-	
3100020156	Carmo Paranaíba	fissural	Mata da Corda	210	7,67	276,4	112	-	-	-	-	5	1,13	146	-	-	-	0.25	0.1	0.06	
3100020157	Carmo Paranaíba	fissural	Mata da Corda	150	7,77	265,9	80	-	-	-	-	4	0,57	150	-	-	-	0.19	0.19	-	
3100005082	Corrego Danta	fissural	Serra Santa Helena	99	8,05	242	84	21,9	1,7	17,6	10	1,75	2,5	121	-	0,45	-	0.3	0.19	-	
3100005084	Corrego Danta	fissural	Serra Santa Helena	74	7,35	187	74	9	1	25,6	2,5	1	2	87	-	0,01	-	0.15	<b>0.45</b>	-	
3100018013	Corrego Danta	fissural	Santa Helena	84	6	225	81	-	-	-	-	2,5	0,28	152	-	-	-	0.1	0.05	-	
3100001389	Felixlândia	poroso	Tres Marias	110	8,1	19	62,76	20,6	0,7	15,1	8,8	2	0,7	112,6	-	0,2	138	-	-	-	
3100002237	Felixlândia	fissural	Paraopeba	72	8,8	350	45,47	74,4	1,6	8	7	4,5	11,79	193,98	-	0,2	236	-	-	-	
3100002239	Felixlândia	fissural	Paraopeba	99	8,8	450	10,78	112	1	2	0,4	15,66	1,7	251,32	-	0,2	301	-	-	-	
3100020756	Patos de Minas	fissural	Bambui	210	7,45	1,678	<b>820</b>	-	-	-	-	-	16	<b>697</b>	175	-	-	0.4	<b>0.75</b>	-	
3100021049	Patos de Minas	fissural	Paraopeba	195	-	-	138	-	-	-	-	-	<b>308,8</b>	88	-	-	-	0.8	<b>0.51</b>	-	
3100002466	Pompeu	fissural	Paraopeba	75	7,7	204	99,37	15,3	0,8	32,9	5,4	4,9	9,6	135,42	-	0,2	174	-	-	-	
3100001509	Sta Rosa da Serra	fissural	Paraopeba	80	6,8	127	16,86	17,1	2,3	3,4	2,3	18,62	0,3	23,18	-	<b>19,8</b>	96	-	-	-	
3100001511	S. Gonçalo Abaeté	fissural	Tres Marias	80	6,9	120	49	0,4	2,5		0,7	2	0,2	58	-	0,2	74	-	-	-	
3100001521	São Gotardo	poroso	Mata da Corda	156	7	57	26,85	0,6	0,4	6,6	3	2	0,3	32,94	-	0,9	26	-	-	-	
3100001525	Tiros	poroso	Mata da Corda	30	7	7	4,3	0,1	0,3	0,6	0,01	1,9	-	2,44	-	0,2	10	-	-	-	
3100001530	Três Marias	fissural	Tres Marias	54	6,6	52	14,1	4	3,5	2,8	1,7	2	0,3	33,55	-	0,2	59	-	-	-	
3100002583	Três Marias	fissural	Paraopeba	83	7,3	54	-	5,1	0,6	4,5	1,5	1	4,1	35,58	-	0,2	71	-	-	-	
Ponto 01	Serra Saudade	-	-	-	-	-	-	6,01	2,648	34,5	8,234	0,45	0,567	-	-	0,76	-	0.163	-	-	
Ponto 02	Tiros	-	-	-	-	-	-	0,1	0,119	0,86	0,058	0,236	0,203	-	-	0,60	-	-	-	-	
	LIMITE Ministério da Saúde 2914					6 - 9,5		500	200				250	250			10		1,5	0,3	0,1



As concentrações dos íons dissolvidos na água subterrânea foram representadas no diagrama de Piper (**Figura 11.4**), onde foram separadas as concentrações dos constituintes primários da água subterrânea sendo classificados 3 (três) tipos hidroquímicos de águas subterrâneas na UPGRH SF4: bicarbonatada-cálcica para as unidades aquíferas Mata da Corda, Serra Santa Helena e unidade aquífera Paraopeba, bicarbonatada-sódica para amostras da unidade aquífera Paraopeba e cloretada-sódica também para a unidade aquífera Paraopeba.



**Figura 11.4 – Diagrama de Piper para classificação hidroquímica das águas subterrâneas da UPRGH SF4.**

Além dos íons maiores, alguns constituintes secundários foram analisados em algumas amostras tais como Fe e Mn,  $\text{NO}_3$  e F que foram comparados com o padrão de potabilidade estipulado pelo ministério da saúde (MS 2914).

Quanto as análises de ferro, amostras do domínio estrutural Poroso/fissural formado por rochas do Grupo Bambuí apresentaram concentrações de ferro dissolvidos acima do padrão do Ministério da Saúde (0,3 mg/L) nas cidades de Abaeté, Córrego Danta e Patos de Minas. Apenas uma amostra da unidade aquífera Paraopeba na cidade de Abaeté apresentou valor de manganês acima do padrão da MS 2914 (0,1 mg/L).

O manganês geralmente está associado ao ferro na solução da água, sendo os minerais ferro-magnesianos oriundos de solos lateríticos e no caso de arenitos e folhelhos, os hidróxidos de ferro constituem material de cimentação, fatores que podem justificar a origem desse constituinte nas unidades aquíferas do Grupo Bambuí.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 242
------------------------------	---	-------------------------------	---------------

Apenas uma amostra na cidade de Pompéu apresentou concentrações de  $\text{NO}_3$  acima do padrão de potabilidade (10 mg/L). Trata-se de um poço na cidade de Santa Rosa da Serra, provavelmente utilizado para abastecimento público já que pertence a Prefeitura. Naturalmente, o  $\text{NO}_3$  ocorre em geral em pequenas concentrações representando o estágio final da oxidação da matéria orgânica (FEITOSA E MANOEL FILHO, 2000). Concentrações acima de 5 mg/L, como é o caso do ponto em Santa Rosa da Serra, geralmente são indícios de contaminação da água subterrânea por atividades antrópicas como esgotos, fossas sépticas, depósitos de lixo, adubos nitrogenados e resíduos de animais. Para este caso caberia maiores investigações a fim de apurar se as concentrações de  $\text{NO}_3$  neste ponto prosseguem altas e o motivo dessa ocorrência.

Quanto às concentrações de fluoreto, um dos poços analisados (3100001311), existente na cidade de Abaeté, apresentou altíssimas concentrações desse íon (18 mg/L) para a exploração da unidade aquífera Paraopeba (poroso/fissural). Trata-se de um poço do tipo cacimba com uma profundidade de 14 metros. Concentrações de flúor acima do limite pré-estabelecido (1,5 mg/L) podem trazer prejuízos a saúde como a fluorose dentária (até 3,0 mg/L) e concentrações acima de 6,0 mg/L podem desenvolver deformações nos ossos dos consumidores desse tipo de água. A origem desse íon na bacia merece um aprofundamento a fim de que se defina se pode haver ocorrências de anomalias naturais para esse íon na bacia da UPRH SF4.

Contrato 001/COMLAGO/2013	Código GAMA-COMLAGO-PLAN-RT-MG-02.01-REV04	Data de Emissão Julho/2015	Página 243
------------------------------	---	-------------------------------	---------------



**GAMA**  
ENGENHARIA E RECURSOS HÍDRICOS