



#### EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL

Danny Dalberson de Oliveira (DDO) – Coordenador  
Leonardo Mitre Alvim de Castro (LMC) – Coordenador Executivo  
Aída Pereira Andrezza (APA) – Gestão de Recursos Hídricos  
Christiane Spörl de Castro (CHS) – Meio Físico e Meio Biótico  
Flavio de Paula e Silva (FPS) – Águas Subterrâneas  
Betty Schfinagel Abramowicz (BSA) – Meio Socioeconômico  
Flora Kaori Abuno (FKA) – Gestão de Recursos Hídricos  
Felipe Andrade Silva (FAZ) – Gestão de Recursos Hídricos  
Laís Amorim (LA) – Qualidade das Águas  
Miguel Fontes de Souza (MFD) – Gestão de Recursos Hídricos

Revisão	Data	Descrição Breve	Ass. do Autor.	Ass.do Superv.	Ass. de Aprov.
2	15/10/2021	Atendimento a comentários			
1	21/09/2021	Atendimento a comentários			
0	04/08/2021	Emissão Inicial			

**CONTRATO DE GESTÃO Nº 028/ANA/2020 - SERVIÇOS DE CONSULTORIA PARA ELABORAÇÃO DE PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA SUPERFICIAIS E ESTUDO PARA O PLANEJAMENTO DE ENQUADRAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ÂMBITO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO À TRECHO ALTO SÃO FRANCISCO**

## **Diagnóstico da Circunscrição Hidrográfica SF4 – Bacia do Entorno de Três Marias**

Elaborado por:  
CHS, APA, LMC, FPS, BSA, FKA, MFS, FAS

Supervisionado por:  
LMC

Aprovado por:  
DDO

Revisão	Finalidade	Data
2	3	15/10/2021

Legenda Finalidade: (1) Para informação (2) Para Comentário (3) Para Aprovação



ENGE CORPS ENGENHARIA S.A.  
Alameda Tocantins, 125 – 12º andar - Cj. 1202  
Contrato: 02/2021

## 1. APRESENTAÇÃO

O presente relatório é parte do contrato nº 02/2021 firmado em 03/03/2021 entre a Agência Peixe Vivo (APV) e a ENGECORPS para a elaboração da “Proposta de Enquadramento dos Corpos d’Água Superficiais e a Elaboração de um Planejamento de Enquadramento das Águas Subterrâneas na Bacia do Rio São Francisco, a Montante da Barragem de Três Marias (Alto São Francisco)”, no âmbito do Contrato de Gestão nº 028/ANA/2020. Em 18/03/2021, a APV emitiu a Ordem de Serviço (OS) nº 05/2021, autorizando o início dos estudos.

Conforme preconizado no Termo de Referência (TR), o trabalho terá seu desenvolvimento ao longo de 17 meses, tendo uma estrutura metodológica pautada em oito etapas, sendo que cada uma delas culmina na entrega de um produto, conforme a seguir:

Produto	Título	Descrição do Conteúdo
1	Plano de Trabalho	Linhas gerais do desenvolvimento do estudo e detalhamento do cronograma do projeto
2	Diagnóstico	Levantamento das informações necessárias para se estabelecer o estado da arte do conhecimento acerca do tema de recursos hídricos nas CHs SF2, SF3 e SF4 do Alto São Francisco
3	Prognóstico	Resultados do trabalho de elaboração de cenários futuros que servirão de referência para a realização dos estudos específicos (enquadramento de águas superficiais e programa de monitoramento de águas subterrâneas)
4	Metas do Enquadramento das Águas Superficiais	Proposição para as metas progressivas e alternativas de enquadramento
5	Programa de Efetivação do Enquadramento das Águas Superficiais	Definição das intervenções, com estimativa de custos das ações, propostas de metodologia de acompanhamento de metas progressivas, e recomendações para os setores usuários e comitês de bacia
6	Proposta Conceitual para o Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas	Definições operacionais da rede de monitoramento (pontos, frequências de amostragem e análise, parâmetros), do arranjo institucional, dos custos envolvidos e dos prazos para implantação
7	Relatório Final do Enquadramento dos Corpos d’Água Superficiais	Conclusões do estudo de enquadramento das águas superficiais das sub-bacias do Alto São Francisco
8	Relatório Final do Planejamento de Monitoramento das Águas Subterrâneas	Determinações para a implantação do programa de monitoramento das águas subterrâneas das sub-bacias do Alto São Francisco

## SUMÁRIO

	PÁG.
<b>1. APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>I</b>
<b>2. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>21</b>
<b>3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA CH REGIÃO DO ENTORNO DO RESERVATÓRIO DE TRÊS MARIAS – SF4.....</b>	<b>23</b>
3.1 ÁREA DE ABRANGÊNCIA DOS ESTUDOS .....	23
3.2 CARACTERIZAÇÃO BÁSICA DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	29
3.3 OUTROS ASPECTOS FÍSICOS .....	42
3.3.1 <i>Clima e Vulnerabilidade Climática.....</i>	<i>42</i>
3.3.2 <i>Geomorfologia .....</i>	<i>65</i>
3.3.3 <i>Pedologia.....</i>	<i>69</i>
3.3.4 <i>Potencial de Erosão .....</i>	<i>72</i>
3.4 ASPECTOS BIÓTICOS E ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS .....	76
3.4.1 <i>Cobertura Vegetal.....</i>	<i>76</i>
3.4.2 <i>Áreas Legalmente Protegidas .....</i>	<i>80</i>
3.5 CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA DA BACIA HIDROGRÁFICA .....	85
3.5.1 <i>Demografia dos Municípios da Bacia .....</i>	<i>90</i>
3.5.2 <i>Demografia no Território da Bacia.....</i>	<i>98</i>
3.5.3 <i>Economia Regional .....</i>	<i>100</i>
3.6 DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	108
3.6.1 <i>Metodologia .....</i>	<i>109</i>

3.6.2	<i>Situação Atual</i> .....	110
3.6.3	<i>Dinâmica e Tendências do Uso do Solo – Últimos 20 anos</i> .....	115
<b>4.</b>	<b>DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL</b> .....	<b>121</b>
4.1	ANÁLISE DOS MONITORAMENTOS DISPONÍVEIS .....	121
4.2	ESTIMATIVA DAS PRINCIPAIS VAZÕES DE REFERÊNCIA PARA OS PRINCIPAIS CURSOS DE ÁGUA DA BACIA – VAZÃO Q <sub>7,10</sub> , Q <sub>95</sub> E QMLT .....	125
<b>5.</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS USOS E INTERFERÊNCIAS NA BACIA</b> .....	<b>128</b>
5.1	CADASTRO DE OUTORGAS – IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO .....	128
5.1.1	<i>Águas Superficiais</i> .....	128
5.1.2	<i>Águas Subterrâneas</i> .....	131
5.1.3	<i>Usos Insignificantes</i> .....	132
5.2	DEMANDAS DE USOS CONSUNTIVOS .....	135
5.3	DEMANDAS DE USOS NÃO CONSUNTIVOS .....	142
5.4	ANÁLISE E IDENTIFICAÇÃO DOS USOS PREPONDERANTES MAIS RESTRITIVOS - .....	144
<b>6.</b>	<b>DIAGNÓSTICO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS</b> .....	<b>158</b>
6.1	ANÁLISE DE ESTUDOS EXISTENTES.....	158
6.2	LEVANTAMENTO DE DADOS .....	159
6.3	CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA .....	161
6.4	CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA.....	166
6.4.1	<i>Sistemas Aquíferos</i> .....	171
6.4.2	<i>Potencialidades dos Aquíferos da Região do Entorno da Represa de Três Marias</i> .....	176



6.4.3	<i>Potenciometria dos Aquíferos da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias..</i>	179
6.4.4	<i>Reservas Hídricas Subterrâneas da Região do Entorno da Represa de Três Marias</i> .....	183
6.4.5	<i>Disponibilidades hídricas subterrâneas da Região do Entorno da Represa de Três Marias</i> .....	186
6.4.6	<i>Modelo Conceitual de Fluxo dos Aquíferos da Região do Entorno da Represa de Três Marias</i> .....	187
6.5	VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS .....	188
6.6	FONTES DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....	193
6.6.1	<i>Fontes Pontuais de Contaminação das Águas Subterrâneas</i> .....	193
6.6.2	<i>Fontes Difusas de Contaminação das Águas Subterrâneas</i> .....	201
6.6.3	<i>Risco Potencial de Contaminação</i> .....	207
6.7	AVALIAÇÃO DA INTENSIDADE DE EXPLOTAÇÃO .....	210
6.7.1	<i>Monitoramento de Águas Subterrâneas</i> .....	213
6.8	VIABILIDADE TÉCNICA DO ENQUADRAMENTO .....	215
6.9	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	219
<b>7.</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO, LOCALIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS CARGAS DAS FONTES DE POLUIÇÃO PONTUAIS E DIFUSAS ATUAIS</b> .....	<b>221</b>
7.1	ESTIMATIVA DE CARGAS POLUIDORAS PONTUAIS (EFLUENTES DOMICILIARES, INDUSTRIAIS) .....	221
7.2	ESTIMATIVA DE CARGAS POLUIDORAS DIFUSAS (ORIUNDAS DE ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS E DE OUTRAS FONTES CAUSADORAS DE DEGRADAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEOS) .....	227
<b>8.</b>	<b>ANÁLISE DA CONDIÇÃO ATUAL DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS</b> .....	<b>232</b>

8.1	ANÁLISE DE QUALIDADE COM BASE NOS DADOS DE MONITORAMENTO .....	236
8.2	CONSTRUÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO DE SIMULAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS...	263
8.2.1	<i>Metodologia</i> .....	264
8.2.2	<i>Caracterização da área</i> .....	265
8.2.3	<i>Implementação do modelo</i> .....	275
8.2.4	<i>Calibração do Modelo SWMM</i> .....	281
8.2.5	<i>Simulação de Cenários com vazões de referência</i> .....	293
8.3	IDENTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS DE MONITORAMENTO E COTEJO FRENTE AO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DE FORMA A AVALIAR A CONDIÇÃO DA BACIA .....	304
8.3.1	<i>Metodologia de cálculo</i> .....	304
8.3.2	<i>Resultados</i> .....	307
8.3.3	<i>Considerações</i> .....	312
<b>9.</b>	<b>ANÁLISE DO ARCABOUÇO LEGAL E INSTITUCIONAL PERTINENTE.....</b>	<b>313</b>
9.1	ANÁLISE DO ARCABOUÇO LEGAL DE ABRANGÊNCIA NACIONAL E ESTADUAL QUE TENHA RELAÇÃO COM OS ESTUDOS ORA EM CURSO .....	313
9.2	LEVANTAMENTO DAS INSTITUIÇÕES COM ATUAÇÃO NA BACIA E QUE FAZEM PARTE DO SINGREH.....	320
<b>10.</b>	<b>LEVANTAMENTO DE POLÍTICAS, PLANOS E PROGRAMAS LOCAIS E REGIONAIS EXISTENTES E CAPACIDADE DE INVESTIMENTO.....</b>	<b>322</b>
<b>11.</b>	<b>CONSULTA PÚBLICA .....</b>	<b>329</b>
11.1	CONVITES E MOBILIZAÇÃO.....	329
11.2	REALIZAÇÃO DO EVENTO.....	331
11.3	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES.....	332
<b>12.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>334</b>

13. REFERÊNCIAS .....	336
ANEXO I – EXEMPLO DE E-MAIL CONVITE À CONSULTA PÚBLICA .....	1
ANEXO II – ATA DA REUNIÃO COM O GAT PRÉ-CONSULTA PÚBLICA .....	1
ANEXO III – APRESENTAÇÃO DO CONTEÚDO DO DIAGNÓSTICO NA CONSULTA PÚBLICA .....	1

---

## Lista de Figuras

---

Figura 2.1 – Macrolocalização da Região do Entorno do Reservatório de Três Marias. .....	24
Figura 2.2 – Localização das UEG Afluentes do Alto São Francisco SF4 .....	25
Figura 2.3 – Municípios inseridos na CH SF4 e as Regiões Geográficas .....	27
Figura 2.4 – A CH SF4 no contexto da Bacia do Rio São Francisco.....	30
Figura 2.5 – Divisão da CH SF4 em áreas de drenagem.....	33
Figura 2.6 – Áreas de contribuição das sub-bacias da CH SF4.....	34
Figura 2.7 – Pontos de Monitoramento da Qualidade da Água e resultados de IQA para o ano de 2020 na SF4.....	36
Figura 2.8 – Distribuição Climática na CH SF4. ....	44
Figura 2.9 – Distribuição das Estações Climatológicas próximas à CH SF4.....	46
Figura 2.10 – Temperatura média mensal nas estações climatológicas avaliadas no entorno da CH SF4 (°C).....	47
Figura 2.11 – Evaporação Média Mensal, medida pelo evaporímetro Piché, nas estações climatológicas avaliadas no entorno da CH SF4 (mm) .....	50
Figura 2.12 – Insolação Total medida nas estações climatológicas avaliadas no entorno da CH SF4 (horas) .....	51
Figura 2.13 – Precipitação média anual na CH SF4. ....	54
Figura 2.14 – Precipitação média mensal que ocorre no período mais seco (Junho, Julho e Agosto). ....	55
Figura 2.15 – Precipitação média mensal que ocorre no período mais úmido (Dezembro, Janeiro e Fevereiro).....	57

Figura 2.16 – Índice de Vulnerabilidade Climática nos municípios da CH SF4. ....	60
Figura 2.17 – Índice de Vulnerabilidade a Inundações nos rios da CH SF4. ....	64
Figura 2.18 – Relevo na CH SF4 .....	66
Figura 2.19 – Províncias Geomorfológicas na CH SF4.....	68
Figura 2.20 – Pedologia na CH SF4.....	70
Figura 2.21 – Suscetibilidade à erosão na CH SF4.....	74
Figura 2.22 – Remanescentes da Cobertura Vegetal na CH SF4.....	78
Figura 2.23 – Áreas protegidas na CH SF4.....	83
Figura 2.24 – Patrimônio Espeleológico na área de abrangência da CH SF4.....	84
Figura 2.25 – Evolução da população total dos municípios mais populosos que integram a CH SF4 (2020-2050) .....	93
Figura 2.26 – Densidade demográfica dos municípios no território da CH SF4.....	97
Figura 2.27 – Projeção da população dos municípios mais populosos no território da CH SF4 (2020-2050) .....	99
Figura 2.28 – Uso e Ocupação do Solo Atual na CH SF4.....	112
Figura 2.29 – Dinâmica de Uso e Ocupação do Solo na CH SF4 entre 2000 e 2019. ....	117
Figura 2.30 – Dinâmica do Uso e Ocupação do Solo na SF4 período 2000 a 2019. ....	119
Figura 2.31 – Vetores de expansão das áreas ocupadas por Florestas Plantadas e Lavouras Temporárias na SF4.....	120
Figura 3.1 – Estações de monitoramento fluviométrico na CH SF4.....	124
Figura 4.1 – Aproveitamentos hidrelétricos na CH SF4 .....	143

Figura 4.2 – Outorgas federais superficiais na CH SF4 .....	148
Figura 4.3 – Outorgas estaduais coletivas superficiais na CH SF4 .....	149
Figura 4.4 – Outorgas estaduais superficiais na CH SF4.....	150
Figura 4.5 – Outorgas estaduais subterrâneas na CH SF4.....	151
Figura 4.6 – Usos insignificantes superficiais na CH SF4 .....	152
Figura 4.7 – Usos insignificantes subterrâneos na CH SF4 .....	153
Figura 4.8 – Usos preponderantes na CH SF4, cuja soma corresponde a 90% do total de vazão (Critério i) .....	156
Figura 4.9 – Principais usos por sub-bacia, na CH SF4 (Critério ii) .....	157
Figura 5.1 – Mapa Geológico da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias (CPRM, 2007) .....	165
Figura 5.2 – Sistemas aquíferos da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias (CPRM, 2007) e localização de poços cadastrados no SIAGAS.....	170
Figura 5.3 – Histograma de q/s dos sistemas aquíferos da bacia do Entorno da Represa de Três Marias .....	178
Figura 5.4 – Correlação entre carga hidráulica e altitude do terreno.....	180
Figura 5.5 – Mapa potenciométrico dos aquíferos superficiais da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias.....	182
Figura 5.6 – Representação dos sistemas de fluxo subterrâneos.....	188
Figura 5.7 – Índices de vulnerabilidade GOD (FOSTER et al., 2006). .....	189
Figura 5.8 – Mapa de vulnerabilidade dos aquíferos da Bacia do Entorno da Represa Três Marias. ....	192
Figura 5.9 – Localização e classificação ambiental dos empreendimentos com declaração de carga poluidora. ....	196

Figura 5.10 – Localização das áreas declaradas contaminadas da Bacia do Entorno da Represa Três Marias..... 199

Figura 5.11 – Número e classificação das áreas declaradas contaminadas da Bacia do Entorno da Represa Três Marias. ....200

Figura 5.12 – Potencial de contaminação por saneamento in situ da Bacia do Entorno da Represa Três Marias.....203

Figura 5.13 – Distribuição das classes de potencial contaminante por fontes difusas da Bacia do Entorno da Represa Três Marias.....206

Figura 5.14 – Distribuição das classes de risco potencial de contaminação por fontes difusas da Bacia do Entorno da Represa Três Marias. ....209

Figura 5.15 – Intensidade de exploração de água subterrânea na Bacia do Entorno da Represa Três Marias.....212

Figura 5.16 – Parâmetros físico-químicos e biológicos de águas subterrâneas analisados pelo IGAM. ....214

Figura 6.1 – Cargas pontuais de ETEs e empreendimentos.....225

Figura 7.1 – Estações monitoramento de qualidade da água do IGAM na região hidrográfica SF04 consideradas neste estudo. ....237

Figura 7.2 – Número de parâmetros medidos em pelo menos uma das estações do IGAM na região hidrográfica SF04 no período estudado (2019-2021).....240

Figura 7.3 – Número de estações do IGAM com pelo menos um dos parâmetros medidos na região hidrográfica SF04 no período estudado (2019-2021). ....241

Figura 7.4 – Funções e dependências dos constituintes no ambiente aquático. Fonte: (AMORIM, 2020). ....242

Figura 7.5 – Divisão das sub-bacias da CH SF4 consideradas nesta etapa de trabalho. ....266

Figura 7.6 – Usos do solo da região hidrográfica SF04 .....	268
Figura 7.7 – Tipos de solo da CH SF04. ....	270
Figura 7.8 – Declividade da CH SF04. ....	272
Figura 7.9 – Dados de chuva de estação pluviométrica típica da região de estudo – Estação 01845013 (sub-bacia do rio Abaeté) .....	273
Figura 7.10 – Série histórica de temperatura do ar na estação BP083, na região hidrográfica SF060. ....	274
Figura 7.11 – Série de dados de 2019 de temperatura do ar na estação BP083, na região hidrográfica SF060. ....	274
Figura 7.12 – Representação da Bacia do Rio Abaeté no modelo SWMM .....	276
Figura 7.13 – Representação da Bacia do Rio Borrachudo no modelo SWMM. ....	277
Figura 7.14 – Representação da Bacia do Rio Indaiá no modelo SWMM. ....	277
Figura 7.15 – Representação da seção transversal do Rio Abaeté. ....	279
Figura 7.16 – Representação da seção transversal do trecho de cabeceira do Rio Borrachudo. ....	279
Figura 7.17 – Representação da seção transversal do trecho de cabeceira do Rio Indaiá. ....	280
Figura 7.18 – Ponto de calibração e validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Abaeté (Estação 41050000). ....	282
Figura 7.19 – Resultado da calibração do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Abaeté (Estação 41050000). ....	283
Figura 7.20 – Resultado da validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Abaeté (Estação 41050000). ....	283



Figura 7.21 – Ponto de calibração e validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Borrachudo (Estação 40975000). .....284

Figura 7.22 – Resultado da calibração do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Borrachudo (Estação 40975000).....285

Figura 7.23 – Resultado da validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Borrachudo (Estação 40975000).....285

Figura 7.24 – Ponto de calibração e validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Indaiá (Estação 40930000). .....286

Figura 7.25 – Resultado da calibração do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Indaiá (Estação 40930000). .....287

Figura 7.26 – Resultado da validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Indaiá (Estação 40930000). .....287

Figura 7.27 – Pontos com dados de qualidade da água usados na calibração da sub-bacia do Rio Abaeté .....289

Figura 7.28 – Resultado das concentrações médias de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo Total em relação aos dados observados no Rio Abaeté .....290

Figura 7.29 – Pontos com dados de qualidade da água usados na calibração da sub-bacia do Rio Borrachudo .....290

Figura 7.30 – Resultado das concentrações médias de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo Total em relação aos dados observados no Rio Borrachudo .....291

Figura 7.31 – Pontos com dados de qualidade da água usados na calibração da sub-bacia do Rio Indaiá.....292

Figura 7.32 – Resultado das concentrações médias de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo Total em relação aos dados observados no Rio Indaiá.....293

Figura 7.33 – Concentração de DBO ao longo do Rio Abaeté para os cenários (a) **Q7, 10**, (b) **QMLT** e (c) **Qcheia**. .....295

Figura 7.34 – Concentração de Nitrogênio Total ao longo do Rio Abaeté para os cenários (a) **Q7, 10**, (b) **QMLT** e (c) **Qcheia**. .....296

Figura 7.35 – Concentração de Fósforo Total ao longo do Rio Abaeté para os cenários (a) **Q7, 10**, (b) **QMLT** e (c) **Qcheia**. .....297

Figura 7.36 – Concentração de DBO ao longo do Rio Borrachudo para os cenários (a) **Q7, 10**, (b) **QMLT** e (c) **Qcheia**. .....298

Figura 7.37 – Concentração de Nitrogênio Total ao longo do Rio Borrachudo para os cenários (a) **Q7, 10**, (b) **QMLT** e (c) **Qcheia**. .....299

Figura 7.38 – Concentração de Fósforo Total ao longo do Rio Borrachudo para os cenários (a) **Q7, 10**, (b) **QMLT** e (c) **Qcheia**. .....300

Figura 7.39 – Concentração de DBO ao longo do Rio Indaiá para os cenários (a) **Q7, 10**, (b) **QMLT** e (c) **Qcheia**. .....301

Figura 7.40 – Concentração de Nitrogênio Total ao longo do Rio Indaiá para os cenários (a) **Q7, 10**, (b) **QMLT** e (c) **Qcheia**. .....302

Figura 7.41 – Concentração de Fósforo Total ao longo do Rio Indaiá para os cenários (a) **Q7, 10**, (b) **QMLT** e (c) **Qcheia**. .....303

Figura 7.42 – Índice de Conformidade ao Enquadramento na CH SF04 para 2019. ....308

Figura 7.43 – Índice de Conformidade ao Enquadramento na CH SF04 para 2020. ....309

Figura 7.44 – Avaliação da porcentagem de falhas por parâmetro no cálculo do ICE para as estações SF060 e SF017. ....310

Figura 7.45 – Avaliação da porcentagem de falhas por parâmetro no cálculo do ICE para as estações 40950000, SF052 e SF013. ....311

Figura 7.46 – Avaliação da porcentagem de falhas por parâmetro no cálculo do ICE para as estações SF046, SF048 e SF009. ....312

Figura 10.1 – Convite à Consulta Pública de Validação do Diagnóstico das 3 bacias hidrográficas em estudo .....330

Figura 10.2 – Convite à Consulta Pública de Validação do Diagnóstico da CH SF4 .....330

Figura 10.3 – Distribuição das outorgas vigentes e vencidas e áreas agrícolas na CH SF4.....333

---

## Lista de Quadros

---

Quadro 2.1 – Nº de municípios abrangidos na CH SF4 .....	26
Quadro 2.2 – Municípios inseridos na CH SF4 .....	28
Quadro 2.3 – Sub-bacias da CH SF4.....	31
Quadro 2.4 – Pontos de monitoramento do IGAM alocados na CH SF4 .....	35
Quadro 2.5 – Estações Climatológicas próximas à CH SF4. ....	47
Quadro 2.6 – Temperaturas máximas, médias e mínimas anuais nas estações climatológicas avaliadas no entorno da CH SF4 (°C).....	48
Quadro 2.7 – Umidade relativa média do ar nas estações climatológicas avaliadas no entorno da CH SF4 (%).....	49
Quadro 2.8 – Estações Pluviométricas no entorno da CH SF4.....	52
Quadro 2.9 – Índice de Vulnerabilidade Climática nos municípios com sede na SF4. ....	59
Quadro 2.10 – Principais desafios em relação às mudanças climáticas nas Regiões de Planejamento da CH SF4.....	61
Quadro 2.11 – Remanescentes da Cobertura Vegetal na CH SF4 .....	79
Quadro 2.12 – Unidades de Conservação e Áreas Protegidas na CH SF4. ....	80
Quadro 2.13 – IDH dos Municípios inseridos na CH SF4 para o ano de 2010. ....	86
Quadro 2.14 – Hierarquia Municipal na CH SF4. ....	87
Quadro 2.15 – Política, Planos, Conselhos de Saneamento Básico e Consórcios nos municípios da CH SF4. ....	89

Quadro 2.16 – Evolução da população total dos municípios que integram a CH SF4 e projeções até 2050.....	91
Quadro 2.17 – Evolução da população urbana nos municípios que integram a CH SF4. ....	92
Quadro 2.18 – Evolução da taxa de urbanização dos municípios da CH SF4. ....	94
Quadro 2.19 – Evolução da população rural nos municípios da CH SF4.....	95
Quadro 2.20 – Projeção da densidade demográfica nos municípios da CH SF4.....	96
Quadro 2.21 – Projeção da população urbana no território da bacia. ....	98
Quadro 2.22 – Projeção da população rural no território da bacia. ....	99
Quadro 2.23 – PIB dos municípios da bacia para o ano de 2018. ....	101
Quadro 2.24 – Composição Setorial do PIB e do VAB dos municípios da bacia ....	102
Quadro 2.25 – Trabalho e Rendimento na Bacia. ....	103
Quadro 2.26 – Estabelecimentos agropecuários conforme tipo de produção – 2017. ....	105
Quadro 2.27 – Principais cultivos agrícolas por volume de produção (tonelada por ano) ....	107
Quadro 2.28 – Efetivo dos principais rebanhos da bacia. ....	108
Quadro 2.29 – Uso e Ocupação do Solo Atual.....	111
Quadro 2.30 – Dinâmica de Uso e Ocupação do Solo.....	115
Quadro 2.31 – Matriz de Transição dos Mapas de Uso do Solo (2000 a 2019).....	118
Quadro 3.1 – Estações de Monitoramento Fluviométrico Hidroweb na CH SF4.....	123
Quadro 3.2 – Vazões de referência das estações de monitoramento fluviométrico na CH SF4 .....	127

Quadro 3.3 – Vazões de referência das estações de monitoramento fluviométrico na CH SF4 conforme PDRH Entorno da Represa de Três Marias de 2015.....	127
Quadro 3.4 – Vazões de referência calculadas para a região hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias no PRHSF.....	128
Quadro 4.1 – Vazões outorgadas pela ANA, por sub-bacia da CH SF4, para águas superficiais .....	128
Quadro 4.2 – Vazões outorgadas pelo IGAM, por sub-bacia da CH SF4, para águas superficiais e superficiais coletivas.....	130
Quadro 4.3 – Vazões outorgadas pelo IGAM, por sub-bacia da CH SF4, para águas subterrâneas .....	131
Quadro 4.4 – Usos insignificantes superficiais, por sub-bacia, na CH SF4.....	132
Quadro 4.5 – Usos insignificantes subterrâneos, por sub-bacia, na CH SF4.....	133
Quadro 4.6 – Síntese das vazões outorgadas e cadastradas (usos insignificantes), para águas superficiais, na CH SF4.....	133
Quadro 4.7 – Síntese das vazões outorgadas e cadastradas (usos insignificantes), para águas subterrâneas, na CH SF4.....	134
Quadro 4.8 – Vazões de Retirada, por setor usuário e por sub-bacia da CH SF4..	139
Quadro 4.9 – Vazões Consumidas, por setor usuário e por sub-bacia da CH SF4.	140
Quadro 4.10 – Vazões de Retorno, por setor usuário e por sub-bacia da CH SF4.	141
Quadro 4.11 – Aproveitamentos hidrelétricos na CH SF4.....	142
Quadro 4.12 – Porcentagem de Retirada, por setor usuário e por sub-bacia da CH SF4 .....	155
Quadro 5.1 – Estimativas das Reservas de Água Subterrânea (GAMA, 2015).....	158

Quadro 5.2 – Relação de documentos e arquivos levantados para elaboração do diagnóstico das águas subterrâneas na Bacia do Entorno da Represa de Três Marias .....	160
Quadro 5.3 – Distribuição das Unidades Geológicas da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias (CH SF4) .....	163
Quadro 5.4 – Valores de porosidade eficaz de rochas.....	167
Quadro 5.5 – Classificação de aquíferos em função da condutividade hidráulica...	167
Quadro 5.6 – Sistemas Aquíferos da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias .....	168
Quadro 5.7 – Sistemas Aquíferos da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias e unidades geológicas/aquíferas constituintes .....	169
Quadro 5.8 – Vazões específicas dos sistemas aquíferos da bacia hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias .....	177
Quadro 5.9 – Classificação das potencialidades hídricas em função da vazão específica .....	178
Quadro 5.10 – Reservas ativas dos aquíferos da Bacia da Represa de Três Marias .....	184
Quadro 5.11 – Valores de porosidade efetiva e espessuras saturadas estimadas para os sistemas aquíferos .....	185
Quadro 5.12 – Reservas permanentes dos aquíferos da Bacia da Represa de Três Marias .....	185
Quadro 5.13 – Disponibilidades dos aquíferos da Bacia da Represa de Três Marias .....	186
Quadro 5.14 – Índices do substrato litológico para estimativa da vulnerabilidade pelo método GOD .....	190

Quadro 5.15 – Distribuição das classes de vulnerabilidade da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias.....	191
Quadro 5.16 – Classificação do potencial contaminante por aquífero. ....	195
Quadro 5.17 – Decisões de processos de licenciamento ambiental da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias .....	197
Quadro 5.18 – Estações de tratamento de esgotos sanitários da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias.....	201
Quadro 5.19 – Classificação do potencial contaminante do saneamento in situ.....	202
Quadro 5.20 – Classificação do potencial contaminante dos biomas da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias .....	204
Quadro 5.21 – Distribuição das classes de potencial contaminante de fontes difusas da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias.....	205
Quadro 5.22 – Classificação do risco potencial de contaminação dos aquíferos da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias por fontes difusas .....	208
Quadro 5.23 – Distribuição das classes de risco de potencial contaminante por fontes difusas relacionadas ao uso e ocupação do solo da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias .....	210
Quadro 5.24 – Condições e Padrões de Qualidade das Águas Subterrâneas (CONAMA 396/2008) .....	218
Quadro 6.1 – Parâmetros adotados para produção de carga poluidora.....	222
Quadro 6.2 – Relação dos índices de tratamento de esgotos municipais por município da bacia.....	222
Quadro 6.3 – Cargas Pontuais na CH SF4 .....	226
Quadro 6.4 – Parâmetros adotados no cálculo das cargas difusas. ....	228
Quadro 6.5 – Cargas Difusas na CH SF4 .....	231



---

Quadro 7.1 – Resumo de tipos de amostragens e quando devem ser usados para estimar médias ou totais. ....	233
Quadro 7.2 – Estações de monitoramento qualitativo. ....	238
Quadro 7.3 – Parâmetros dos nós do sistema de drenagem. ....	278
Quadro 7.4 – Parâmetros dos trechos (canais naturais) do sistema de drenagem. ....	278
Quadro 7.5 – Parâmetros dos trechos (canais naturais) do sistema de drenagem. ....	281
Quadro 7.6 – Vazões de referência para simulações de qualidade da água. ....	293
Quadro 7.7 – Categorias de qualidade adotadas para o ICE. ....	306
Quadro 9.1 – PMSBs e Planos Diretores dos municípios da bacia ....	323
Quadro 9.2 – CAPAG para os municípios da bacia. ....	325
Quadro 9.3 – Finanças Municipais na CH SF4. ....	326
Quadro 9.4 – Componentes e ações do PDRH da Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias. ....	328

## 2. INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta o Diagnóstico da Circunscrição Hidrográfica (CH) SF4 – Entorno da Represa de Três Marias, atendendo ao escopo definido no Termo de Referência que orientou o desenvolvimento dos estudos objeto do contrato previamente mencionado firmado entre a APV e a ENGECORPS, além do conteúdo da etapa metodológica de Diagnóstico validado em conjunto com a contratante e o GAT durante a fase de planejamento dos trabalhos, consolidado no relatório do Plano de Trabalho.

Cabe salientar que, na linha do que foi previsto na Proposta Técnica da ENGECORPS, o diagnóstico foi elaborado de modo a abordar os aspectos que de fato são relevantes para dar embasamento às etapas metodológicas seguintes dos estudos de enquadramento, tanto para as águas superficiais como subterrâneas, privilegiando, portanto, a objetividade e a síntese dos diversos temas de interesse.

Adicionalmente – como será visto –, o diagnóstico está estruturado de modo a orientar de forma mais específica os estudos necessários para as águas superficiais e os necessários para as águas subterrâneas, onde pertinente, considerando, contudo, as interfaces existentes entre os recursos hídricos.

Para a construção deste diagnóstico, foram buscados dados básicos e informações disponíveis sobre a Circunscrição Hidrográfica SF4 – Entorno da Represa de Três Marias, desde dados do SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos e SEIRH – Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos do estado de Minas Gerais, até outros estudos técnicos já desenvolvidos e cujos resultados e análises tenham sido considerados relevantes ao estudo de enquadramento ou à análise de qualidade das águas.

Assim, todas as análises realizadas e apresentadas ao longo do texto visaram atender todas as demandas do termo de referência e da legislação pertinente, tendo sido apresentadas com o nível de profundidade de acordo com as bases de dados levantadas ao longo do estudo até o momento.

Cabe destacar que o levantamento de dados será continuado durante todo o período de desenvolvimento do estudo, sendo que algumas informações relevantes e que forem obtidas em momento futuro do trabalho serão consideradas nas etapas seguintes, de forma a complementar o estudo e deixar ainda mais abrangente. Nesse sentido, importante lembrar as atividades de campo que não puderam ser realizadas ainda nesta primeira etapa de estudos, mas serão avaliadas na sequência do trabalho de forma a verificar o momento mais oportuno para o conhecimento de campo, obtenção de informações relevantes e aperfeiçoamento do processo de mobilização e articulação na bacia.

O relatório está estruturado conforme itemização discriminada a seguir:

- Capítulo 1 – Introdução: trata-se do presente capítulo, em que o documento é apresentado em sua estrutura e itens considerados;
- Capítulo 2 – Caracterização Geral da CH SF4;
- Capítulo 3 – Disponibilidade Hídrica Superficial;
- Capítulo 4 – Identificação e localização dos usos e interferências na bacia;
- Capítulo 5 – Diagnóstico das águas subterrâneas;
- Capítulo 6 – Identificação e localização das cargas poluidoras;
- Capítulo 7 – Análise da condição atual de qualidade das águas na bacia;
- Capítulo 8 – Análise do arcabouço legal e institucional pertinente;
- Capítulo 9 – Levantamento de políticas, planos e programas locais e regionais existentes e capacidade de investimento;
- Capítulo 10 – Consulta Pública
- Capítulo 11 – Considerações finais
- Capítulo 12 – Referências.

### **3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA CH REGIÃO DO ENTORNO DO RESERVATÓRIO DE TRÊS MARIAS – SF4**

A fase de diagnóstico consiste na caracterização geral da bacia, incluindo a agregação de dados hidrológicos, físicos, bióticos e atividades econômicas; a identificação de fontes de poluição e dos conflitos (existentes e potenciais); e da verificação do nível de participação e da mobilização social/ local e regional e articulação institucional, etc.

Destaca-se a importância deste diagnóstico, especialmente em função dos usos dos recursos hídricos e os respectivos impactos sobre a qualidade da água.

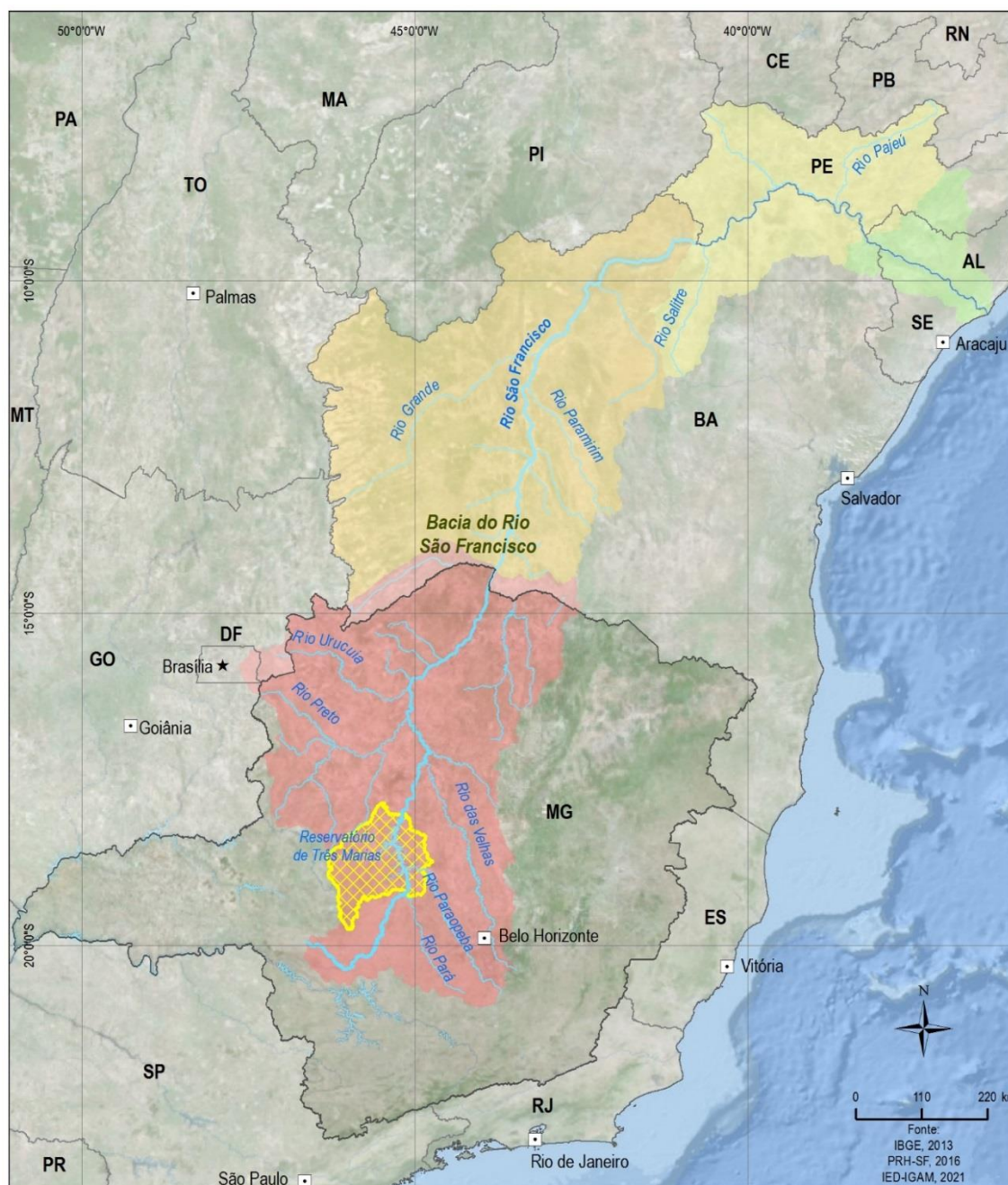
#### **3.1 ÁREA DE ABRANGÊNCIA DOS ESTUDOS**

A região do Entorno do Reservatório de Três Marias está localizada na porção mineira da bacia hidrográfica do rio São Francisco, mais especificamente, na região fisiográfica do Alto São Francisco, como ilustra a Figura 3.1 e a Figura 3.2.

Totalmente inserida no estado mineiro, a região do Entorno do Reservatório de Três Marias (SF4) faz parte da Unidade Estratégica de Gestão do Estado de Minas Gerais – UEG<sup>1</sup>, Afluentes do Alto São Francisco, com uma área de 18.655 km<sup>2</sup>, que corresponde a cerca de 2,9% do território da bacia do São Francisco. Trata-se da Circunscrição Hidrográfica da região do Entorno do Reservatório de Três Marias - CH SF4.

---

<sup>1</sup> UEG: regiões hidrográficas com características comuns ou similares de uso, demandas e disponibilidades hídricas, para fins de gestão, com ênfase no planejamento e monitoramento, configurando uma estratégia de espacialização para integração entre comitês de bacias. Deliberação Normativa CERH-MG nº66 de 17 de novembro de 2020.



**LEGENDA**

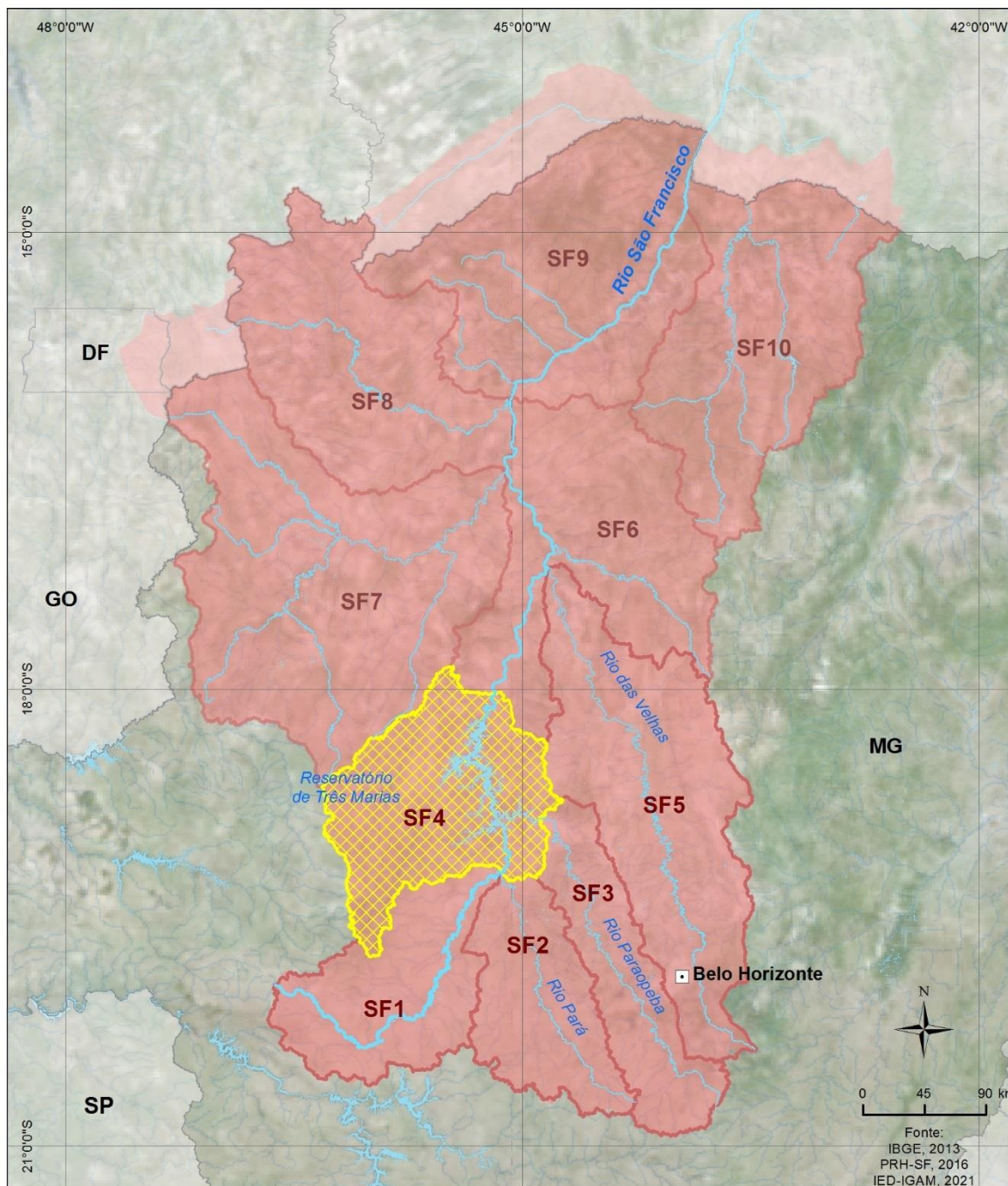
- Capital estadual
  - ★ Capital federal
  - ▭ Limite estadual
  - ~ Curso d'água
  - ☪ Massa d'água
- ☒ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- Regiões fisiográficas**
- ☐ Alto São Francisco
  - ☐ Médio São Francisco
  - ☐ Submédio São Francisco
  - ☐ Baixo São Francisco

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 3.1 – Macrolocalização da Região do Entorno do Reservatório de Três Marias.**





**LEGENDA**

- ▣ Capital estadual
- ▭ Limite estadual
- ~ Curso d'água
- ~ Massa d'água
- ~ Unidades de Gestão Estratégicas

- ~ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- ~ Sub-bacias
- Regiões fisiográficas**
- ~ Alto São Francisco

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 3.2 – Localização das UEG Afluentes do Alto São Francisco SF4**

A CH SF4 encontra-se inserida nas atuais Regiões Geográficas Intermediárias de Belo Horizonte, Divinópolis, Patos de Minas e Uberaba (IBGE, 2017), como mostra a Figura 3.2. Ao todo, a CH SF4 abrange 23 municípios, sendo 10 totalmente inseridos em seu território. Desses 23 municípios, 15 possuem suas sedes administrativas no interior da CH SF4, e outros 8 municípios estão parcialmente inseridos na CH SF4 com sede fora dela, conforme sintetiza o Quadro 3.1. A divisão política administrativa e as Regiões Geográficas Intermediárias estão apresentadas na Figura 3.3.

Além das 15 sedes municipais (distrito sede) inseridas na CH SF4, a bacia conta com mais 20 sedes distritais, unidades administrativas do município que concentram população, atividades econômicas, etc. A distribuição das sedes municipais e distritais na CH SF 4 está apresentada na Figura 3.3.

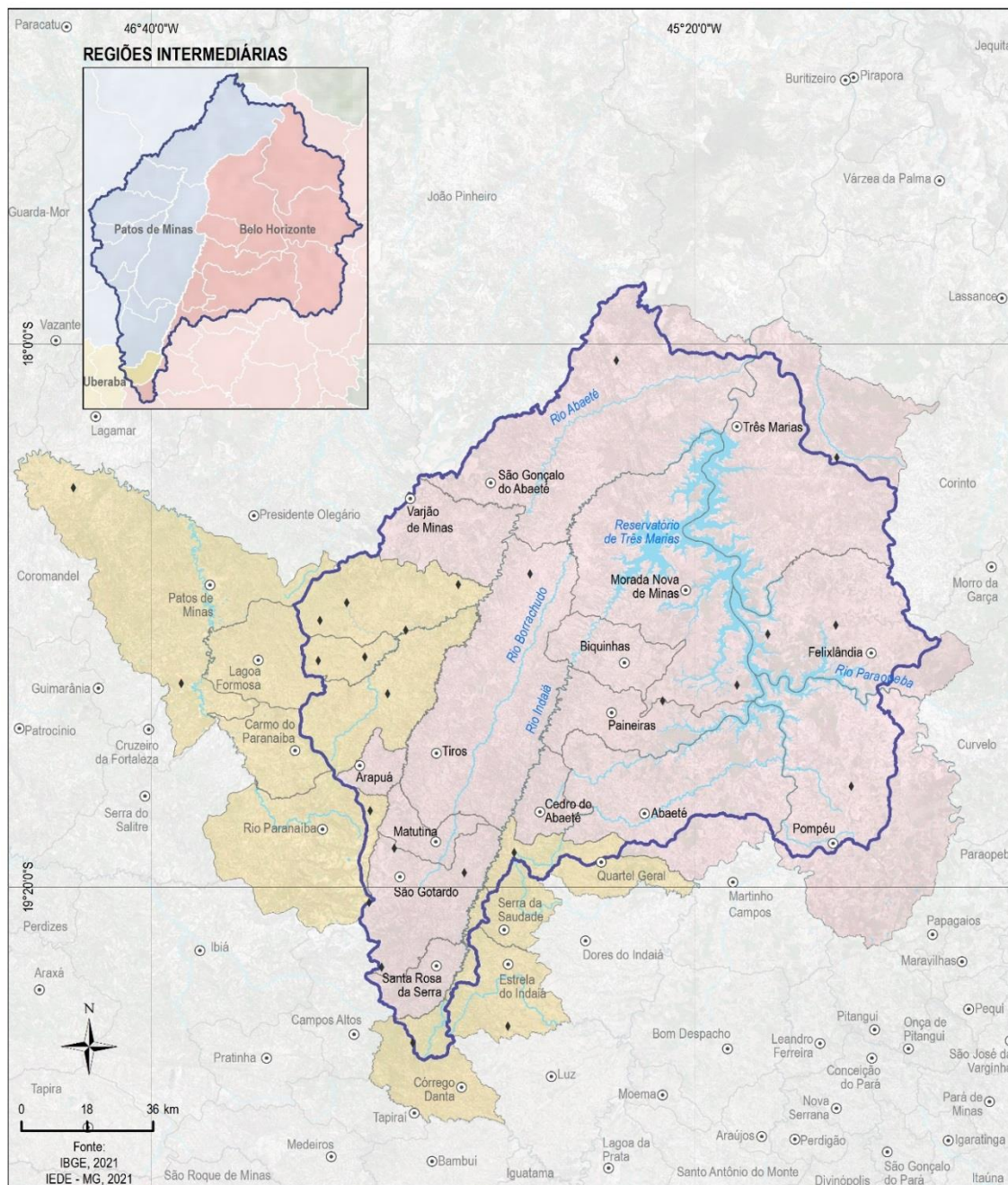
**Quadro 3.1 – N° de municípios abrangidos na CH SF4**

Situação do Município	N° de Municípios
Totalmente inserido na bacia	10
Parcialmente inserido na bacia, com sede dentro de seu território	5
Parcialmente inserido na bacia, com sede fora de seu território	8
<b>Total</b>	<b>23</b>

Elaboração: Engecorps, 2021

Fonte: IEDE-MG, 2021





**LEGENDA**

- Sede municipal
- ◆ Sede distrital
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias

- Situação do município**
- Com sede inserida na bacia
  - Com sede fora da bacia

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 3.3 – Municípios inseridos na CH SF4 e as Regiões Geográficas**



O Quadro 3.2 sintetiza todas as informações político-administrativas da CH SF4, como a extensão territorial e o percentual de área dos municípios inseridos na circunscrição hidrográfica, a situação das sedes administrativas e distritais destes municípios.

**Quadro 3.2 – Municípios inseridos na CH SF4**

Município	Área total do município (km <sup>2</sup> )	Área na SF4 (km <sup>2</sup> )	% Município na SF4	Sede municipal na SF4	Sede distrital na SF4
Abaeté	1.817,1	1.469,2	81%	Sim	-
Arapuá	173,7	173,7	100%	Sim	-
Biquinhas	458,9	458,9	100%	Sim	-
Carmo do Paranaíba	1.307,6	867,3	66%	Não	Quintinos
Cedro do Abaeté	283,2	283,2	100%	Sim	-
Córrego Danta	657,5	128,9	20%	Não	-
Estrela do Indaiá	636	52,6	8%	Não	-
Felixlândia	1.552,8	1.342,2	86%	Sim	São Geraldo do Salto e São José do Buriti
Lagoa Formosa	840,9	233,2	28%	Não	Monjolinho de Minas e Limeira de Minas
Matutina	261	261	100%	Sim	-
Morada Nova de Minas	2.084,3	2.084,3	100%	Sim	Frei Orlando
Paineiras	637,3	637,3	100%	Sim	Poções de Paineiras
Patos de Minas	3.190	796,2	25%	Não	Chumbo, Pindaíbas, Major Porto e Bom Sucesso de Patos
Pompéu	2.551,1	1.231,7	48%	Sim	Silva Campos
Quartel Geral	556,5	264,2	47%	Não	Quartel de São João
Rio Paranaíba	1.352,1	98,7	7%	Não	Abaeté dos Mendes
Santa Rosa da Serra	285,6	285,6	100%	Sim	-
São Gonçalo do Abaeté	2.691	2.494,5	93%	Sim	Canoeiros
São Gotardo	867	867	100%	Sim	Abaeté dos Venâncios, São José da Bela Vista, Guarda dos Ferreiros e Funchal
Serra da Saudade	335,7	37,8	11%	Não	-
Tiros	2.091,8	2.091,8	100%	Sim	Canastrão
Três Marias	2.676	1.844,1	69%	Sim	-
Varjão de Minas	651,3	651,3	100%	Sim	-

Elaboração: Engecorps, 2021

Fonte: IEDE-MG, 2021

Em termos de extensão territorial destacam-se São Gonçalo de Minas, Tiros e Morada Nova de Minas, municípios com as maiores áreas na CH SF4, representando, juntos, 36% da área total da bacia.

Cabe mencionar que os municípios de São Gonçalo do Abaeté, Felixlândia, Morada Nova de Minas, Biquinhas, Paineiras, Pompéu, Martinho Campos, Abaeté e Três Marias têm parte de seus territórios alagados pelo reservatório de Três Marias. Inaugurada em 1962, a barragem tem aproximadamente 2.700 metros de comprimento e, de acordo com o cálculo das geometrias georreferenciadas elaborado e apresentado adiante no tópico 2.2 adiante, forma um reservatório de 21 bilhões de metros cúbicos, com um espelho d'água de aproximadamente 927,1 Km<sup>2</sup>. Apesar de ser uma das usinas da Cemig com maior potência instalada (396 megawatts), Três Marias assume um papel ainda mais essencial quando o assunto é abastecimento de água.

Ressalta-se que as Unidades Estratégicas de Gestão do Estado de Minas são unidades físico-territoriais que possuem similaridades em relação aos aspectos físicos, sociais, culturais, econômicos e políticos, cuja gestão cabe aos Comitês e Agências de Bacia Hidrográfica. Esse modelo se destaca pela gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos, bem como a organização dos usuários da água, a elaboração de planos diretores e o planejamento estadual (IGAM, 2010).

Na CH SF4 o comitê foi criado pelo Decreto nº 43.798/2004 e, dentre as atribuições do CBH-SF4, se configura a responsabilidade pela aprovação da proposta de enquadramento e seu posterior encaminhamento para aprovação final do CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais.

### **3.2 CARACTERIZAÇÃO BÁSICA DOS RECURSOS HÍDRICOS**

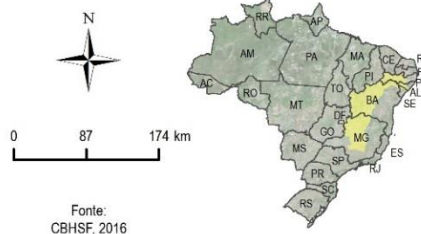
De acordo com o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Entorno do Reservatório de Três Marias – PDRH SF4 (GAMA, 2015), a Circunscrição Hidrográfica SF4, compreende o território de 18.654,7 km<sup>2</sup> da área de drenagem do rio São Francisco no seu trecho localizado entre a sua confluência com o rio Pará (limite com a CH SF1 Alto São Francisco) e, na sua porção mais baixa, a sua confluência com o rio Abaeté, como ilustra a Figura 3.4.



**LEGENDA**

- Capital estadual
- ★ Capital federal
- ▭ Limite estadual
- ~ Curso d'água
- ☁ Massa d'água
- ☁ Bacia do Rio São Francisco
- ☁ Sub-bacias
- ☁ CH-SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 3.4 – A CH SF4 no contexto da Bacia do Rio São Francisco**

A fim de estabelecer as bases para a aplicação da modelagem matemática e posterior construção de cenários (Etapa de Prognóstico), as geometrias apresentadas no PDRH SF4 (GAMA, 2015) foram recalculadas a partir de base georreferenciada oficial, obtida através da plataforma de Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IDE Sisema<sup>2</sup>. Como resultado desta operação, as áreas obtidas apresentaram leve discrepância daquelas apresentadas pelo referido PDRH e este fato se justifica por eventuais diferenças nos sistemas de projeção cartográfica adotado entre as bases georreferenciadas que geraram os dados. O Quadro 3.3 traz os valores resultantes desta operação em comparação com os valores apresentados no PDRH SF4.

**Quadro 3.3 – Sub-bacias da CH SF4**

Sub-bacia	Sigla	Rio Principal	Área de Contribuição (km <sup>2</sup> )	
			PDRH SF4	Geometria recalculada
Sub-bacia do Rio Abaeté	SB1	Rio Abaeté	5.791,1	5.849,6
Sub-bacia do Rio Borrachudo	SB2	Rio Borrachudo	1.368,8	1.365,8
Sub-bacia do Rio Indaiá	SB3	Rio Indaiá	2.324,5	2.349,3
Sub-bacia do Ribeirão Sucuriú	SB4	Ribeirão Sucuriú	227,9	230,7
Sub-bacia do Ribeirão da Estrema	SB5	Ribeirão da Estrema	166,2	163,7
Sub-bacia do Ribeirão São Vicente	SB6	Ribeirão São Vicente	589,8	583,6
Sub-bacia do Ribeirão Marmelada	SB7	Ribeirão Marmelada	878,3	876,4
Sub-bacia do Ribeirão Cana-brava	SB8	Ribeirão Cana-brava	413,6	414,6
Sub-bacia do Riacho do Bagre	SB9	Riacho do Bagre	161,7	162,1
Sub-bacia do Riacho Fundo	SB10	Riacho Fundo	109,9	106,2
Sub-bacia do Ribeirão do Peixe	SB11	Ribeirão do Peixe	369,7	372,1
Sub-bacia do Córrego Riachão	SB12	Córrego Riachão	49,3	48,5
Sub-bacia do Ribeirão da Estrema Grande	SB13	Ribeirão da Estrema Grande	391,3	390,8
Sub-bacia do Córrego do Barrão	SB14	Córrego do Barrão	76,6	76,7
Sub-bacia do Ribeirão do Boi	SB15	Ribeirão do Boi	549,5	558,3
Sub-bacia do Córrego do Espírito Santo	SB16	Córrego do Espírito Santo	231,6	235,0
Sub-bacia do Córrego Forquilha	SB17	Córrego Forquilha	188,4	186,5
Interbacia Margem Esquerda	IME	Rio São Francisco (Res. Três Marias/Margem Esquerda)	2.175,8	2.123,9
Interbacia Margem Direita	IMD	Rio São Francisco (Res. Três Marias/Margem Direita)	1.710	1.698,7

Elaboração: Engecorps, 2021

Fonte: GAMA, 2015

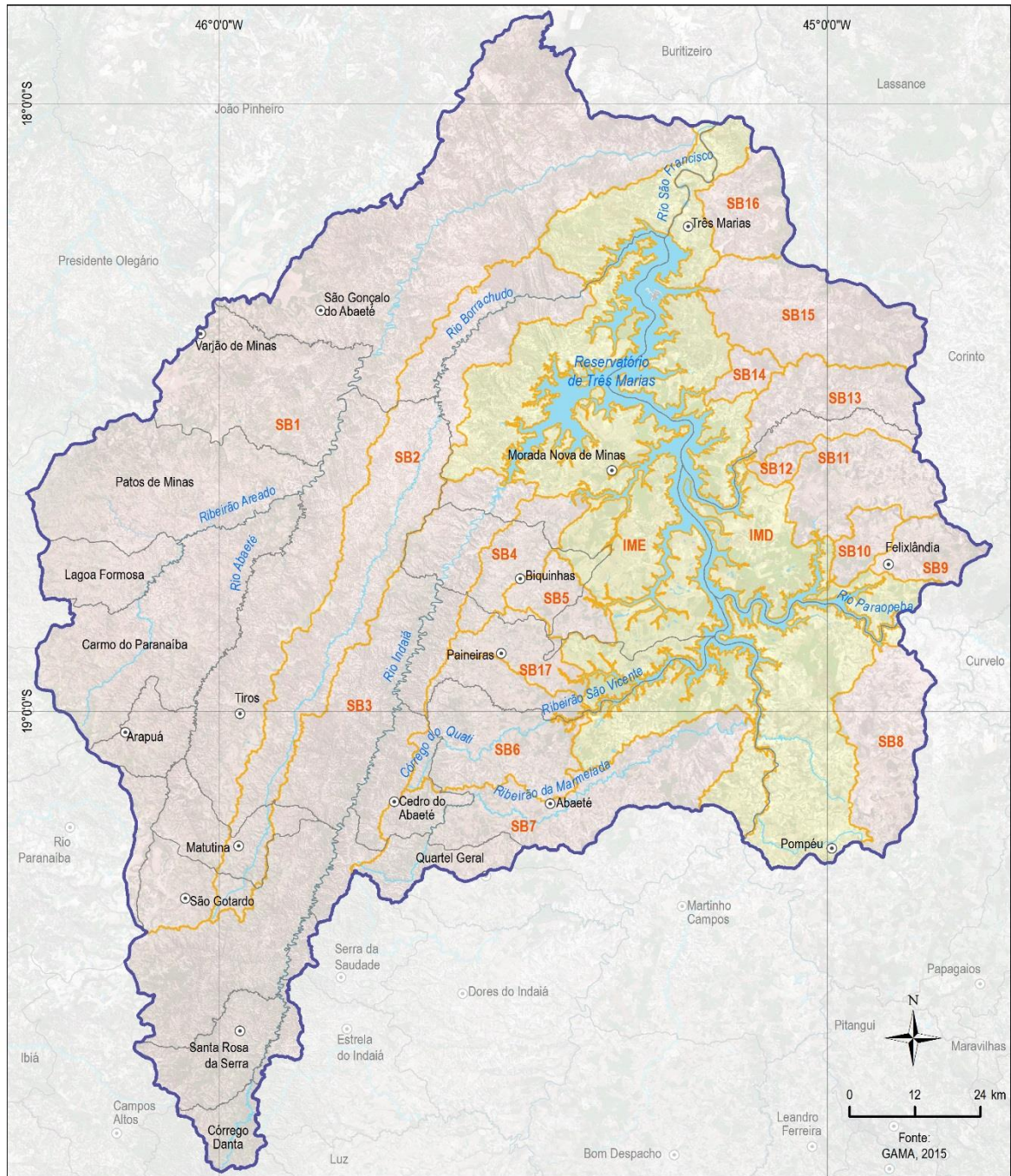
<sup>2</sup> IDE- Sistema – Disponível em <http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>

O reservatório de Três Marias é formado pelo barramento do rio São Francisco na altura do município de Três Marias e ocupa uma área de espelho d'água de pouco mais de 900 km<sup>2</sup>. Com um volume de 19.528 hm<sup>3</sup>, o reservatório tem papel fundamental na região, não apenas pela grande capacidade instalada na usina hidroelétrica da Cemig (396 megawatts), mas também por ser importante manancial de abastecimento para os municípios da região, assim como por ter papel fundamental em atividades econômicas locais tais como o turismo e a aquicultura. Além disso, a operação da barragem do reservatório é ferramenta vital para a regularização da vazão do rio São Francisco no trecho entre este reservatório e o reservatório de Sobradinho, no estado da Bahia, garantindo os usos múltiplos a jusante.

De acordo com o PDRH SF4, a bacia é composta por 17 sub-bacias (SB) e 2 interbacias de margem (IM), como apresentado no Quadro 3.3. Como observado na Figura 3.5, com exceção das SB 1 (rio Abaeté) e SB 16 (córrego Espírito Santo), que são afluentes do rio São Francisco a jusante da barragem, todas as demais áreas de drenagem contribuem diretamente para o reservatório. As IMs (Interbacia de Margem Direita – IMD e Interbacia de Margem Esquerda – IME) compreendem as áreas de contribuição de pequenos corpos hídricos não relacionados entre si, nas áreas adjacentes ao reservatório.

A Figura 3.6 mostra a superfície em km<sup>2</sup> das áreas de contribuição das 17 sub-bacias (SB) e 2 interbacias de margem (IM).





LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias

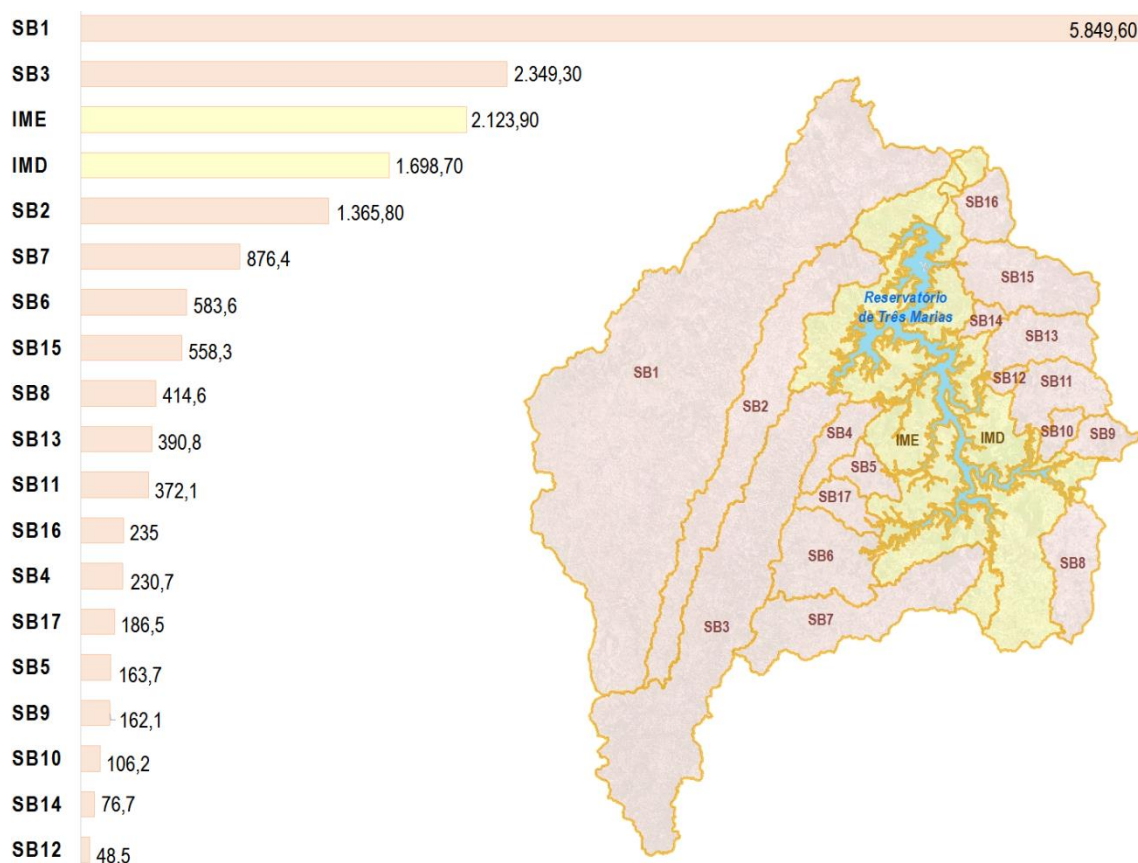
Áreas de drenagem da CH SF4

- Interbacia
- Sub-bacia

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 3.5 – Divisão da CH SF4 em áreas de drenagem



**Figura 3.6 – Áreas de contribuição das sub-bacias da CH SF4**

A qualidade da água da CH SF4 é monitorada regularmente pelo IGAM desde 1997 no âmbito do Programa Águas de Minas. Este programa é responsável pelo monitoramento da qualidade das águas superficiais do Estado de Minas Gerais através de uma rede básica (macro-rede) de 600 pontos de amostragem distribuídos entre 17 bacias hidrográficas. Na Circunscrição Hidrográfica da Região do Entorno do Reservatório de Três Marias, a macro-rede conta com 21 pontos de amostragem alocados conforme indicado no Quadro 3.4. A Figura 3.7 traz a distribuição espacial desses pontos aliada ao resultado do Índice de Qualidade de Água IQA obtido pela análise das amostras coletadas na campanha do ano de 2020. É importante ressaltar que as campanhas são compostas por 4 coletas (frequência trimestral), cobrindo os 9 parâmetros que compõem a estrutura algorítmica do indicador, a saber: oxigênio dissolvido, *E. coli*, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, variação da temperatura da água, turbidez e sólidos totais.

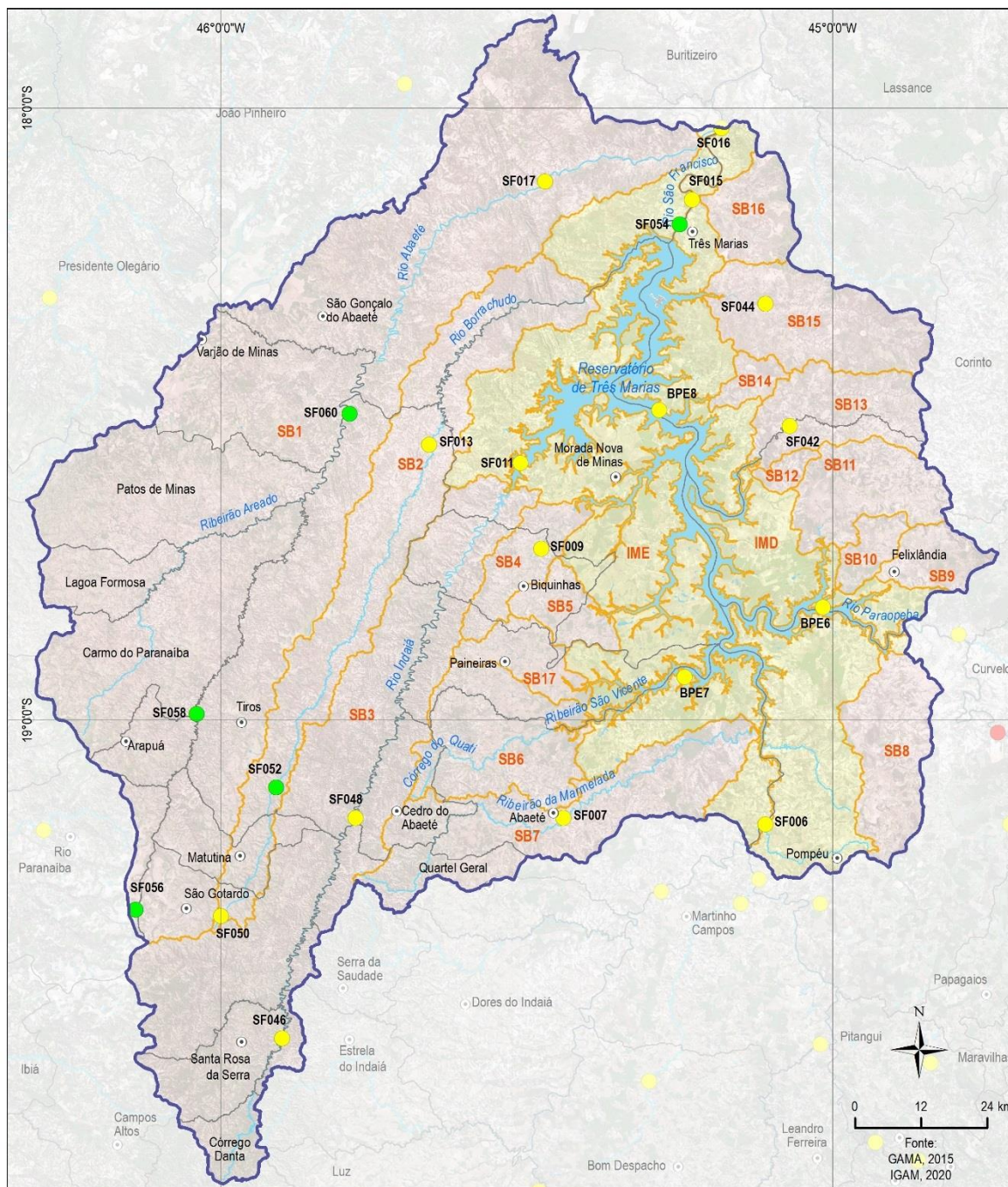
**Quadro 3.4 – Pontos de monitoramento do IGAM alocados na CH SF4**

Ponto	Corpo Hídrico	Sub-bacia	Sigla
SF056	Rio Abaeté	Sub-bacia do Rio Abaeté	SB1
SF058	Rio Abaeté		
SF060	Rio Abaeté		
SF017	Rio Abaeté		
SF050	Rio Borrachudo	Sub-bacia do Rio Borrachudo	SB2
SF052	Rio Borrachudo		
SF013	Rio Borrachudo		
SF046	Rio Indaiá	Sub-bacia do Rio Indaiá	SB3
SF048	Rio Indaiá		
SF009	Ribeirão Sucuriú	Sub-bacia do Ribeirão Sucuriú	SB4
SF007	Ribeirão Marmelada	Sub-bacia do Ribeirão Marmelada	SB7
SF042	Ribeirão da Extrema Grande	Sub-bacia do Ribeirão da Extrema Grande	SB13
SF044	Ribeirão do Boi	Sub-bacia do Ribeirão do Boi	SB15
SF015	Rio São Francisco	Interbacias de Margem	-
SF006	Rio São Francisco		
SF054	Rio São Francisco		
SF016	Rio São Francisco		
BPE8	Reservatório de Três Marias		
BPE6	Reservatório de Três Marias		
BPE7	Reservatório de Três Marias		
SF011	Rio Indaiá (área de remanso)		

**Elaboração:** Engecorps, 2021

**Fonte:** IGAM





**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias

**Áreas de drenagem da CH SF4**

- Interbacia
- Sub-bacia

**IQA 2020**

- Ruim
- Médio
- Bom
- Excelente

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 3.7 – Pontos de Monitoramento da Qualidade da Água e resultados de IQA para o ano de 2020 na SF4**

Com relação ao enquadramento, cabe dizer que o instrumento não foi estabelecido para os corpos hídricos desta circunscrição hidrográfica, diferente do que já ocorre para as SF2, SF3 e SF5 (CHs da mesma UEG), que foram foco de um esforço de implantação do instrumento legal entre os anos de 94 e 98, antes mesmo da instituição da Política Estadual de Recursos Hídricos, tendo como base a legislação ambiental e a partir da atuação da Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM, e do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM.

Na sequência é apresentada uma breve caracterização das sub-bacias da CH SF4 e seus respectivos pontos de qualidade da água da rede de monitoramento do IGAM.

A SB1 (rio Abaeté) ocupa 31,6% da área da CH SF4, sendo a sua maior área de drenagem, com 5.849,6 km<sup>2</sup>. O rio Abaeté nasce na divisa entre os municípios de rio Paranaíba e São Gotardo, a cerca de 265 km da sua confluência com o rio São Francisco. Ao longo do seu percurso recebe contribuição de grandes tributários, tais como o córrego Confusão, o córrego dos Arrepêditos, o ribeirão das Lajes, o ribeirão dos Tiros, o ribeirão Areado, o córrego da Extrema, o córrego Santo Inácio, o córrego Água Suja e o córrego do Frade.

De acordo com os dados disponibilizados pelo IGAM<sup>3</sup>, a SB1 conta com 4 pontos de monitoramento de qualidade de águas superficiais (de montante para jusante: SF056, SF058, SF060 e SF017, conforme ilustrado na Figura 3.7, todos localizados no rio Abaeté. Apesar de não haver boletim formal acerca da situação para o ano de 2020, os resultados divulgados pelo órgão indicam, para a campanha feita naquele ano, o IQA anual em todos os pontos apresentando resultado ‘Bom’, com exceção do SF017, que apresentou resultado “Médio”. De acordo com o boletim publicado com os resultados da campanha referente ao ano de 2019, foi indicada a ocorrência de contaminação fecal nos pontos SF058, SF060 e SF017, enriquecimento orgânico por fósforo total nos pontos SF058 e SF017 e, por fim, contaminação por chumbo nos pontos SF060 e SF017.

---

<sup>3</sup> Planilha disponibilizada em <http://www.igam.mg.gov.br/home/16-duvidas/2438--acessar-dados-e-boletins-de-qualidade-das-aguas-em-minas-gerais-temporario>. Acessado em 10/05/2021

As sub-bacias do rio Borrachudo (SB2) e do rio Indaiá (SB3) também se destacam em relação ao tamanho da área de drenagem, 1.365,8 km<sup>2</sup> e 2.349,3 km<sup>2</sup>, respectivamente. Ocupando cerca de 20% do território da CH SF4 (12,6% para a SB3 e 7,3% para a SB2), ambas estão à margem esquerda do reservatório e apresentam grande semelhança em algumas características topológicas.

O rio Borrachudo nasce no município de São Gotardo, a cerca de 180 km da sua foz, localizada próxima à barragem do reservatório de Três Marias. Diferente do que se vê para a sub-bacia do rio Abaeté (SB1), a SB2 apresenta um formato longilíneo, com uma largura praticamente constante, em torno de 15 km. Com isso, os seus afluentes estão associados a pequenas bacias de drenagem sendo que, nesses termos, os mais importantes são os córregos Morro Vermelho, Jataí, do Jacu, Águas Claras, Grande e Palmeiras.

Com exceção feita ao seu trecho mais alto onde a drenagem ocupa um território circular, a maior parte da sub-bacia do rio Indaiá (SB3) também se apresenta em formato longilíneo, com uma relação muito desigual entre largura (em média, 20 km) e o seu comprimento (cerca de 130 km). A foz do rio Indaiá está localizada a montante da foz do rio Borrachudo. Na sua área de cabeceira, os rios Indaiazinho e Funchal são os afluentes com maior relevância. Em termos de área de drenagem destacam-se os córregos do Sítio, do Pirapitinga das Perobas, São João, Grande, Água Suja, Frio, e os ribeirões Indaiazinho e Santa Marta.

Em relação à rede de monitoramento do IGAM, a sub-bacia SB2 conta com 3 pontos de coleta, sendo eles o SF050, SF052 e SF013, todos apresentando resultado 'Médio' para IQA (campanha 2020), com exceção de SF52, que apresentou resultado 'Bom'. Esses resultados também foram observados para a campanha de 2019 e, de acordo com o boletim publicado para a campanha em questão, os pontos SF052 e SF013 apresentaram valores além das concentrações de conformidade para fósforo total e *E. Coli*. Foi observada, ainda, contaminação de chumbo total para o SF013.

Com dois pontos de amostragem da rede de monitoramento de qualidade das águas superficiais (SF046 e SF048), a sub-bacia SB3 segue a mesma tendência com relação aos resultados de IQA apresentados nas sub-bacias anteriores (IQA 'Médio' para a

campanha de 2020). Com relação aos resultados da campanha de 2019, as amostras coletadas em ambos os pontos apresentaram níveis excedentes para fósforo total, além de contaminação por *E. coli* em 100% das amostras coletadas para o ponto SF046.

Ainda na margem esquerda do reservatório, as sub-bacias SB4 (Ribeirão Sucuriú), SB5 (ribeirão da Extrema) e SB17 (córrego Forquilha) ocupam juntas cerca de 3% do território da CH SF4, sendo que as duas últimas apresentam uma disposição circular com uma formação dendrítica da sua rede de drenagem, sem que haja uma distinção evidente sobre o seu leito principal. Para a SB05, grande parte do território é drenado pelo córrego Jatobá, afluente do ribeirão da Extrema há pouco mais de 1km da sua foz. Para a SB017, o córrego Brejinho divide com o córrego Forquilha o protagonismo na drenagem do território. Não há nenhum ponto de monitoramento de qualidade das águas superficiais nas sub-bacias SB5 e SB17.

A SB4 apresenta formato alongado, acompanhando a extensão do ribeirão Sucuriú, que apresenta uma extensão de cerca de 46,4 km. Com uma largura média de 8 km, a bacia não conta com grandes afluentes, merecendo destaque apenas os córregos dos Chocos, do Mato Grande e da Canjica. Apenas um ponto da rede de monitoramento do IGAM está alocado na SB4, o ponto SF009. Assim como visto nas Sub-bacias anteriores, o IQA obtido na campanha de 2020 trouxe a classificação 'Médio' como resultado, sendo que o boletim do ano de 2019 acusou níveis impróprios para *E. coli* e fósforo total.

A sub-bacia do ribeirão São Vicente (SB6) ocupa 3,2% do território da CH SF4 e possui formato próximo ao circular, com rede de drenagem concentrada em alguns afluentes em torno do seu eixo, dentre eles, os córregos dos Bois, Bebedouro, Santana, Cambuí e o ribeirão São Jacinto. Ainda no território da SB6, o córrego Ribeirãozinho apresenta área de drenagem independente do ribeirão São Vicente, desaguando diretamente no reservatório de Três Marias.

A sub-bacia do ribeirão Marmelada (SB7) é a que apresenta a área de contribuição da margem esquerda do reservatório mais a montante da sua barragem. Sua disposição é alongada e acompanha o leito do seu eixo principal com alguns afluentes

com área de drenagem de maior projeção, sendo eles os córregos Marmeladinha, da Careta, Gamelão, do Bicuê, da Cabeleira, Fundo, das Canoas, Sucuriu e o ribeirão Santiago. O ribeirão Marmelada atravessa o município de Abaeté e recebe seus afluentes, o que contribui para uma classificação histórica 'Médio' de IQA das amostras coletadas no ponto SF007, à jusante da área urbana, tendo níveis elevados para DBO, *E.coli* e fósforo total. .

Situação diferente é constatada nas nove sub-bacias localizadas no lado direito do reservatório de Três Marias. Suas áreas de contribuição são menores, apresentando, juntas, uma área de drenagem correspondente à 12,7% da CH SF4.

A sub-bacia do córrego Espírito Santo (SB16), assim como a SB1, tem o seu exutório localizado no rio São Francisco a jusante da barragem de Três Marias, não sendo contribuinte do seu reservatório. Com uma disposição dendrítica da rede de drenagem, o protagonismo do córrego Espírito Santo é dividido com o córrego da Tolda. Com uma área de 235 km<sup>2</sup> essa sub-bacia corresponde a 1,3% da área total da CH SF4.

A primeira sub-bacia contribuinte à margem direita do reservatório de Três Marias, de jusante para montante, é a SB15 (ribeirão do Boi). Sua área é de 3% do total da CH e apresenta formato alongado, sendo que sua drenagem se resume ao ribeirão do Boi e seu afluente riacho Frio. Ambos fluem paralelamente até o ponto de confluência, localizado a cerca de 6 km do remanso do reservatório. A montante dessa confluência está localizado o ponto de amostragem de qualidade de água da rede do IGAM, SF044. O resultado obtido para o IQA na campanha de 2020 foi classificado como 'Médio', com destaque para a contaminação com chumbo total, fósforo total e *E.coli*, de acordo com o boletim publicado para a campanha de 2019.

Com menos de 0,5% do território da CH SF4, a sub-bacia do córrego do Barrão (SB14) não se apresenta com grande densidade hidrológica, não havendo afluentes com destaque. Não há nenhum ponto de amostragem da rede do IGAM em seu território.

De maneira muito semelhante ao que foi descrito para a SB15, a sub-bacia do ribeirão da Extrema Grande (SB13) abrange um território drenado por dois corpos hídricos que fluem no mesmo sentido até a confluência localizada a meio caminho para o

reservatório de Três Marias, sendo os ribeirões da Extrema Grande e da Extrema. A jusante da confluência está localizado o ponto SF042 de amostragem da rede do IGAM, que apresentou IQA 'Médio' para a campanha de 2020.

A sub-bacia do ribeirão do Peixe (SB11) ocupa pouco menos de 2% do território da CH SF4 e segue a disposição dendrítica característica de bacias circulares onde, neste caso, a drenagem é compartilhada entre o ribeirão do Peixe e o córrego do Cedro. Não há informações sobre qualidade das águas superficiais nesta sub-bacia.

A SB10 (riacho Fundo) e a SB9 (riacho do Bagre) ocupam juntas o equivalente a menos de 1,4% do território da CH SF4, e sua rede de drenagem se resume, basicamente, ao seu corpo hídrico principal. Apesar dessa condição, o córrego do Bolinha tem seu destaque na rede de drenagem da SB9.

Localizada na posição mais a montante da barragem de Três Marias, considerando a sua margem direita, a sub-bacia do ribeirão Canabrava (SB8) ocupa um território de 2,2% da CH SF4. Apresenta uma rede de drenagem disposta de maneira mais longilínea, acompanhando o seu eixo principal, que tem sua nascente no município de Pompéu, a 53,4 km da sua foz no reservatório. Além do ribeirão Canabrava, se destacam na sub-bacia pela sua área de drenagem os córregos do Brito e Pindaíba. Não há informações sobre qualidade das águas superficiais nesta sub-bacia.

Conforme disposto na Figura 3.5, as áreas denominadas por Interbacias de Margem (Direita e Esquerda) correspondem às áreas excluídas da divisão principal de sub-bacias por não constituírem rede de drenagem associada aos corpos hídricos contemplados pela escala de trabalho em questão. Apenas nas suas porções mais a montante é que se mantiveram redes em torno de um corpo hídrico específico, tal como ocorre para os afluentes do rio São Francisco nos trechos a montante da área de remanso do reservatório, a exemplo dos córregos do Capão Escuro e do Mandiocal, na sua margem esquerda, e os córregos do Mato Grosso, da Saudade, da Mata e do Buji na sua margem direita.

Dos 21 pontos da macro-rede de monitoramento de qualidade de água presentes da CH SF4, quatro estão alocados nos trechos de ambiente lótico do rio São Francisco

(um a montante e três a jusante do reservatório de Três Marias) e quatro na área do lago do reservatório (Quadro 3.4).

Conforme indicado na Figura 3.7, a qualidade da água do rio São Francisco a montante (SF006) do reservatório é classificada com IQA Médio. Todos os pontos alocados no reservatório (BPE6, BPE7 e BPE8) apresentam IQA classificado como Médio pela campanha de 2020, bem como o ponto SF011, localizado no braço do rio Indaiá. À jusante do reservatório, os três pontos alocados na calha do rio São Francisco apresentam qualidade boa (SF054) e média (SF015 e SF016).

### **3.3 OUTROS ASPECTOS FÍSICOS**

#### **3.3.1 Clima e Vulnerabilidade Climática**

De acordo com a classificação climática revisada de Köppen (PEEL *et al.*, 2007) , em decorrência da grande variação topográfica registrada na CH SF4, variando entre 1.200 metros nas cabeceiras e 690 metros na sua foz, a bacia está dividida em três diferentes subtipos climáticos: Aw (Tropical Semiúmido), Cwa (Subtropical Úmido) e Cwb (Clima Temperado Úmido) como descrito a seguir:

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

A Figura 3.8 ilustra a distribuição climática na CH SF4, indicando que o subtipo climático Tropical Semiúmido (Aw) é predominante na bacia, há uma nítida correlação entre tipos climáticos e relevo (caracterização no Cap. 2.3.3), com clima Cwb nas partes mais elevadas (Oeste/SW da CH); passando a Aw na porção centro-leste/NE; e Cwa na faixa intermediária (ao Centro da CH e a Leste das porções com clima Cwb). De modo geral, caracteriza-se por estações bem definidas, com verão chuvoso e inverno seco e temperaturas elevadas, em torno de 18º a 25ºC.





**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias

**Distribuição Climática**

- Aw
- Cwa
- Cwb

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 3.8 – Distribuição Climática na CH SF4.**

A caracterização climatológica da circunscrição hidrográfica em questão é corroborada pelas observações meteorológicas regionais realizadas em locais que possam ser considerados representativos para a área de interesse, a partir das quais são descritos os comportamentos médios dos principais parâmetros climatológicos.

Para isto, foram analisados os seguintes parâmetros: precipitação, temperatura, umidade do ar, evaporação e incidência de radiação solar, com base na Normal Climatológica do Brasil (Período: 1981-2010), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Apesar de existir apenas uma estação climatológica na área de abrangência da CH SF4, a estação Pompeu, foram também levados em consideração os dados de outras três estações localizadas em um raio de 50 km dos limites da circunscrição hidrográfica, tratando das estações Bom Despacho, Curvelo e Patos de Minas, importantes para definir o comportamento meteorológico da região. A Figura 3.9 mostra a distribuição destas estações climatológicas. E as informações das referidas estações climatológicas estão exibidas no Quadro 3.5.





**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- Estações Meteorológicas

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 3.9 – Distribuição das Estações Climatológicas próximas à CH SF4**

### Quadro 3.5 – Estações Climatológicas próximas à CH SF4.

Nome Estação	Código	Início Operação	Altitude (m)	Latitude (°)	Longitude (°)
Bom Despacho	83533	01/1981	695,0	-19,68	-45,35
Curvelo	83536	01/1961	672,0	-18,75	-44,45
Patos de Minas	83531	01/1961	940,3	-18,51	-46,43
Pompeu	83570	01/1973	690,9	-19,21	-45,00

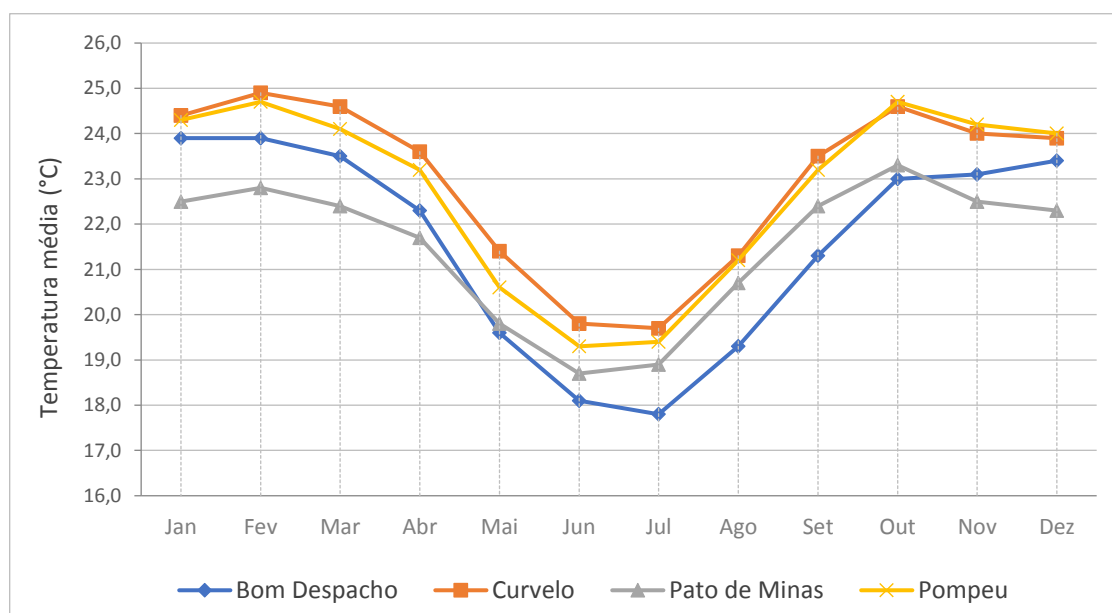
Elaboração: Engecorps, 2021

Fonte: INMET

Na sequência estão apresentados os comportamentos médios dos principais parâmetros destas estações climatológicas:

- **Temperatura do ar**

De acordo com os dados médios das estações climatológicas analisadas, obtidas a partir das normais climatológicas, a temperatura média anual da CH SF4 varia entre 17º e 25º C, sendo que as temperaturas mais elevadas ocorrem entre os meses de setembro a abril, e as temperaturas mais baixas são constatadas entre junho e julho, como mostra a Figura 3.10.



**Figura 3.10 – Temperatura média mensal nas estações climatológicas avaliadas no entorno da CH SF4 (°C)**

Fonte: INMET (2019) - Normal Climatológica do Brasil - NCB (1981-2010)

Elaboração: Engecorps, 2021

O Quadro 3.6 apresenta os dados de temperaturas máximas, médias e mínimas anuais das quatro estações climatológicas analisadas. Como observado, as médias das temperaturas máximas anuais variam em torno de 28° C a 31° C, sendo que as estações Curvelo e Pompeu apresentaram as maiores temperaturas durante todo o ano em relação às outras estações. Por outro lado, as temperaturas mínimas anuais oscilam entre 15° C e 17° C, sendo que a estação Bom Despacho registrou as mínimas mais baixas durante o ano. Vale ressaltar que as menores temperaturas tanto dentre as máximas quanto as médias foram registradas na estação Patos de Minas, fato corroborado pela sua localização, situada a oeste da CH SF4 onde ocorre o tipo climático Cwb, com predomínio de temperaturas mais amenas durante todo o ano, e pela sua condição topográfica, situada a 940,3 m de altitude, maior elevação em relação às demais estações.

**Quadro 3.6 – Temperaturas máximas, médias e mínimas anuais nas estações climatológicas avaliadas no entorno da CH SF4 (°C)**

Nome Estação	Temp. Máxima (°C)	Temp. Média (°C)	Temp. Mínima (°C)
Bom Despacho	29,6	21,6	15,7
Curvelo	30,7	23,0	16,4
Patos de Minas	28,3	21,5	16,5
Pompeu	29,7	22,7	17,0

Elaboração: Engecorps, 2021

Fonte: INMET

- **Umidade do ar**

Os dados obtidos nas quatro estações avaliadas (Bom Despacho, Curvelo, Patos de Minas e Pompeu) sinalizam percentuais médios de umidade relativa do ar na CH SF4 variando de 67% a 71%, como observado no Quadro 3.7. O quadro em questão apresenta os valores médios, do período seco (Junho, Julho e Agosto) e do período úmido (Dezembro, Janeiro e Fevereiro) de umidade relativa do ar nas estações climatológicas avaliadas no entorno da CH SF4.

**Quadro 3.7 – Umidade relativa média do ar nas estações climatológicas avaliadas no entorno da CH SF4 (%)**

Nome Estação	Média Anual (%)	Período Seco (%)	Período Úmido (%)
Bom Despacho	70,6	64,5	76,7
Curvelo	67,2	62,4	73,8
Patos de Minas	69,7	59,6	79,6
Pompeu	68,2	61,9	75,5

Elaboração: Engecorps, 2021

Fonte: INMET

Apesar da umidade relativa do ar permanecer mais ou menos constantes nas estações em boa parte do ano, decai rapidamente de junho até agosto (período seco). Os menores valores de umidade relativa são observados no inverno, com percentuais médias variando entre 59,6% a 64,5%. E as maiores médias registradas no período úmido oscilam entre 73,8% e 79,6%.

A estação Patos de Minas além de registrar os maiores e menores valores absolutos de umidade dentre as estações, apresentou maior variabilidade de umidade relativa, passando de 59,6% nos períodos mais secos (Junho, Julho e Agosto) para 79,6% nos meses mais úmidos (Dezembro, Janeiro e Fevereiro). A estação Curvelo indicou a menor variação de umidade (11,4%), registrando 62,4% no período mais seco e 73,8% no mais úmido.

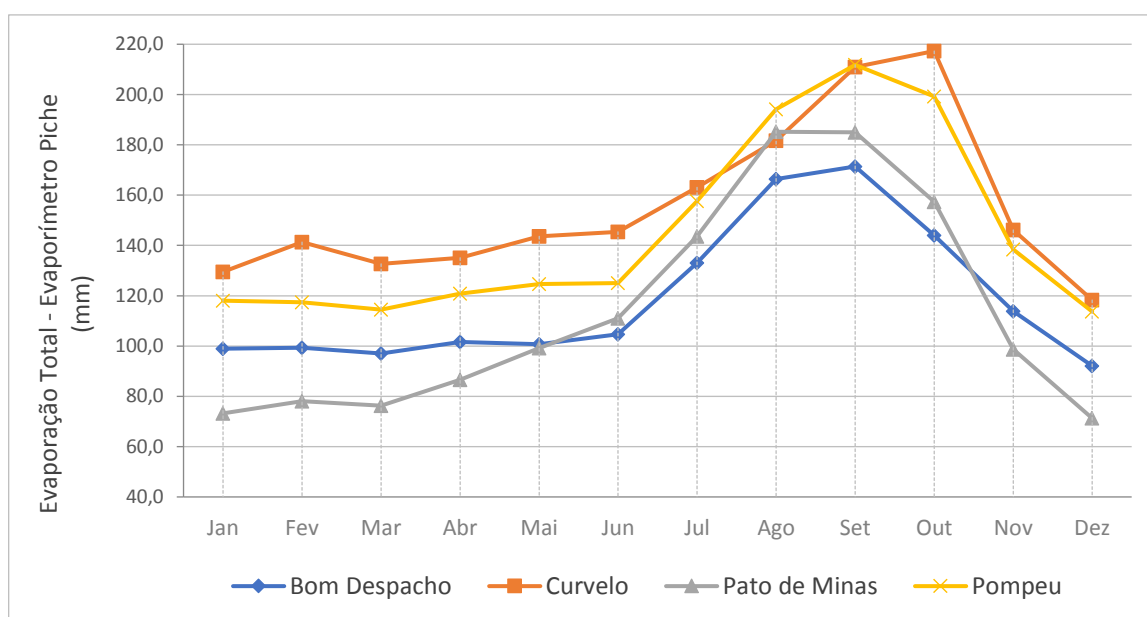
#### • Evaporação

A evaporação é usada para designar a transferência de água para a atmosfera sobre a forma de vapor, decorrente, da evaporação que se verifica em solo úmido sem vegetação, nos oceanos, lagos, rios e em outras superfícies hídricas naturais. É medida a partir da altura da lâmina d'água, expressa em milímetros. Os oceanos e grandes reservatórios de água, principais fontes de vapor d'água na superfície da Terra, suprem a atmosfera mediante o processo de evaporação. Os continentes também são afetados por este processo, reduzindo a umidade do solo, até que a precipitação venha repô-la (ANA, 2014).

O gráfico da Figura 3.11 mostra a evaporação média mensal das quatro estações climatológicas analisadas no entorno da CH SF4. É possível notar que a intensidade de evaporação, que ocorre de Julho a Outubro, é mais elevada nos períodos de maior



insolação e menor umidade relativa do ar. Os valores máximos observados nas estações nesse período variam entre 144 mm a 217,3 mm. No verão, devido ao aumento da umidade do ar e a grande nebulosidade gerada, que absorve e reflete parte significativa da energia solar incidente, ocorre o decréscimo da evaporação até Março. Os menores valores variam de 71,3 mm a 118,3 mm.



**Figura 3.11 – Evaporação Média Mensal, medida pelo evaporímetro Piché, nas estações climatológicas avaliadas no entorno da CH SF4 (mm)**

Fonte: INMET (2019) - Normal Climatológica do Brasil - NCB (1981-2010)

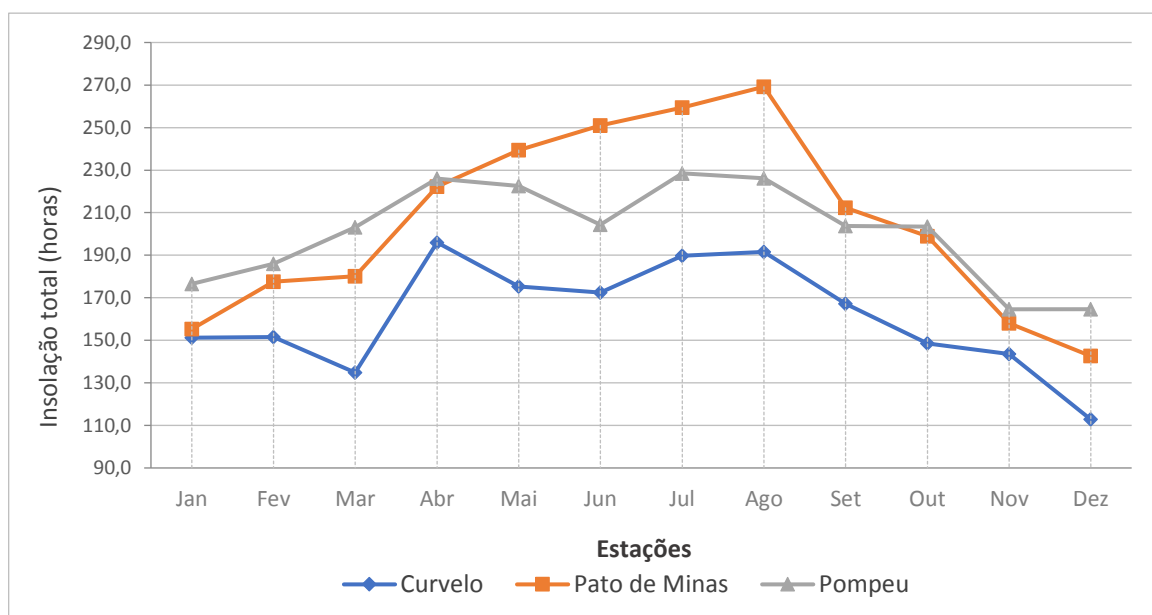
Elaboração: Engecorps, 2021

A estação de Patos de Minas apresentou a maior variação na evaporação durante o ano, com diferença de cerca 114 mm, passando de 185,2 mm em Setembro para 71,3 mm de evaporação total em Dezembro. O nível máximo de evaporação ocorreu na estação Curvelo, chegando a 217,3 mm em Outubro, e o nível mínimo foi constatado na estação Patos de Minas no mês de Dezembro, 71,3 mm.

- **Incidência de radiação solar**

Vários são os fatores que influenciam o nível de radiação que incide em determinado local: o movimento de rotação e translação, a inclinação do eixo do planeta, latitude, etc. Na área de estudo, a incidência de radiação solar também sofre influência de fatores como o relevo, a precipitação e a nebulosidade.

Como ilustra a Figura 3.12, os dados das estações meteorológicas avaliadas no entorno da CH SF4 apresentam valores altos de insolação total durante todo o ano, exceto no mês de dezembro, onde a estação Curvelo apresentou a mínima de 112,8 horas de insolação superficial. Os maiores índices registrados estão concentrados no período de inverno, especialmente nos meses de Julho e Agosto, com a máxima de 269,2 horas de insolação na estação Patos de Minas. Isso ocorre porque apesar dos dias serem mais curtos no inverno, é um período mais seco, com menores índices de nebulosidade, sendo assim os raios solares incidentes são mais intensos, conseqüentemente, a intensidade de insolação é maior. Vale ressaltar que não há dados de insolação para a estação de Bom Despacho, portanto não foi analisada no gráfico.



**Figura 3.12 – Insolação Total medida nas estações climatológicas avaliadas no entorno da CH SF4 (horas)**

Fonte: INMET (2019) - Normal Climatológica do Brasil - NCB (1981-2010)  
Elaboração: Engecorps, 2021

### • Precipitação

Para as análises da precipitação foram levantados e analisados dados históricos de chuva de 26 postos pluviométricos no entorno da CH SF4, disponibilizados no banco de dados da Hidroweb, da Agência Nacional de Águas (ANA). Foram levadas em



consideração apenas as estações ativas com registro histórico de 10 anos (2010 a 2020) num raio de até 50 km no entorno da SF4. Os dados básicos das estações pluviométricas são apresentados no Quadro 3.8, destacando as suas respectivas localizações e precipitações médias anuais.

**Quadro 3.8 – Estações Pluviométricas no entorno da CH SF4**

Nome Estação	Código	Operadora	Município	Latitude (°)	Longitude (°)	Precipitação Média Anual (mm)
Abaeté (*)	1945035	CPRM	Abaeté	-19,16	-45,44	920,60
Andrequice - (Presidente Olegário)	1846031	CPRM	Presidente Olegário	-18,15	-46,13	1.134,20
BambuÍ	2045001	CPRM	BambuÍ	-20,02	-45,97	1.307,70
Barra Do Funchal (*)	1945002	CPRM	Serra da Saudade	-19,39	-45,88	1.317,20
Barra Do Rio De Janeiro	1845027	CPRM	Três Marias	-17,96	-45,10	1.049,80
Carmo Do Paranaíba	1946022	CPRM	Carmo do Paranaíba	-19,00	-46,31	1.299,70
Corinto	1844017	CPRM	Corinto	-18,37	-44,44	977,20
Fazenda Ajudas	2046007	CPRM	BambuÍ	-20,10	-46,06	1.436,60
Fazenda São Mateus	1946007	CPRM	Ibiá	-19,52	-46,57	1.276,70
Felixlândia (*)	1844024	CPRM	Felixlândia	-18,75	-44,90	958,20
Horto Florestal	1944010	CPRM	Paraopeba	-19,27	-44,40	1.197,50
Lagoa Do Gouvéia (*)	1845004	CPRM	Tiros	-18,84	-45,85	1.321,26
Leal De Patos	1846017	CPRM	Patos de Minas	-18,64	-46,33	1.416,00
Morro Da Garça	1844019	CPRM	Morro Da Garça	-18,54	-44,60	939,30
Olhos D'água Do Oeste	1745017	CPRM	João Pinheiro	-17,62	-45,90	1.037,10
Pedra De Santana	1744044	CPRM	Várzea Da Palma	-17,63	-44,98	933,30
Ponte Da Taquara	1944031	CPRM	Paraopeba	-19,42	-44,55	1.199,10
Ponte Do Bicudo	1844018	CPRM	Corinto	-18,19	-44,56	873,90
Porto Das Andorinhas	1945038	CPRM	Abaeté	-19,28	-45,29	933,60
Pratinha	1946010	CPRM	Pratinha	-19,75	-46,41	1.326,80
Presidente Olegário	1846005	CPRM	Presidente Olegário	-18,41	-46,42	1.353,70
Santana De Patos	1846007	CPRM	Patos de Minas	-18,84	-46,55	1.180,10
São José Da Bela Vista (*)	1946020	CPRM	São Gotardo	-19,53	-46,10	1.405,62
Serra Do Salitre	1946008	CPRM	Serra do Salitre	-19,11	-46,69	1.417,70
Silva Campos (*)	1944063	CPRM	Pompéu	-19,09	-44,95	1.099,10
TapiraÍ - Jusante	1946000	CPRM	TapiraÍ	-19,88	-46,03	1.328,90

\*Estações pluviométricas que se encontram dentro do perímetro da CH SF4

Elaboração: Engecorps, 2021

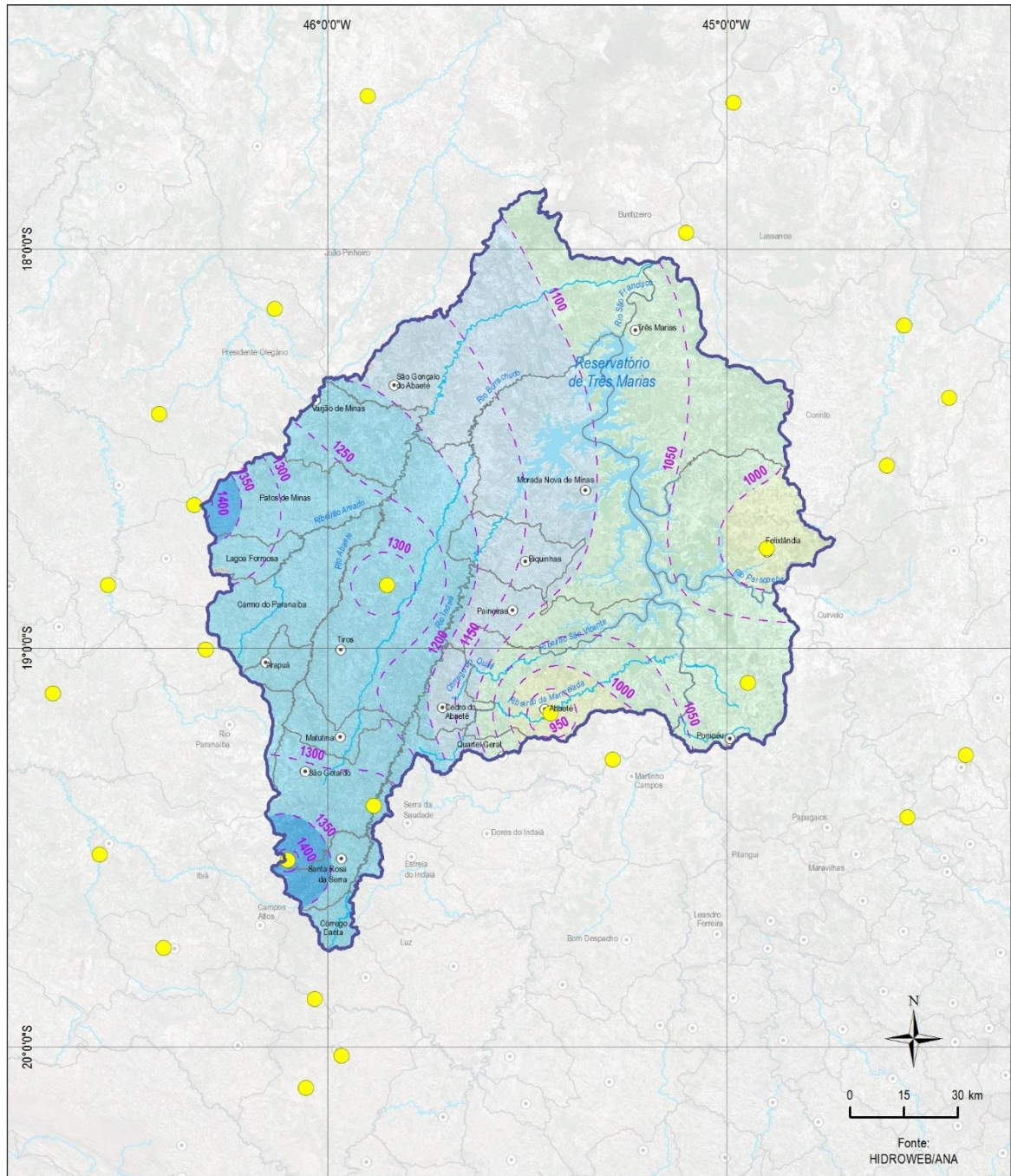
Fonte: Hidroweb, 2021

É possível notar a partir da análise do Quadro 3.8 que a precipitação média anual no entorno da CH SF4 é de cerca de 1.200 mm, variando entre 873 mm a 1.437 mm.

A partir da série histórica dos dados de chuva média mensal das estações pluviométricas analisadas, foi possível construir os mapas de isoietas das precipitações média anual, do período mais úmido (Dezembro, Janeiro e Fevereiro) e do período mais seco (Junho, Julho e Agosto). As estações estão distribuídas predominantemente nas porções centro-sul da área estudada, como ilustra a Figura 3.13.

Na Figura 3.13 é apresentado o comportamento da precipitação média anual na SF4, notando-se uma nítida diferença na distribuição do volume precipitado. Os maiores volumes de chuva ocorrem no extremo oeste da CH, principalmente nos municípios de Lagoa Formosa e Patos de Minas, e na porção sudoeste, em São Gotardo, Córrego Danta e Santa Rosa da Serra, com precipitações médias anuais superior a 1.350 mm. Por outro lado, no extremo leste e sudeste da CH, verificam-se os menores volumes de chuva, com destaque para os municípios de Felixlândia e Abaeté, que apresentam volumes de chuva anual inferiores a 1.000 mm.

No trimestre mais seco (Junho, Julho e Agosto) os totais precipitados não ultrapassam os 11 mm, e se acumulam na porção sudoeste da CH, como apresentado na Figura 3.14. Nota-se que um pouco diferente da precipitação média anual, no trimestre mais seco, os menores volumes precipitados se concentram na porção nordeste, entre os municípios de São Gonçalo do Abaeté e Três Marias, onde os volumes chuva no período mais seco são inferiores a 3 mm.



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- ⬭ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- Estações Meteorológicas

--- Isoietas de precipitação

**Precipitação média anual (mm)**

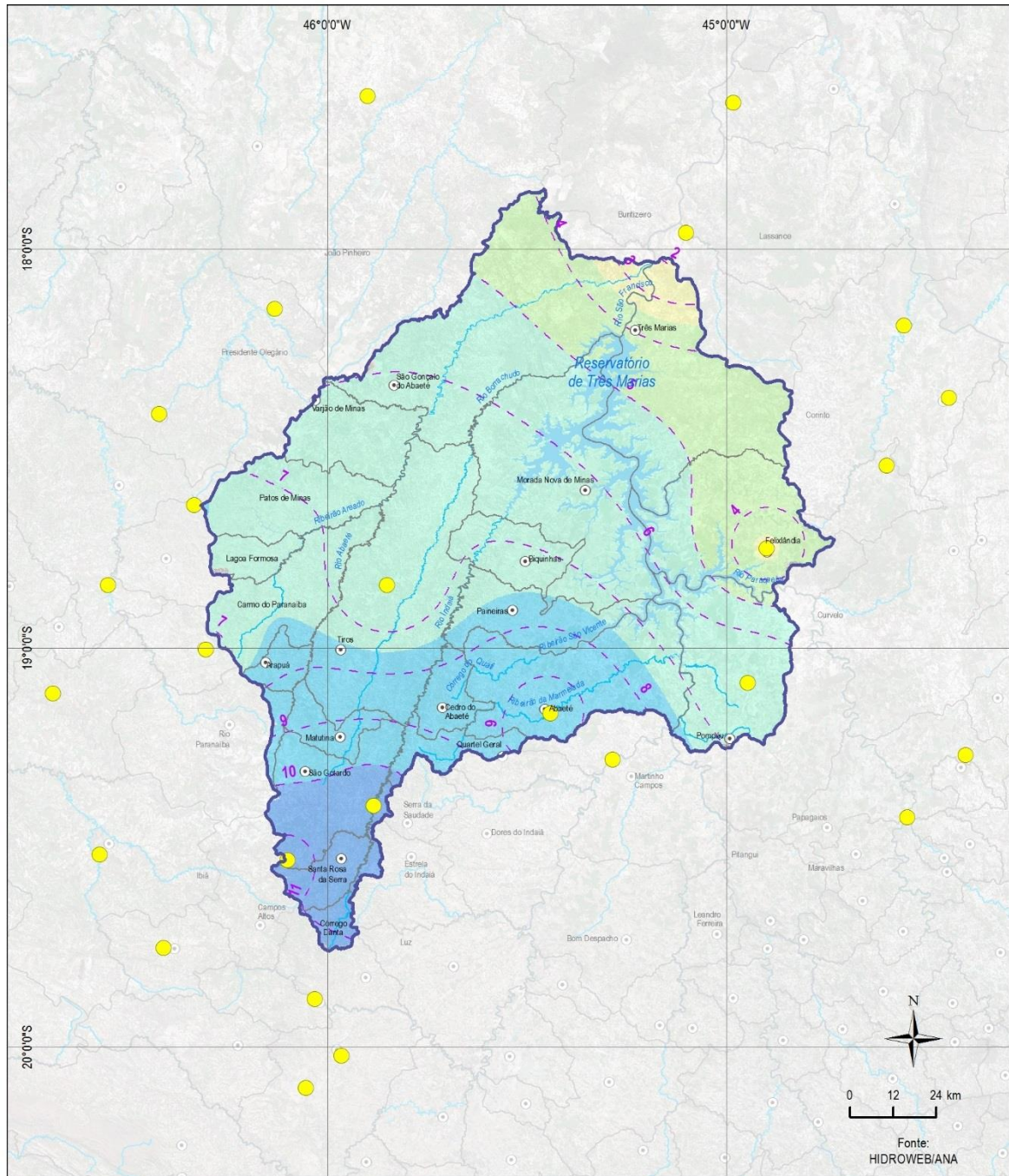
- < 1.000 mm
- 1.001 - 1.100 mm
- 1.101 - 1.200 mm
- 1.201 - 1.350 mm
- > 1.350 mm

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 3.13 – Precipitação média anual na CH SF4.**





**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- Estações Meteorológicas

- - - Isoietas de precipitação
- Precipitação média - período seco**
- < 3,5 mm
- 3,51 - 5 mm
- 5,1 - 7,5 mm
- 7,5 - 10 mm
- > 10

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 3.14 – Precipitação média mensal que ocorre no período mais seco (Junho, Julho e Agosto).**

Na Figura 3.15 são ilustradas as precipitações médias mensais que ocorrem no período mais úmido (Dezembro, Janeiro e Fevereiro). A análise desse período é essencial, pois ele corresponde a aproximadamente 60% do volume total anual precipitado, com volumes mensais que variam entre 170 mm e 210 mm. Nota-se uma clara divisão dos volumes precipitados entre as porções Oeste e Leste da CH. Os maiores volumes ocorrem na porção Oeste, principalmente nos municípios de Córrego Danta, Santa Rosa da Serra, São Gotardo, Lagoa Formosa e Patos de Minas; e na porção Leste acontecem os menores volumes, principalmente em Três Marias, Felixlândia e Abaeté, que apresentam índices de precipitação inferiores a 175 mm.





Os resultados climatológicos aqui apresentados foram obtidos a partir de uma análise da condição “média” da Normal Climatológica do Brasil, entre os anos 1981-2010, exceto os dados de precipitação, onde foi analisada a série histórica de 2010 a 2020, com base nas estações pluviométricas registradas pela ANA (2021), como mencionado anteriormente.

De modo geral, os dados apresentados mostram que há uma nítida divisão climática na CH SF4. Na porção Oeste-Sudoeste da bacia, enquadrada nos tipos climáticos Cwa e Cwb de acordo com a classificação de Köppen, ocorrem os maiores volumes de chuva, são também registradas as menores temperaturas, tanto máximas quanto médias, há maior variabilidade de umidade relativa do ar, bem como a maior variação na evaporação durante o ano. Já na porção Leste, enquadrada no tipo climático Aw, são registrados os menores índices pluviométricos, o maior nível de evaporação, e a menor variação de umidade.

- **Vulnerabilidade Climática**

A Lei Federal nº 12.187/2009 que institui a Política Nacional sobre mudanças do Clima – PNCC define vulnerabilidade como:

*Art 2º - X: grau de suscetibilidade e incapacidade de um sistema, em função de sua sensibilidade, capacidade de adaptação, e do caráter, magnitude e taxa de mudança e variação do clima a que está exposto, de lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, entre os quais a variabilidade climática e os eventos extremos (BRASIL, 2009).*

Portanto, a vulnerabilidade de um território em relação às mudanças climáticas depende de seu grau de exposição aos impactos dessas mudanças, dos fatores intrínsecos do território que o tornam mais sensível a esses impactos e da capacidade do território de enfrentar os efeitos negativos das variações do clima e sua capacidade de aproveitar as oportunidades associadas a elas (FEAM, 2015).

Sendo assim, as três principais variáveis para a caracterização da vulnerabilidade climática, considera a exposição, a sensibilidade e a capacidade adaptativa e de regeneração do sistema exposto. Com o intuito de quantificar os impactos e a

vulnerabilidade às mudanças climáticas no território a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) elaborou com base nessas variáveis, o Índice Mineiro de Vulnerabilidade Climática (IMVC).

O Quadro 3.9 apresenta os Índices de Sensibilidade, Exposição e Capacidade de Adaptação, além do Índice de Vulnerabilidade resultante destas três variáveis, dos municípios que possuem sede municipal dentro dos limites da CH SF4 (SISEMA, 2018). É possível observar que dos 15 municípios que possuem sede municipal na CH SF4, 7 deles apresentam altos índices de vulnerabilidade às mudanças climáticas, com destaque para os municípios de Matutina e Varjão de Minas que em 2018 apresentaram Índice de Vulnerabilidade “Extrema” às mudanças climáticas, 0,851 e 0,813, respectivamente. O município que apontou a menor vulnerabilidade foi Três Marias, situado na porção Nordeste da CH SF4, caracterizado como Vulnerabilidade “Relativamente Baixa” (0,128).

**Quadro 3.9 – Índice de Vulnerabilidade Climática nos municípios com sede na SF4.**

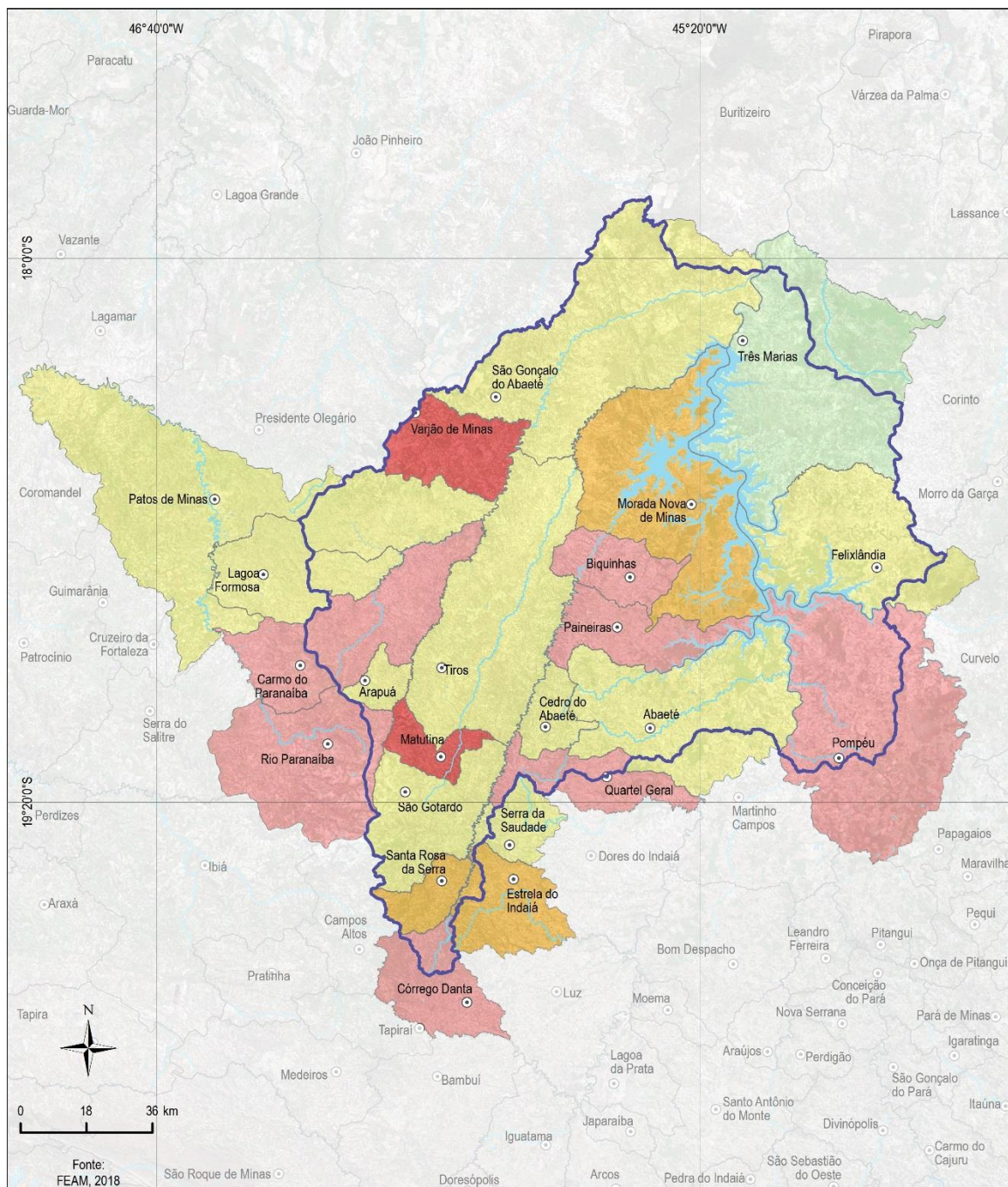
Município	Nível de Sensibilidade	Nível de Exposição	Capacidade de Adaptação	Índice de Vulnerabilidade	Nível de Vulnerabilidade
Abaeté	0,178	0,460	0,243	0,310	Moderada
Arapuá	0,288	0,542	0,466	0,307	Moderada
Biquinhas	0,259	0,460	0,157	0,697	Muito Alta
Cedro do Abaeté	0,215	0,460	0,401	0,227	Moderada
Felixlândia	0,512	0,166	0,370	0,211	Moderada
Matutina	0,484	0,542	0,283	0,851	Extrema
Morada Nova de Minas	0,491	0,412	0,366	0,507	Alta
Paineiras	0,549	0,556	0,455	0,615	Muito Alta
Pompéu	0,452	0,727	0,416	0,726	Muito Alta
Santa Rosa da Serra	0,261	0,616	0,323	0,458	Alta
São Gonçalo do Abaeté	0,306	0,528	0,389	0,381	Moderada
São Gotardo	0,227	0,495	0,275	0,377	Moderada
Tiros	0,271	0,460	0,356	0,321	Moderada
Três Marias	0,129	0,479	0,447	0,128	Relativamente Baixa
Varjão de Minas	0,440	0,460	0,229	0,813	Extrema

Elaboração: Engecorps, 2021

Fonte: Sisema, 2018

O Índice de Vulnerabilidade Climática dos municípios da CH SF4 não está distribuído de forma homogênea, mas é possível notar que os municípios mais vulneráveis estão localizados na porção Oeste e Sudeste, como ilustra a Figura 3.16.





**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- ⬭ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias

- Índice de vulnerabilidade 2018**
- <math>< 0,2</math> (Relativamente baixa)
  - <math>0,2 - 0,4</math> (Moderada)
  - <math>0,4 - 0,6</math> (Alta)
  - <math>0,6 - 0,8</math> (Muito alta)
  - <math>> 0,8</math> (Extremamente alta)

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 3.16 – Índice de Vulnerabilidade Climática nos municípios da CH SF4.**

De acordo com estudo realizado pela FEAM (2014) foram identificados os principais desafios em relação às mudanças climáticas de acordo com a região que o município de se encontra. Essa classificação considerou a diversidade de seus territórios e as características próprias de cada região, como seus atributos socioeconômicos (agricultura, exploração florestal, turismo, geração de energia elétrica e outras atividades econômicas), a amplitude e o impacto previsto das mudanças climáticas sobre o território e, por fim, a capacidade de uma comunidade a se adaptar às mudanças climáticas em relação à variabilidade climática e aos fenômenos extremos. O Quadro 3.10 apresenta esses desafios de acordo com as três Regiões de Planejamento que integram a CH SF4: Central, Alto Paranaíba e Centro-Oeste de Minas.

**Quadro 3.10 – Principais desafios em relação às mudanças climáticas nas Regiões de Planejamento da CH SF4**

Região de Planejamento	Município	Desafios em Relação às Mudanças Climáticas
Central	Abaeté	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condições das infraestruturas rodoviárias</li> <li>• Pressão migratória crescente para as zonas urbanas</li> <li>• Saúde humana</li> <li>• Serviços de tratamento de esgotos sanitários</li> <li>• Pressão das atividades humanas sobre os recursos naturais</li> <li>• Capacidade institucional desigual</li> <li>• Riscos de desastres naturais (inundações, deslizamentos de terreno)</li> </ul>
	Biquinhas	
	Cedro do Abaeté	
	Felixlândia	
	Paineiras	
	Pompéu	
	Três Marias	
Alto Paranaíba	Arapuá	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Setor agrícola / silvícola</li> <li>• Recursos hídricos (hidroeletricidade)</li> <li>• Saúde humana</li> <li>• Pressão das atividades humanas sobre os recursos naturais</li> <li>• Serviços de tratamento de esgotos sanitários</li> </ul>
	Matutina	
	Santa Rosa da Serra	
	São Gotardo	
	Tiros	
Centro Oeste de Minas	São Gonçalo do Abaeté	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saúde humana</li> <li>• Pressão das atividades humanas sobre os recursos naturais</li> <li>• Serviços de tratamento de esgotos sanitários</li> </ul>
	Varjão de Minas	

Elaboração: Engecorps, 2021

Fonte: FEAM, 2014

As condições comuns em todas as Regiões de Planejamento presentes na CH SF4, dizem respeito à saúde humana, a pressão das atividades humanas sobre os recursos naturais e aos serviços de tratamento de esgotos sanitários.

As principais doenças que têm relação comprovada com as mudanças climáticas são a dengue, malária, febre amarela, o tracoma e a diarreia, segundo FEAM (2015). Em relação ao consumo e exploração humana à natureza, o bioma e ecossistemas do Cerrado e Mata Atlântica, presentes na CH SF4, sofrem um grande desmatamento histórico e sofrem pressão da agricultura, da pecuária extensiva e da silvicultura. Além disso, as mudanças climáticas podem provocar uma diminuição da qualidade das águas, corroboradas também pelo baixo índice de serviços de tratamentos de esgotos.

Em um cenário de mudança do clima, os extremos climáticos (altas temperaturas, chuvas intensas, secas) são mais frequentes e o risco de ocorrência de desastres naturais, como inundações ou secas, tende a se intensificar, tornando-se um desafio a ser enfrentado.

As chuvas incidentes são responsáveis pela formação de importantes bacias hidrográficas, como o caso da Bacia do São Francisco, e a forte urbanização e a redução da cobertura vegetal a partir da década de 70 fazem com que as chuvas de altas intensidades provoquem eventos críticos às populações que ficam expostas às inundações, aos desabamentos e aos focos de doenças.

Os eventos das principais cheias ocorridas na Bacia de São Francisco, de acordo com o Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – PBHSF (2004-2013)<sup>4</sup> ocorreram nos anos de 1943, 1946, 1949, 1979, 1983, 1992 e 2004. Vale destacar a cheia ocorrida em 1979, que ocorreram entre os meses de janeiro e fevereiro no Médio e no Alto São Francisco, região foco do presente estudo, pois foram chuvas bastante críticas, pois os solos da bacia já se encontravam umedecidos pelas chuvas de dezembro, que também foram abundantes e a situação perdurou por 30 dias.

O Atlas de vulnerabilidade às inundações de Minas Gerais SEMAD (2015) mapeou a vulnerabilidade de trechos de corpos de água no Estado em função da frequência em

---

<sup>4</sup> ANA, Agência Nacional das Águas. Projeto De Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra Na Bacia Do São Francisco - Subprojeto 4.5C – Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco -PBHSF (2004-2013). Brasília, 2004.

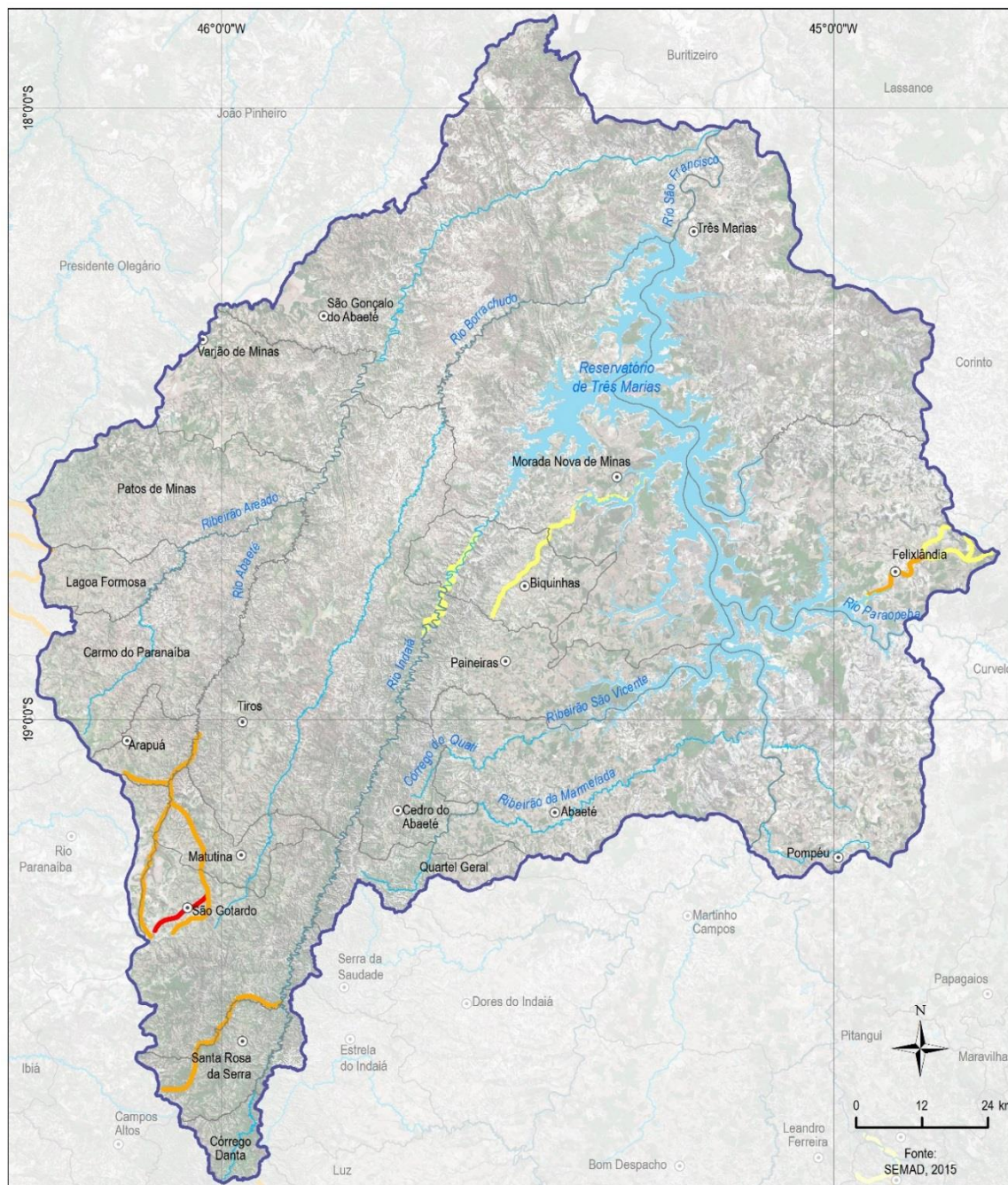
que ocorrem e dos impactos que causam. De acordo com este mapeamento a CH SF4 possui um corpo de água com “Alto” Índice de Vulnerabilidade às Inundações, trata-se de um afluente da margem esquerda do Córrego Confusão, situado na área urbana do município de São Gotardo.

Há ainda alguns cursos de água classificados com índice “Moderado” de Vulnerabilidade à Inundação, como o córrego Confusão e rio Abaeté, que cruzam os municípios de São Gotardo, Matutina e Arapuá; o rio Indaiazinho entre os municípios de Santa Rosa da Serra e São Gotardo; e o riacho do Bagre, na área urbana do município de Felixlândia, como ilustra a Figura 3.17. Estes cursos d’água são classificados como médio impacto com frequência média/baixas de inundações, ou baixo impacto e alta frequência de inundações.

Vários fatores podem potencializar a vulnerabilidade de um local às inundações, dentre eles: a densidade populacional, a distribuição de renda, as redes de infraestrutura, a tipologia das edificações, a falta de planejamento, o uso e ocupação do solo e a percepção do risco, por exemplo.

Vale mencionar que a parcela da população que se encontra em áreas ocupadas em encostas ou margens de rios em condições precárias de moradia são as mais vulneráveis a eventos como inundações e desmoronamentos.





**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ⬭ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- ~ Curso d'água
- ☁ Massa d'água

**Índice de Vulnerabilidade à Inundações**

- ☀ Baixa
- ☀ Média
- ☀ Alta

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 3.17 – Índice de Vulnerabilidade a Inundações nos rios da CH SF4.**

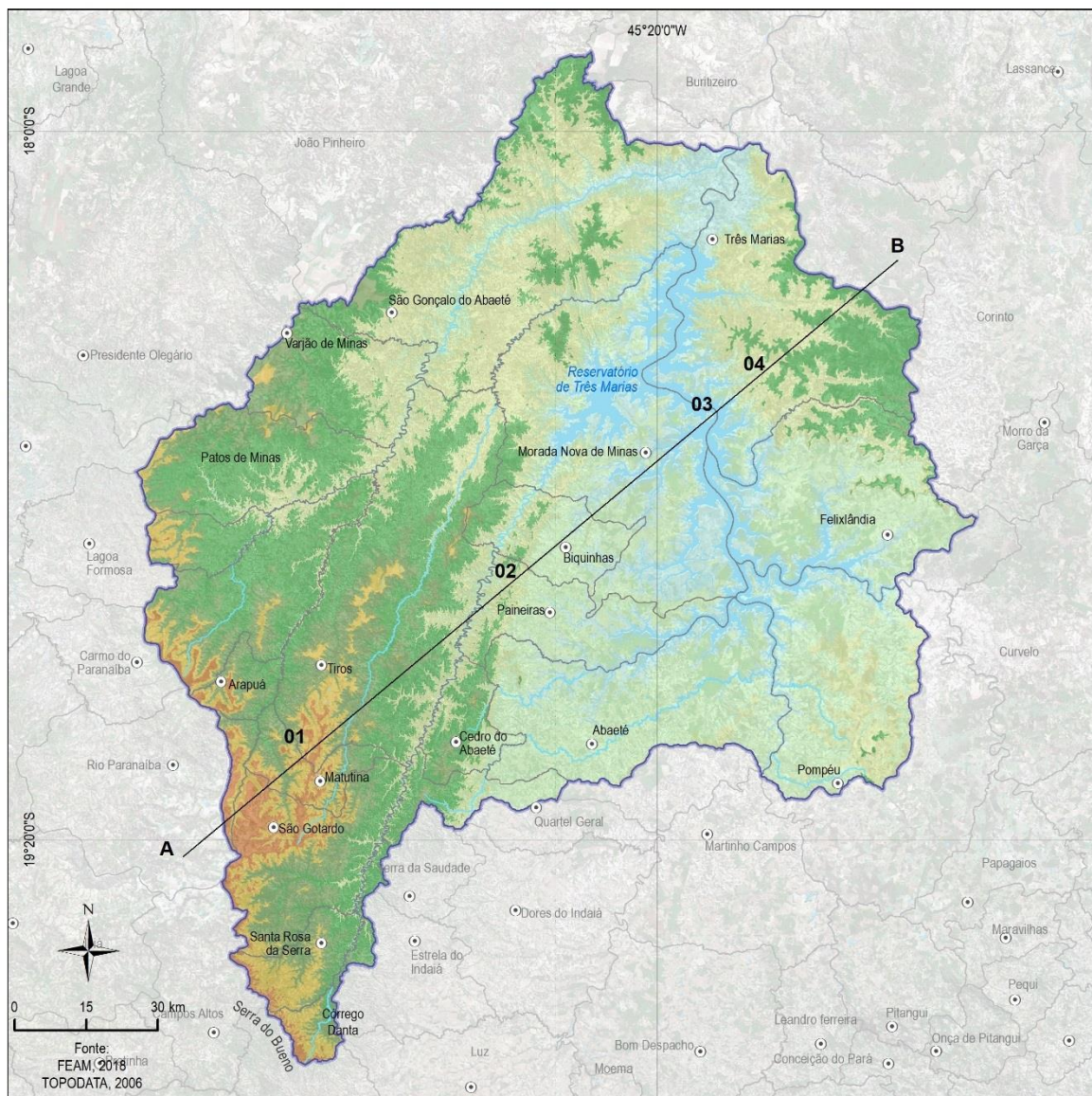
### 3.3.2 Geomorfologia

A diversidade geológica do CH SF4 – Entorno do Reservatório Três Marias condiciona parcialmente seu relevo, estando instalada no contexto da Província Estrutural do São Francisco (IBGE, 2019), envolvendo relevos predominantemente mais movimentados no setor oeste, e mais colinosos no setor leste

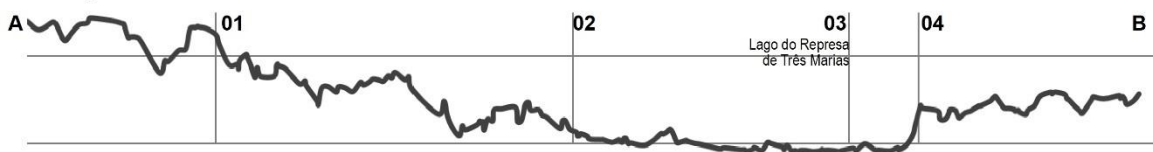
Com uma amplitude altimétrica de 690 metros, as altitudes variam entre 1.200 metros no seu ponto mais alto, ao sudoeste da SF4, na Serra do Bueno, e 510 metros à nordeste, a jusante da confluência do rio Abaeté com o rio São Francisco, como ilustra a Figura 3.18.

As declividades e os patamares são bastante variados, apresentando desde áreas planas, como nos topos de chapadas, pedimentos, planícies e terraços fluviais, até setores mais íngremes, como o rebordo das chapadas, tal como também pode ser observado no perfil hipsométrico apresentado na Figura 3.18.





**Perfil Hipsométrico**



**LEGENDA**

- ⊙ Sede municipal
- ▭ Limite municipal
- ~ Curso d'água
- ☁ Massa d'água
- ⬭ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias

**Altimetria (m)**

- < 600
- 601 - 700
- 701 - 800
- 801 - 900
- 901 - 1.000
- 1.001 - 1.100
- 1.101 - 1.200
- > 1.200

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 3.18 – Relevo na CH SF4**

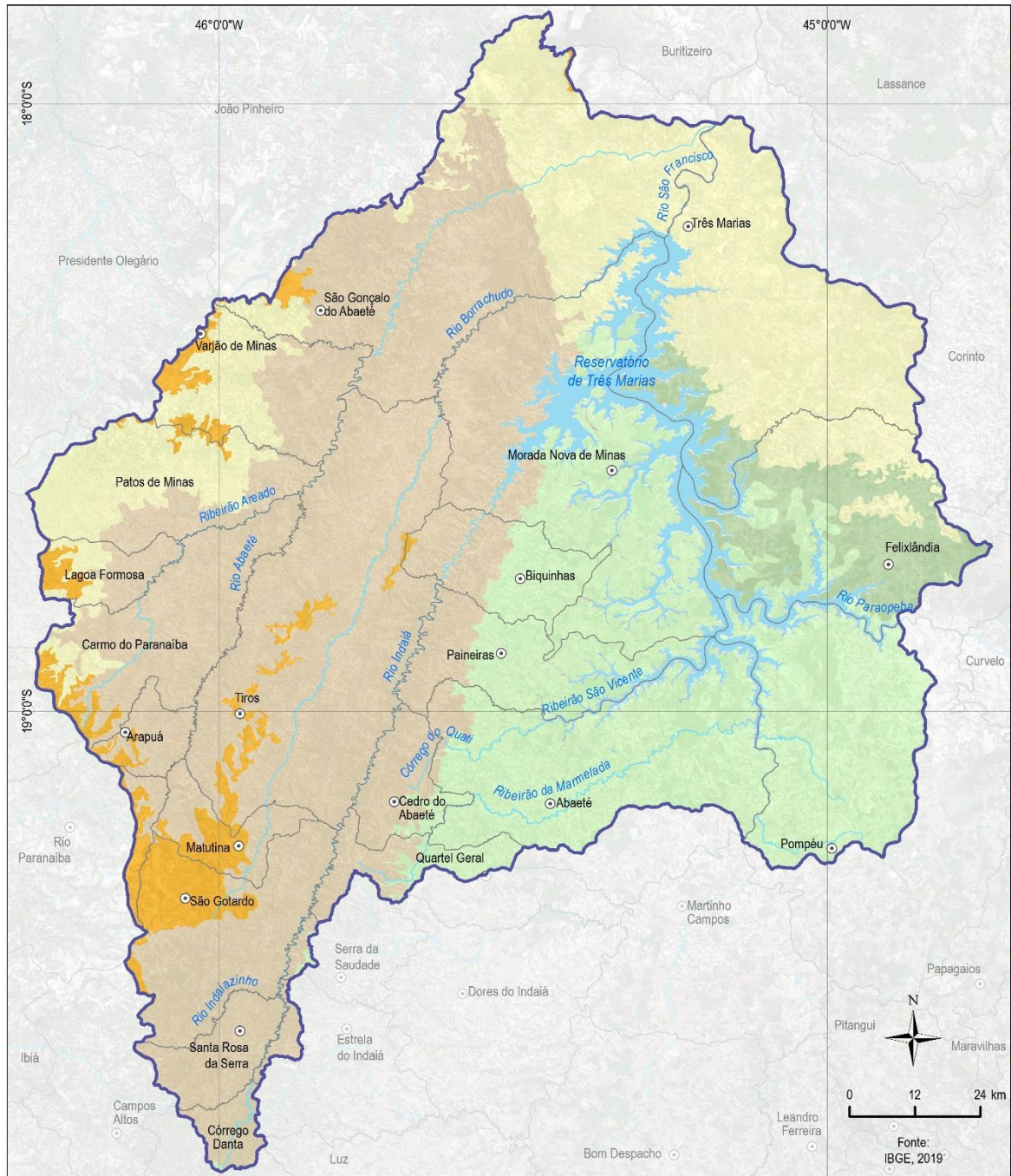
Utilizando o perfil e o mapa hipsométrico como guias é possível destacar em primeiro lugar, no setor oeste, onde predominam os relevos mais movimentados, nas porções mais elevadas encontram-se as Chapadas do Alto São Francisco, distribuídas pelo extremo do setor oeste e, ocasionalmente no setor centro-sudoeste, onde aparecem como testemunhos da antiga superfície das chapadas locais, conforme apresentado na Figura 3.19. São caracterizadas por possuírem elevações acima dos 1.000 metros e baixa declividade no topo, apresentando o típico relevo de chapada, onde são comuns os topos de tipo convexo ou tabular. É a classe menos representativa da área estudada, com apenas 4,17% do total.

A unidade a seguir, bordejando as chapadas em rampas com maiores declividades estão os Patamares do Alto São Francisco e Serra da Saudade. A primeira unidade ocupa parte dos setores noroeste e nordeste da SF4, com altitudes de até 950 metros. A segunda unidade, por sua vez, ocupa o setor centro-sul, com altitudes que variam entre 750 m e 1.000 m corresponde ao embasamento das três principais sub-bacias da SF4.

Os Patamares do Alto São Francisco e a Serra da Saudade são considerados relevos planos ou ondulados, fundamentados nos diferentes tipos de rochas e que constituem de superfícies intermediárias, ou degraus, entre as chapadas e as áreas topograficamente mais baixas. Respondem por 21,5% e 40,6%, respectivamente da SF4.

Por fim, no setor leste, ao redor do reservatório Três Marias estão as áreas de menor altitude e declividade da SF4, compostas pelos extensos pediplanos das Depressões Alto São Francisco e Médio São Francisco, em que se encontram colinas de pequena altura, vales em v pouco pronunciados e topos arredondados. Estas duas unidades respondem por 23,6% e 4,7%, respectivamente, da área da SF4.





**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- ☁ Massa d'água
- ⬭ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias

**Geomorfologia**

- Chapadas do Alto Rio São
- Depressão do Alto Rio São
- Depressão do Médio Rio São Francisco
- Patamares das Chapadas do Alto Rio São Francisco
- Serra da Saudade

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 3.19 – Províncias Geomorfológicas na CH SF4.**

### 3.3.3 Pedologia

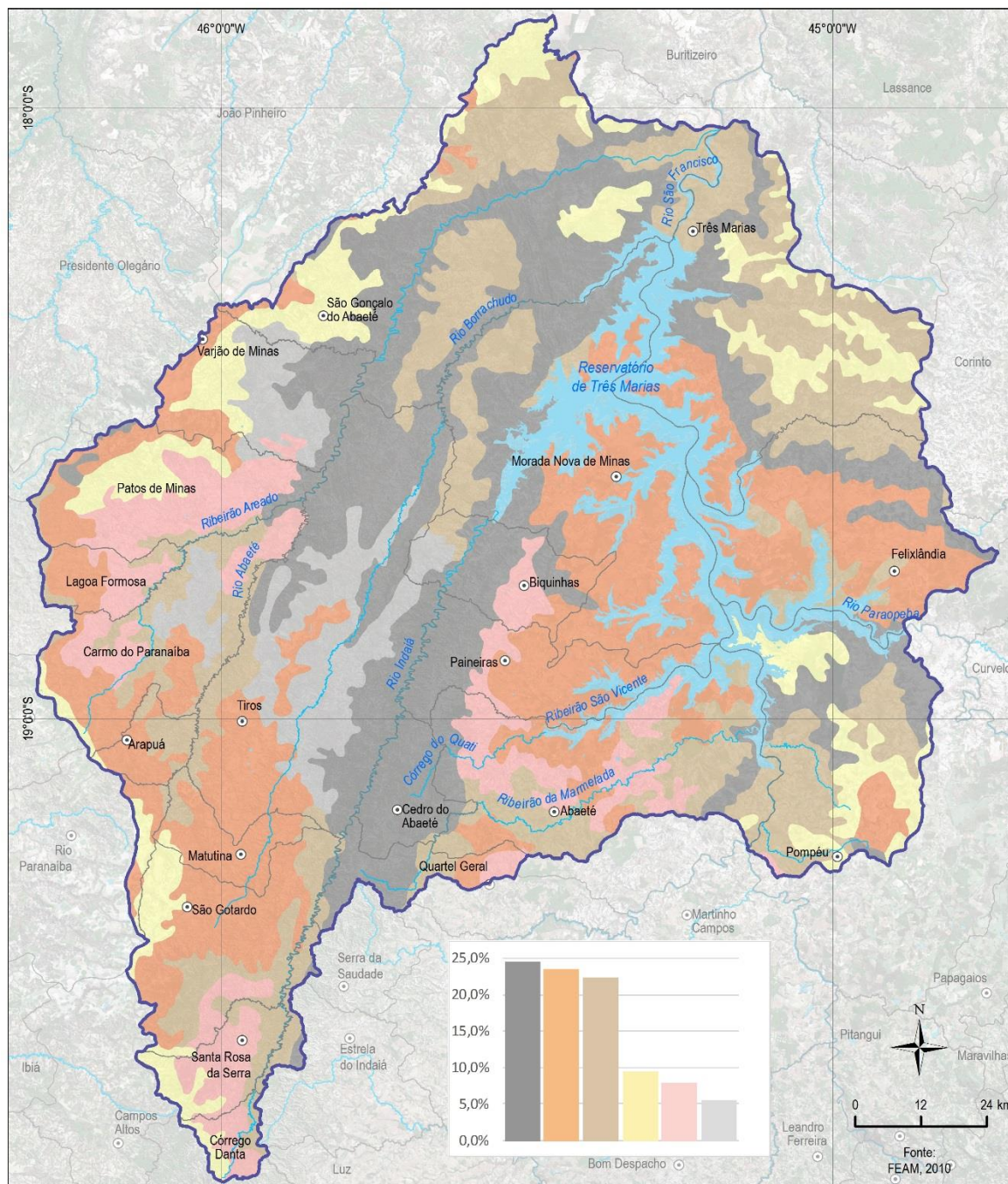
As características dos solos predominantes numa bacia hidrográfica são importantes por estarem relacionadas à resistência do solo e, por consequência, à erosão, que é um dos fenômenos mais prejudiciais de degradação do solo, uma vez que reduzem a capacidade produtiva das culturas, além de causar sérios danos ambientais, tais como assoreamento e poluição das fontes e cursos de água (COGO *et al.* 2003).

A caracterização pedológica da CH SF4 – Entorno do Reservatório Três Marias de acordo com o Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais, elaborado em escala 1:650.000 (Oliveira, *et. al* 1999) os solos predominantes são os Neossolos Litólicos, Latossolos vermelhos e Cambissolos, que juntos ocupam mais de 70% da SF4, como apresentado na Figura 3.20.

Os Neossolos, com maior abrangência no setor centro-sul, ocupam cerca de 24,6% da CH SF4. São constituídos por material mineral, não hidromórficos, ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos (JACOMINE, 2013). São solos pouco desenvolvidos que não apresentam horizonte B diagnóstico e tem restrições para utilização agrícola, tanto em função da baixa fertilidade natural como baixa coesão de suas partículas. Isso significa que são indispensáveis práticas de manejo conservacionistas para evitar que esses solos sejam degradados (IAC).

São observadas na CH SF4 duas classes de Neossolo: Neossolo Litólico e Neossolo Quartzarênico, sendo que o primeiro é típico de regiões de relevo mais dissecado ou íngreme. Compreendem solos rasos, onde geralmente a soma dos horizontes sobre a rocha não ultrapassa 50 cm, estando associados normalmente a relevos mais declivosos (Santos *et. al*).





**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ⬭ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- ~ Curso d'água
- ☁ Massa d'água

**Pedologia**

- Argissolo vermelho-amarelo
- Cambissolo
- Latossolo vermelho distrófico

Latossolo vermelho-amarelo

Neossolo lítico

Neossolo quartzarênico

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 3.20 – Pedologia na CH SF4.**

Os Latossolos vermelhos ocupam 23,5% da área da CH SF4, localizados em duas grandes manchas, a leste e oeste. São solos minerais altamente intemperizados, homogêneos e com pouca diferenciação entre os horizontes. Esses solos são profundos, bem drenados e com baixa capacidade de troca de cátions, com textura média ou mais fina (argilosa, muito argilosa) e, com mais frequência, são pouco férteis (IAC). São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações do material constitutivo.

Na CH SF4 são observadas duas classes de Latossolos: Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-Amarelo. O Latossolo Vermelho apresenta coloração avermelhada e, apesar da pouca fertilidade, possui potencial agrícola graças às correções possíveis e sua localização em relevos suavizados que corroboram à mecanização agrícola. O Latossolo Vermelho-Amarelo possui cores uniformes vermelho-amareladas, altas profundidades, com boa drenagem. Em condições naturais, os teores de fósforo são baixos, sendo indicada a adubação fosfatada. Outra limitação ao uso desta classe de solo é a baixa quantidade de água disponível às plantas (Almeida, *et. al*).

Os Cambissolos encontram-se distribuídos de forma mais homogênea em toda a área da SF4, ocupando cerca de 22,4%. Apresentam alta variação de profundidade, cor e drenagem. São pouco desenvolvidos, que ainda apresentam características do material originário (rocha) evidenciado pela presença de minerais primários (Zaroni e Santos). Esses solos são encontrados em relevo forte ondulado ou montanhoso com ausência de horizonte A superficial úmido. Com fertilidade variável, essa classe de solo apresenta como principal restrição à agricultura, a baixa profundidade; o relevo de declives acentuados e a ocorrência de pedras na massa do solo (Santos *et. al*).

Os Argissolos vermelho-amarelo são menos comuns na CH SF4 – Entorno do Reservatório Três Marias, ocorrendo em apenas 7,9% da sua área. São caracterizados por solos minerais com nítida diferenciação entre as camadas ou horizontes, reconhecida em campo especialmente pelo aumento, por vezes abrupto, nos teores de argila em profundidade. Apresentam profundidade, drenagem e texturas variadas. Ocorrem em áreas de relevo mais acidentado e dissecados relacionando as dificuldades do uso agrícola com a fertilidade e susceptibilidade à erosão.

### 3.3.4 Potencial de Erosão

Um importante aspecto das paisagens são os processos erosivos, tema que abarca as alterações química e física das rochas e solos como agentes desagregadores, o transporte dos sedimentos morro abaixo (normalmente por efeito da água e da gravidade) e, por fim, a deposição deles nas áreas mais planas do relevo.

A compreensão desses processos erosivos é de grande importância para que se possa maximizar o uso dos recursos hídricos por meio do controle ou minimização da geração, transporte e deposição de sedimentos nos corpos de água (PAIVA *et al.*, 2001), sendo que os sedimentos têm a capacidade de alterar as condições físico-químicas da água, além de poder provocar o assoreamento e mesmo a extinção de cursos de água menores.

Esses processos são particularmente importantes nos estudos de qualidade e enquadramento das águas, especialmente pelo efeito que os sedimentos têm na turbidez da água, pela possibilidade de transporte de sedimentos contaminantes para dentro dos corpos de água ou pelo assoreamento dos canais por aporte de material.

Tais processos são mais ou menos intensos em função de condicionantes naturais, como o clima e o arcabouço geológico, geomorfológico e pedológico, além de condicionantes antrópicas, diretamente ligadas às atividades de uso do solo existentes em uma área. Com isso é possível afirmar que a combinação entre aspectos físicos e humanos em uma paisagem resulta em diferentes graus de suscetibilidade à erosão. Além disso, podem ocorrer em velocidades reduzidas, normalmente associados a processos naturais de erosão, ou em velocidades aceleradas, seja porque estão associados a alguma modificação causada por alteração antrópica, ou a algum processo dinâmico da paisagem, sendo relativamente comuns no sudeste brasileiro os processos vinculados aos movimentos de massa.

A caracterização, mensuração e avaliação da erosão do solo e, conseqüentemente, da produção de sedimentos são fundamentais na identificação de áreas críticas susceptíveis aos processos erosivos e hidrossedimentológicos.

Alguns estudos utilizando diferentes metodologias e ferramentas mapearam a suscetibilidade à erosão na área de abrangência da CH SF4.

Um destes estudos utilizou a Equação Universal de Perda de Solos (USLE) foi conduzido por Passos *et. al.* (2014) na área do Alto São Francisco e incluindo quase a totalidade da CH SF4 (excluída apenas a sub-bacia do Ribeirão Aerado, no setor oeste).

Além deste estudo, também merece destaque o mapa produzido recentemente pela EMBRAPA (2020), uma primeira aproximação da suscetibilidade à erosão hídrica em escala nacional que utilizou um modelo conceitual baseado no conhecimento técnico do especialista, tendo como dados de entrada mapas de erodibilidade dos solos, erosividade das chuvas e topografia.

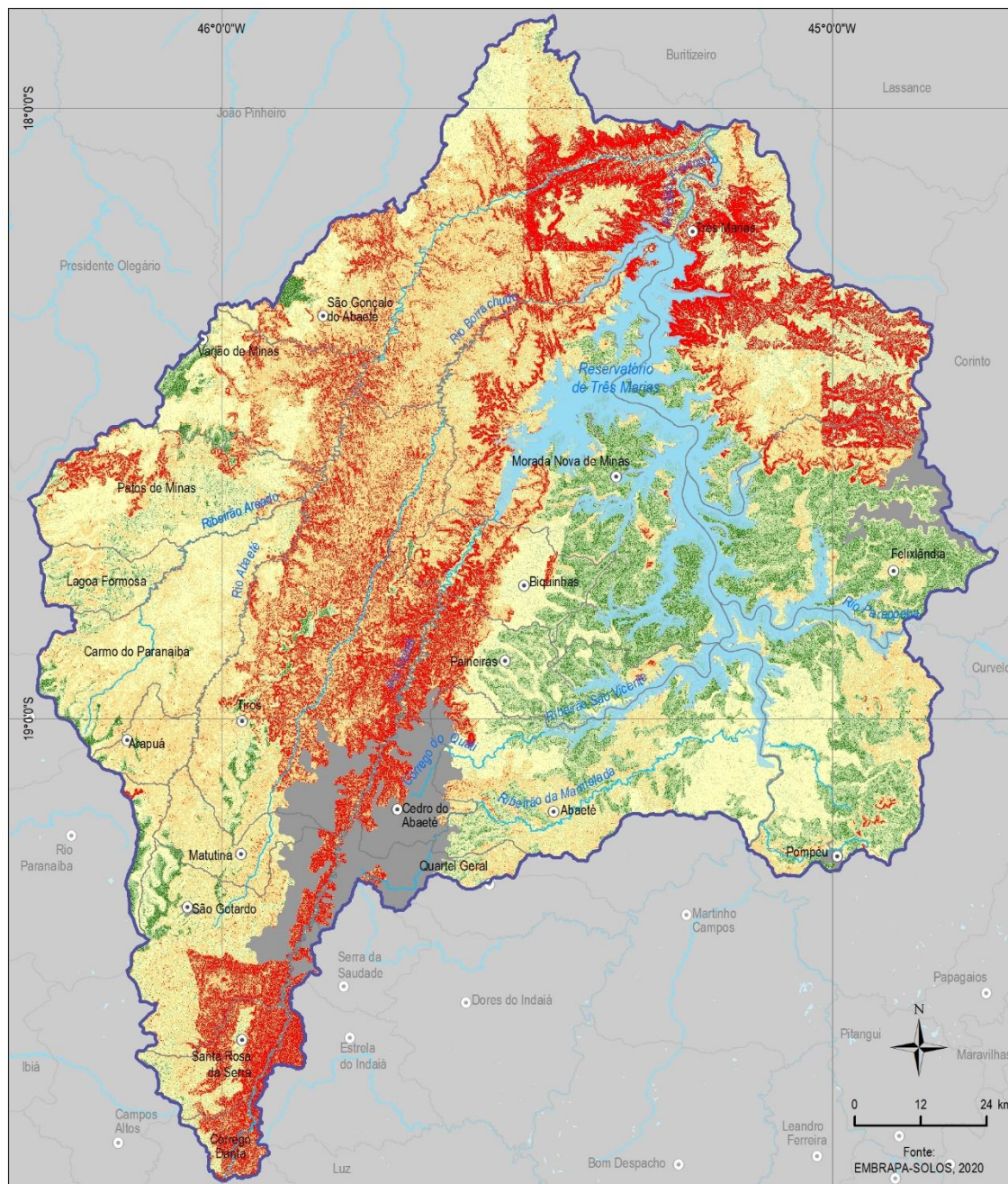
De acordo com Passos *et. al.* (2014), quando observada a suscetibilidade à perda de solo, constatou-se que de um modo geral os solos do Alto São Francisco apresentam baixa suscetibilidade. Porém, as maiores erodibilidades estão associadas aos solos com baixa coesão entre as partículas, como é o caso dos Neossolos, muito presentes na porção centro-oeste da SF4, e em áreas com declividades elevadas.

Assim, de acordo com Passos *et. al.* (2014) e EMBRAPA (2020) as áreas com maior potencial à erosão se concentraram nas sub-bacias dos rios Borrachudo e Indaiá no setor oeste, onde estão as áreas com maior declividade da Serra da Saudade, com altitudes acima dos 750 metros e topos convexos, padrão de densidade de drenagem média a muito alta, onde predominam as atividades agrícolas de pastagem e lavouras.

É importante observar que, embora não esteja contemplado neste estudo, a sub-bacia do ribeirão Abaeté tem grande parte da sua área inserida no mesmo contexto geológico e geomorfológico, sugerindo que ali podem ser encontradas condições parecidas, ou seja, com elevado potencial de erosão.

De fato, o mapa da EMBRAPA (2020), cuja abrangência é nacional, aponta uma elevada vulnerabilidade à erosão na sub-bacia do rio Abaeté, localizadas sobretudo no divisor de água à leste e nas porções mais baixas dessa bacia. Tal como pode ser observado na Figura 3.21.





MAPA DE LOCALIZAÇÃO

LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias

- Suscetibilidade**
- Muito Baixa
  - Baixa
  - Moderada
  - Alta
  - Muito Alta



Figura 3.21 – Suscetibilidade à erosão na CH SF4.



Por outro lado, como resultado da baixa declividade e existência de solos mais coesos como os Latossolos, Passos *et al.* (2014) e EMBRAPA (2020) estimaram que as áreas menos suscetíveis estão concentradas no setor leste e ao redor do reservatório de Três Marias.

Creech *et al.* (2015) realizaram uma modelagem hidrossedimentológica com base na ferramenta SWAT (Soil and Water Assessment Tool – Ferramenta de Avaliação do Solo e da Água – tradução livre) com o objetivo de entender melhor a extensão e a magnitude das cargas de sedimentos no canal de navegação do rio São Francisco em virtude de mudanças antrópicas nas sub-bacias. No trabalho desenvolvido, conseguiram determinar que as bacias do Alto São Francisco, especialmente a do rio Indaiá (uma das principais sub-bacias da SF4, a SB3), são as principais fontes de sedimentos.

Macêdo (2009) realizou um estudo de modelos em ambiente de geoprocessamento para avaliar os processos erosivos na bacia do rio Indaiá, no qual destacou a grande quantidade desses processos, principalmente na sua porção baixa.

Estudos de hidrologia espacial realizados por Menezes (2013), Pinto (2013) e Pinto *et al.* (2014) para monitoramento do fluxo de sedimentos no reservatório de Três Marias também demonstraram que a bacia do rio Indaiá é uma das principais geradoras de sedimentos do Alto São Francisco corroborando e confirmando o trabalho de Creech *et al.* (2015) e Macêdo (2009).

Em relação aos processos erosivos, por ocasião do PDRH (Gama, 2015), foi constatado que a erosão laminar é o principal processo erosivo na SF4, caracterizada por se desenvolver como uma lâmina sobre a superfície, principalmente onde tem solo suscetível e exposto.

No caso da área de estudo, esses processos localizam-se nos solos pouco desenvolvidos (Neossolos litólicos, Neossolos quartzarênicos e Cambissolos), principalmente naqueles oriundos das rochas das formações Três Marias, Serra da Saudade e Subgrupo Paraopeba, que apresentam um alto teor de areias nas camadas mais superficiais.

De modo geral, esse processo erosivo é mais comum nas cristas e topos de morro convexos descobertos e na borda dos tabuleiros lateríticos, onde as declividades podem apresentar-se sensivelmente mais acentuadas, além das margens do reservatório Três Marias, onde esse processo está vinculado à variação do nível de água.

A depender das condições da precipitação e do terreno, podem ocorrer erosões do tipo laminar, com formação de ravinas e, nos casos mais extremos, as voçorocas, com exposição dos horizontes mais profundos do solo. Embora menos comuns no SF4, esses processos podem ser observados como resultado da concentração da água de escoamento em estradas vicinais, principalmente quando estão sobre solos profundos e pouco coesos.

Por fim, os movimentos de massa, caracterizados por deslocamentos de grandes quantidades de solo e saprólitos sob forte influência da gravidade são raros na SF4 – Entorno do Reservatório Três Marias, mas podem ser encontradas cicatrizes de sua ocorrência nas bordas das chapadas a sudoeste e oeste, onde atuam como forças modeladoras do relevo.

### **3.4 ASPECTOS BIÓTICOS E ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS**

---

#### **3.4.1 Cobertura Vegetal**

As diferentes formas de relevo na CH SF4, somadas às especificidades de solo e clima, favoreceram paisagens recobertas por diferentes tipos de vegetação, adaptadas a cada um dos vários ambientes inseridos nos domínios de dois biomas: o Cerrado e a Mata Atlântica.

Há um grande predomínio de áreas cobertas por formações vegetais do bioma Cerrado, no entanto, na porção sudoeste da CH SF4, há também áreas recobertas por formações vegetais do bioma Mata Atlântica<sup>5</sup>.

O Cerrado é composto por formações fitogeográficas bem diferenciadas, compostas por espécies rasteiras, gramíneas, de porte arbustivo e arbóreo. As árvores e arbustos

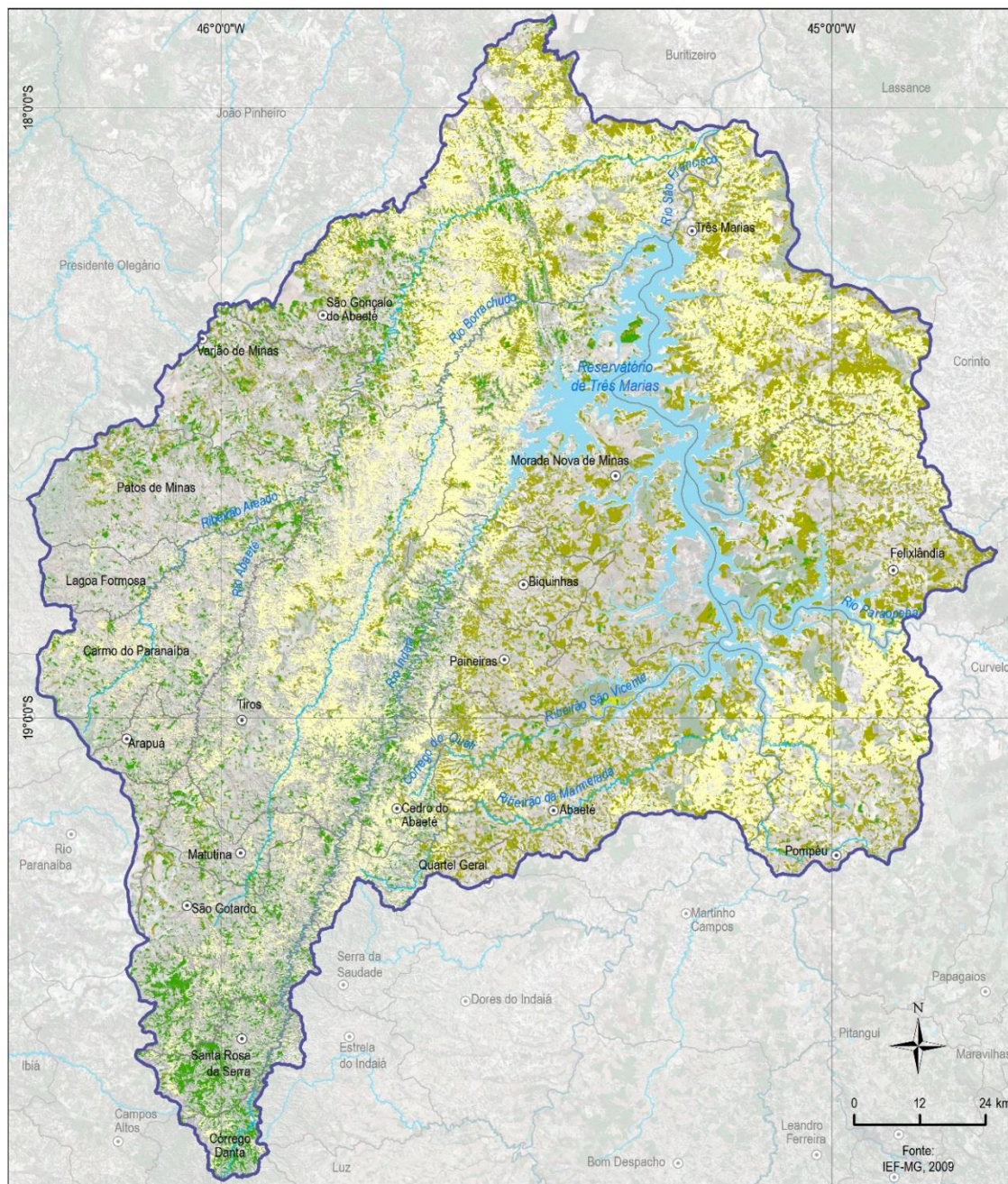
---

<sup>5</sup> Lei do Bioma Mata Atlântica nº 11.428/2006

apresentam formas tortuosas de menores alturas, casca grossa, folhas largas, serosas e sistemas radicular profundo (GAMA, 2015). Divide-se em Cerrado, Campo, Campo Cerrado, Cerrado Stricto Sensu, Cerradão e Veredas (IGAM, 2015).

Por sua vez, a Mata Atlântica é composta por vegetação densa e permanentemente verde, sendo que os índices pluviométricos nessas regiões são maiores. A fisionomia vegetacional nessa região vai desde a floresta ombrófila densa até as florestas estacionais semidecíduais, sendo que as árvores têm folhas grandes e lisas. E nessas matas encontram-se muitas bromélias, cipós, samambaias, orquídeas e líquens.

Devido à ação antrópica na região, boa parte destes biomas foram devastados, sendo que a vegetação nativa se encontra bastante fragmentada, como ilustra a Figura 3.22, elaborado segundo o Inventário Florestal de Minas Gerais (IEF, 2009). Ainda segundo este estudo, resta cerca de 36,1% da cobertura original na CH SF4, como apresentado no Quadro 3.11. Desse total, mais de 86% dos remanescentes correspondem a formações do bioma Cerrado.



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ⬭ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- ~ Curso d'água
- Massa d'água

**Cobertura Florestal**

- Campo
- Campo cerrado
- Cerrado
- Vereda
- Floresta estacional decidual montana
- Floresta estacional semidecidual montana

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 3.22 – Remanescentes da Cobertura Vegetal na CH SF4.**

### Quadro 3.11 – Remanescentes da Cobertura Vegetal na CH SF4

Bioma	Classe Vegetação	Área (km <sup>2</sup> )	Percentual (%)
Cerrado	Campo	3.542	19,0%
	Campo Cerrado	64	0,3%
	Cerrado	2.337	12,5%
	Vereda	1	0,005%
Mata Atlântica	Floresta estacional decidual montana	1	0,005%
	Floresta estacional semi-decidual montana	808	4,3%
	<b>Total</b>	<b>6.853</b>	<b>36,1%</b>

Elaboração: Engecorps, 2021

Fonte: IEF, 2009

A formação Campo é predominante na CH SF4, representando cerca de 52% de toda cobertura vegetal remanescente, concentrada principalmente nas porções sudeste, nordeste e central. Essa formação apresenta vegetação baixa, sem espécies arbóreas altas e, raramente, algumas árvores afastadas entre si. Essas formações arbóreas de maior porte geralmente são formadas em encostas, áreas de chapadas próximas a nascentes e cursos de água (GAMA, 2015).

A formação Cerrado é a segunda mais presente na CH SF4, corresponde a cerca de 34% da cobertura vegetal remanescente, e ocorre em áreas com solo mais pobre e apresenta uma vegetação bastante heterogênea com áreas de gramíneas, espécies lenhosas, árvores entre três a seis metros, com arbusto e subarbustos. Tem maior ocorrência na porção leste da CH SF4.

A Floresta estacional semi-decidual representa 12% da cobertura vegetal da CH SF4, encontra-se bastante fragmentada, localizada especialmente na porção sudoeste. Ela é caracterizada por comunidades onde 20 a 50% dos indivíduos presentes no estrato superior perdem as folhas na estação seca. Esse tipo florestal está relacionado a um clima de duas estações definidas, uma chuvosa e outra seca, ou então a uma acentuada variação térmica.

As demais classes Campo Cerrado, Vereda e Floresta Estacional Decidual Montana não chegam a 1% da cobertura vegetal na CH SF4.



A grande fragmentação da cobertura vegetal remanescente encontrada na SF4, e conseqüentemente, a falta de corredores ecológicos necessários para a fauna, gera impactos sobre muitas espécies tanto da fauna aquática quanto da terrestre.

Ressalta-se a importância da presença de vegetação nativa, sobretudo no entorno das nascentes e dos cursos d'água, que proporciona maior proteção aos recursos hídricos e maior integridade ecológica nas áreas de várzeas, atuando como corredor ecológico e fornecendo alimentação e abrigo para a fauna.

### 3.4.2 Áreas Legalmente Protegidas

O estabelecimento de áreas legalmente protegidas é uma das estratégias para a sua preservação e conservação. As unidades de conservação e as áreas protegidas possuem um papel importante na proteção da fauna, da flora e dos cursos de água, tornando-as estratégicas para o planejamento e gestão dos recursos hídricos.

De acordo com o SNUC<sup>6</sup> (Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza), as Unidades de Conservação podem ser de Proteção Integral, cujo objetivo é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos na lei; ou de Uso Sustentável, cujo objetivo básico é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais.

Atualmente existe um total de três (3) Unidades de Conservação (UCs) na CH SF4, com abrangência de 20,5 km<sup>2</sup>, cobrindo apenas 0,1% de seu território, sendo uma (1) UC de Proteção Integral, e duas (2) de Uso Sustentável, como mostra o Quadro 3.12.

**Quadro 3.12 – Unidades de Conservação e Áreas Protegidas na CH SF4.**

	Área Protegida	Município	Bioma	Área (km <sup>2</sup> )
UC Proteção Integral	Estação Ecológica Federal de Pirapitinga	Morada Nova de Minas	Cerrado	13,84
UC Uso Sustentável	RPPN Fazenda Barrão	Três Marias	Cerrado	5,44
	RPPN Fazenda Lavagem	Três Marias	Cerrado	0,92
	RPPN Cabeceiras das Flores	Paineiras	Cerrado	0,28

Elaboração: Engecorps, 2021

<sup>6</sup> Lei n.º 9.985, de 18 de julho de 2000

A Estação Ecológica Federal de Pirapitinga está situada numa ilha artificial do reservatório da Usina Hidrelétrica de Três Marias em Morada Nova de Minas. Trata-se de uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, criada pelo Decreto Federal nº 94.656 de 20 de julho de 1987. Considerada pelo Ministério do Meio Ambiente como uma área altamente prioritária para a conservação, a EE Pirapitinga possui uma flora diversificada composta por 117 espécies vegetais do Bioma Cerrado. Dentre as mais de 200 espécies de animais encontradas na EE, está a do jacaré-do-papo amarelo *Cayman latirostris*, espécie que já foi considerada como ameaçada de extinção, devido à destruição de seu habitat e à caça ilegal (ICMBIO, 2013).

As Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) – unidades de conservação de domínio privado criadas a partir da iniciativa do proprietário de terra – Fazenda da Lavagem e Fazenda Barrão estão localizadas no município de Três Marias com áreas de 0,92 km<sup>2</sup> e 5,44 km<sup>2</sup>, respectivamente; e a Fazenda Cabeceira das Flores, com uma área de 0,28 km<sup>2</sup>, situada no município de Paineiras.

A SF4 também abriga uma Área de Proteção Especial, a APE Estadual Bacia Hidrográfica do Córrego Confusão. Entretanto, as APEs não se caracterizam como Unidades de Conservação, não se encontram listadas no rol que enumera as Unidades de Conservação pertencentes ao grupo de proteção integral e, tampouco, no rol que enumera aquelas pertencentes ao grupo de uso sustentável, conforme Art. 8º, c/c Art. 14 da Lei Federal 9.985/2000.

A Área de Proteção Especial Bacia Hidrográfica do Córrego Confusão está situada no município de São Gotardo, com uma área de 21,3 km<sup>2</sup>. Essa área criada pelo Decreto Estadual nº 31.905 de 11 de outubro de 1990 tem como finalidade a preservação do manancial do córrego Confusão.

Vale destacar que as APEs, instituídas pela Lei Federal nº 6.766/1979, são destacadas 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.



De modo geral, as UCs e APEs enquadram-se como áreas protegidas, estas, definidas como porções territoriais especialmente protegidas nos termos da legislação vigente. A Figura 3.23 apresenta a localização dessas áreas protegidas. Cabe salientar que não foram identificadas Terras Indígenas e comunidades quilombolas na CH SF4.

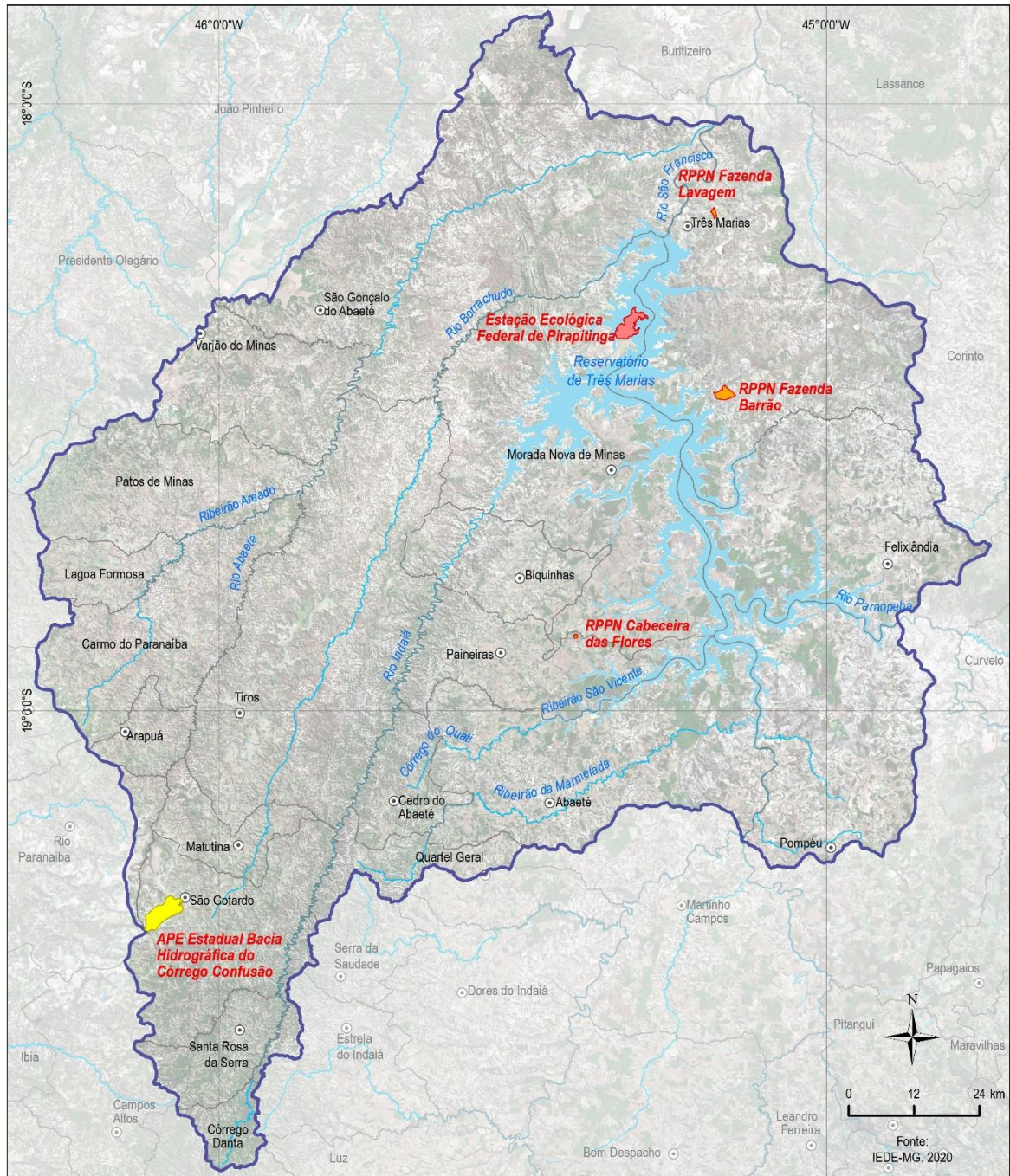
O Ministério do Meio Ambiente (MMA) vem identificando desde o começo dos anos 2000 Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade (APCBs), que referem-se a um instrumento de política pública que visa à tomada de decisão, de forma objetiva e participativa, sobre planejamento e implementação de medidas adequadas à conservação, à recuperação e ao uso sustentável de ecossistemas (MMA, 2019).

Na CH SF4 estão presentes duas Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade – APCBs, a APCB Rio Borrachudo, onde deve ser priorizada a recuperação Área de Preservação Permanente – APP e Reserva Legal – RL e a APCB Felixlândia onde deve ser priorizada a criação de Unidades de Conservação.

Popularmente conhecidas como cavernas, as cavidades naturais subterrâneas constituem o grande e valioso patrimônio espeleológico nacional e podem ser encontradas em rochas carbonáticas (calcário, dolomito), quartzitos, arenitos, minério de ferro e canga, entre outras litologias.

Na CH SF4 predominam áreas de médio a muito alto potencial (à exceção da porção leste da bacia, que apresenta baixo potencial) para ocorrências de cavidades naturais, segundo o Mapa de Potencialidade de Cavernas no Brasil, na escala 1:2.500.000 produzido em 2012 pelo Centro de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV).

De acordo com o Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE), em 2020, eram conhecidas 10 cavidades naturais subterrâneas na área de abrangência da CH SF4 (4 cavernas, 1 cavidade, 2 grutas e 3 lapas) distribuídas em 4 municípios: Matutina, Patos de Minas, São Gonçalo do Abaeté e Varjão de Minas, conforme apresentado na Figura 3.24.



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ⬭ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- ~ Curso d'água
- ⬭ Massa d'água

**Áreas protegidas**

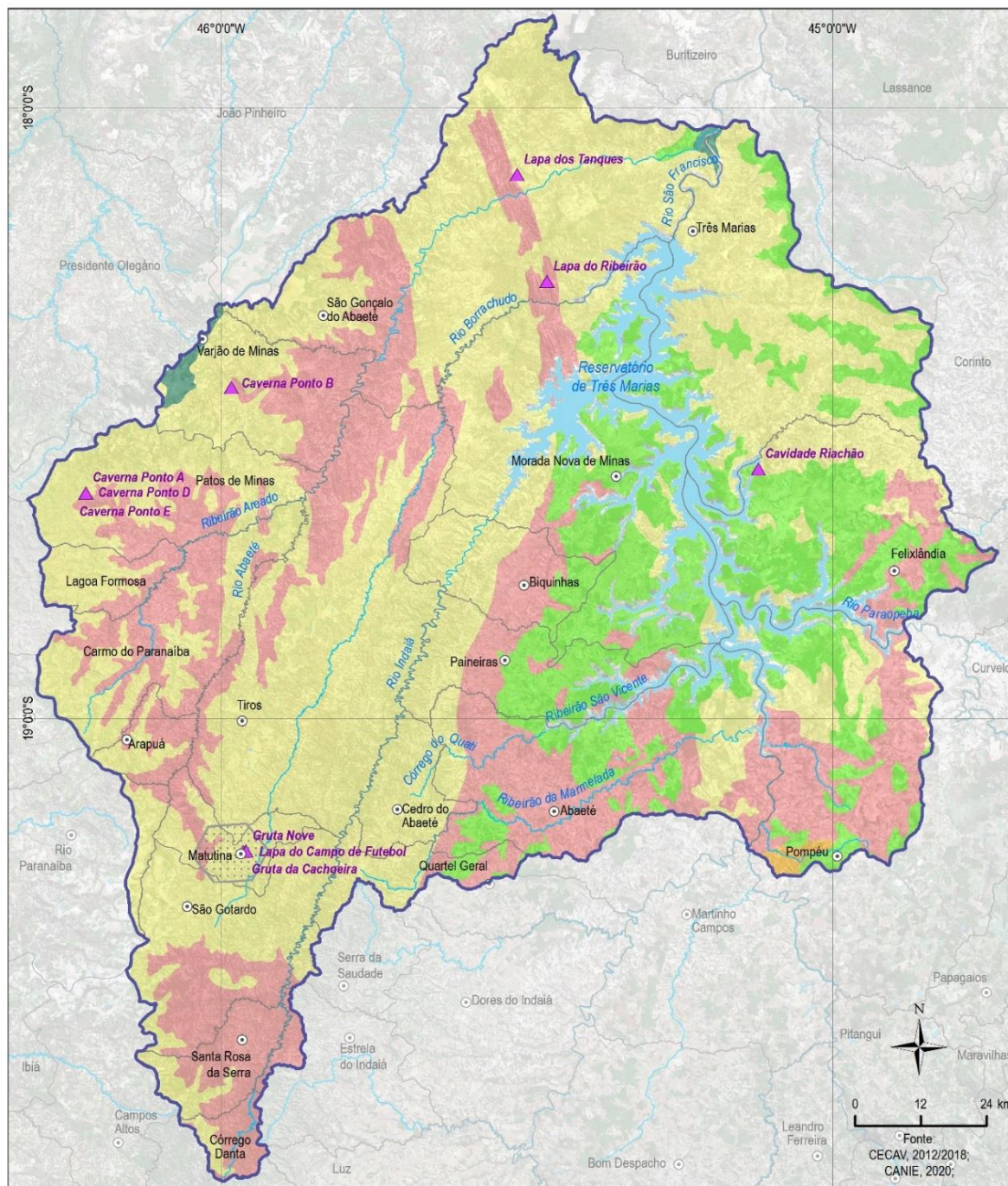
- UC Proteção Integral
- UC Uso Sustentável
- Área de Proteção Especial

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 3.23 – Áreas protegidas na CH SF4.**





**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ⬮ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- ~ Curso d'água
- ☪ Massa d'água
- ▲ Cavernas
- ▨ Áreas prioritárias
- Potencialidade de Cavernas**
- Ocorrência Improvável
- Baixo
- Médio
- Alto
- Muito

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 3.24 – Patrimônio Espeleológico na área de abrangência da CH SF4.**

As áreas onde se encontram as cavidades naturais subterrâneas estão, na maioria das vezes, sujeitas a graves problemas ambientais ou conflitos socioeconômicos provocados por obras de infraestrutura (estradas, pontes, viadutos, ferrovias, portos, transposição de rios) e de geração de energia (barragens, hidrelétricas, linhas de transmissão) ou atividades voltadas ao uso e ocupação do solo e subsolo, tais como mineração, agricultura, pecuária, desmatamentos, expansão urbana, turismo, agrotóxicos e captação de água subterrânea e superficial. (ICMBIO, 2018).

Em 2018 a CECAV elaborou a priorização de áreas para conservação do patrimônio espeleológico para atender Ação 7.2 do Plano de Ação Nacional para a Conservação nas Áreas Cársticas da Bacia do rio São Francisco – PAN Cavernas do São Francisco, aprovado pela Portaria nº 18/2012 do Instituto Chico Mendes. A CH SF4 possui uma Área Prioritária para a Conservação do Patrimônio Espeleológico Brasileiro, classificada como Categoria 3 com ações prioritárias voltadas para: i) fiscalização e monitoramento; ii) ampliação do conhecimento (pesquisa, prospecção espeleológica, validação de coordenadas); iii) educação ambiental e patrimonial.

### **3.5 CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA DA BACIA HIDROGRÁFICA**

Para caracterização socioeconômica dos municípios da bacia, inicialmente é apresentado o IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, que é um indicador criado pelo PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento e que agrega três dimensões relacionadas ao desenvolvimento humano: longevidade, educação e renda. Seus valores variam entre 0 e 1 e quanto mais próximo da unidade, melhor. Esse índice é relevante pois apresenta seus resultados avaliados e discriminados por município e especificamente para cada uma das três dimensões, permitindo a definição de ações voltadas à área que estiver com menores valores. O Quadro 3.13 mostra o IDHM para os municípios inseridos na CH SF4, de acordo com os dados do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil.

**Quadro 3.13 – IDH dos Municípios inseridos na CH SF4 para o ano de 2010.**

Nome	IDHM 2010
Abaeté	0,698
Arapuá	0,724
Biquinhas	0,688
Carmo do Paranaíba	0,705
Cedro do Abaeté	0,678
Córrego Danta	0,692
Estrela do Indaiá	0,676
Felixlândia	0,648
Lagoa Formosa	0,703
Matutina	0,707
Morada Nova de Minas	0,696
Paineiras	0,669
Patos de Minas	0,765
Pompéu	0,689
Quartel Geral	0,683
Rio Paranaíba	0,709
Santa Rosa da Serra	0,705
São Gonçalo do Abaeté	0,670
São Gotardo	0,736
Serra da Saudade	0,677
Tiros	0,683
Três Marias	0,752
Varjão de Minas	0,711

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil/ PNUD Brasil, Ipea e FJP, 2020.

De acordo com o IBGE, o estado de Minas Gerais é o nono estado brasileiro na lista do Índice de Desenvolvimento Humano, com valor equivalente a 0,731. Valores entre 0,700 e 0,799 são considerados altos, sendo que o estado ficou ligeiramente acima do índice do Brasil que foi de 0,727. Na CH SF4, Patos de Minas, São Gotardo e Três Marias superaram tanto o índice nacional como o valor atribuído a Minas Gerais, os demais alcançando um índice de qualidade de vida inferior ao do país.

De forma complementar, foi realizada análise dos índices de hierarquia municipal na bacia, sendo seus resultados apresentados de forma tabular no Quadro 3.14. Seus resultados mostram que os municípios da bacia estão distribuídos em várias mesorregiões mineiras, destacando-se a Central Mineira e Triângulo/Alto Paranaíba. Os municípios polo da região são Patos de Minas, Abaeté, São Gotardo e Três Marias.

**Quadro 3.14 – Hierarquia Municipal na CH SF4.**

Município	Hierarquia urbana (2018)	Região Geográfica Intermediária (2020)	Região Geográfica Imediata (2020)	Mesorregião (2020)	Microrregião (2020)
Abaeté	Centro de Zona A	Divinópolis	Abaeté	Central Mineira	Três Marias
Arapuá	Centro Local	Patos de Minas	Patos de Minas	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	Patos de Minas
Biquinhas	Centro Local	Divinópolis	Abaeté	Central Mineira	Três Marias
Carmo do Paranaíba	Centro Local	Patos de Minas	Patos de Minas	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	Patos de Minas
Cedro do Abaeté	Centro Local	Divinópolis	Abaeté	Central Mineira	Três Marias
Córrego Danta	Centro Local	Divinópolis	Formiga	Oeste de Minas	Piuí
Estrela do Indaiá	Centro Local	Divinópolis	Dores do Indaiá	Central Mineira	Bom Despacho
Felixlândia	Centro Local	Belo Horizonte	Curvelo	Central Mineira	Curvelo
Lagoa Formosa	Centro Local	Patos de Minas	Patos de Minas	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	Patos de Minas
Matutina	Centro Local	Patos de Minas	Patos de Minas	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	Patos de Minas
Morada Nova de Minas	Centro Local	Divinópolis	Abaeté	Central Mineira	Três Marias
Paineiras	Centro Local	Divinópolis	Abaeté	Central Mineira	Três Marias
Patos de Minas	Centro Sub-Regional A	Patos de Minas	Patos de Minas	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	Patos de Minas
Pompéu	Centro Local	Divinópolis	Dores do Indaiá	Central Mineira	Três Marias
Quartel Geral	Centro Local	Divinópolis	Dores do Indaiá	Central Mineira	Bom Despacho
Rio Paranaíba	Centro Local	Patos de Minas	Patos de Minas	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	Patos de Minas
Santa Rosa da Serra	Centro Local	Uberaba	Araxá	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	Patos de Minas
São Gonçalo do Abaeté	Centro Local	Patos de Minas	Patos de Minas	Noroeste de Minas	Paracatu
São Gotardo	Centro de Zona A	Patos de Minas	Patos de Minas	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	Patos de Minas
Serra da Saudade	Centro Local	Divinópolis	Dores do Indaiá	Central Mineira	Bom Despacho
Tiros	Centro Local	Patos de Minas	Patos de Minas	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	Patos de Minas
Três Marias	Centro Local	Belo Horizonte	Curvelo	Central Mineira	Três Marias



Município	Hierarquia urbana (2018)	Região Geográfica Intermediária (2020)	Região Geográfica Imediata (2020)	Mesorregião (2020)	Microrregião (2020)
Varjão de Minas	Centro Local	Patos de Minas	Patos de Minas	Noroeste de Minas	Paracatu

Fonte: IBGE, Regiões de influência das cidades: 2018 / Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

Tratando especificamente do Saneamento Básico, as informações foram avaliadas e sintetizadas no Quadro 3.15 apresentando dados básicos sobre a existência de políticas de saneamento, PMSBs – Planos Municipais de Saneamento Básico, conselhos e consórcios para atendimento aos serviços municipais.

De uma forma geral, observa-se parte importante dos municípios da região não possui, ainda, seus respectivos PMSBs, a despeito da obrigação legal. Além disso, também não possuem conselhos municipais e nem políticas específicas para ordenamento do saneamento básico.

**Quadro 3.15 – Política, Planos, Conselhos de Saneamento Básico e Consórcios nos municípios da CH SF4.**

Nome	Política Saneamento Básico	PMSB	PMSB Água	PMSB Esgoto	PMSB Resíduos	PMSB Drenagem	Conselho municipal de saneamento	Consórcio Água	Consórcio Esgoto	Consórcio drenagem	Consórcio Resíduos
Abaeté	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim
Arapuá	Não	Não	-	-	-	-	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Biquinhas	Não	Não	-	-	-	-	Não	Não	Não	Não	Não
Carmo do Paranaíba	Não	Não	-	-	-	-	Não	Não	Não	Não	Não
Cedro do Abaeté	Não	Não	-	-	-	-	Não	Não	Não	Não	Sim
Córrego Danta	Não	Não	-	-	-	-	Não	Não	Não	Não	Não
Estrela do Indaiá	Não	Não	-	-	-	-	Não	Não	Não	Não	Não
Felixlândia	Não	Não	-	-	-	-	Não	Não	Não	Não	Sim
Lagoa Formosa	Sim	Em elaboração	-	-	-	-	Sim	Não	Não	Não	Não
Matutina	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
Morada Nova de Minas	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Não
Paineiras	Não	Não	-	-	-	-	Não	Não	Não	Não	Não
Patos de Minas	Não	Não	-	-	-	-	Não	Não	Não	Não	Não
Pompéu	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim
Quartel Geral	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Rio Paranaíba	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Santa Rosa da Serra	Não	Não	-	-	-	-	Não	Não	Não	Não	Não
São Gonçalo do Abaeté	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
São Gotardo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Serra da Saudade	Não	Não	-	-	-	-	Sim	Não	Não	Não	Não
Tiros	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
Três Marias	Em elaboração	Em elaboração	-	-	-	-	Não	Não	Não	Não	Não
Varjão de Minas	Em elaboração	Em elaboração	-	-	-	-	Não	Não	Não	Não	Não

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa de Informações Básicas Municipais 2011.

### 3.5.1 Demografia dos Municípios da Bacia

Para fins de diagnóstico populacional na bacia, foram utilizadas as informações e projeções relativas à população dos municípios que integram a bacia. Posteriormente, no próximo subitem serão apresentadas informações referentes à população inserida dentro da bacia. Essas análises são relevantes para indicar as principais características da bacia referentes à condição atual da população e futura, que refletem de forma direta nos índices de uso da água atual e prognóstico que será tratado em produto mais à frente neste estudo.

Para cálculo das projeções demográficas aplicou-se a metodologia constante da Nota Técnica 01 – Estudos de Demandas/Perdas da Atualização do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água e foram obtidas as projeções populacionais ano a ano até 2050. Dessa forma, foi possível calcular as taxas de crescimento populacional dos municípios da área de estudo, a partir da população de 2010.

Para o cálculo da população na bacia foram considerados os dados dos setores censitários de 2010 com centroide na área, obtendo a estimativa de população na bacia para 2010. Para a projeção populacional para os anos 2020 a 2050 multiplicou-se a população desses setores pela taxa de crescimento obtida anteriormente.

De acordo com projeções baseadas no último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), os municípios abrangidos pela CH SF4 totalizavam, em 2020, 416.334 mil habitantes, correspondendo a cerca de 1,93 % da população do estado de Minas Gerais.

Os municípios inseridos na área de estudo são majoritariamente de pequeno porte (menos de 50.000 habitantes) e, em geral, a população é inferior a 20 mil habitantes (Quadro 3.16). Somente Patos de Minas apresenta população superior a 50.000 habitantes, contando, atualmente, com população próxima de 150.000 habitantes, conforme indicado no mesmo Quadro 3.16.

**Quadro 3.16 – Evolução da população total dos municípios que integram a CH SF4 e projeções até 2050**

Município	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Abaeté	23.502	24.208	24.923	25.456	25.683	25.914	26.149
Arapuá	2.866	2.947	3.029	3.089	3.112	3.135	3.158
Biquinhas	2.523	2.501	2.479	2.437	2.367	2.298	2.232
Carmo do Paranaíba	30.661	31.510	32.368	32.986	33.207	33.429	33.656
Cedro do Abaeté	1.168	1.162	1.155	1.140	1.111	1.082	1.054
Córrego Danta	3.224	3.181	3.139	3.072	2.970	2.871	2.775
Estrela do Indaiá	3.527	3.575	3.624	3.643	3.617	3.592	3.567
Felixlândia	15.551	15.836	15.899	16.007	16.007	15.874	15.493
Lagoa Formosa	17.978	18.256	18.598	18.692	18.639	18.450	18.040
Matutina	3.791	3.857	3.890	3.914	3.891	3.867	3.844
Morada Nova de Minas	9.003	9.140	9.165	9.227	9.211	9.116	8.910
Paineiras	4.507	4.500	4.492	4.448	4.351	4.256	4.163
Patos de Minas	153.958	157.169	157.985	159.089	157.169	156.646	156.472
Pompéu	32.235	32.891	33.047	33.276	33.290	33.297	32.633
Quartel Geral	3.615	3.669	3.687	3.711	3.699	3.663	3.582
Rio Paranaíba	12.472	12.930	13.397	13.773	13.986	14.203	14.426
Santa Rosa da Serra	3.394	3.525	3.658	3.767	3.831	3.898	3.966
São Gonçalo do Abaeté	7.076	7.259	7.321	7.378	7.289	7.289	7.259
São Gotardo	35.913	36.847	37.160	37.446	37.021	36.879	36.844
Serra da Saudade	784	777	772	759	738	718	698
Tiros	6.488	6.364	6.244	6.075	5.839	5.612	5.393
Três Marias	32.785	33.925	34.408	34.744	34.421	34.290	34.237
Varjão de Minas	7.295	7.665	7.859	7.979	7.938	7.918	7.907
<b>Total</b>	<b>416.334</b>	<b>425.721</b>	<b>430.331</b>	<b>434.142</b>	<b>431.428</b>	<b>430.344</b>	<b>428.504</b>

Fonte: Atualização do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água (ANA - em elaboração)

O Quadro 3.16 mostra uma característica relevante de alguns municípios da bacia, que têm a previsão de chegar em 2050 com população inferior à de 2020 como é o caso de Biquinhas, Cedro do Abaeté, Córrego Danta, Felixlândia, Morada Nova de Minas, Paineiras, Quartel Geral, Serra da Saudade e Tiros.

Avaliando-se especificamente a população urbana, foi construído o Quadro 3.17, mostrando as informações de estimativas para os anos de 2020 a 2050 em cada um dos municípios da bacia. De uma forma geral, mostra-se um crescimento constante e uma evolução dos índices de urbanização, passando de um valor médio de 89,5% de população urbana em 2020 para 92,5% em 2050, com crescimento constante com o passar dos anos.

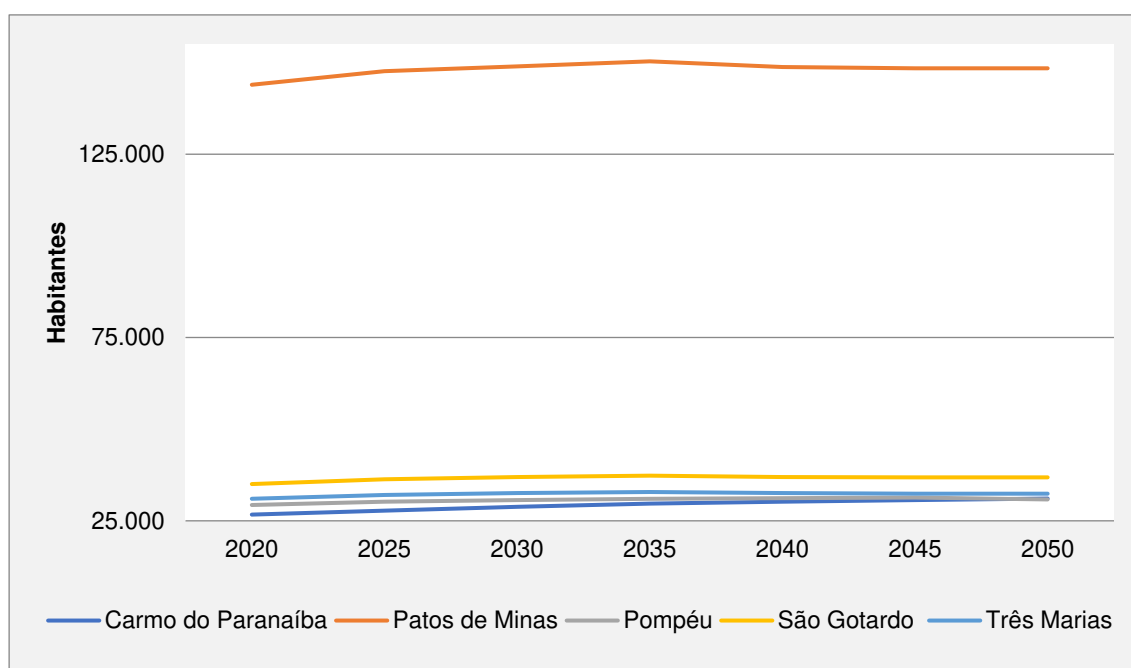
**Quadro 3.17 – Evolução da população urbana nos municípios que integram a CH SF4.**

Município	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Abaeté	20.807	21.623	22.442	23.091	23.455	23.811	24.161
Arapuá	2.379	2.482	2.565	2.622	2.644	2.664	2.684
Biquinhas	1.697	1.743	1.783	1.800	1.787	1.768	1.744
Carmo do Paranaíba	26.698	27.781	28.861	29.714	30.188	30.642	31.079
Cedro do Abaeté	996	991	985	973	948	924	900
Córrego Danta	2.092	2.120	2.147	2.154	2.133	2.109	2.082
Estrela do Indaiá	2.783	2.822	2.859	2.874	2.854	2.834	2.814
Felixlândia	12.618	13.140	13.462	13.794	14.007	14.076	13.896
Lagoa Formosa	14.757	15.253	15.678	15.827	15.816	15.672	15.331
Matutina	2.715	2.762	2.785	2.803	2.786	2.769	2.753
Morada Nova de Minas	7.350	7.614	7.776	7.957	8.058	8.077	7.984
Paineiras	3.730	3.775	3.794	3.769	3.694	3.616	3.539
Patos de Minas	143.946	147.657	148.934	150.337	148.776	148.458	148.417
Pompéu	29.319	30.235	30.633	31.046	31.216	31.344	30.811
Quartel Geral	3.184	3.286	3.340	3.387	3.394	3.371	3.303
Rio Paranaíba	8.800	9.575	10.244	10.740	11.035	11.286	11.512
Santa Rosa da Serra	2.121	2.227	2.338	2.436	2.506	2.579	2.655
São Gonçalo do Abaeté	4.705	4.828	4.869	4.906	4.847	4.847	4.827
São Gotardo	35.031	36.346	36.900	37.318	36.966	36.862	36.844
Serra da Saudade	541	555	570	576	571	565	556
Tiros	4.949	5.023	5.054	5.004	4.868	4.717	4.559
Três Marias	31.019	32.092	32.545	32.860	32.555	32.432	32.381
Varjão de Minas	6.514	6.961	7.203	7.347	7.326	7.316	7.310
<b>Total</b>	<b>370.770</b>	<b>382.913</b>	<b>389.797</b>	<b>395.369</b>	<b>394.470</b>	<b>394.786</b>	<b>394.193</b>

Fonte: Atualização do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água (ANA - em elaboração)



Na Figura 3.5 é possível observar como se dará a projeção da variação da população dos municípios mais populosos da bacia (acima de 25.000 habitantes) de 2020 a 2050 e nota-se a tendência de permanência de população com o passar do tempo. Também nota-se o que a população do município Patos de Minas é destoante em relação aos outros da bacia, ultrapassando os 150 mil habitantes em 2035.



**Figura 3.25 – Evolução da população total dos municípios mais populosos que integram a CH SF4 (2020-2050)**

Fonte: ANA (Em elaboração)

Elaboração: Engecorps, 2021

Na sequência, foi avaliada a taxa de urbanização dos municípios, sendo seus resultados expostos no Quadro 3.18. De uma forma geral, observa-se que a maior parte dos municípios apresenta altas taxas de urbanização, com valores superiores a 80% de população urbana na maior parte dos casos. Destacam-se em termos de urbanização os municípios de Abaeté, Patos de Minas, Pompéu, Quartel Geral, São Gotardo, Três Marias e Varjão de Minas com índices de urbanização próximos ou superiores a 90%. Por outro lado, alguns municípios ainda apresentam altos índices de população rural, destacando Biquinhas, Córrego Danta, Matutina, Rio Paranaíba, Santa Rosa da Serra e Serra da Saudade com valores próximos ou superiores a 30% de população localizada em áreas rurais.

**Quadro 3.18 – Evolução da taxa de urbanização dos municípios da CH SF4.**

Município	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Abaeté	0,89	0,89	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92
Arapuá	0,83	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Biquinhas	0,67	0,70	0,72	0,74	0,76	0,77	0,78
Carmo do Paranaíba	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92
Cedro do Abaeté	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Córrego Danta	0,65	0,67	0,68	0,70	0,72	0,73	0,75
Estrela do Indaiá	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
Felixlândia	0,81	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90
Lagoa Formosa	0,82	0,84	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85
Matutina	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
Morada Nova de Minas	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87	0,89	0,90
Paineiras	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85
Patos de Minas	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95	0,95
Pompéu	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94
Quartel Geral	0,88	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92	0,92
Rio Paranaíba	0,71	0,74	0,76	0,78	0,79	0,79	0,80
Santa Rosa da Serra	0,62	0,63	0,64	0,65	0,65	0,66	0,67
São Gonçalo do Abaeté	0,66	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
São Gotardo	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
Serra da Saudade	0,69	0,71	0,74	0,76	0,77	0,79	0,80
Tiros	0,76	0,79	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85
Três Marias	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Varjão de Minas	0,89	0,91	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92

Fonte: Atualização do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água (ANA - em elaboração)

Considerando especificamente os totais populacionais em área rural, seus resultados são expostos no Quadro 3.19 para os municípios da bacia, considerando o período de 2020 a 2050. Nesse caso, observa-se de forma bastante sensível a redução esperada dos totais populacionais em área rural dos municípios, sendo menos pronunciado em municípios com maiores índices de população rural, já destacados na análise do Quadro 3.18. Os dados totais de população rural nos municípios da bacia mostram uma previsão de redução da ordem de 30% da população rural no período entre 2020 e 2050.

**Quadro 3.19 – Evolução da população rural nos municípios da CH SF4.**

Município	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Abaeté	2.971	2.681	2.573	2.469	2.353	2.217	2.093
Arapuá	687	487	465	463	467	468	471
Biquinhas	991	826	758	696	637	580	530
Carmo do Paranaíba	4.521	3.951	3.718	3.496	3.263	3.010	2.779
Cedro do Abaeté	177	172	171	170	167	163	158
Córrego Danta	1.287	1.118	1.047	979	906	827	753
Estrela do Indaiá	734	739	748	760	763	758	753
Felixlândia	3.165	2.902	2.667	2.411	2.189	1.979	1.779
Lagoa Formosa	4.186	3.215	2.998	2.914	2.860	2.818	2.773
Matutina	1.068	1.076	1.095	1.105	1.111	1.105	1.098
Morada Nova de Minas	1.783	1.638	1.513	1.377	1.259	1.143	1.030
Paineiras	1.019	767	715	689	670	649	631
Patos de Minas	10.921	9.953	9.456	8.998	8.700	8.344	8.140
Pompéu	3.249	2.815	2.565	2.331	2.153	2.003	1.886
Quartel Geral	537	431	383	347	324	306	292
Rio Paranaíba	4.553	3.637	3.323	3.123	3.004	2.922	2.889
Santa Rosa da Serra	1.250	1.272	1.297	1.320	1.330	1.324	1.317
São Gonçalo do Abaeté	2.081	2.354	2.414	2.435	2.454	2.424	2.424
São Gotardo	1.758	883	501	260	128	55	17
Serra da Saudade	288	242	222	202	184	167	153
Tiros	2.036	1.498	1.306	1.159	1.043	946	871
Três Marias	1.470	1.756	1.824	1.854	1.873	1.856	1.849
Varjão de Minas	1.023	774	697	650	626	606	596
<b>TOTAL</b>	<b>53.765</b>	<b>47.207</b>	<b>44.483</b>	<b>42.238</b>	<b>40.500</b>	<b>38.708</b>	<b>37.326</b>

Fonte: Atualização do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água (ANA - em elaboração)

Quanto à densidade demográfica, as projeções para o período 2020-2050 indicam que na maioria dos municípios essa taxa deverá sofrer poucas alterações. Dos municípios cujo território está integralmente inserido na bacia<sup>7</sup>, Biquinhas, Cedro do Abaeté, Morada Nova de Minas, Paineiras e Tiros terão redução da sua densidade demográfica. Dos que não estão integralmente inseridos na bacia, mas possuem sede na mesma, somente Felixlândia terá redução de sua densidade demográfica, conforme projeções indicadas no Quadro 3.20.

<sup>7</sup> Nesta tabela estão indicados por \*

A densidade demográfica é mostrada também de forma espacial na Figura 3.26, mostrando que os maiores índices são concentrados na região sul e sudoeste da CH, em municípios como Patos de Minas, Arapuá

**Quadro 3.20 – Projeção da densidade demográfica nos municípios da CH SF4.**

Município	Área Município (km²)	Sede na SF4	Total 2020	Hab./ km²	Total 2035	Hab./ km²	Total 2050	Hab./ km²
Abaeté*	1.816	Sim	23.300	12,83	25.236	13,90	25.920	14,28
Arapuá*	174	Sim	2.850	16,40	3.071	17,67	3.140	18,07
Biquinhas*	459	Sim	2.519	5,49	2.433	5,31	2.228	4,86
Carmo do Paranaíba	1.307	Não	30.281	23,16	32.567	24,91	33.220	25,41
Cedro do Abaeté*	283	Sim	1.168	4,13	1.140	4,03	1.054	3,72
Córrego Danta	657	Não	3.202	4,87	3.052	4,64	2.759	4,20
Estrela do Indaiá	636	Não	3.512	5,53	3.627	5,71	3.552	5,59
Felixlândia*	1.553	Sim	15.444	9,94	15.900	10,24	15.392	9,91
Lagoa Formosa	841	Não	17.894	21,29	18.602	22,13	17.953	21,36
Matutina*	261	Sim	3.781	14,50	3.904	14,97	3.834	14,70
Morada Nova de Minas*	2.083	Sim	8.919	4,28	9.141	4,39	8.827	4,24
Paineiras*	637	Sim	4.465	7,01	4.408	6,92	4.125	6,48
Patos de Minas	3.190	Não	153.455	48,11	158.573	49,72	155.966	48,90
Pompéu*	2.549	Sim	32.001	12,55	33.058	12,97	32.430	12,72
Quartel Geral	556	Não	3.595	6,47	3.690	6,64	3.561	6,40
Rio Paranaíba	1.352	Não	12.369	9,15	13.662	10,11	14.309	10,59
Santa rosa da serra*	284	Sim	3.374	11,87	3.745	13,18	3.942	13,87
São Gonçalo do Abaeté*	2.691	Sim	7.051	2,62	7.352	2,73	7.234	2,69
São Gotardo*	866	Sim	35.788	41,34	37.312	43,10	36.711	42,40
Serra da Saudade	335	Não	781	2,33	756	2,25	695	2,07
Tiros*	2.090	Sim	6.448	3,08	6.047	2,89	5.371	2,57
Três Marias*	2.676	Sim	32.698	12,22	34.651	12,95	34.146	12,76
Varjão de Minas*	651	Sim	7.257	11,15	7.940	12,19	7.868	12,08
<b>Total</b>	<b>27.946</b>	<b>-</b>	<b>412.151</b>	<b>14,75</b>	<b>429.866</b>	<b>15,38</b>	<b>424.235</b>	<b>15,18</b>

\* Municípios com superfície integralmente na bacia.

Fonte: Atualização do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água (ANA - em elaboração)



**LEGENDA**

- ⊙ Sede municipal
  - ▭ Limite municipal
  - ~ Curso d'água
  - ☁ Massa d'água
  - ⊕ Bacia hidrográfica
- | Densidade demográfica (Hab./km <sup>2</sup> ) |         |
|---|---------|
| <5  | <5      |
| 5 - 15  | 5 - 15  |
| 15 - 30                                       | 15 - 30 |
| 30 - 45                                       | 30 - 45 |
| > 45  | > 45    |

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 3.26 – Densidade demográfica dos municípios no território da CH SF4.**



### 3.5.2 Demografia no Território da Bacia

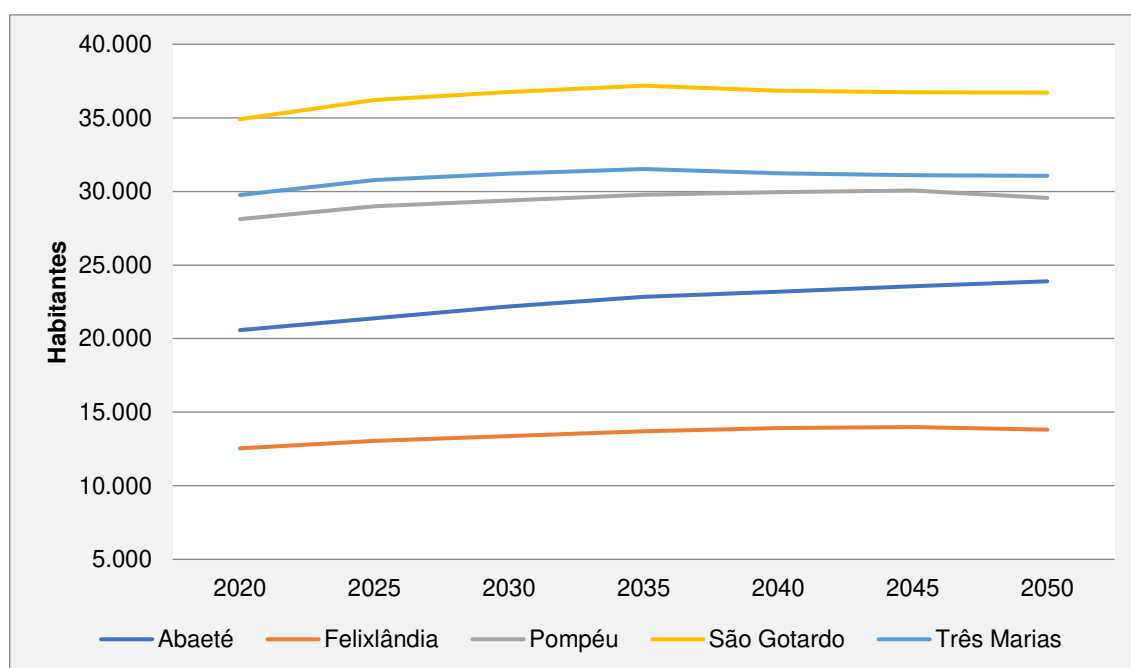
De forma complementar à análise dos municípios que fazem parte da bacia, foi estimada e avaliada a população localizada dentro da bacia. Nesse sentido, a população urbana estimada para a CH SF4 para o ano de 2020 foi de 169.072 habitantes. De maneira semelhante ao que as projeções indicam no caso da população total dos municípios, a população da área específica da CH SF4 deverá atingir seu auge entre 2035 e 2045, com valores da ordem de 181.000 habitantes, mas tende a decrescer a partir desse ano no horizonte em estudo, de acordo com o exposto no Quadro 3.21.

**Quadro 3.21 – Projeção da população urbana no território da bacia.**

Município	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Abaeté	20.577	21.383	22.193	22.836	23.195	23.548	23.894
Arapuá	2.363	2.466	2.548	2.604	2.626	2.646	2.666
Biquinhas	1.693	1.739	1.779	1.796	1.783	1.764	1.740
Carmo do Paranaíba	889	925	961	989	1.005	1.020	1.035
Cedro do Abaeté	996	991	985	973	948	924	900
Córrego Danta	0	0	0	0	0	0	0
Estrela do Indaiá	0	0	0	0	0	0	0
Felixlândia	12.542	13.060	13.380	13.711	13.922	13.991	13.812
Lagoa Formosa	438	453	465	470	470	465	455
Matutina	2.705	2.752	2.775	2.793	2.776	2.759	2.742
Morada Nova de Minas	7.281	7.542	7.703	7.881	7.982	8.001	7.908
Paineiras	3.699	3.743	3.762	3.738	3.663	3.586	3.509
Patos de Minas	2.255	2.313	2.333	2.355	2.331	2.326	2.325
Pompéu	28.120	28.999	29.381	29.777	29.940	30.063	29.551
Quartel Geral	43	44	45	45	45	45	44
Rio Paranaíba	558	607	649	681	700	715	730
Santa Rosa da Serra	2.102	2.208	2.318	2.415	2.485	2.557	2.632
São Gonçalo do Abaeté	4.697	4.820	4.861	4.898	4.839	4.839	4.819
São Gotardo	34.905	36.215	36.767	37.184	36.833	36.730	36.711
Serra da Saudade	0	0	0	0	0	0	0
Tiros	4.949	5.023	5.054	5.004	4.868	4.717	4.559
Três Marias	29.757	30.786	31.221	31.523	31.231	31.112	31.064
Varjão de Minas	6.484	6.929	7.170	7.313	7.293	7.283	7.277
<b>Total na Bacia</b>	<b>169.072</b>	<b>175.023</b>	<b>178.381</b>	<b>181.021</b>	<b>180.973</b>	<b>181.136</b>	<b>180.425</b>

Fonte: Atualização do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água (ANA - em elaboração)

A Figura 3.27 apresenta essa dinâmica nos municípios mais populosos na área urbana dentro do território da bacia, e nota-se um crescimento nos municípios de São Gotardo, Três Marias e Pompéu até 2035 seguidos de uma leve queda, crescimento em Felixlândia seguido de uma constante, e o município de Abaeté é o único entre os mais populosos na bacia com tendência de crescimento até 2050.



**Figura 3.27 – Projeção da população dos municípios mais populosos no território da CH SF4 (2020-2050)**

Fonte: ANA (Em elaboração)  
Elaboração: Engecorps, 2021

Com relação à população rural no território da Bacia, terá decréscimo ao longo dos próximos anos, conforme mostrado no Quadro 3.22. Nesse sentido, tem previsão de redução de mais de 25% ao longo dos próximos 30 anos, até 2050.

**Quadro 3.22 – Projeção da população rural no território da bacia.**

Município	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Abaeté	1.949	1.870	1.795	1.711	1.612	1.521	1.438
Arapuá	487	465	463	467	468	471	474
Biquinhas	826	758	696	637	580	530	488
Carmo do Paranaíba	1.975	1.858	1.748	1.631	1.504	1.389	1.284
Cedro do Abaeté	172	171	170	167	163	158	154
Córrego Danta	0	0	0	0	0	0	0

Município	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Estrela do Indaiá	0	0	0	0	0	0	0
Felixlândia	2.527	2.323	2.100	1.906	1.723	1.549	1.375
Lagoa Formosa	871	812	790	775	763	751	732
Matutina	1.076	1.095	1.105	1.111	1.105	1.098	1.091
Morada Nova de Minas	1.638	1.513	1.377	1.259	1.143	1.030	919
Paineiras	767	715	689	670	649	631	616
Patos de Minas	2.413	2.293	2.182	2.109	2.023	1.974	1.941
Pompéu	1.312	1.195	1.086	1.003	933	879	820
Quartel Geral	97	86	78	73	69	66	63
Rio Paranaíba	213	195	183	176	171	169	169
Santa Rosa da Serra	1.272	1.297	1.320	1.330	1.324	1.317	1.310
São Gonçalo do Abaeté	2.354	2.414	2.435	2.454	2.424	2.424	2.414
São Gotardo	883	501	260	128	55	17	0
Serra da Saudade	0	0	0	0	0	0	0
Tiros	1.498	1.306	1.159	1.043	946	871	812
Três Marias	1.421	1.475	1.499	1.515	1.501	1.495	1.493
Varjão de Minas	774	697	650	626	606	596	591
<b>Total</b>	<b>24.525</b>	<b>23.041</b>	<b>21.785</b>	<b>20.793</b>	<b>19.763</b>	<b>18.937</b>	<b>18.184</b>

Fonte: Atualização do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água (ANA - em elaboração)

### 3.5.3 Economia Regional

#### 3.5.3.1 Produto Interno Bruto e Valor Adicionado Bruto

A análise da economia da bacia inicia-se com a apresentação dos índices referentes ao PIB – Produto Interno Bruto dos municípios inseridos na bacia, sendo seus resultados sintetizados no Quadro 3.23. Os índices totais de PIB da bacia foram estimados em quase 13 bilhões de reais para o ano de 2020.

Os municípios com o maior PIB em 2020 na região São Patos de Minas e Três Marias que, somados, representam 57,5% do PIB desse conjunto de municípios. Por outro lado, Biquinhas, Cedro do Abaeté e Serra da Saudade, apresentam os menores índices totais, sendo sua soma inferior a 1% do total da bacia. No que se refere ao PIB per capita, o destaque é dado para o município de Três Marias, com índice superior a R\$ 80.000 reais anuais per capita, o que pode ser devido à presença de empreendimentos industriais e de mineração na área de produção de zinco e produção de carvão vegetal.

**Quadro 3.23 – PIB dos municípios da bacia para o ano de 2018.**

Municípios	População Total 2020	PIB (mil reais)	PIB per capita (reais)
Abaeté	23.250	494.335	21.261,72
Arapuá	2.835	113.268	39.953,44
Biquinhas	2.498	42.356	16.955,96
Carmo do Paranaíba	30.334	719.903	23.732,54
Cedro do Abaeté	1.157	18.118	15.659,46
Córrego Danta	3.191	144.119	45.164,21
Estrela do Indaiá	3.491	96.656	27.687,20
Felixlândia	15.433	222.534	14.419,36
Lagoa Formosa	18.111	344.443	19.018,44
Matutina	3.741	68.601	18.337,61
Morada Nova de Minas	8.910	311.060	34.911,34
Paineiras	4.462	59.442	13.321,83
Patos de Minas	153.585	4.685.827	30.509,67
Pompéu	32.035	782.138	24.415,11
Quartel Geral	3.584	54.366	15.169,08
Rio Paranaíba	12.335	516.029	41.834,54
Santa Rosa da Serra	3.357	56.891	16.946,98
São Gonçalo do Abaeté	8.459	227.991	26.952,48
São Gotardo	35.782	827.781	23.134,01
Serra da Saudade	776	18.789	24.212,63
Tiros	6.424	197.716	30.777,71
Três Marias	32.716	2.702.820	82.614,62
Varjão de Minas	7.138	149.666	20.967,50
<b>Total dos municípios</b>	<b>413.604</b>	<b>12.854.849</b>	<b>31.080,09</b>

Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA

Avaliando-se a composição setorial desse PIB municipal, tem suas informações expostas no Quadro 3.24, sendo as mais recentes disponíveis até o ano de 2017, incluindo as informações do VAB – Valor Adicionado Bruto. De uma forma geral, observa-se uma predominância dos setores de serviços e administração, sendo poucos casos em que o maior valor de VAB é apresentado em outros setores. Nesse sentido, cabe o destaque para os municípios de Estrela do Indaiá, Morada Nova de Minas e Rio Paranaíba que apresentam maiores índices de VAB para o setor agropecuário, enquanto Três Marias apresenta maior VAB para o setor industrial, característica específica do município, em função da presença de empresas do setor.

**Quadro 3.24 – Composição Setorial do PIB e do VAB dos municípios da bacia**

Município	Produto Interno Bruto a preços correntes (Mil Reais)	Impostos, líquidos de subsídios, sobre produtos a preços correntes (Mil Reais)	Valor adicionado bruto a preços correntes (Mil Reais)			
			Agropecuária	Indústria	Serviços, exclusiva administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social	Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social
Abaeté	494.335	37.636	98.806	58.046	204.695	95.153
Arapuá	113.268	16.606	10.703	29.288	41.385	15.286
Biquinhas	42.356	2.166	11.018	2.552	12.028	14.592
Carmo do Paranaíba	719.903	67.116	114.123	67.971	337.101	133.593
Cedro do Abaeté	18.118	513	2.046	746	4.817	9.995
Córrego Danta	144.119	16.883	26.229	5.688	77.118	18.201
Estrela do Indaiá	96.656	3.549	46.018	4.126	24.554	18.408
Felixlândia	222.534	18.024	51.867	7.892	78.583	66.169
Lagoa Formosa	344.443	22.067	83.030	32.180	124.514	82.653
Matutina	68.601	4.719	13.735	10.973	19.964	19.211
Morada Nova de Minas	311.060	11.080	169.032	14.609	67.597	48.741
Paineiras	59.442	3.248	12.145	2.349	19.933	21.765
Patos de Minas	4.685.827	499.494	238.650	702.033	2.570.570	675.080
Pompéu	782.138	71.379	137.262	127.003	312.911	133.583
Quartel Geral	54.366	2.035	17.553	2.220	13.337	19.221
Rio Paranaíba	516.029	28.652	235.927	33.063	154.989	63.398
Santa Rosa da Serra	56.891	1.711	16.741	3.621	14.942	19.876
São Gonçalo do Abaeté	227.991	19.240	65.799	20.977	86.471	35.504
São Gotardo	827.781	90.553	62.809	71.932	455.228	147.259
Serra da Saudade	18.789	539	3.609	818	4.544	9.280
Tiros	197.716	17.709	54.081	26.976	66.062	32.888
Três Marias	2.702.820	419.404	61.849	1.501.892	561.008	158.667
Varjão de Minas	149.666	5.380	59.479	13.044	39.184	32.580
<b>TOTAL</b>	<b>12.854.849</b>	<b>1.359.703</b>	<b>1.592.511</b>	<b>2.739.999</b>	<b>5.291.535</b>	<b>1.871.103</b>

Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA



### 3.5.3.2 Trabalho e Rendimento

Para esta análise, foi destacado o número de empresas existentes em cada município e o rendimento do trabalho, com informações mais recentes para o ano de 2018, conforme exposto no Quadro 3.25. Em geral, é possível observar que o rendimento assalariado médio na bacia gira em torno de 2 salários mínimos, com grande homogeneidade na bacia, com valores médios variando entre 1,6 e 2,3.

**Quadro 3.25 – Trabalho e Rendimento na Bacia.**

Município	Nº de Empresas (2018)	Pessoal Ocupado (2018)	% População ocupada (2018)	Salário médio mensal 2018 (Nº de salários mínimos)
Abaeté	652	4.419	19%	1,9
Arapuá	63	641	23%	2,0
Biquinhas	70	379	15%	1,7
Carmo do Paranaíba	823	5.043	17%	2,0
Cedro do Abaeté	18	186	16%	1,8
Córrego Danta	74	613	19%	1,8
Estrela do Indaiá	68	403	11%	1,7
Felixlândia	295	2.061	14%	2,1
Lagoa Formosa	358	3.023	17%	1,9
Matutina	78	530	14%	1,6
Morada Nova de Minas	223	2.216	25%	1,7
Paineiras	117	569	13%	1,6
Patos de Minas	5.731	46.662	31%	2,2
Pompéu	894	5.999	19%	2,1
Quartel Geral	53	386	11%	1,6
Rio Paranaíba	358	2.827	23%	2,2
Santa Rosa da Serra	43	377	11%	1,8
São Gonçalo do Abaeté	164	1.622	23%	1,8
São Gotardo	1.148	8.372	24%	2,1
Serra da Saudade	11	190	24%	1,7
Tiros	149	934	14%	2,2
Três Marias	877	6.624	21%	2,3
Varjão de Minas	138	865	12%	1,8

Fonte: IBGE, Cadastro Central de Empresas 2018. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

### 3.5.3.3 Agropecuária e Extração Vegetal

Para esta análise, foram buscadas e sistematizadas informações referentes aos estabelecimentos agrícolas e tipo de produção na bacia, conforme disposto no Quadro 3.26. O total de estabelecimentos com cultivo na bacia foi de pouco menos de 18 mil, com destaque para os municípios de Carmo do Paranaíba, Lagoa Formosa, Patos de Minas, Rio Paranaíba e Tiros, com mais de 1.000 cada. A maior parte dos estabelecimentos tem plantio de lavouras temporárias em relação às permanentes.

Na sequência, o Quadro 3.27 apresenta os principais cultivos por município na bacia, destacando o volume de produção em toneladas por ano. Os principais produtos identificados na bacia quanto à produção agrícola foram cana-de-açúcar e milho forrageiro, com produções acima de um milhão de toneladas por ano de cada. Dentre os municípios da bacia, o destaque é dado para Pompéu no caso da cana-de-açúcar e Carmo do Paranaíba, Lagoa Formosa, Patos de Minas para a produção de milho.

**Quadro 3.26 – Estabelecimentos agropecuários conforme tipo de produção – 2017.**

Município	Número de estabelecimentos agropecuários	Lavouras – permanentes	Lavouras temporárias	Lavouras – área para cultivo de flores	Pastagens – naturais	Pastagens – plantadas em boas condições	Pastagens – plantadas em más condições	Matas ou florestas – matas ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal	Matas ou florestas naturais	Matas ou florestas plantadas	Sistemas agroflorestais - área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastoreio por animais
Abaeté	983	51	601	3	321	852	218	706	143	132	65
Arapuá	408	64	130	-	107	342	26	36	4	-	5
Biquinhas	484	136	232	-	233	434	142	298	-	27	6
Carmo do Paranaíba	1.544	329	547	2	491	964	105	686	9	42	4
Cedro do Abaeté	124	-	2	-	102	112	105	4	-	-	2
Córrego Danta	658	253	211	2	360	488	46	513	7	181	65
Estrela do Indaiá	442	39	96	1	160	322	12	277	3	14	3
Felixlândia	602	182	382	2	306	428	33	394	9	30	22
Lagoa Formosa	1.464	203	795	2	862	615	100	1.009	18	37	54
Matutina	404	32	68	1	46	363	11	337	1	8	3
Morada Nova de Minas	496	32	168	-	155	361	105	401	7	31	22
Paineiras	476	33	334	-	82	419	30	370	9	30	6
Patos de Minas	3.779	377	1.764	21	1.515	2.272	371	2.548	72	127	213
Pompéu	815	79	593	1	210	704	55	489	69	165	26
Quartel Geral	368	17	135	-	109	319	19	254	10	19	2
Rio Paranaíba	1.080	328	478	1	283	699	38	819	27	16	19
Santa Rosa da Serra	426	355	41	1	135	199	52	331	3	50	2
São Gonçalo do Abaeté	396	33	169	1	223	323	110	339	23	43	27
São Gotardo	998	231	354	7	132	739	131	831	28	34	8

Município	Número de estabelecimentos agropecuários	Lavouras – permanentes	Lavouras temporárias	Lavouras – área para cultivo de flores	Pastagens – naturais	Pastagens – plantadas em boas condições	Pastagens – pastagens plantadas em más condições	Matas ou florestas – matas ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal	Matas ou florestas naturais	Matas ou florestas plantadas	Sistemas agroflorestais - área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastoreio por animais
Serra da Saudade	156	4	13	-	139	144	83	127	2	1	1
Tiros	1.110	68	352	4	465	942	71	954	21	32	18
Três Marias	348	37	187	5	268	181	84	256	66	37	73
Varjão de Minas	323	105	197	-	138	223	15	164	8	16	4
<b>TOTAL</b>	<b>17.884</b>	<b>2.988</b>	<b>7.849</b>	<b>54</b>	<b>6.842</b>	<b>12.445</b>	<b>1.962</b>	<b>12.143</b>	<b>539</b>	<b>1.072</b>	<b>650</b>

Fonte: IBGE - Censo Agropecuário – 2017

**Quadro 3.27 – Principais cultivos agrícolas por volume de produção (tonelada por ano)**

Município	Cana-de-açúcar	Milho em grão	Forrageiras para corte	Cana forrageira	Milho forrageiro
Abaeté	-	8.512	6.946	50.543	58.735
Arapuá	996	-	-	-	20.762
Biquinhas	0	165	755	15.384	9.628
Carmo do Paranaíba	20.873	530	17.694	2.515	260.575
Cedro do Abaeté	-	155	468	-	-
Córrego Danta	2.111	5.799	580	2.670	15.910
Estrela do Indaiá	249	58.122	1.694	6.489	12.020
Felixlândia	-	4.805	2.259	5.930	13.415
Lagoa Formosa	1.504	231	19.038	1.344	323.232
Matutina	274	-	38	73	12.256
Morada Nova de Minas	-	528	15.235	16.141	22.679
Paineiras	-	3.385	700	16.726	10.614
Patos de Minas	10.526	17.063	83.419	7.863	557.097
Pompéu	-	980.915	17.323	111.388	137.897
Quartel Geral	-	-	56	9.427	13.178
Rio Paranaíba	16.396	1.099	69.517	93	135.216
Santa Rosa da Serra	4.329	1.838	746	-	-
São Gonçalo do Abaeté	60	2.189	22.404	3.622	11.077
São Gotardo	2.295	6.825	13.786	1.529	76.061
Serra da Saudade	-	-	-	3.286	4.378
Tiros	2.826	510	10.270	1.528	137.632
Três Marias	-	3.914	4.839	1.294	11.156
Varjão de Minas	3.038	1.952	18.075	1.706	18.214
<b>TOTAL</b>	<b>65.477</b>	<b>1.098.537</b>	<b>305.842</b>	<b>65.477</b>	<b>1.861.732</b>

Fonte: IBGE - Censo Agropecuário – 2017

A região também possui relevante produção pecuária, cujos rebanhos estão indicados no Quadro 3.28. Nesse caso, destaca-se o município de Patos de Minas, seguido por Carmo do Paranaíba quanto à bovinocultura. Em relação ao efetivo de suínos, o destaque é para Patos de Minas e Varjão de Minas que, juntos, possuem mais de 80% do rebanho total dos municípios da bacia. Tratando do efetivo de aves, Patos de Minas também tem destaque, nesse caso junto com Carmo do Paranaíba, com mais de 40% do efetivo dos municípios da bacia.



**Quadro 3.28 – Efetivo dos principais rebanhos da bacia.**

Município	Bovinos	Bubalinos	Equinos	Asininos	Muares	Caprinos	Ovinos	Suínos	Galinhas, galos, frangas, frangos e pintos
Abaeté	96.693	-	2.339	11	100	-	170	2.927	38.390
Arapuá	16.006	-	472	-	3	29	-	814	8.811
Biquinhas	22.666	-	794	-	21	-	-	2.010	19.553
Carmo do Paranaíba	115.445	-	1.619	6	109	39	104	34.476	118.308
Cedro do Abaeté	10.038	-	349	5	58	-	-	390	2.329
Córrego Danta	34.583	2.042	1.507	-	68	-	106	3.846	21.472
Estrela do Indaiá	44.279	333	1.316	-	97	-	675	1.107	18.069
Felixlândia	44.492	-	1.303	6	97	-	-	1.979	29.342
Lagoa Formosa	77.091	-	1.248	5	59	-	-	10.032	40.706
Matutina	23.413	-	569	-	24	-	-	1.061	13.381
Morada Nova de Minas	40.924	-	1.388	3	49	-	55	19.817	16.610
Paineiras	35.215	-	953	-	41	-	44	2.375	17.475
Patos de Minas	201.831	-	4.634	31	219	294	623	235.037	212.903
Pompéu	97.958	-	1.445	-	88	19	-	2.207	48.032
Quartel Geral	28.844	-	772	-	16	20	147	474	10.046
Rio Paranaíba	58.345	-	1.203	9	36	20	49	3.482	37.828
Santa Rosa da Serra	10.741	-	300	-	13	-	-	530	6.491
São Gonçalo do Abaeté	35.109	-	1.044	8	92	23	235	3.996	18.000
São Gotardo	50.130	117	1.628	-	95	-	108	1.860	41.773
Serra da Saudade	20.820	220	621	-	76	-	-	1.688	5.376
Tiros	71.712	-	1.616	3	71	19	72	4.046	31.213
Três Marias	27.616	-	926	5	63	43	-	1.564	16.023
Varjão de Minas	26.858	-	786	64	124	-	93	232.386	14.166
<b>Total</b>	<b>1.190.809</b>	<b>2.712</b>	<b>28.832</b>	<b>156</b>	<b>1.619</b>	<b>506</b>	<b>2.481</b>	<b>568.104</b>	<b>786.297</b>

Fonte: IBGE – Censo Agropecuário – 2017

### 3.6 DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A crescente demanda de uso da água, seja para o abastecimento público, agrícola ou industrial, além da qualidade da água superficial e subterrânea disponível, estão diretamente relacionadas à mudança de uso e ocupação do solo. Já é reconhecido que diversos problemas de água têm sua origem nos usos do solo ou atividades relacionadas, assim é essencial conectar o planejamento do uso do solo ao dos recursos hídricos (MITCHELL, 2005).

Acompanhar as mudanças nos usos e ocupações do solo das áreas da bacia hidrográfica significa uma importante ferramenta de controle sobre a gestão dos recursos hídricos. A detecção de mudanças de uso e ocupação de solo é chave para diagnosticar novas demandas hídricas, pois esta técnica consiste no processo de identificação das diferenças no estado dos objetos ou dos fenômenos observados em diferentes tempos (SINGH, 1989).

Nesse contexto, o sensoriamento remoto tornou-se uma valiosa fonte de informações sobre as mudanças do uso de solo, pois permite a coleta periódica de dados da realidade à distância de forma sinótica.

Diante disso, para entender as mudanças do uso e ocupação do solo na CH SF4 é imprescindível conhecer sua situação atual, bem como identificar as modificações ocorridas na paisagem ao longo dos últimos 20 anos, tornando possível identificar as alterações ocorridas e entender as tendências de expansão e dinâmica de uso do solo num cenário futuro.

### **3.6.1 Metodologia**

A análise temporal da paisagem requer insumos da mesma base e com a mesma precisão e em função disso, optou-se por usar os mapas de uso do solo oriundos do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomas) que possui, entre seus objetivos, produzir e disponibilizar mapas regulares de uso do solo do território nacional.

O MapBiomas utiliza como base primária as imagens históricas dos satélites da família Landsat e utiliza metodologia de classificação baseada em extensivos algoritmos de aprendizagem de máquina (machine learning) através da plataforma Google Earth Engine que oferece imensa capacidade de processamento na nuvem, e atua no nível do pixel com múltiplas camadas de informação, incluindo as bandas disponíveis e os índices que podem ser gerados com elas (MAPBIOMAS). Além disso, utiliza uma estratégia setorizada, sob a qual as regiões homogêneas de um dado bioma são identificadas e classificadas separadamente.

Ao final, os mapas produzidos são entregues com alta acurácia global (74,8% para o nível 3, mais detalhado, no bioma Cerrado e 85,8% no bioma Mata Atlântica), o que é

considerado bastante elevado, dada a compatibilidade com escalas entre 1:50.000 e 1:100.000 e abrangência histórica entre 1985 e 2019.

Assim, para apresentar a dinâmica de uso e ocupação do solo na CH SF4 foi realizada uma operação de mosaico e recorte para os mapas dos biomas Cerrado e Mata Atlântica de 2000, 2010 e 2019 para a área de estudo. E na sequência, uma vez que estes mapas compartilham da mesma matriz, realizou-se uma tabulação cruzada, tendo como resultado a matriz de transição que, em linhas gerais apresenta quais foram as mudanças observadas no período e quais foram as classes afetadas.

No item 3.6.2 é descrita a situação atual do Uso e Ocupação do Solo, considerando o mapeamento de 2019, ao passo que no item 3.6.3, é realizado um estudo das transições ocorridas no período de 2000, 2010 e 2019, identificando os principais vetores de alterações na paisagem.

Optou-se por manter a chave de interpretação utilizada no Mapbiomas, a saber: Infraestrutura Urbana, Outras Áreas Não-Plantadas, Formação Florestal, Formação Savânica, Formação Campestre, Massa d'água, Pastagem, Lavoura Permanente, Cana-de-açúcar, Soja, Outras Lavouras Temporárias e Floresta

### **3.6.2 Situação Atual**

A CH SF4 está inserida onde originalmente havia os domínios dos biomas Cerrado e Mata Atlântica e suas áreas de transição, se estendendo por 18.654,7 km<sup>2</sup>. Hoje essa região está fortemente antropizada, diretamente relacionada ao processo histórico de ocupação, sendo que ainda resta 32,4% da cobertura original. Quando comparado aos 32,9% de remanescente de cobertura vegetal nativa do Estado de Minas Gerais<sup>8</sup>, pode-se dizer que a CH SF4 está na média estadual.

O Quadro 3.29 apresenta a área de cobertura vegetal remanescente na CH SF4, bem como as demais classes de uso e ocupação do solo de acordo com o mapeamento

---

<sup>8</sup> de acordo com Mapa da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais (estudo elaborado pelo Instituto Estadual de Florestas em parceria com a Universidade Federal de Lavras em 2009), com dados atualizados em 2019 (Carvalho, et. al, 2008)

do MapBiomias no ano de 2019. E a Figura 3.28 mostra a distribuição espacial desses tipos de uso.

**Quadro 3.29 – Uso e Ocupação do Solo Atual**

Classes de Uso e Ocupação	2019	
	km <sup>2</sup>	%
Infraestrutura Urbana	39,5	0,2%
Cana-de-açúcar	51,9	0,3%
Soja	154,5	0,8%
Outras Lavouras Temporárias	270,1	1,4%
Lavoura Perene	101,6	0,5%
Pastagem	10.113,0	54,2%
Floresta Plantada	1.186,4	6,4%
Outras Áreas Não-Vegetadas	58,9	0,3%
Formação Florestal	1.734,4	9,3%
Formação Savânica	2.922,2	15,7%
Formação Campestre	1.381,4	7,4%
Massa d'água	640,8	3,4%
<b>Total</b>	<b>18.654,7</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Projeto MapBiomias

Elaboração: Engecorps, 2021

Apesar de ter uma área significativa ainda recoberta por vegetação, 6.038 km<sup>2</sup> (32,4%), entre formações Florestais (9,3%), Savânicas (15,7%) e Campestres (7,4%), segundo o mapeamento de 2019 do MapBiomias, estes remanescentes não estão distribuídos de forma homogênea. É importante frisar que as matas estão fortemente fragmentadas, muitas vezes restritas às matas ciliares, e em áreas de maiores declividades, tal como pode ser observado na Figura 3.28, sobretudo na porção central e nordeste da SF4.







A classe de uso do solo que mais se destaca é a pastagem, que ocupa 10.113 km<sup>2</sup>, 54,2% da área total da SF4 distribuída por toda a bacia, estando mais presente no setor oeste, nos municípios de Varjão de Minas, Patos de Minas, Lagoa Formosa, Carmo do Paranaíba e Arapuá, e no setor central da bacia, nos municípios de Abaeté, Paineiras e Biquinhas. Esse tipo de uso está relacionado à produção pecuária dessa região.

As Florestas Plantadas, correspondentes à silvicultura, compreendem uma área de 1.186,4 km<sup>2</sup>, ou 6,4% da área total da bacia, localizadas preferencialmente no setor leste da SF4, dentro de um arco de até 45 km de distância do espelho d'água do reservatório de Três Marias. São compostas por florestas de eucaliptos e pinus para a produção de carvão vegetal em indústrias locais. Vale mencionar que a silvicultura local está atrelada ao intenso uso de produtos fitossanitários, bem como o próprio impacto no solo inerente as práticas de monocultura de espécies como o Eucalipto.

A agricultura responde por 3,1% da área total da SF4, concentrada principalmente na sua porção oeste e no entorno do reservatório de Três Marias, com destaque para o cultivo da soja, milho, cana-de-açúcar e as lavouras perenes como o café.

A Soja responde por 154,5 km<sup>2</sup> (0,8%) da CH SF4, e se concentra em duas áreas distintas: no setor leste, no entorno do reservatório Três Marias, no município de Morada Nova de Minas, e no setor oeste, nos terrenos mais elevados, principalmente nos municípios de Rio Paranaíba, São Gotardo e Varjão de Minas. É importante destacar que nessa classe estão as áreas irrigadas por pivô central próximos ao reservatório.

Atualmente o cultivo da Cana-de-Açúcar nesta região responde por apenas 51,9 km<sup>2</sup> (0,3%), estando concentrada nos municípios de Pompeu, localizado na porção sudeste da CH SF4, além de Varjão de Minas e Patos de Minas, a noroeste. De forma geral, ocupam locais com relevo menos movimentado onde as condições para o plantio e sua mecanização são mais adequadas.

As “Lavouras Perenes”, e “Outras Lavouras Temporárias”, aqui representadas especialmente pelo cultivo do café e do milho (IBGE, 2017), respectivamente, compreendem juntas 1,9% da área total da bacia (371,7 km<sup>2</sup>), mais concentradas no

setor oeste da bacia, próximos aos divisores de água, principalmente nos municípios de Carmo do Paranaíba e Varjão de Minas, e na porção central no município de Tiros.

De acordo com o mapeamento de áreas irrigadas por pivôs centrais da ANA (ANA, 2021) atualizada para o ano de 2019, mesmo ano do mapa de uso do solo utilizado neste estudo, constatou-se a existência de 149 km<sup>2</sup> irrigadas por esta técnica nos limites da CH SF4, o que representa um aumento de 120% em relação aos 67,5 km<sup>2</sup> existentes nessa área em 2000.

Esse conjunto de pivôs centrais irriga principalmente culturas de soja, especialmente quando localizadas ao redor do reservatório, e outras culturas temporárias. É importante destacar que cerca da metade da área irrigada está localizada ao redor do reservatório de Três Marias, principalmente nos municípios de Morada Nova de Minas e Três Marias, e no setor oeste, principalmente nos municípios de São Gotardo, Rio Paranaíba e Varjão de Minas.

De acordo com Rodrigues *et.al.* (2001 *apud* COSTA, 2006) o uso desse método de irrigação vem crescendo no Brasil, sobretudo nas regiões sudeste e centro-oeste, devido à uniformidade da distribuição de água pelas culturas, com controle da quantidade de água utilizada e menor dispêndio de mão-de-obra. Quando o sistema é bem dimensionado e regulado, pode resultar em um impacto menor nos cursos de água, tanto por utilizar comparativamente menos água que outros sistemas de irrigação, como por ter maior controle da lâmina d'água, o que ajuda a evitar ou diminuir o carreamento de sedimentos e agrotóxicos para a rede de drenagem.

Por sua vez, a “Área Urbanizada” responde por apenas 39,5 km<sup>2</sup> da bacia (0,2%), e estão vinculadas principalmente às sedes municipais, sobretudo as correspondentes aos municípios de São Gotardo, Abaeté, Pompeu, Morada Nova de Minas e Três Marias, que são os municípios mais populosos dessa bacia. Juntos estes municípios, respondem por cerca de 32% do total da população da CH SF4. Vale ressaltar que Patos de Minas, apesar de ser o maior município em termos territoriais e populacionais, tem sua área urbana fora do limite da bacia.

### 3.6.3 Dinâmica e Tendências do Uso do Solo – Últimos 20 anos

O estudo da dinâmica das paisagens permite analisar as transformações do meio físico bem como das atividades humanas ao longo do tempo em uma determinada área, podendo ser compreendidas como interpretações de momentos em uma paisagem dentro de uma escala temporal, visando auxiliar os agentes de planejamento a compreender a dinâmica da área e os problemas ambientais consequentes. Nesse sentido, esta análise demonstra-se fundamental na medida em que permite reconhecer tendências de expansão antrópicas que podem ser vistas como vetores de transformação da disponibilidade e qualidade da água na SF4.

Para isso, foram utilizados os mapeamentos de 2000, 2010 e 2019 do Projeto MapBiomias a fim de possibilitar a análise dos fatores de pressão identificados na bacia. De acordo com a análise comparativa entre esses mapeamentos verifica-se que alterações significativas ocorreram no uso e ocupação da SF4 ao longo do período analisado.

O Quadro 3.30 mostra as áreas ocupadas por cada uma das classes de uso e ocupação do solo em três momentos, 2000, 2010 e 2019 e a diferença de área para cada período, o que permite avaliar quais foram os principais ganhos e perdas ao longo dessas quase duas décadas.

**Quadro 3.30 – Dinâmica de Uso e Ocupação do Solo.**

Classe de Uso e Ocupação do Solo	2000 (km <sup>2</sup> )	2010 (km <sup>2</sup> )	2019 (km <sup>2</sup> )	Diferença de área 2000 a 2010 (km <sup>2</sup> )	Diferença de área 2010 a 2019 (km <sup>2</sup> )
Infraestrutura Urbana	24,4	32,1	39,5	7,8	7,4
Cana-de-açúcar	0,1	11,6	51,9	11,5	40,3
Soja	6,9	78,9	154,5	72,0	75,6
Outras Lavouras Temporárias	121,4	184,9	270,1	63,5	85,2
Lavoura Perene	1,0	46,3	101,6	45,3	55,3
Pastagem	10.141,0	9.370,8	10.113,0	-770,3	742,3
Floresta Plantada	387,5	957,2	1.186,4	569,7	229,2
Outras Áreas Não-Vegetadas	28,9	24,2	58,9	-4,7	34,8
Formação Florestal	1.887,1	1.854,2	1.734,4	-32,9	-119,8
Formação Savânica	3.480,0	3.421,7	2.922,2	-58,3	-499,5
Formação Campestre	1.758,6	1.739,6	1.381,4	-19,0	-358,2
Massa d'água	817,8	933,2	640,8	115,4	-292,5
<b>Total</b>	<b>18.654,7</b>	<b>18.654,7</b>	<b>18.654,7</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Fonte: Projeto MapBiomias

Elaboração: Engecorps, 2021

Dentre as dinâmicas observadas no período completo, entre 2000 e 2019, a que merece maior atenção é o avanço significativo das áreas destinadas às Florestas Plantadas (silviculturas de pinus e eucaliptos), que passou de 387,5 km<sup>2</sup> no ano de 2000, para 957,2 km<sup>2</sup> em 2010 e 1.186,4 km<sup>2</sup> em 2019, registrando um crescimento total de 206%. Esse resultado corrobora os dados da Pesquisa de Produção da Extração Vegetal e Silvicultura (PEVS) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Por outro lado, as Formações Savânica e Campestre perderam um total de 77,3 km<sup>2</sup> no período de 2000 a 2010 e depois em um ritmo mais acelerado no período de 2010 a 2019, quando houve uma redução de 857,7 km<sup>2</sup> da área de abrangência dessas classes. Somados os dois períodos, houve uma perda de 17% da área de Formações Savânica e Campestre entre 2000 e 2019.

A Formação Florestal, também apresentou uma redução significativa de área, com perdas de 32,9 km<sup>2</sup> no período de 2000 a 2010 e 119,8 km<sup>2</sup> no período de 2010 a 2019, o que representa uma redução total de 8,1% da área existente em relação à 2000.

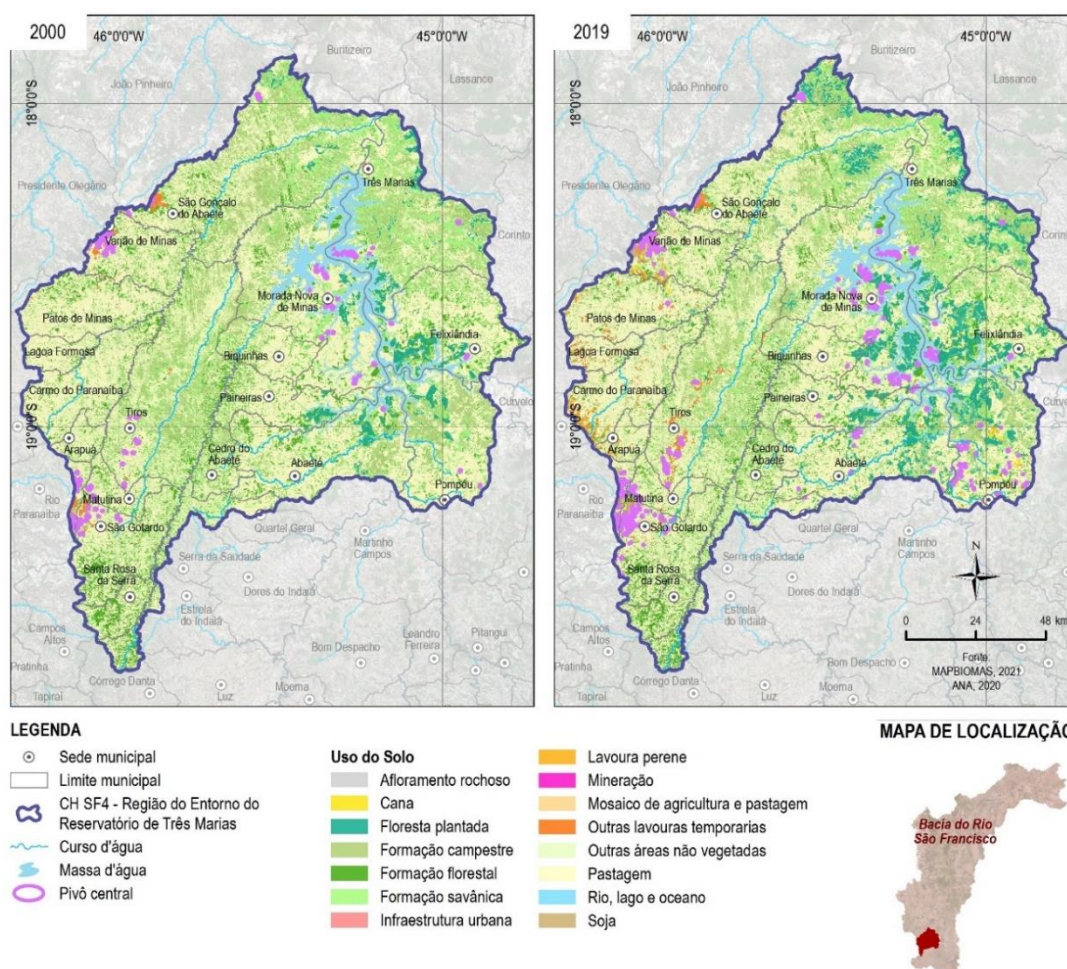
Embora tenham áreas menos expressivas quando considerada a área total, é possível verificar a chegada e o crescimento de algumas culturas agrícolas na CH SF4, como a soja, que saltou de 6,9 km<sup>2</sup> em 2000 para 154,5 km<sup>2</sup> em 2019, e a cana-de-açúcar, que passou de uma área insignificante em 2000 para 51,9 km<sup>2</sup> em 2019.

Outras Lavouras Temporárias, como milho, sorgo, algodão e feijão, também têm produções significativas, principalmente nos municípios de Varjão de Minas, Patos de Minas, São Gotardo e Tiros, segundo a Pesquisa Agropecuária Municipal (IBGE, 2019).

Quanto às lavouras perenes, observa-se que passaram de 1 km<sup>2</sup> em 2000 para 101,6 km<sup>2</sup>, destacando-se principalmente as extensas produções de café em Patos de Minas, Rio Paranaíba, Varjão de Minas, Carmo do Paranaíba e Tiros, localizados no setor oeste da bacia.

As áreas ocupadas por pastagem oscilaram bastante nesse período, perdendo 770,3 km<sup>2</sup> no período de 2000 a 2010 e recuperando 742,3 km<sup>2</sup> no período seguinte, entre 2010 e 2019, terminando esse período de 19 anos quase com a mesma área ocupada. Essa forte oscilação observada pode ser explicada, entre outros fatores, pela oscilação do espelho d'água do reservatório (que ao ganhar volume ocupa áreas cobertas por pastagens) e pelos ciclos de determinadas culturas vegetais, dentre elas a Silvicultura, que após o corte das árvores passa por um período de descanso, em que o solo permanece exposto.

A Figura 3.29 apresenta os mapas de uso e ocupação do solo da CH SF4 para anos de 2000 e 2019, onde é possível verificar a dinâmica da paisagem, principalmente, o crescimento das classes de Florestas Plantadas e Lavouras Temporárias (incluindo Soja e Cana-de-açúcar) em detrimento das classes Florestais e Pastagem.



**Figura 3.29 – Dinâmica de Uso e Ocupação do Solo na CH SF4 entre 2000 e 2019.**



Conforme mencionado anteriormente, a tabulação cruzada entre os mapas permite verificar diretamente quais foram as classes afetadas na variação das áreas na paisagem, em outras palavras, identificar as atividades do ano 2000 que cederam espaço para acomodar os usos existentes em 2019.

Para esta análise foi considerada como classe de origem o ano de 2000 e classe de destino o ano de 2019, reconhecendo que os usos intermediários, que ocorreram em 2010, não afetam o resultado.

Com isso, o Quadro 3.31 apresenta a matriz simplificada de transição para este período (entre 2000 e 2019) para as classes com alteração superior a 10 km<sup>2</sup>. Assim, a primeira coluna apresenta a classe de origem, ou seja, a classe a que um dado grupo de pixels foi classificado no ano de 2000, a segunda coluna indica a classe de destino, ou seja, a classe a que esse grupo de pixels foi classificado em 2019, a terceira coluna indica a área afetada e na última coluna a variação que essa transição corresponde em relação à área total.

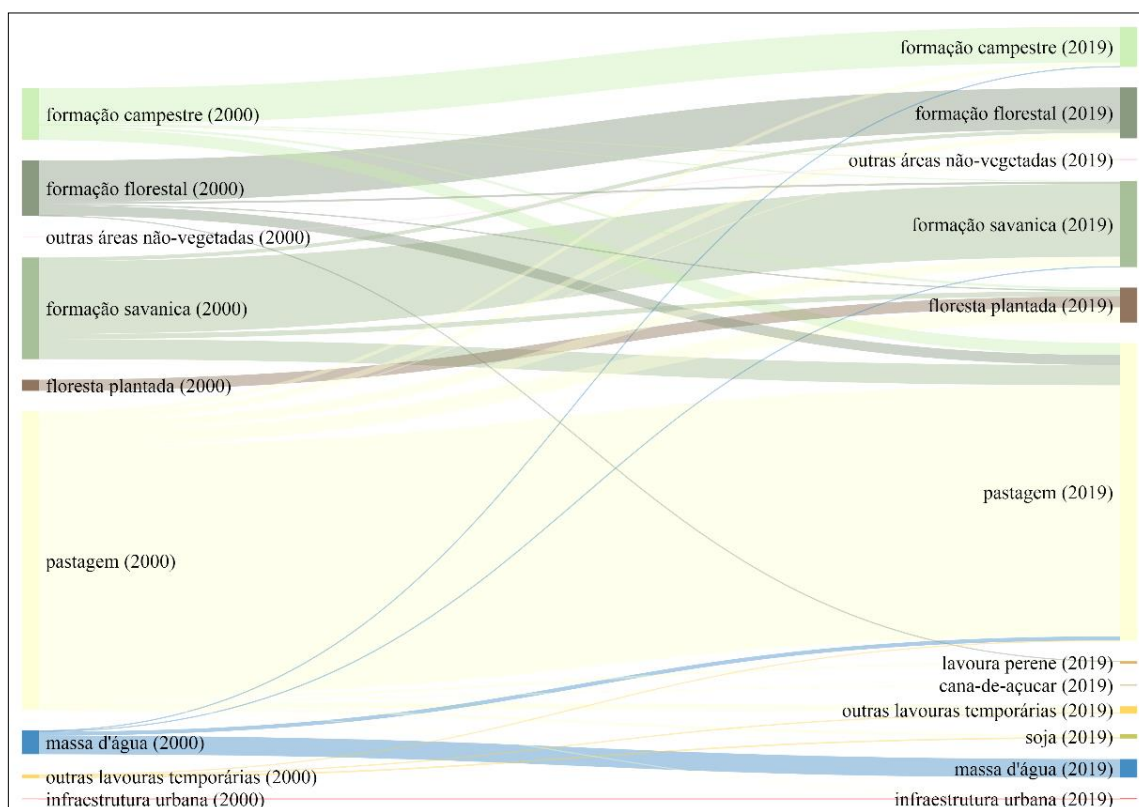
**Quadro 3.31 – Matriz de Transição dos Mapas de Uso do Solo (2000 a 2019).**

Classe 2000 (origem)	Classe 2019 (destino)	km <sup>2</sup>	Variação
pastagem	floresta plantada	517,6	2,8%
pastagem	formação savanica	335,0	1,8%
pastagem	outras lavouras temporárias	209,9	1,1%
pastagem	formação florestal	189,2	1,0%
pastagem	formação campestre	125,7	0,7%
pastagem	soja	89,6	0,5%
pastagem	lavoura perene	77,2	0,4%
pastagem	cana-de-açúcar	43,7	0,2%
pastagem	outras áreas não-vegetadas	13,8	0,1%
pastagem	infraestrutura urbana	12,3	0,1%
outras lavouras temporárias	soja	54,7	0,3%
outras lavouras temporárias	pastagem	10,0	0,1%
massa d'água	pastagem	135,6	0,7%
massa d'água	formação campestre	23,3	0,1%
massa d'água	formação savanica	20,0	0,1%
formação savanica	pastagem	683,9	3,6%
formação savanica	floresta plantada	171,1	0,9%
formação savanica	formação florestal	125,9	0,7%
formação florestal	pastagem	343,6	1,8%
formação florestal	formação savanica	66,5	0,4%
formação florestal	floresta plantada	44,9	0,2%

Classe 2000 (origem)	Classe 2019 (destino)	km²	Varição
formação florestal	lavoura perene	13,9	0,1%
formação campestre	pastagem	409,8	2,2%
formação campestre	floresta plantada	77,1	0,4%
formação campestre	outras áreas não-vegetadas	26,3	0,1%
formação campestre	formação savanica	25,0	0,1%

Fonte: Projeto MapBiomias  
Elaboração: Engecorps, 2019

Além da matriz de transição apresentada no Quadro 3.31, os resultados também são exibidos através do diagrama de Sankey apresentado na Figura 3.30, que permite visualizar mais claramente como ocorreram as transições e quais foram mais significativas.

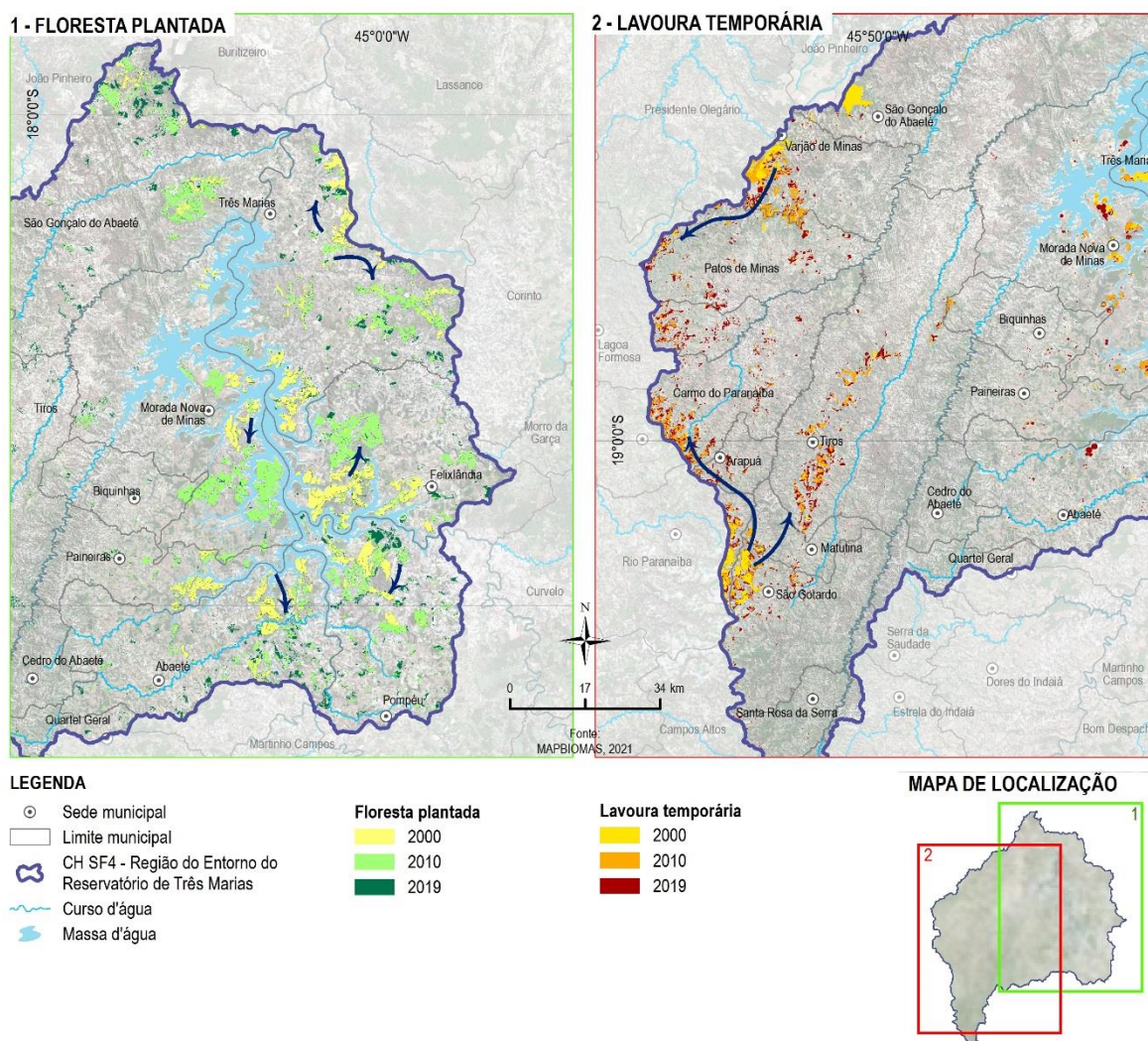


**Figura 3.30 – Dinâmica do Uso e Ocupação do Solo na SF4 período 2000 a 2019.**

Com base nesses dados e na comparação visual entre os mapas apresentados é possível verificar que a Pastagem foi a principal classe a ceder área para o avanço da Floresta Plantada, bem como para as demais atividades agrícolas. Em contrapartida,

as áreas que deixaram de ser ocupadas por vegetal natural (pelas formações Florestal, Campestre ou Savânica) deram lugar às pastagens. Esse resultado sugere uma dinâmica para esta paisagem que consiste na transição das vegetações naturais por pastagens para posteriormente serem ocupadas por atividades agrícolas.

Como é possível observar na Figura 3.31, os vetores de expansão das Florestas Plantadas encontram-se principalmente ao redor do reservatório de Três Marias. De uma forma geral, ocupavam inicialmente os setores menos elevados e mais próximos ao reservatório para, nos anos seguintes ampliar a área para locais um pouco mais afastados.



**Figura 3.31 – Vetores de expansão das áreas ocupadas por Florestas Plantadas e Lavouras Temporárias na SF4.**

A Figura 3.31 mostra os principais vetores de expansão das Lavouras Temporárias, entre elas a soja, o milho e cana-de-açúcar, que ocorrem especialmente no setor oeste da SF4. Esta classe de uso do solo ocorre principalmente nos terrenos mais elevados e com declividades baixas, geralmente em cotas acima dos 950 metros e declividades inferiores a 8%, que correspondem aos patamares elevados da unidade geomorfológica Chapada do Alto Rio São Francisco. A expansão registrada em 2010, e posteriormente em 2019, ocorre nos limites dessa unidade a leste e no alto dos morros testemunhos pertencentes a ela e dispostos longitudinalmente no município de Tiros.

#### **4. DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL**

As informações de vazões de escoamento superficial são relevantes para dar suporte ao processo de modelagem da qualidade das águas na CH SF4. No contexto dos estudos de disponibilidade hídrica, foram inicialmente identificadas as informações de monitoramentos existentes e dados disponíveis. Em seguida, nesse primeiro momento de diagnóstico, as informações foram especializadas com vistas a verificar a abrangência na bacia em termos de controle dos principais corpos hídricos de relevância. Na sequência, foram estimadas as principais vazões de referência, utilizadas nas análises de outorgas e possíveis de uso como base para o processo de modelagem de qualidade, bem como referências para outorgas de lançamentos de efluentes com base no enquadramento a ser proposto. Por fim, as vazões de referência calculadas são comparadas com resultados de estudos anteriores como o caso do Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – PRHSF 2016-2025 e o Plano Diretor de Recursos Hídricos – PDRH da Região Hidrográfica do Entorno do Reservatório de Três Marias.

##### **4.1 ANÁLISE DOS MONITORAMENTOS DISPONÍVEIS**

Conforme exposto anteriormente, a primeira etapa desta análise tratou do levantamento da base de dados de estações fluviométricas com dados disponíveis junto ao sítio eletrônico do Hidroweb, módulo de monitoramento do SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Nesse sentido, todas as estações

fluviométricas existentes na CH SF4, com dados disponíveis foram avaliadas quanto à sua operação, séries de dados disponíveis e falhas.

As informações foram sistematizadas, identificando-se o nome da estação, seu respectivo código, o rio em que está localizada, se está em operação ou inoperante, a área de drenagem, o ano de início do monitoramento e o ano da leitura mais recente. Foram analisados os dados do número de anos sem falhas de leitura, o número de anos sem falhas de leitura considerando uma tolerância de 10% dentro de cada ano e a porcentagem de falhas de leitura. Os dados estão apresentados no Quadro 4.1. A localização das estações e os respectivos status (operante/inoperante) encontram-se representados na Figura 4.1, na sequência.

A análise das informações apresentadas no quadro e figura em sequência, mostra uma boa abrangência em termos espaciais e numérico de estações fluviométricas na bacia. No entanto, observa-se espacialmente e, também com base nos dados das estações, que a maior parte delas operou por um período, mas encontra-se inoperante, não continuando o acompanhamento do escoamento de vazões na bacia. De toda forma, observa-se que os principais cursos de água da bacia possuem estações em operação e controlando áreas de drenagem importantes, como é o caso do rio Indaiá e Abaeté. Por outro lado, a única estação existente no rio Borrachudo é apresentada como inoperante, com dados disponíveis apenas até 2018. Tratando-se de um dos rios principais dessa região, seria interessante retomar seu monitoramento, principalmente como suporte à análise e acompanhamento da qualidade das águas.

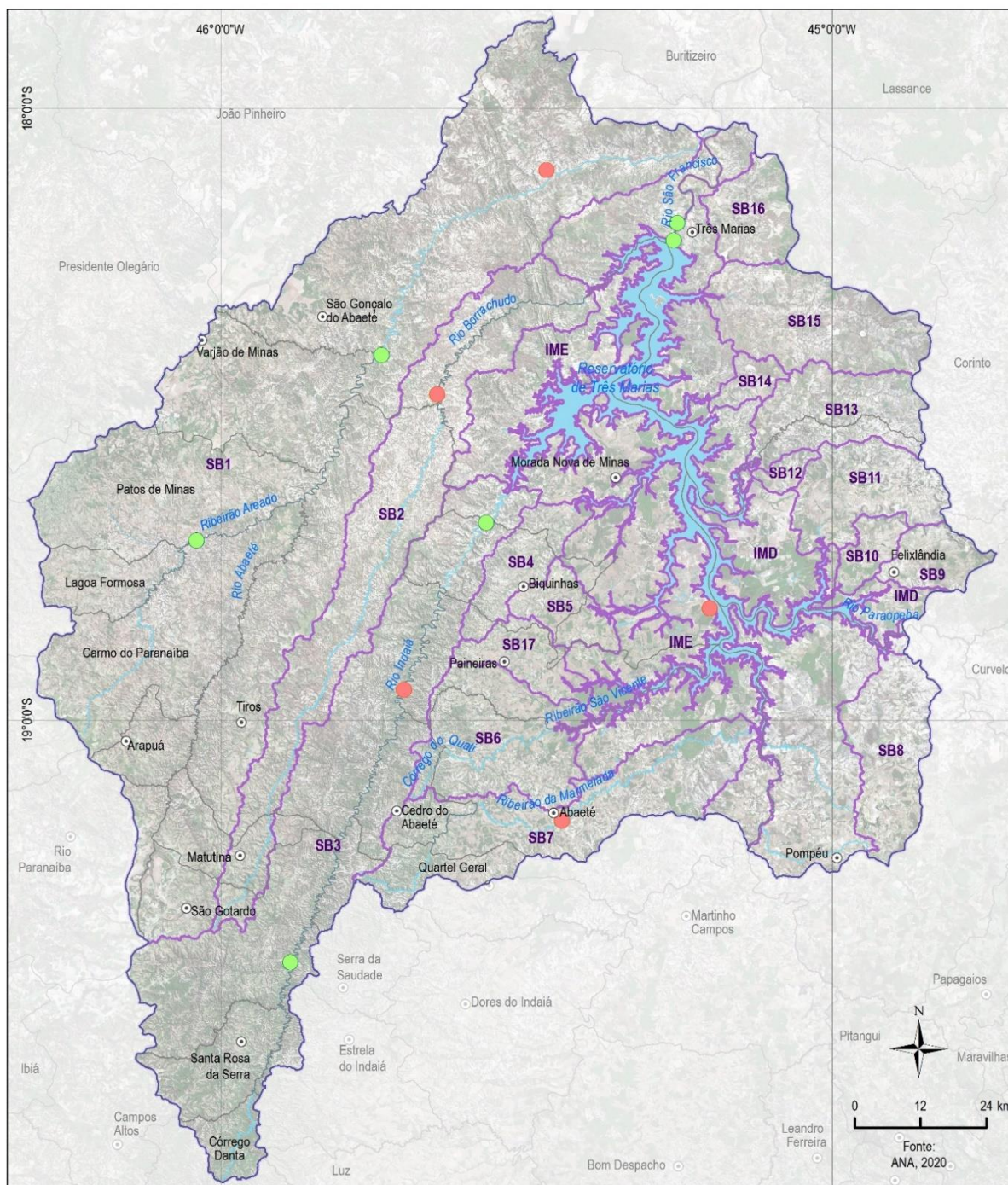
Vale ressaltar, entretanto, que esse aspecto será mais bem explorado na etapa do programa de efetivação do enquadramento, uma vez que é fundamental a boa abrangência das estações para o devido acompanhamento das condições de vazões e, de forma conjunta com o monitoramento de qualidade, estimar e acompanhar as cargas escoadas ao longo dos corpos hídricos da bacia e sua sazonalidade. Dessa forma, é possível que sejam propostas novas estações, ou mesmo a retomada de algumas inoperantes para que o monitoramento seja suficiente para acompanhar de forma adequada a condição dos cursos de água da bacia.



Quadro 4.1 – Estações de Monitoramento Fluviométrico Hidroweb na CH SF4

Código	Nome	Rio	Sub-bacia	Município	Ano Início	Ano Fim	Número de anos sem falha	Nº anos s/falha tolerância 10% dentro de cada ano	% de falhas	em operação	Área de drenagem km²	Longitude	Latitude
40530000	Abaeté	Ribeirão Marmelada	Ribeirão Marmelada	Abaeté	1965	2014	38	47	1%	não	471,0	-45,442	-19,164
40535000	Barra do Paraopeba	Rio São Francisco	Interbacia Margem Esquerda	Morada Nova de Minas	1943	1959	12	15	5%	não	29400,0	-45,2	-18,817
40870001	Jusante Barra do Paraopeba	Rio São Francisco	Interbacia Margem Esquerda	Morada Nova de Minas	1939	1954	5	13	6%	não	29400,0	-45,2	-18,817
40930000	Barra do Funchal*	Rio Indaiá	Rio Indaiá	Serra da Saudade	1939	2019	65	69	8%	sim	897,0	-45,886	-19,396
40960000	Fazenda Bom Jardim	Rio Indaiá	Rio Indaiá	Tiros	1972	1993	21	21	0%	não	1730,0	-45,7	-18,95
40963000	UHE Três Marias Porto Indaiá*	Rio Indaiá	Rio Indaiá	Biquinhas	1977	2001	23	24	0%	sim	2214,8	-45,566	-18,677
40975000	Fazenda São Félix*	Rio Borrachudo	Rio Borrachudo	São Gonçalo do Abaeté	1968	2018	41	47	2%	não	970,0	-45,646	-18,467
40990080	UHE Três Marias Barramento*	Rio São Francisco	Interbacia Margem Esquerda	Três Marias	1995	2014	19	20	0%	sim	50651,4	-45,259	-18,215
41020002	UHE Três Marias Jusante*	Rio São Francisco	Interbacia Margem Esquerda	Três Marias	1957	2006	41	43	7%	sim	50816,4	-45,253	-18,187
41050000	Major Porto*	Ribeirão Areado	Rio Abaeté	Patos de Minas	1968	2019	50	51	0%	sim	1200,0	-46,04	-18,706
41075001	Porto do Passarinho*	Rio Abaeté	Rio Abaeté	São Gonçalo do Abaeté	1976	2019	38	42	1%	sim	4130,0	-45,737	-18,403
41090000	Canoeiros	Rio Abaeté	Rio Abaeté	São Gonçalo do Abaeté	1966	1975	9	9	1%	não	5190,0	-45,467	-18,1

\*Estações selecionadas para estimativa das vazões de referência



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- Sub-bacia

**Estações de monitoramento fluviométrico**

- Inoperante
- Operante

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 4.1 – Estações de monitoramento fluviométrico na CH SF4.**

#### **4.2 ESTIMATIVA DAS PRINCIPAIS VAZÕES DE REFERÊNCIA PARA OS PRINCIPAIS CURSOS DE ÁGUA DA BACIA – VAZÃO $Q_{7,10}$ , $Q_{95}$ E $Q_{MLT}$**

Seguindo as análises realizadas para a bacia, foram selecionadas as estações com menores índices de falhas, maiores séries históricas e que encontram-se em operação, com abrangência nos principais corpos hídricos da bacia. A essas estações, foi agregada a Fazenda São Félix, localizada no rio Borrachudo que, apesar de ser apresentada no SNIRH como inoperante, possui dados com baixo percentual de falhas e série disponível de mais de 40 anos e até 2018.

As vazões de referência foram calculadas para as estações em questão com base nas séries históricas disponíveis e têm suas informações apresentadas no Quadro 4.2 em termos de vazões  $Q_{7,10}$ ,  $Q_{95}$  e  $Q_{mlt}$ , além de seus rendimentos específicos por área de drenagem.

Na sequência, os resultados obtidos foram comparados com as informações dos planos já desenvolvidos e que também calcularam vazões de referência para a bacia, como é o caso do PRHSF e do PDRH do Entorno da Represa de Três Marias. Nesses casos, mesmo que tenham utilizado informações de séries históricas com menor período de tempo, é importante seu uso como base de comparação com os resultados obtidos com as séries mais completas, de forma a verificar as tendências para os últimos anos, ressaltando-se, inclusive, a crise hídrica ocorrida na bacia hidrográfica do rio São Francisco no período de 2014-2018 e que também foi sentida na área de estudo.

O PDRH do Entorno da Represa de Três Marias apresentou informações para as mesmas vazões de referência adotadas neste estudo, considerando as mesmas estações, à exceção das do rio São Francisco. De uma forma geral, observa-se coerência nos valores calculados para as vazões de referência naquele plano e neste estudo, com uma leve redução nos rendimentos específicos com a extensão das séries até o ano de 2019. No caso das vazões mínimas com 95% de permanência no tempo e  $Q_{7,10}$ , observa-se uma queda mais sensível, o que pode ser reflexo das vazões escoadas no período de crise hídrica nos últimos anos na bacia que

apresentaram valores bastante baixos e que, com isso, influenciam mais fortemente as estimativas de vazões de referência mínimas.

Na sequência, o PRHSF apresentou para a região hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias os índices de vazão de referência expostos no Quadro 4.4, dispostos naquele plano apenas para a região como um todo. Seus valores apresentam vazões médias e mínimas inferiores às apresentadas no presente estudo, mas com valores coerentes com os calculados e aqui dispostos.

**Quadro 4.2 – Vazões de referência das estações de monitoramento fluviométrico na CH SF4**

Código	Nome	Rio	Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	Q <sub>mit</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Rendimento Específico Médio (L/s.km <sup>2</sup> )	Q <sub>95</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Rendimento Específico 95 (L/s.km <sup>2</sup> )	Q <sub>7,10</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Rendimento Específico 7,10 (L/s.km <sup>2</sup> )
40930000	Barra do Funchal	Rio Indaiá	897,0	18,63	20,8	2,62	2,9	1,37	1,5
40963000	UHE Três Marias Porto Indaiá	Rio Indaiá	2.214,8	38,48	17,4	4,30	1,9	2,83	1,3
40990080	UHE Três Marias Barramento	Rio São Francisco	50.651,4	616,77	12,2	297,00	5,9	322,58	6,4
41020002	UHE Três Marias Jusante	Rio São Francisco	50.816,4	685,09	13,5	238,40	4,7	176,95	3,5
41050000	Major Porto	Ribeirão Areado	1.200,0	17,97	15,0	2,87	2,4	2,04	1,7
41075001	Porto do Passarinho	Rio Abaeté	4.130,0	68,99	16,7	9,67	2,3	7,05	1,7
40975000	Fazenda São Félix	Rio Borrachudo	970,0	19,35	19,9	1,81	1,9	1,15	1,3

**Quadro 4.3 – Vazões de referência das estações de monitoramento fluviométrico na CH SF4 conforme PDRH Entorno da Represa de Três Marias de 2015.**

Código	Nome	Rio	Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	Q <sub>mit</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Rendimento Específico Médio (L/s.km <sup>2</sup> )	Q <sub>95</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Rendimento Específico 95 (L/s.km <sup>2</sup> )	Q <sub>7,10</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Rendimento Específico 7,10 (L/s.km <sup>2</sup> )
40930000	Barra do Funchal	Rio Indaiá	897,0	18,31	20,4	3,24	3,6	1,35	1,5
40963000	UHE Três Marias Porto Indaiá	Rio Indaiá	2.214,8	39,18	17,7	5,23	2,4	2,54	1,1
41050000	Major Porto	Ribeirão Areado	1.200,0	20,11	16,8	3,73	3,1	2,09	1,7
41075001	Porto do Passarinho	Rio Abaeté	4.130,0	74,93	18,1	11,40	2,8	5,92	1,4
40975000	Fazenda São Félix	Rio Borrachudo	970,0	19,35	19,9	2,73	2,8	1,28	1,3

Fonte: PDRH Entorno da Represa de Três Marias – Gama (2015)



**Quadro 4.4 – Vazões de referência calculadas para a região hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias no PRHSF**

Índice	Série de dados	Vazão (m³/s)	Rendimento específico (L/s.km²)
Q <sub>média</sub>	1931 a 2001	187,0	9,99
	1931 a 2013	138,0	7,37
Q <sub>95</sub>	1931 a 2001	43,2	2,31
	1931 a 2013	31,1	1,66
Q <sub>7,10</sub>	1931 a 2001	26,4	1,41
	1931 a 2013	24,6	1,31

Fonte: PRHSF (2016)<sup>9</sup>

## 5. IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS USOS E INTERFERÊNCIAS NA BACIA

### 5.1 CADASTRO DE OUTORGAS – IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

#### 5.1.1 Águas Superficiais

Para esta análise, inicialmente foram levantadas informações junto ao site do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) sobre outorgas de águas superficiais emitidas pela ANA para os corpos de água de domínio da União. A base de dados foi analisada e sistematizada por sub-bacia, sendo apresentado o total obtido no Quadro 5.1.

**Quadro 5.1 – Vazões outorgadas pela ANA, por sub-bacia da CH SF4, para águas superficiais**

Sub-bacia	Código da sub-bacia	Nº de outorgas	Vazão Média (m³/s)	Vazão Máxima (m³/s)
Interbacia Margem Direita	IMD	137	9,133	29,384
Interbacia Margem Esquerda	IME	188	7,219	22,384
Rio Abaeté	SB1	-	-	-
Rio Borrachudo	SB2	-	-	-
Rio Indaiá	SB3	1	0,005	0,022
Ribeirão Sucuriú	SB4	-	-	-
Ribeirão da Extrema	SB5	7	0,129	0,511
Ribeirão São Vicente	SB6	3	0,157	0,452
Ribeirão Marmelada	SB7	-	-	-

<sup>9</sup> <https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/>

Sub-bacia	Código da sub-bacia	Nº de outorgas	Vazão Média (m³/s)	Vazão Máxima (m³/s)
Ribeirão Canabrava	SB8	-	-	-
Riacho do Bagre	SB9	-	-	-
Riacho Fundo	SB10	1	0,000	0,009
Ribeirão do Peixe	SB11	-	-	-
Córrego Riachão	SB12	-	-	-
Ribeirão da Extrema Grande	SB13	-	-	-
Córrego do Barro	SB14	-	-	-
Ribeirão do Boi	SB15	-	-	-
Córrego Espírito Santo	SB16	-	-	-
Córrego Forquilha	SB17	5	0,073	0,338
<b>Total</b>		<b>342</b>	<b>16,717</b>	<b>53,100</b>

Em seguida, foi utilizada a base de outorgas disponibilizada pelo IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas para análise de outorgas de águas de domínio do Estado de Minas Gerais. Nesse caso, as vazões são sintetizadas no Quadro 5.2. A base de dados não teve análise específica neste momento por finalidade de uso, uma vez que as informações apresentadas pelo IGAM mostram várias finalidades de uso para cada outorga, não sendo possível identificar o uso principal em relação a aspectos quantitativos. Nesse sentido, como exemplo, há outorgas que, ao mesmo tempo, apresentam como finalidade o uso para dessedentação animal, consumo humano, aquicultura e paisagismo, não sendo possível identificar qual seria a principal demanda em termos quantitativos. Essas análises serão realizadas, entretanto, no subitem que trata da identificação dos usos preponderantes e mais restritivos, como será exposto mais adiante neste documento, assim como será explanada a metodologia adotada. De toda forma, trata-se de um ponto de sugestão de melhoria para a base de dados do IGAM, em que poderia ser relevante apresentar um campo extra relacionando o uso principal, como ocorre na base de dados de outorgas da ANA.

Além das outorgas superficiais convencionais, o IGAM disponibilizou também a relação de outorgas coletivas, que consiste na emissão de uma outorga única para todos os usuários de uma área onde fora emitida uma Declaração de Área de Conflito. As outorgas coletivas são também apresentadas no Quadro 5.2.

**Quadro 5.2 – Vazões outorgadas pelo IGAM, por sub-bacia da CH SF4, para águas superficiais e superficiais coletivas**

Sub-bacia	Código da sub-bacia	Nº de outorgas			Vazão máxima (m³/s)			Vazão média por outorga (m³/s)
		Outorgas superficiais	Outorgas superficiais coletivas	Total	Outorgas superficiais	Outorgas superficiais coletivas	Total	
Interbacia Margem Direita	IMD	24	-	24	0,534	-	0,534	0,022
Interbacia Margem Esquerda	IME	6	-	6	0,051	-	0,051	0,009
Rio Abaeté	SB1	152	32	184	3,128	1,117	4,245	0,023
Rio Borrachudo	SB2	16	-	16	0,488	-	0,488	0,030
Rio Indaiá	SB3	18	-	18	0,172	-	0,172	0,010
Ribeirão Sucuriú	SB4	-	-	-	-	-	-	-
Ribeirão da Extrema	SB5	-	-	-	-	-	-	-
Ribeirão São Vicente	SB6	5	-	5	0,082	-	0,082	0,016
Ribeirão Marmelada	SB7	16	-	16	0,709	-	0,709	0,044
Ribeirão Canabrava	SB8	17	-	17	0,465	-	0,465	0,027
Riacho do Bagre	SB9	-	-	-	-	-	-	-
Riacho Fundo	SB10	-	-	-	-	-	-	-
Ribeirão do Peixe	SB11	1	-	1	0,035	-	0,035	0,035
Córrego Riachão	SB12	1	-	1	0,001	-	0,001	0,001
Ribeirão da Extrema Grande	SB13	-	-	-	-	-	-	-
Córrego do Barro	SB14	-	-	-	-	-	-	-
Ribeirão do Boi	SB15	-	-	-	-	-	-	-
Córrego Espírito Santo	SB16	1	-	1	0,017	-	0,017	0,017
Córrego Forquilha	SB17	1	-	1	0,005	-	0,005	0,005
<b>Total</b>		<b>258</b>	<b>32</b>	<b>290</b>	<b>5,687</b>	<b>1,117</b>	<b>6,804</b>	<b>0,023</b>

Com relação às outorgas federais, nota-se que a maior parte das outorgas se encontra nas Interbacias Margem Esquerda e Direita, naturalmente porque o rio de domínio da União (Rio São Francisco) está em sua maior extensão dentro dessas duas sub-bacias.

No caso das outorgas estaduais, destaca-se a sub-bacia do Rio Abaeté, que concentra 62% da vazão total outorgada na bacia, o que pode estar associado à sua área, a maior dentre as sub-bacias da CH SF04. Na sequência, a sub-bacia do Ribeirão Marmelada (10%) e a Interbacia Margem Direita (8%) também apresentam montantes relevantes de vazões outorgadas, acima de 0,500 m<sup>3</sup>/s.

### 5.1.2 Águas Subterrâneas

As outorgas emitidas para águas subterrâneas são todas emitidas pelo IGAM e, analogamente às águas superficiais, são a seguir sintetizadas no Quadro 5.3.

**Quadro 5.3 – Vazões outorgadas pelo IGAM, por sub-bacia da CH SF4, para águas subterrâneas**

Sub-bacia	Código da sub-bacia	Nº de outorgas	Vazão máxima (m <sup>3</sup> /h)
Interbacia Margem Direita	IMD	62	498,640
Interbacia Margem Esquerda	IME	48	311,520
Rio Abaeté	SB1	241	1146,071
Rio Borrachudo	SB2	15	30,376
Rio Indaiá	SB3	14	103,349
Ribeirão Sucuriú	SB4	5	14,283
Ribeirão da Extrema	SB5	7	24,250
Ribeirão São Vicente	SB6	8	29,128
Ribeirão Marmelada	SB7	7	57,550
Ribeirão Canabrava	SB8	7	27,115
Riacho do Bagre	SB9	5	16,710
Riacho Fundo	SB10	3	56,450
Ribeirão do Peixe	SB11	-	-
Córrego Riachão	SB12	1	0,540
Ribeirão da Extrema Grande	SB13	2	26,410
Córrego do Bairro	SB14	-	-
Ribeirão do Boi	SB15	3	14,500
Córrego Espírito Santo	SB16	1	3,670
Córrego Forquilha	SB17	7	34,320
Não identificado*		1	4,320
<b>Total</b>		<b>437</b>	<b>2.399,202</b>

\*Outorga sem coordenadas de localização

Para outorgas subterrâneas, destaca-se também a sub-bacia do Rio Abaeté, que detém 48% das vazões subterrâneas outorgadas, também podendo se fazer a correlação com a área da sub-bacia em relação à área total da CH SF04. Ademais, as Interbacias Margem Direita e Esquerda também respondem por parte significativa das vazões outorgadas, com 21% e 13%, respectivamente.

### 5.1.3 Usos Insignificantes

Os usos insignificantes correspondem aos usos cuja vazão de retirada não ultrapassa 1 L/s para águas superficiais e 10m<sup>3</sup>/dia para águas subterrâneas. A base de dados foi obtida junto ao IGAM, considerando o cadastro dos usos insignificantes superficiais e subterrâneos, os quais são apresentados, respectivamente, no Quadro 5.4 e no Quadro 5.5.

**Quadro 5.4 – Usos insignificantes superficiais, por sub-bacia, na CH SF4.**

Sub-bacia	Código da sub-bacia	Nº de cadastros	Vazão (L/s)
Interbacia Margem Direita	IMD	45	27,739
Interbacia Margem Esquerda	IME	40	30,490
Rio Abaeté	SB1	650	457,604
Rio Borrachudo	SB2	62	30,952
Rio Indaiá	SB3	224	105,686
Ribeirão Sucuriú	SB4	4	1,022
Ribeirão da Extrema	SB5	5	4,050
Ribeirão São Vicente	SB6	17	11,200
Ribeirão Marmelada	SB7	27	17,976
Ribeirão Canabrava	SB8	22	19,352
Riacho do Bagre	SB9	13	4,800
Riacho Fundo	SB10	2	0,800
Ribeirão do Peixe	SB11	17	11,510
Córrego Riachão	SB12	1	1,000
Ribeirão da Extrema Grande	SB13	10	6,925
Córrego do Bairro	SB14	1	0,950
Ribeirão do Boi	SB15	22	14,552
Córrego Espírito Santo	SB16	12	5,500
Córrego Forquilha	SB17	7	5,140
Não identificado*		2	1,800
<b>Total</b>		<b>1.183</b>	<b>759,048</b>

\*Cadastro de uso insignificante sem coordenadas de localização



**Quadro 5.5 – Usos insignificantes subterrâneos, por sub-bacia, na CH SF4**

Sub-bacia	Código da sub-bacia	Nº de cadastros	Vazão (m³/h)
Interbacia Margem Direita	IMD	33	46,508
Interbacia Margem Esquerda	IME	69	97,797
Rio Abaeté	SB1	749	841,900
Rio Borrachudo	SB2	49	38,220
Rio Indaiá	SB3	98	88,758
Ribeirão Sucuriú	SB4	35	63,004
Ribeirão da Extrema	SB5	36	62,390
Ribeirão São Vicente	SB6	33	87,696
Ribeirão Marmelada	SB7	28	50,500
Ribeirão Canabrava	SB8	5	3,280
Riacho do Bagre	SB9	1	0,600
Riacho Fundo	SB10	5	4,700
Ribeirão do Peixe	SB11	-	-
Córrego Riachão	SB12	-	-
Ribeirão da Extrema Grande	SB13	4	1,800
Córrego do Bairro	SB14	-	-
Ribeirão do Boi	SB15	5	4,580
Córrego Espírito Santo	SB16	3	1,750
Córrego Forquilha	SB17	25	50,000
Não identificado*		2	1,300
<b>Total</b>		<b>1.180</b>	<b>1.444,783</b>

\*Cadastro de uso insignificante sem coordenadas de localização

O Quadro 5.6 e o

Quadro 5.7 a seguir apresentam uma síntese dos valores anteriormente apresentados de vazões outorgadas e cadastradas como uso insignificante, para águas superficiais e subterrâneas.

**Quadro 5.6 – Síntese das vazões outorgadas e cadastradas (usos insignificantes), para águas superficiais, na CH SF4**

Sub-bacia	Código da sub-bacia	Vazão Máxima (m³/s)				Total
		ANA	IGAM superficial	IGAM coletiva	Uso insignificante	
Interbacia Margem Direita	IMD	29,384	0,534	-	0,028	29,946
Interbacia Margem Esquerda	IME	22,384	0,051	-	0,030	22,466
Rio Abaeté	SB1	-	3,128	1,117	0,458	4,703
Rio Borrachudo	SB2	-	0,488	-	0,031	0,519

Sub-bacia	Código da sub-bacia	Vazão Máxima (m³/s)				Total
		ANA	IGAM superficial	IGAM coletiva	Uso insignificante	
Rio Indaiá	SB3	0,022	0,172	-	0,106	0,299
Ribeirão Sucuriú	SB4	-	-	-	0,001	0,001
Ribeirão da Extrema	SB5	0,511	-	-	0,004	0,515
Ribeirão São Vicente	SB6	0,452	0,082	-	0,011	0,546
Ribeirão Marmelada	SB7	-	0,709	-	0,018	0,727
Ribeirão Canabrava	SB8	-	0,465	-	0,019	0,485
Riacho do Bagre	SB9	-	-	-	0,005	0,005
Riacho Fundo	SB10	0,009	-	-	0,001	0,010
Ribeirão do Peixe	SB11	-	0,035	-	0,012	0,047
Córrego Riachão	SB12	-	0,001	-	0,001	0,002
Ribeirão da Extrema Grande	SB13	-	-	-	0,007	0,007
Córrego do Barro	SB14	-	-	-	0,001	0,001
Ribeirão do Boi	SB15	-	-	-	0,015	0,015
Córrego Espírito Santo	SB16	-	0,017	-	0,006	0,022
Córrego Forquilha	SB17	0,338	0,005	-	0,005	0,348
Não identificado		-	-	-	0,002	0,002
<b>Total</b>		<b>53,100</b>	<b>5,687</b>	<b>1,117</b>	<b>0,759</b>	<b>60,663</b>
<b>Porcentagem</b>		<b>88%</b>	<b>9%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>	<b>100%</b>

**Quadro 5.7 – Síntese das vazões outorgadas e cadastradas (usos insignificantes), para águas subterrâneas, na CH SF4**

Sub-bacia	Código da sub-bacia	Vazão máxima (m³/h)		Total
		Outorga subterrânea	Uso insignificante subterrâneo	
Interbacia Margem Direita	IMD	0,139	0,013	0,151
Interbacia Margem Esquerda	IME	0,087	0,027	0,114
Rio Abaeté	SB1	0,318	0,234	0,552
Rio Borrachudo	SB2	0,008	0,011	0,019
Rio Indaiá	SB3	0,029	0,025	0,053
Ribeirão Sucuriú	SB4	0,004	0,018	0,021
Ribeirão da Extrema	SB5	0,007	0,017	0,024
Ribeirão São Vicente	SB6	0,008	0,024	0,032
Ribeirão Marmelada	SB7	0,016	0,014	0,030
Ribeirão Canabrava	SB8	0,008	0,001	0,008
Riacho do Bagre	SB9	0,005	0,000	0,005
Riacho Fundo	SB10	0,016	0,001	0,017
Ribeirão do Peixe	SB11	-	-	-
Córrego Riachão	SB12	0,000	-	0,000
Ribeirão da Extrema Grande	SB13	0,007	0,001	0,008

Sub-bacia	Código da sub-bacia	Vazão máxima (m³/h)		Total
		Outorga subterrânea	Uso insignificante subterrâneo	
Córrego do Bairro	SB14	-	-	-
Ribeirão do Boi	SB15	0,004	0,001	0,005
Córrego Espírito Santo	SB16	0,001	0,000	0,002
Córrego Forquilha	SB17	0,010	0,014	0,023
Não identificado		0,001	0,000	0,002
<b>Total</b>		<b>0,666</b>	<b>0,401</b>	<b>1,068</b>
<b>Porcentagem</b>		<b>62%</b>	<b>38%</b>	<b>100%</b>

Para águas superficiais, observa-se a relevância das outorgas federais, que respondem por 88% do somatório das vazões outorgadas e cadastradas como uso insignificante. A grande parcela de vazão registrada como outorga federal pode estar associada à existência do reservatório da UHE de Três Marias.

No caso das águas subterrâneas, observa-se que os usos insignificantes respondem por quase 40% da vazão total autorizada, o que se mostra preocupante, sendo relevante discutir alternativas de revisão do critério de uso insignificante.

Com relação ao comparativo entre outorgas superficiais e subterrâneas, as subterrâneas respondem por 41% do número total de outorgas concedidas, seguido pelos 32% de outorgas federais, em seguida pelas outorgas estaduais superficiais (24%). Em termos de vazão, porém, as outorgas federais correspondem a 88% da vazão total.

## 5.2 DEMANDAS DE USOS CONSUNTIVOS

Para estimativa das demandas de usos consuntivos por sub-bacia, foram tomados por base os seguintes estudos e bases de dados:

- Demanda Hídrica Total e Setorial por Microbacia – 2017 (ANA);
- Evaporação Líquida de Reservatórios Artificiais – 2017 (ANA);
- Base hidrográfica por sub-bacias, 2009 (IGAM).

As vazões de retirada, consumo e retorno adotadas da publicação da ANA estão abaixo relacionadas, por sub-bacia e por uso, no Quadro 5.8, sendo o ano de

referência 2017. As demandas consideradas pela base da ANA são para consumo humano urbano e rural, indústria de transformação, mineração, geração termelétrica, dessedentação animal, agricultura irrigada e evaporação nas superfícies de reservatórios artificiais. Com relação ao consumo por evaporação do Reservatório da UHE Três Marias, foi considerado que o reservatório não está em nenhuma das sub-bacias, sendo considerado como item a parte no quadro.

A metodologia da ANA consiste na adoção de coeficientes técnicos atrelados a variáveis inventariadas, obtidos de fontes como o IBGE, o SNIS, a ONS, a CNAE, a própria ANA (estudos anteriores) e também de normas, como a ABNT, dentre outros.

Assim, para cálculo das demandas para consumo humano urbano, por exemplo, é calculado ou adotado o consumo per capita médio diário, associado à população de determinado município, além da adoção de coeficiente de retorno recomendado em norma (NBR 9649). Para consumo humano rural, é adotado o consumo médio per capita da literatura e o mesmo coeficiente de retorno.

Para dessedentação animal, consideram-se os consumos médios diários por cabeça, para os diferentes tipos de rebanhos (bovino, bubalino, caprino, suíno, aves, etc) constantes na literatura e as estimativas do número de cabeças.

Para indústria de transformação, consideram-se coeficientes de retirada (em litros/empregado/dia) e porcentagens de consumo de acordo com as tipologias de indústrias, associados ao número de empregados obtidos de bases censitárias.

Para a mineração, são utilizados coeficientes de volume de água necessário para extração dos diversos tipos de minério e respectivas porcentagens de consumo, associado à produção mineral.

Para irrigação, são considerados parâmetros associados ao clima (evapotranspiração e precipitação), à cultura (tipo, ciclos, calendário de colheita e área irrigada) e ao sistema de irrigação (eficiência e perdas por evaporação e/ou arraste), que permitem o cálculo das vazões de retirada e de retorno.

Para termoeletricidade, o consumo de água está associado ao ciclo termodinâmico e ao sistema de resfriamento adotado em cada usina termelétrica, de modo que há

parâmetros de volume de água de retirada por kWh produzido, com respectivas porcentagens de consumo, obtidos da literatura que associados ao inventário de usinas existentes no país, dão as vazões de retirada e consumo para este setor.

Por fim, para estimativa do volume de retirada por evaporação em reservatórios, são utilizados no estudo da ANA modelos matemáticos que têm como dados de entrada a altitude e latitude do local, os valores de temperatura média, umidade relativa, precipitação anual média e insolação. No caso da evaporação, é considerado que a vazão de consumo é igual à vazão de retirada, portanto retorno nulo.

Para cálculo das demandas por sub-bacia, foram consideradas as vazões por ottobacias (Microbacias) estimadas pela publicação da ANA, sendo cada uma dessas ottobacias classificadas nas sub-bacias integrantes da CH SF4. Para isso, foram intersectados os mapas de ottobacias da ANA com o de sub-bacias do IGAM. Para as ottobacias divididas em mais de uma sub-bacia, calculou-se a porcentagem, em área, da ottobacia incidente em cada uma das sub-bacias e foi classificada a ottobacia na sub-bacia onde se encontra a sua maior proporção.

O Quadro 5.8, o



Quadro 5.9 e o

Quadro 5.10 apresentam as vazões de retirada, consumo e retorno, respectivamente, para cada setor, considerando cada uma das sub-bacias da CH SF4. Vale destacar que a base de usos consuntivos da ANA não discrimina as informações entre uso de águas superficiais ou subterrâneas, considerando sua metodologia de cálculo.

A análise das informações apresentadas mostra a importância da evaporação em reservatórios no montante total de usos, que corresponde a 54% da vazão total estimada, devido, evidentemente, ao reservatório da UHE de Três Marias, dada à sua grande extensão. Ademais, destaca-se também o uso para agricultura irrigada, que responde por 38% do total estimado de usos consuntivos.

O destaque, em termos de sub-bacias, pode ser dado à bacia do Rio Abaeté, que concentra 24% da vazão total estimada. Em seguida estão a Interbacia Margem Esquerda, com 9%, e a sub-bacia do Rio Indaiá, com 7%. Para as três sub-bacias, predomina o uso para a agricultura irrigada.

Uma análise comparativa entre as vazões outorgadas e cadastradas com as demandas estimadas pela ANA seria de grande valia. Porém, a comparação numérica entre o Quadro 5.5 e o Quadro 5.6 do subitem anterior com o Quadro 5.8 a seguir não é válida, uma vez que as outorgas estaduais e os cadastros de usos insignificantes são apresentados em termos de vazões máximas, enquanto as demandas estimadas pela ANA são expostas em termos de vazão média. Para tornar possível esta análise, seria necessário ter disponíveis informações de vazões médias de outorgas e cadastros, o que não consta das bases de dados de outorgas.

Quadro 5.8 – Vazões de Retirada, por setor usuário e por sub-bacia da CH SF4

Sub bacia	Código da sub bacia	Consumo Humano Urbano		Consumo Humano Rural		Indústria de Transformação		Mineração		Geração Termelétrica		Dessedentação Animal		Agricultura Irrigada		Evaporação em Reservatórios		Total	
		Vazão de Retirada (m³/s)	%	Vazão de Retirada (m³/s)	%	Vazão de Retirada (m³/s)	%	Vazão de Retirada (m³/s)	%	Vazão de Retirada (m³/s)	%	Vazão de Retirada (m³/s)	%	Vazão de Retirada (m³/s)	%	Vazão de Retirada (m³/s)	%	Vazão de Retirada (m³/s)	%
Interbacia Margem Direita	IMD	0,0533	9%	0,0036	1%	0,1509	25%	-	0%	-	0%	0,0482	8%	0,3506	57%	0,0077	1%	0,6144	3%
Interbacia Margem Esquerda	IME	0,0711	4%	0,0041	0%	0,0431	2%	-	0%	-	0%	0,0630	3%	1,7951	91%	-	0%	1,9764	9%
Rio Abaeté	SB1	0,1474	3%	0,0241	0%	0,0929	2%	0,0024	0%	-	0%	0,4538	9%	4,2796	85%	0,0099	0%	5,0102	24%
Rio Borrachudo	SB2	0,0056	4%	0,0019	2%	0,0014	1%	-	0%	-	0%	0,0507	40%	0,0657	52%	-	0%	0,1254	1%
Rio Indaiá	SB3	0,0268	2%	0,0087	1%	0,0017	0%	0,0002	0%	-	0%	0,1604	11%	1,2778	87%	-	0%	1,4756	7%
Ribeirão Sucuriú	SB4	0,0031	6%	0,0006	1%	-	0%	-	0%	-	0%	0,0140	25%	0,0373	68%	-	0%	0,0551	0%
Ribeirão da Extrema	SB5	0,0005	5%	0,0003	3%	-	0%	-	0%	-	0%	0,0072	83%	0,0007	8%	-	0%	0,0087	0%
Ribeirão São Vicente	SB6	0,0032	5%	0,0012	2%	0,0006	1%	-	0%	-	0%	0,0292	45%	0,0303	47%	-	0%	0,0644	0%
Ribeirão Marmelada	SB7	0,0482	26%	0,0025	1%	0,0080	4%	-	0%	-	0%	0,0589	31%	0,0706	38%	-	0%	0,1882	1%
Ribeirão Canabrava	SB8	0,0032	6%	0,0007	1%	0,0098	18%	-	0%	-	0%	0,0183	33%	0,0230	42%	-	0%	0,0551	0%
Riacho do Bagre	SB9	0,0182	26%	0,0005	1%	0,0005	1%	-	0%	-	0%	0,0071	10%	0,0440	63%	-	0%	0,0703	0%
Riacho Fundo	SB10	0,0001	1%	0,0003	3%	-	0%	-	0%	-	0%	0,0039	33%	0,0077	64%	-	0%	0,0121	0%
Ribeirão do Peixe	SB11	-	0%	0,0013	1%	-	0%	-	0%	-	0%	0,0134	14%	0,0798	84%	-	0%	0,0946	0%
Córrego Riachão	SB12	-	0%	0,0002	9%	-	0%	0,0001	6%	-	0%	0,0017	85%	0,0000	0%	-	0%	0,0020	0%
Ribeirão da Extrema Grande	SB13	-	0%	0,0006	6%	-	0%	-	0%	-	0%	0,0097	89%	0,0005	5%	-	0%	0,0109	0%
Córrego do Bairro	SB14	-	0%	0,0001	1%	-	0%	-	0%	-	0%	0,0018	26%	0,0052	73%	-	0%	0,0071	0%
Ribeirão do Boi	SB15	0,0043	10%	0,0008	2%	0,0030	7%	-	0%	-	0%	0,0094	23%	0,0231	57%	-	0%	0,0407	0%
Córrego Espírito Santo	SB16	-	0%	0,0004	5%	-	0%	-	0%	-	0%	0,0040	59%	0,0025	36%	-	0%	0,0068	0%
Córrego Forquilha	SB17	0,0062	43%	0,0002	2%	0,0001	0%	-	0%	-	0%	0,0078	54%	-	0%	-	0%	0,0143	0%
UHE Três Marias		-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	11,3909	100%	11,3909	54%
<b>Total</b>		<b>0,3913</b>	<b>2%</b>	<b>0,0522</b>	<b>0%</b>	<b>0,3121</b>	<b>1%</b>	<b>0,0028</b>	<b>0%</b>	<b>-</b>	<b>0%</b>	<b>0,9626</b>	<b>5%</b>	<b>8,0935</b>	<b>38%</b>	<b>11,4084</b>	<b>54%</b>	<b>21,2230</b>	<b>100%</b>

Quadro 5.9 – Vazões Consumidas, por setor usuário e por sub-bacia da CH SF4

Sub bacia	Código da sub bacia	Vazão Consumida (m³/s)								Total
		Consumo Humano Urbano	Consumo Humano Rural	Indústria de Transformação	Mineração	Geração Termelétrica	Dessedentação Animal	Agricultura Irrigada	Evaporação em Reservatórios	
Interbacia Margem Direita	IMD	0,0107	0,0029	0,1492	-	-	0,0333	0,3186	0,0077	0,5223
Interbacia Margem Esquerda	IME	0,0142	0,0032	0,0086	-	-	0,0464	1,6646	-	1,7372
Rio Abaeté	SB1	0,0295	0,0193	0,0744	0,0012	-	0,3184	3,9278	0,0099	4,3804
Rio Borrachudo	SB2	0,0011	0,0016	0,0005	-	-	0,0350	0,0607	-	0,0989
Rio Indaiá	SB3	0,0054	0,0069	0,0005	0,0001	-	0,1147	1,1875	-	1,3151
Ribeirão Sucuriú	SB4	0,0006	0,0005	-	-	-	0,0104	0,0346	-	0,0461
Ribeirão da Extrema	SB5	0,0001	0,0002	-	-	-	0,0054	0,0007	-	0,0064
Ribeirão São Vicente	SB6	0,0006	0,0010	0,0001	-	-	0,0217	0,0280	-	0,0513
Ribeirão Marmelada	SB7	0,0096	0,0020	0,0014	-	-	0,0439	0,0647	-	0,1216
Ribeirão Canabrava	SB8	0,0006	0,0006	0,0097	-	-	0,0126	0,0208	-	0,0445
Riacho do Bagre	SB9	0,0036	0,0004	0,0002	-	-	0,0048	0,0392	-	0,0482
Riacho Fundo	SB10	-	0,0003	-	-	-	0,0027	0,0068	-	0,0098
Ribeirão do Peixe	SB11	-	0,0011	-	-	-	0,0092	0,0710	-	0,0812
Córrego Riachão	SB12	-	0,0001	-	0,0001	-	0,0011	-	-	0,0013
Ribeirão da Extrema Grande	SB13	-	0,0005	-	-	-	0,0066	0,0005	-	0,0076
Córrego do Bairro	SB14	-	0,0001	-	-	-	0,0012	0,0048	-	0,0061
Ribeirão do Boi	SB15	0,0009	0,0006	0,0006	-	-	0,0065	0,0215	-	0,0300
Córrego Espírito Santo	SB16	-	0,0003	-	-	-	0,0027	0,0023	-	0,0053
Córrego Forquilha	SB17	0,0012	0,0002	-	-	-	0,0059	-	-	0,0073
UHE Três Marias		-	-	-	-	-	-	-	11,3909	11,3909
<b>Total</b>		<b>0,0783</b>	<b>0,0418</b>	<b>0,2453</b>	<b>0,0014</b>	<b>-</b>	<b>0,6826</b>	<b>7,4538</b>	<b>11,4084</b>	<b>19,9115</b>

Quadro 5.10 – Vazões de Retorno, por setor usuário e por sub-bacia da CH SF4.

Sub bacia	Código da sub bacia	Vazão de Retorno (m³/s)								Total
		Consumo Humano Urbano	Consumo Humano Rural	Indústria de Transformação	Mineração	Geração Termelétrica	Dessedentação Animal	Agricultura Irrigada	Evaporação em Reservatórios	
Interbacia Margem Direita	IMD	0,0427	0,0007	0,0018	-	-	0,0149	0,0320	-	0,0921
Interbacia Margem Esquerda	IME	0,0569	0,0008	0,0345	-	-	0,0166	0,1305	-	0,2393
Rio Abaeté	SB1	0,1179	0,0048	0,0185	0,0013	-	0,1354	0,3519	-	0,6298
Rio Borrachudo	SB2	0,0045	0,0004	0,0009	-	-	0,0156	0,0050	-	0,0265
Rio Indaiá	SB3	0,0214	0,0017	0,0012	0,0001	-	0,0457	0,0903	-	0,1605
Ribeirão Sucuriú	SB4	0,0025	0,0001	-	-	-	0,0036	0,0027	-	0,0090
Ribeirão da Extrema	SB5	0,0004	0,0001	-	-	-	0,0019	0,0001	-	0,0024
Ribeirão São Vicente	SB6	0,0025	0,0002	0,0005	-	-	0,0075	0,0023	-	0,0130
Ribeirão Marmelada	SB7	0,0386	0,0005	0,0066	-	-	0,0150	0,0059	-	0,0666
Ribeirão Canabrava	SB8	0,0026	0,0001	0,0001	-	-	0,0057	0,0021	-	0,0107
Riacho do Bagre	SB9	0,0145	0,0001	0,0003	-	-	0,0023	0,0049	-	0,0221
Riacho Fundo	SB10	0,0001	0,0001	-	-	-	0,0013	0,0008	-	0,0023
Ribeirão do Peixe	SB11	-	0,0003	-	-	-	0,0043	0,0088	-	0,0133
Córrego Riachão	SB12	-	-	-	0,0001	-	0,0005	-	-	0,0006
Ribeirão da Extrema Grande	SB13	-	0,0001	-	-	-	0,0031	-	-	0,0033
Córrego do Bairro	SB14	-	-	-	-	-	0,0006	0,0004	-	0,0010
Ribeirão do Boi	SB15	0,0034	0,0002	0,0024	-	-	0,0029	0,0017	-	0,0106
Córrego Espírito Santo	SB16	-	0,0001	-	-	-	0,0013	0,0002	-	0,0015
Córrego Forquilha	SB17	0,0050	-	-	-	-	0,0019	-	-	0,0070
UHE Três Marias		-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>		<b>0,3130</b>	<b>0,0104</b>	<b>0,0669</b>	<b>0,0015</b>	<b>-</b>	<b>0,2800</b>	<b>0,6396</b>	<b>-</b>	<b>1,3115</b>

### 5.3 DEMANDAS DE USOS NÃO CONSUNTIVOS

Dentre as demandas de usos não consuntivos pode-se destacar primeiramente os aproveitamentos hidrelétricos. Para a CH SF4, destaca-se principalmente a usina de Três Marias, mas há também diversas outras, tanto em operação quanto em planejamento, as quais estão compiladas no Quadro 5.11 e especializadas na Figura 5.1. As informações foram obtidas do Sistema de Informações de Geração da ANEEL - SIGA, cuja data de referência dos dados é 01 de agosto de 2021.

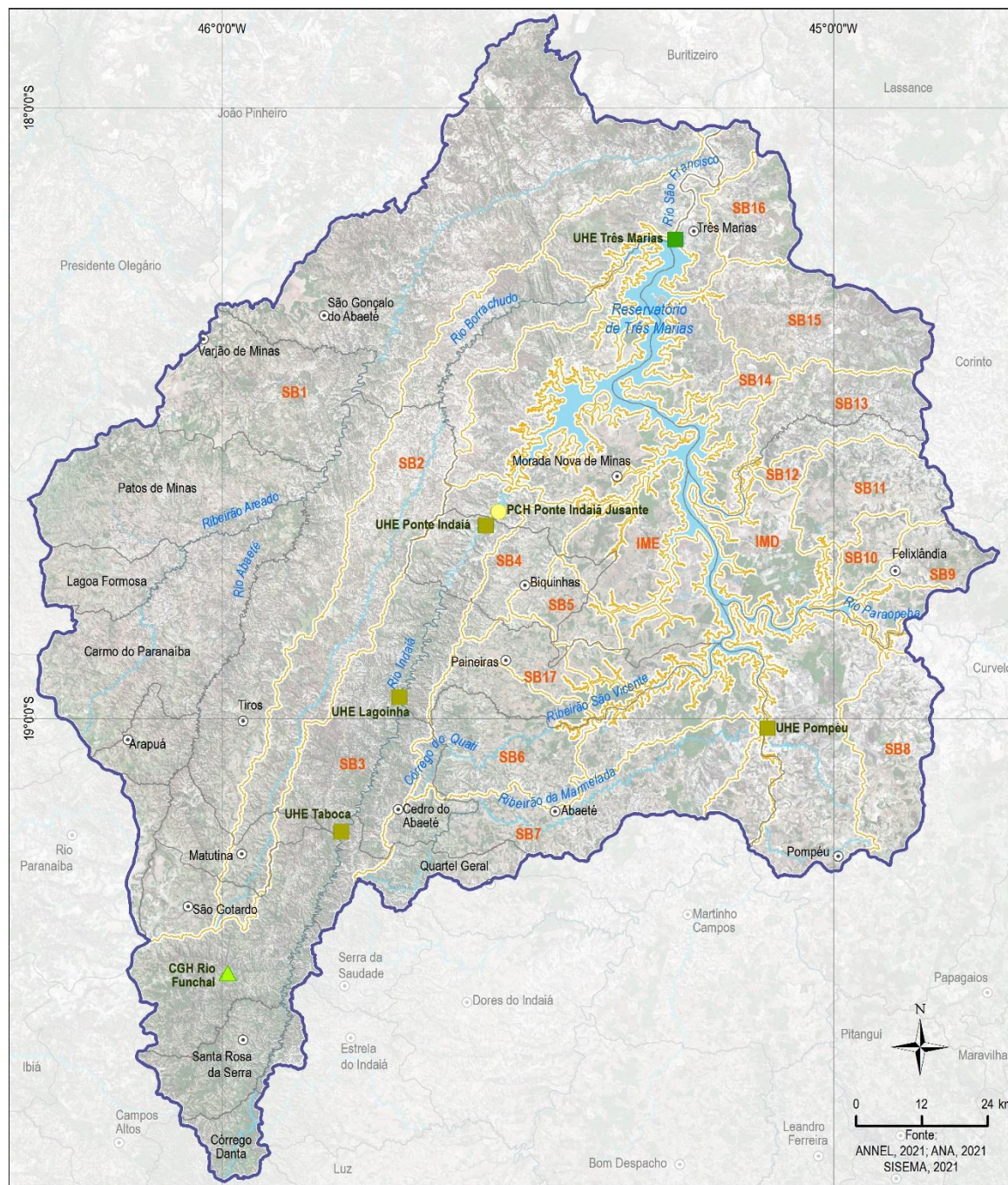
**Quadro 5.11 – Aproveitamentos hidrelétricos na CH SF4.**

Empreendimento	Município	Curso d'água	Sub-bacia	Status	Potência (MW)
UHE Três Marias	Três Marias	Rio São Francisco	Interbacias Margem Esquerda e Direita	Operação	396,0
CGH Rio Funchal	São Gotardo	Rio Funchal	Rio Indaiá	Operação	2,0
UHE Taboca	Tiros, Paineiras	Rio Indaiá	Rio Indaiá	Eixo disponível	35,8
UHE Lagoinha	Tiros, Paineiras	Rio Indaiá	Rio Indaiá	Eixo disponível	37,1
UHE Ponte Indaiá	Biquinhas	Rio Indaiá	Rio Indaiá	Eixo disponível	51,4
PCH Ponte Indaiá Jusante	Morada Nova de Minas	Rio Indaiá	Rio Indaiá	Eixo disponível	5,8
UHE Pompéu	Pompéu	Rio São Francisco	Interbacia Margem Direita	Viabilidade técnica e econômica com aceite	209,1

Fonte: SIGA ANEEL (2021)

O PDRH cita ainda, como uso não consuntivo, o turismo, que está associado a atividades náuticas, pesca esportiva e passeios às cachoeiras e riachos, abundantes na região, além de reservatórios (sobretudo Três Marias). No entanto, não identifica a localização de tais aproveitamentos turísticos.





**LEGENDA**

- |   |                                  |
|---|----------------------------------|
| ○ Sede municipal  | <b>Aproveitamento energético</b> |
| □ Limite municipal  | ▲ CGH em operação                |
| — Curso d'água  | ● PCH em estudo                  |
| ■ Massa d'água  | ■ UHE em estudo                  |
| ⬭ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias | ■ UHE em operação                |
| ⬭ Sub-bacias  |                                  |

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 5.1 – Aproveitamentos hidrelétricos na CH SF4**

#### 5.4 ANÁLISE E IDENTIFICAÇÃO DOS USOS PREPONDERANTES MAIS RESTRITIVOS -

Para esta análise, foram utilizadas informações das outorgas de águas superficiais e subterrâneas, segundo sua distribuição espacial e suas diferentes finalidades de uso. Para conseguir ajustar as finalidades, algumas simplificações foram adotadas seguindo algumas premissas. Nesse sentido, a metodologia proposta foi a que segue:

##### ***Outorgas federais:***

- As finalidades “Aquicultura em Tanque Escavado” e “Aquicultura em Tanque Rede” foram classificadas apenas como “Aquicultura”;
- As finalidades “Indústria” e “Mineração – Outros Processos Extrativos” foram classificadas como “Indústria e Mineração”;
- As finalidades “Outros” e as outorgas sem identificação de finalidade foram classificadas como “Outros/ Não identificados”.

Nessa análise, foram identificadas nove finalidades diferentes: Abastecimento Público, Consumo Humano, Aquicultura, Irrigação, Criação Animal, Aproveitamento Hidrelétrico, Indústria e Mineração, Esgotamento Sanitário e Outros/ Não identificado.

##### ***Outorgas estaduais coletivas:***

- Para outorgas que apresentam mais de uma finalidade, foi adotada a finalidade mais restritiva segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 e a DN – Deliberação Normativa Conjunta entre o Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM e do CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos nº 01/2008, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, dentre outros aspectos<sup>10</sup>;
- As finalidades “Consumo Agroindustrial” e “Consumo Industrial” foram classificadas como “Indústria e Mineração”.

---

<sup>10</sup> Conforme Resolução CONAMA nº 357/2005, os usos da água estão na seguinte ordem, do mais restritivo ao menos restritivo: 1 - Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; 2 - Proteção das comunidades aquáticas; 3 - Recreação de contato primário; 4 - Aquicultura; 5 - Abastecimento para consumo humano; 6 - Recreação de contato secundário; 7 - Pesca; 8 - Irrigação; 9 - Dessedentação de animais; 10 - Navegação; 11 - Harmonia paisagística.

- Foram identificadas, ao todo, quatro finalidade diferentes: Abastecimento Público, Consumo Humano, Irrigação e Indústria e Mineração.

***Outorgas estaduais superficiais e subterrâneas e Usos insignificantes superficiais e subterrâneos:***

- Para outorgas que apresentam mais de uma finalidade, foi adotada a finalidade mais restritiva segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 e a DN Conjunta do COPAM e CERH nº 01/2008;
- As finalidades “Consumo Agroindustrial”, “Consumo Industrial” e “Extração mineral” foram classificadas como “Indústria e Mineração”;
- As finalidades “Lavagem de Veículos”, “Paisagismo”, “Aspersão de vias”, “Contenção de sedimentos”, “Controle de cheias”, “Regularização de vazão”, “Transposição de corpo d’água”, “Desassoreamento ou limpeza”, “Disposição de rejeitos”, “Geração de energia”, “Recreação”, “Pesquisa mineral”, “Recirculação de água”, “Urbanização”, “Clarificação de água”, “Lançamento de efluentes”, “Disposição de rejeitos” e as outorgas sem finalidade identificada foram classificadas como “Outros/ Não identificado”.

Foram identificadas, ao todo, sete finalidades diferentes: Abastecimento Público, Consumo Humano, Aquicultura, Irrigação, Dessedentação Animal, Indústria e Mineração e Outros/ Não Identificado.

São apresentadas a seguir a Figura 5.2 até a Figura 5.5 que mostram a localização das captações outorgadas, segundo tipo de outorga (federal, estadual superficial, estadual superficial coletiva e estadual subterrânea) e por finalidade de uso, para cada uma das sub-bacias da CH SF4. A Figura 5.6 e a Figura 5.7 apresentam a distribuição das captações de usos insignificantes, de fontes superficiais ou subterrâneas, respectivamente.

Na CH SF4, pode-se observar que predominam as outorgas de águas de domínio da União para irrigação, que correspondem a 73% do total de outorgas emitidas nessa CH. Com relação à distribuição espacial das outorgas, pode-se observar que elas se concentram na Interbacia Margem Esquerda e Interbacia Margem Direita, que juntas

respondem por 95% das outorgas emitidas. As demais outorgas encontram-se espalhadas pelas sub-bacias do ribeirão da Extrema, ribeirão São Vicente e córrego Forquilha.

Com relação às outorgas estaduais coletivas, observa-se que concentram-se na sub-bacia do rio Abaeté, sobretudo no alto curso, tendo como principal finalidade a irrigação, que corresponde por cerca de 85% do total de outorgas coletivas na CH SF4.

As outorgas de águas estaduais superficiais concentram-se também na sub-bacia do rio Abaeté, com 59% do total de vazões outorgadas. O principal uso é a irrigação, que responde por 73% do total de outorgas.

As outorgas estaduais subterrâneas estão concentradas na sub-bacia do rio Abaeté, que reúne 55% do total de outorgas. A finalidade principal é o consumo humano, que responde por cerca de 80% do número de outorgas emitidas.

É interessante mencionar a diferença dos perfis de finalidades das outorgas superficiais e subterrâneas nesta sub-bacia do Rio Abaeté, onde se destaca o uso das águas superficiais majoritariamente para irrigação e das águas subterrâneas para o consumo humano.

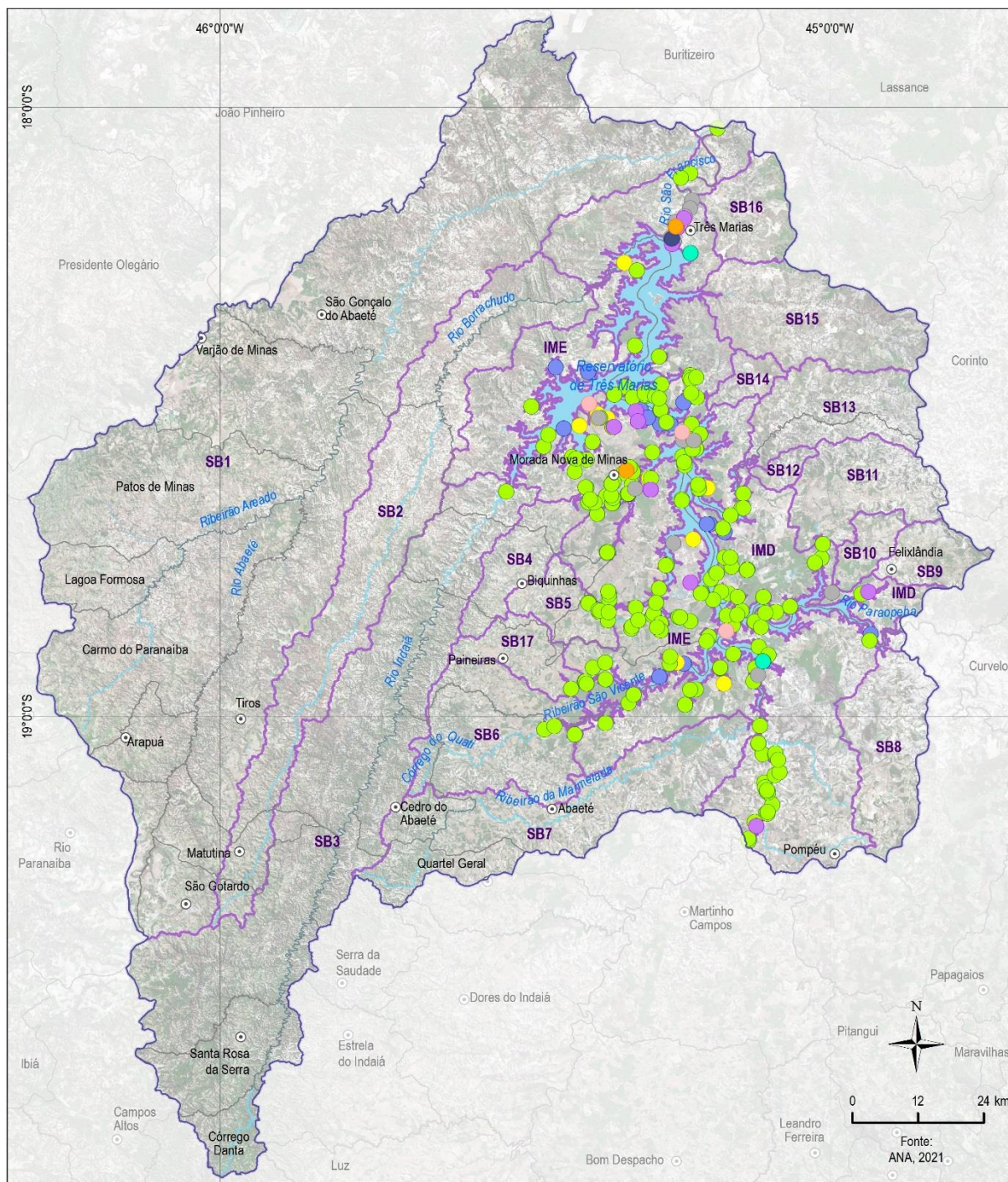
Com relação aos usos insignificantes, pode-se destacar também a sub-bacia do rio Abaeté como a que tem a maior quantidade de usos insignificantes, que somam 56% e 64% dos registros, respectivamente, superficiais e subterrâneos. Com relação à finalidade, destaca-se o consumo humano, com 47% e 85%, respectivamente entre as captações superficiais e subterrâneas.

Somando-se o número de outorgas e de cadastros de usos insignificantes, tem-se 65% de autorizações de usos insignificantes, para águas superficiais, seguido por 19% de outorgas federais, 14% de outorgas estaduais e 2% de outorgas estaduais coletivas. Porém, apesar de representar 65% das autorizações, os usos insignificantes respondem, em termos de vazão, a apenas 1% do total autorizado, tal como apresentado anteriormente no Capítulo 4.1. Já com relação a águas subterrâneas, o número de cadastros de usos insignificantes corresponde a 73% dos registros

existentes e 38% em termos de vazão. Assim, nota-se que para águas subterrâneas há uma maior relevância dos usos insignificantes no total de registros existentes.

Vale destacar, novamente, que a presente análise foi feita considerando-se os usos preponderantes mais restritivos, ou seja, os principais usos em termos de demandas de qualidade da água, uma vez que o presente estudo trata do enquadramento dos corpos de água em classes. Ademais, uma análise quantitativa seria também interessante, porém, assim como exposto anteriormente, fica registrado o fato das bases de dados de outorgas ou cadastros não separarem as demandas quantitativas por finalidade de uso e, assim, tal análise não é possível de ser realizada.





**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- Sub-bacia

**Outorgas federais**

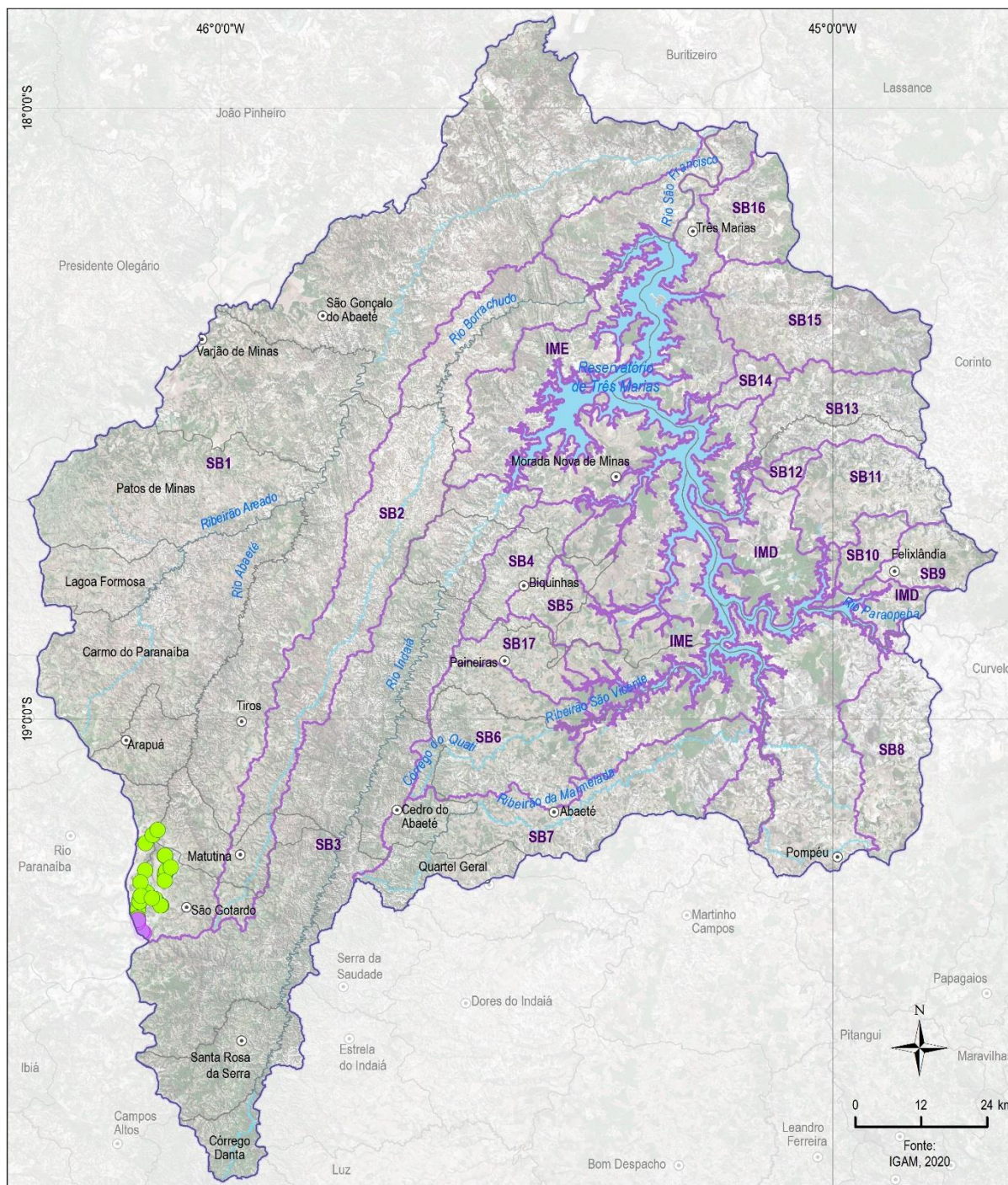
- Abastecimento público
- Aproveitamento hidroelétrico
- Aquicultura
- Consumo humano
- Criação animal
- Esgotamento sanitário
- Indústria e Mineração
- Irrigação
- Não identificado/Outros

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 5.2 – Outorgas federais superficiais na CH SF4**





**LEGENDA**

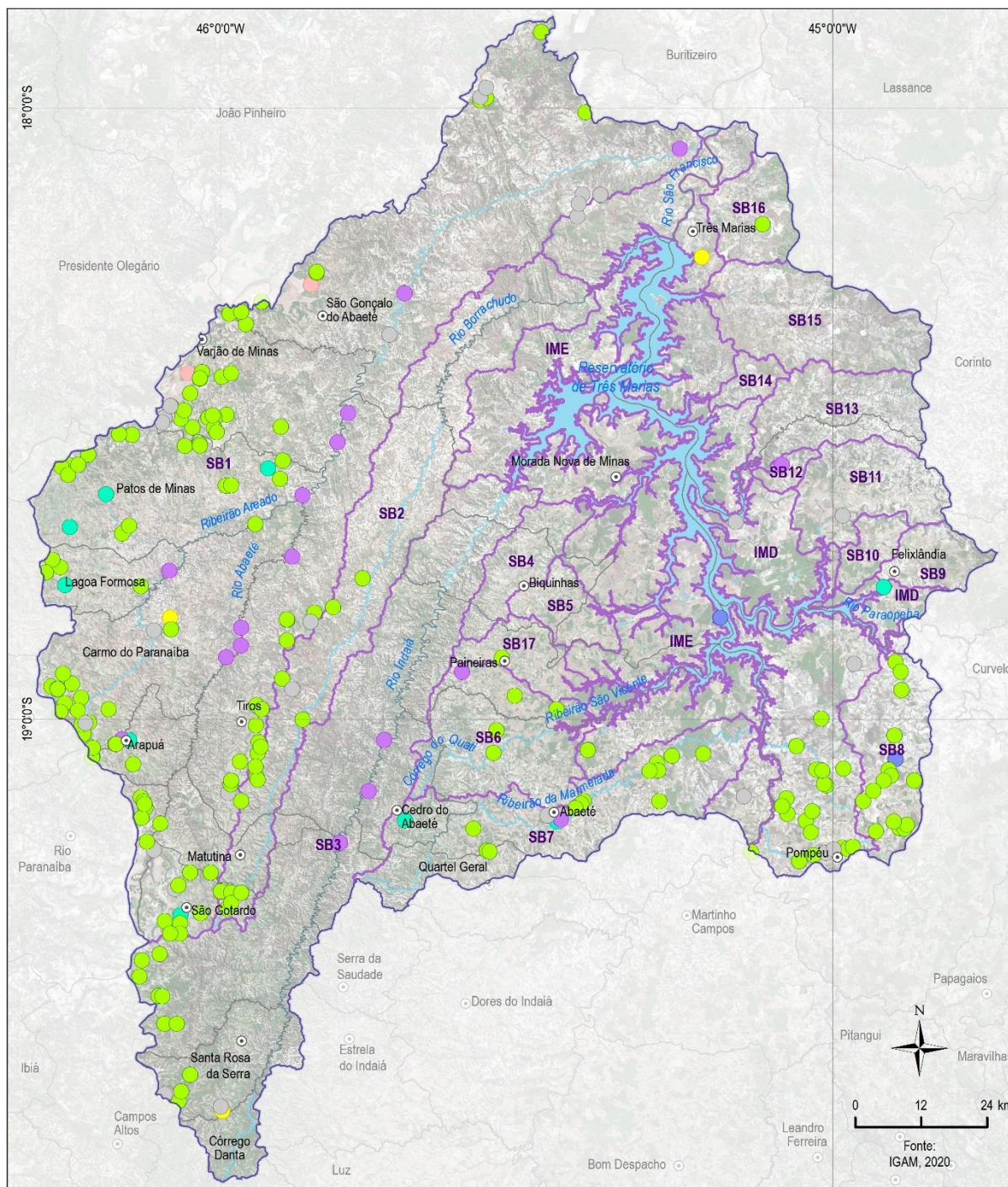
- Sede municipal
- Limite municipal
- Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- Sub-bacia
- Outorgas coletivas
  - Indústria e Mineração
  - Irrigação

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 5.3 – Outorgas estaduais coletivas superficiais na CH SF4**





**LEGENDA**

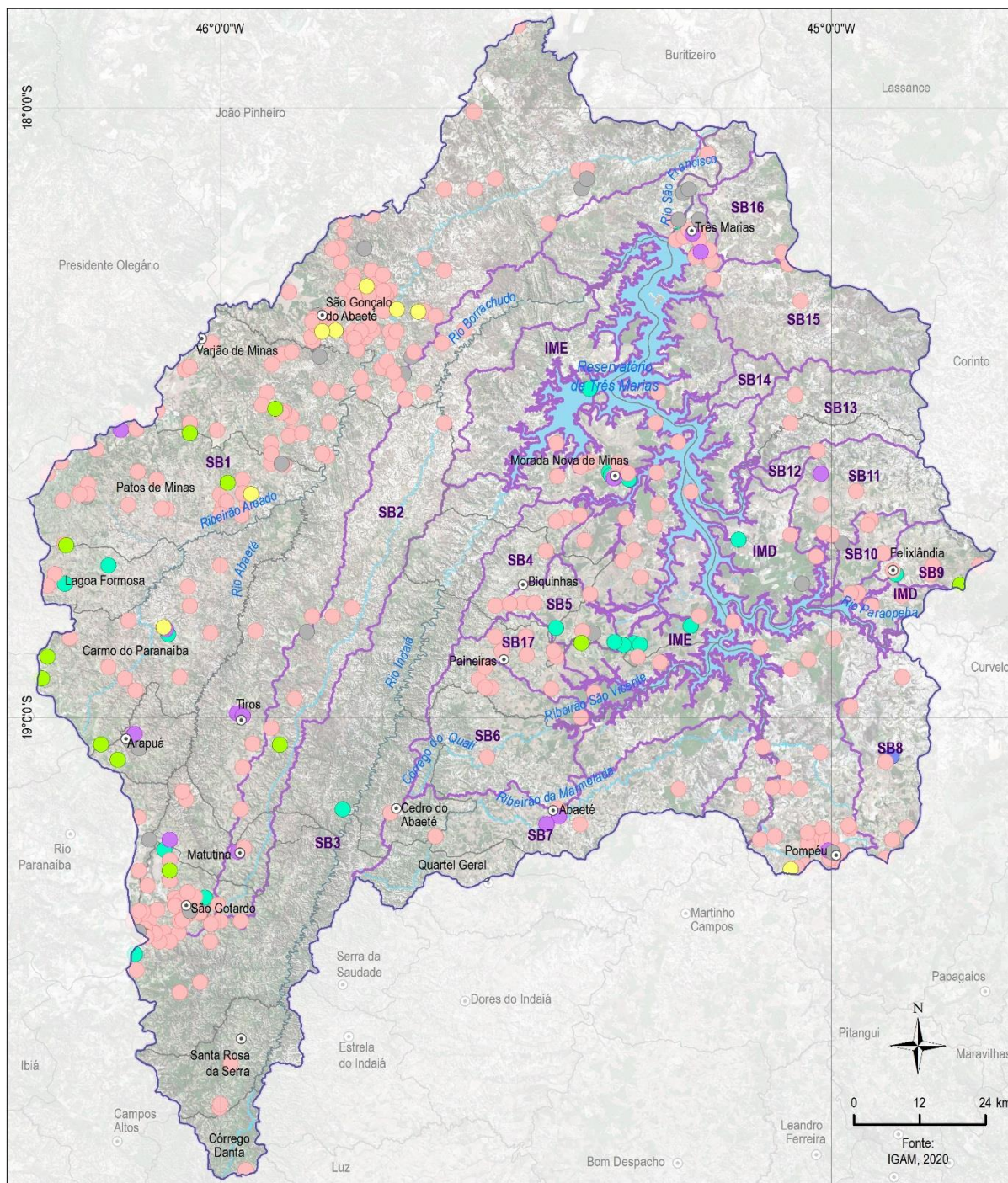
- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sede municipal</li> <li>□ Limite municipal</li> <li>— Curso d'água</li> <li>— Massa d'água</li> <li>— CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias</li> <li>— Sub-bacia</li> </ul> | <p><b>Outorgas superficiais</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Abastecimento público</li> <li>● Aquicultura</li> <li>● Consumo humano</li> <li>● Dessedentação de animais</li> <li>● Indústria e Mineração</li> <li>● Irrigação</li> <li>● Não identificado/Outros</li> </ul> |
|--|---|

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 5.4 – Outorgas estaduais superficiais na CH SF4**





**LEGENDA**

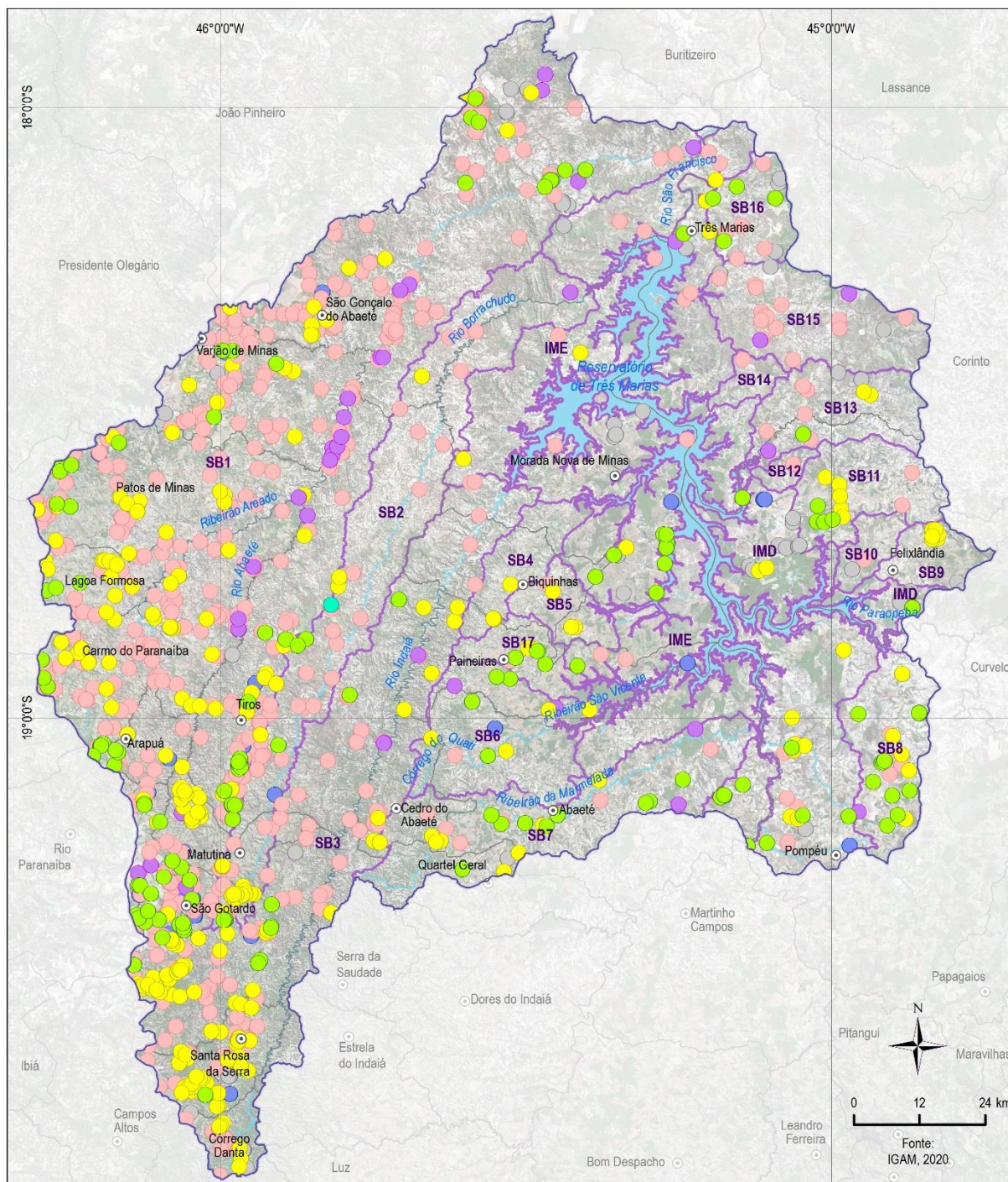
- Sede municipal
  - Limite municipal
  - Curso d'água
  - Massa d'água
  - CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
  - Sub-bacia
- 
- Outorgas subterrâneas**
- Abastecimento público
  - Aquicultura
  - Consumo humano
  - Dessedentação animal
  - Indústria e Mineração
  - Irrigação
  - Não identificado/Outros

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 5.5 – Outorgas estaduais subterrâneas na CH SF4.**





**LEGENDA**

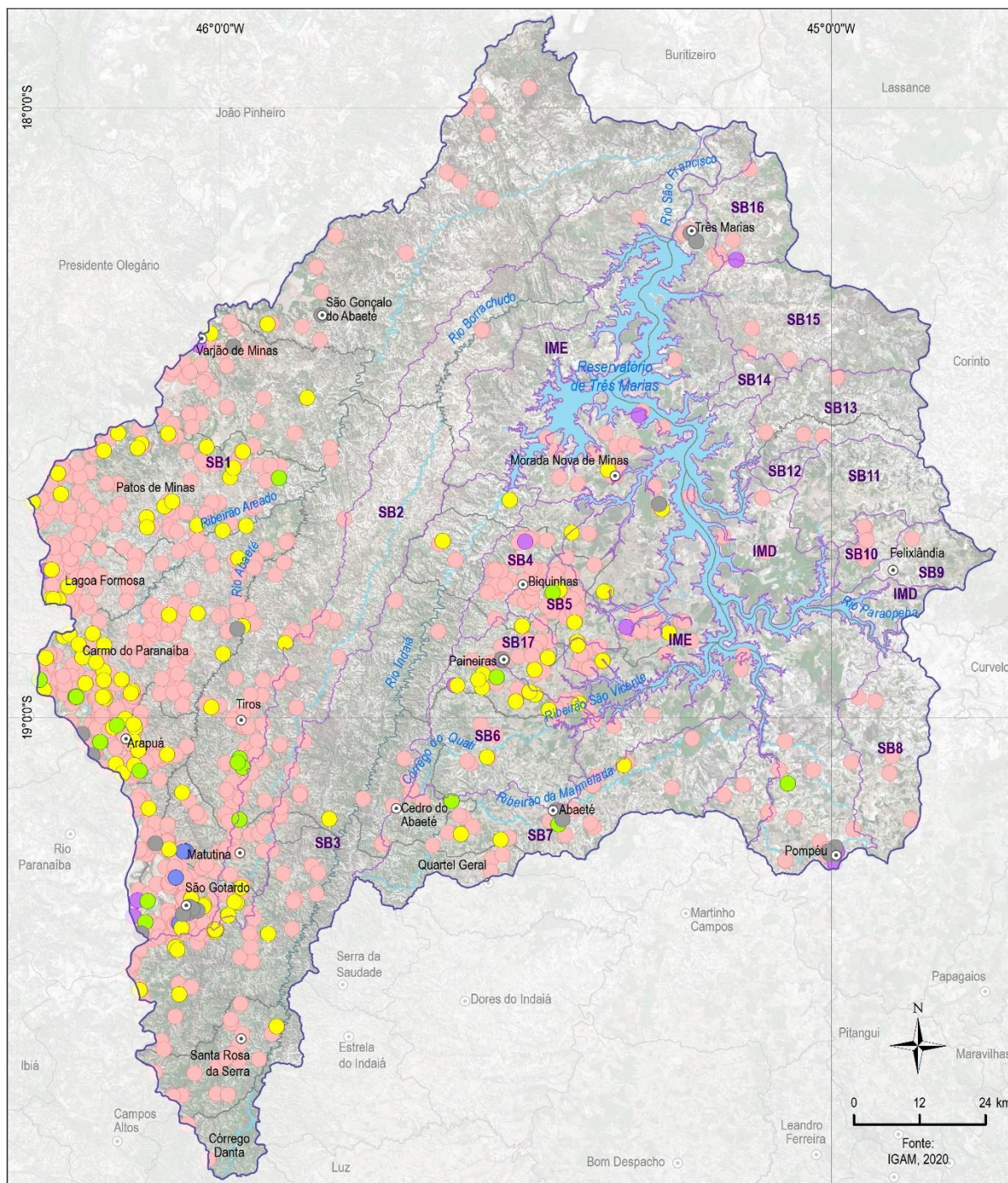
- Sede municipal
- Limite municipal
- Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- Sub-bacia
- Uso insignificante - superficial**
- Abastecimento público
- Aquicultura
- Consumo humano
- Dessedentação animal
- Irrigação
- Indústria e Mineração
- Não identificado/Outros

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 5.6 – Usos insignificantes superficiais na CH SF4**





MAPA DE LOCALIZAÇÃO



- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sede municipal</li> <li>□ Limite municipal</li> <li>— Curso d'água</li> <li>— Massa d'água</li> <li>— CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias</li> <li>— Sub-bacia</li> </ul> | <p><b>Uso insignificante - subterrâneo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Aquicultura</li> <li>● Consumo humano</li> <li>● Dessedentação animal</li> <li>● Indústria e Mineração</li> <li>● Irrigação</li> <li>● Não identificado/Outros</li> </ul> |
|--|---|

Figura 5.7 – Usos insignificantes subterrâneos na CH SF4



A mesma análise dos usos preponderantes foi feita com as demandas de usos consuntivos da ANA, apresentadas no Item 5.2 anteriormente. Para tanto, para identificação dos usos preponderantes em cada uma das sub-bacias da CH SF4, segundo as demandas de usos consuntivos da ANA, foi proposta a seguinte metodologia.

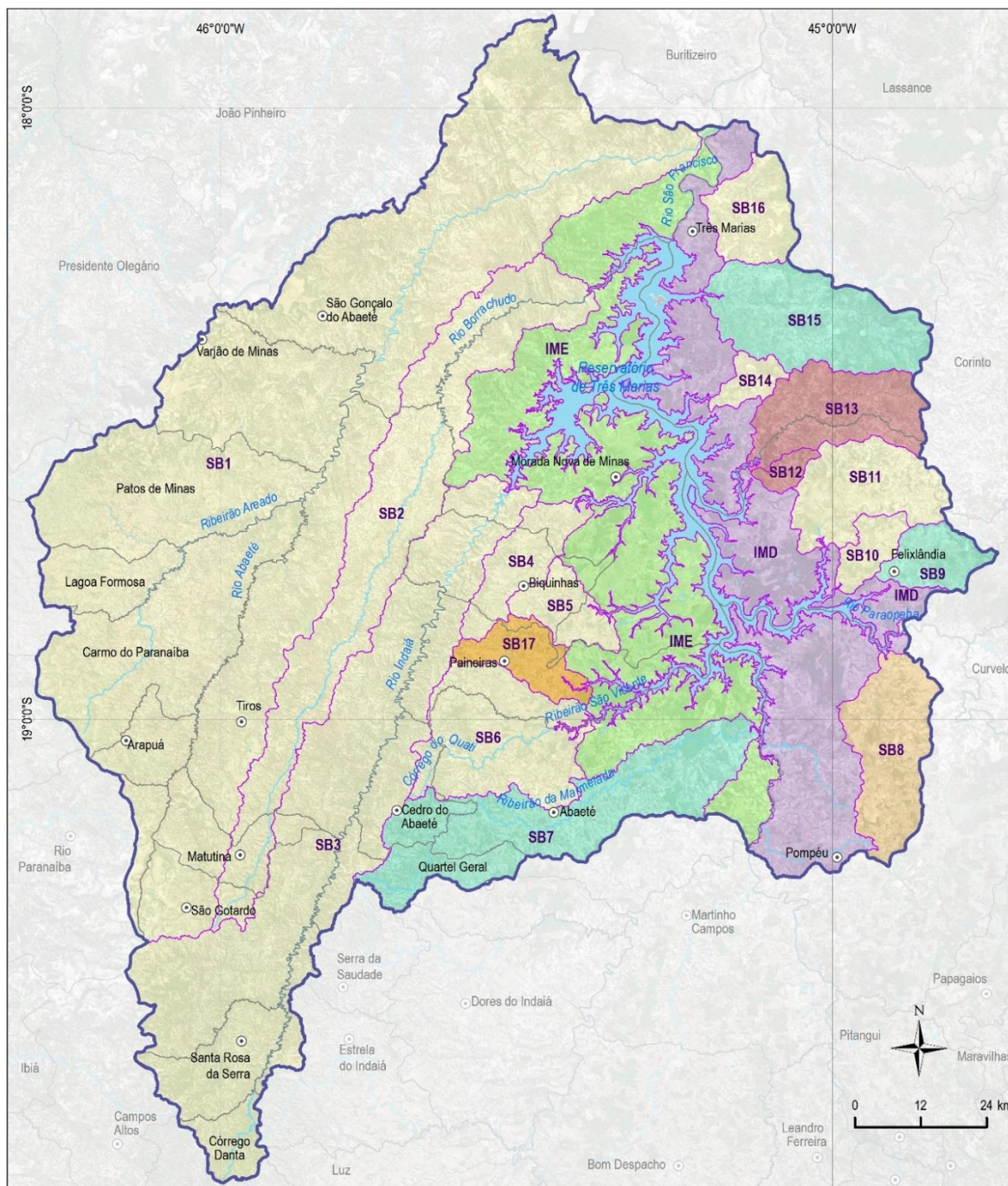
Soma das finalidades cuja retirada corresponde a 90% do total de retiradas da sub-bacia. A partir daí, é estabelecida a principal finalidade na sub-bacia. Nos casos em que a principal finalidade e a segunda tiverem diferença inferior a 10%, são consideradas as duas. Caso o mesmo ocorra para a terceira finalidade com maior vazão, esta também está sendo considerada.

Para tanto, foram calculadas para cada sub-bacia, a partir das vazões de retirada, a porcentagem de cada finalidade em relação à vazão total de retirada, as quais são apresentadas no Quadro 5.12.

A Figura 5.8 e a Figura 5.9 mostram os usos preponderantes para cada uma das sub-bacias, segundo os critérios adotados.

Quadro 5.12 – Porcentagem de Retirada, por setor usuário e por sub-bacia da CH SF4

Sub bacia	Código da sub bacia	Porcentagem de Retirada (%)							
		Consumo Humano Urbano	Consumo Humano Rural	Indústria de Transformação	Mineração	Geração Termelétrica	Dessedentação Animal	Agricultura Irrigada	Evaporação em Reservatórios
Interbacia Margem Direita	IMD	9%	1%	25%	0%	0%	8%	57%	1%
Interbacia Margem Esquerda	IME	4%	0%	2%	0%	0%	3%	91%	0%
Rio Abaeté	SB1	3%	0%	2%	0%	0%	9%	85%	0%
Rio Borrachudo	SB2	4%	2%	1%	0%	0%	40%	52%	0%
Rio Indaiá	SB3	2%	1%	0%	0%	0%	11%	87%	0%
Ribeirão Sucuriú	SB4	6%	1%	0%	0%	0%	25%	68%	0%
Ribeirão da Extrema	SB5	5%	3%	0%	0%	0%	83%	8%	0%
Ribeirão São Vicente	SB6	5%	2%	1%	0%	0%	45%	47%	0%
Ribeirão Marmelada	SB7	26%	1%	4%	0%	0%	31%	38%	0%
Ribeirão Canabrava	SB8	6%	1%	18%	0%	0%	33%	42%	0%
Riacho do Bagre	SB9	26%	1%	1%	0%	0%	10%	63%	0%
Riacho Fundo	SB10	1%	3%	0%	0%	0%	33%	64%	0%
Ribeirão do Peixe	SB11	0%	1%	0%	0%	0%	14%	84%	0%
Córrego Riachão	SB12	0%	9%	0%	6%	0%	85%	0%	0%
Ribeirão da Extrema Grande	SB13	0%	6%	0%	0%	0%	89%	5%	0%
Córrego do Barro	SB14	0%	1%	0%	0%	0%	26%	73%	0%
Ribeirão do Boi	SB15	10%	2%	7%	0%	0%	23%	57%	0%
Córrego Espírito Santo	SB16	0%	5%	0%	0%	0%	59%	36%	0%
Córrego Forquilha	SB17	43%	2%	0%	0%	0%	54%	0%	0%
UHE Três Marias		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
<b>Total</b>		<b>2%</b>	<b>0%</b>	<b>1%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>5%</b>	<b>38%</b>	<b>54%</b>



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- Sub-bacia

**Usos preponderantes (soma acima de 90%)**

- Agricultura Irrigada
- Agricultura Irrigada, Consumo Humano Urbano, Dessecação Animal
- Agricultura Irrigada, Consumo Humano Urbano, Dessecação Animal
- Agricultura Irrigada, Consumo Humano Urbano, Indústria de Transformação

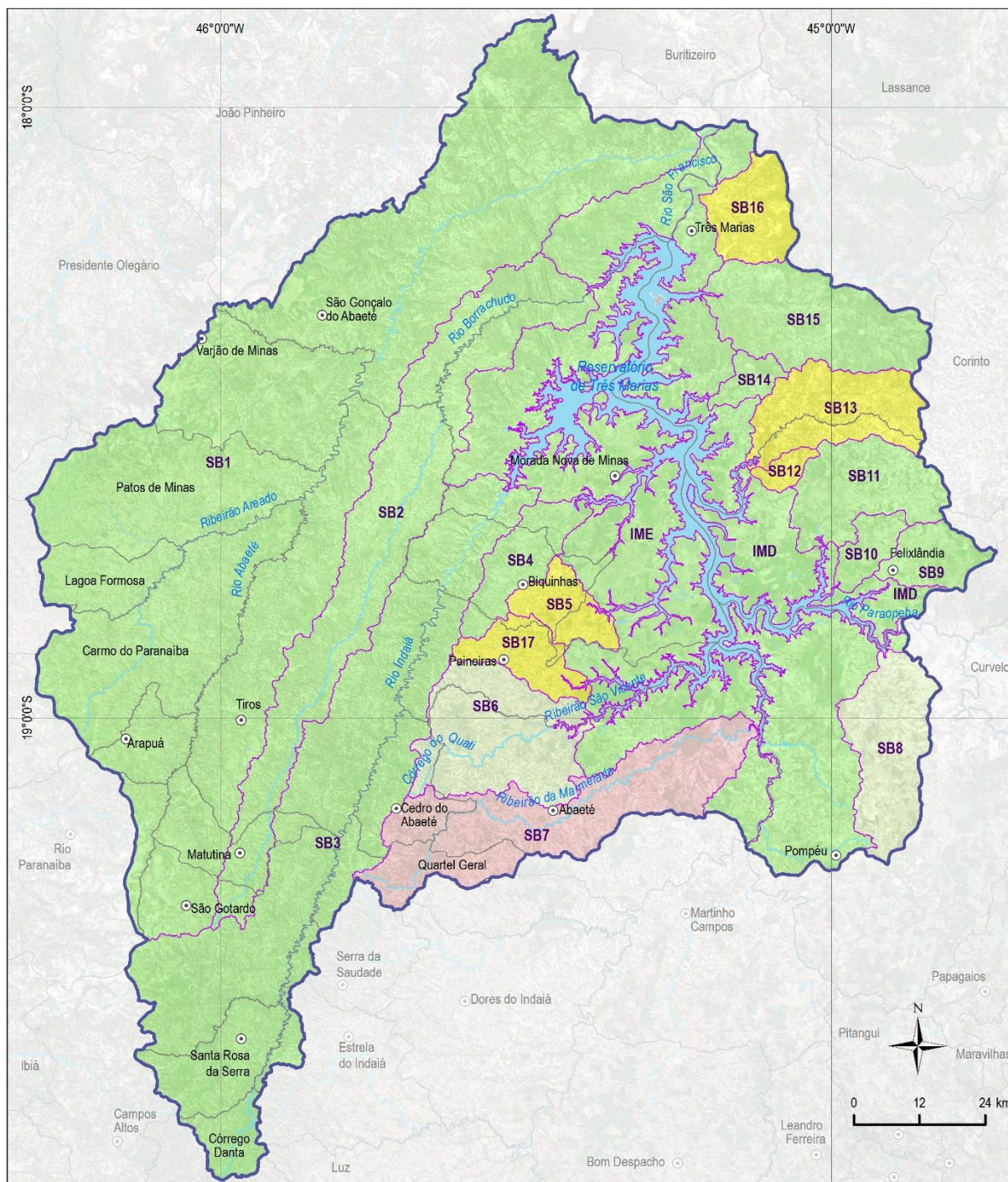
- Agricultura Irrigada, Dessecação Animal
- Agricultura Irrigada, Dessecação Animal, Indústria de Transformação
- Consumo Humano Rural, Dessecação Animal
- Consumo Humano Urbano, Dessecação Animal
- Consumo Humano Urbano, Indústria de Transformação

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 5.8 – Usos preponderantes na CH SF4, cuja soma corresponde a 90% do total de vazão (Critério i)**





**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- Sub-bacia

**Uso principal**

- Agricultura Irrigada
- Agricultura Irrigada, Dessedentação Animal
- Agricultura Irrigada, Dessedentação Animal, Consumo Humano Urbano
- Dessedentação Animal

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 5.9 – Principais usos por sub-bacia, na CH SF4 (Critério ii)**

Pode-se observar do Quadro e dos Mapas que na CH SF4 destacam-se como principais usos a agricultura irrigada e a dessedentação animal, para a maior parte das sub-bacias. Porém, de todos os usos consuntivos de água na CH SF4, as maiores vazões estão concentradas nas perdas por evaporação do reservatório da UHE Três Marias, dadas suas dimensões.

## 6. DIAGNÓSTICO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

### 6.1 ANÁLISE DE ESTUDOS EXISTENTES

O Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias – PDRH Três Marias (GAMA, 2015) identificou três subdomínios hidrogeológicos e oito unidades aquíferas com base nos Domínios Hidrogeológicos definidos pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2007): Formações Cenozoicas, Bacias Sedimentares e Poroso/Fissural.

O plano apresentou cálculo das reservas reguladora, permanente e total para as unidades aquíferas, baseando-se em características hidrodinâmicas definidas a partir de dados de poços disponíveis no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil – SIAGAS e de informações da literatura (Quadro 6.1).

**Quadro 6.1 – Estimativas das Reservas de Água Subterrânea (GAMA, 2015)**

Domínios Hidrogeológicos	Unidades aquíferas	Reserva Permanente	Reserva Reguladora	Reservas Totais
		(Km <sup>3</sup> )	(Km <sup>3</sup> /ano)	(Km <sup>3</sup> )
Formações Cenozoicas	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



## 6.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

---

Os dados levantados para elaboração da etapa de diagnóstico das águas subterrâneas da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias estão listados no Quadro 6.2. Foram obtidos documentos e arquivos digitais nos formatos *shape* e *raster* para análise e interpretação com auxílio de ferramentas de geoprocessamento, nos seguintes órgãos:

- ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico;
- IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas;
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais;
- SEMAD – Secretaria de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento Sustentável;
- HIDROWEB – Portal integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH);
- SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil;
- RIMAS – Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil;
- FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais;
- SIGMINE – Sistema de Informações Geográficas da Mineração;
- IDE SISEMA - Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos;
- SIGA – CBHSF – Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco;
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil.
- SNISB-ANA – Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;

- MAPBIOMAS – Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil;
- SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

**Quadro 6.2 – Relação de documentos e arquivos levantados para elaboração do diagnóstico das águas subterrâneas na Bacia do Entorno da Represa de Três Marias**

DOCUMENTOS E ARQUIVOS LEVANTADOS			
Ano	Origem	Descrição	Fontes de referência
2020	ANA - Atlas de abastecimento urbano	Shape geosoft_poços: contendo 96 informações de poços e 3 informações de nascentes das bacias estudadas.	<a href="https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog">https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog</a>
		Shape de outorgas subterrâneas contendo 868 informações de poços.	<a href="https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog">https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog</a>
2008 a 2014	CBHSF-IGAM	Shape outorgas subterrâneas do IGAM contendo 2.084 informações de poços outorgados.	<a href="https://siga.cbhsaofrancisco.org.br">https://siga.cbhsaofrancisco.org.br</a>
		Shape contendo dados de monitoramento de qualidade de águas superficiais de 89 pontos.	<a href="https://siga.cbhsaofrancisco.org.br">https://siga.cbhsaofrancisco.org.br</a>
		Shape de outorgas insignificantes IGAM contendo um total de 3.156 captações sendo 781 nascentes, 2.374 cisternas e 1 de poço tubular.	<a href="http://usoinsignificante.igam.mg.gov.br">http://usoinsignificante.igam.mg.gov.br</a>
2018 a 2021	SEMAD	Shape contendo dados de outorgas subterrâneas de 6 cisternas e 69 poços profundos, totalizando 75 informações.	<a href="http://igam.mg.gov.br/outorga">http://igam.mg.gov.br/outorga</a>
2021	Hidroweb	Shape contendo indentificação, localização e atividade de de 268 estações pluviométricas inseridas na área de estudo.	<a href="https://www.snirh.gov.br/hidroweb">https://www.snirh.gov.br/hidroweb</a>
		Shape contendo indentificação, localização e atividade de de 377 contendo de estações pluviométricas inseridas na área de estudo.	<a href="https://www.snirh.gov.br/hidroweb">https://www.snirh.gov.br/hidroweb</a>
2021	SIAGAS - CPRM	Dados cadastrais de 1.686 poços levantados na área estudada contendo, entre outras, informações de níveis de água, vazões exploradas, usos, profundidade, etc.	<a href="http://siagasweb.cprm.gov.br">http://siagasweb.cprm.gov.br</a>
2021	SIAGAS - RIMAS	Dados de 9 poços do programas RIMAS de monitoramento quantitativo, incluindo resultados analíticos de 11 parâmetros hidroquímicos e planilha com dados de monitoramento de nível de água.	<a href="http://rimasweb.cprm.gov.br">http://rimasweb.cprm.gov.br</a>
2021	INPE - Topodata	Modelo Digital de Elevação em arquivo raster, resolução espacial de 30 m.	<a href="http://www.dsr.inpe.br/topodata/dados">http://www.dsr.inpe.br/topodata/dados</a>

DOCUMENTOS E ARQUIVOS LEVANTADOS			
Ano	Origem	Descrição	Fontes de referência
2019	FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente	Declaração de carga poluidora de 630 empreendimentos	<a href="http://www.feam.br/-declaracao-de-carga-poluidora">http://www.feam.br/-declaracao-de-carga-poluidora</a>
2020	FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente	Lista de áreas contaminadas	<a href="http://www.feam.br/-qualidade-do-solo-e-areas-contaminadas/inventario-e-lista-de-areas-contaminadas">http://www.feam.br/-qualidade-do-solo-e-areas-contaminadas/inventario-e-lista-de-areas-contaminadas</a>
2021	SIGMINE - ANM	Shape contendo 5.984 processos minerários	<a href="https://dados.gov.br/dataset/sistema-de-informacoes-geograficas-da-mineracao-sigmine">https://dados.gov.br/dataset/sistema-de-informacoes-geograficas-da-mineracao-sigmine</a>
2020	ANA Agência Nacional de Águas	Shape GEOFT_BHO_CURSO_DAGUA: rios	<a href="https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog">https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog</a>
		Sdhape DispH_v27nov20_Snirh: disponibilidade hídrica	
		Shape GEOFT_BHO_MASSA_DAGUA: reservatórios	
2020	IBGE	Shape MG_Municipios_2020	<a href="https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio">https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio</a>
2015	IDE - SISEMA	Shape de manchas urbanas 2015	<a href="https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/">https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/</a>
2014	CPRM	Mapa de domínios e subdomínios hidrogeológicos do Brasil. Escala 1:2.500.000.	<a href="#">CDROOM</a>
2021	SIGA - CBHSF	Dados sobre outorgas, irrigação e infraestruturas	<a href="https://siga.cbhsaofrancisco.org.br/">https://siga.cbhsaofrancisco.org.br/</a>
2021	SEMAD	Consulta de Decisões de Processos de Licenciamento Ambiental	<a href="http://sistemas.meioambiente.mg.gov.br/licenciamento/site/consulta-licenca">http://sistemas.meioambiente.mg.gov.br/licenciamento/site/consulta-licenca</a>
2021	SNISB - ANA	Shape das barragens de rejeito de mineração	<a href="https://pnsh.ana.gov.br/home">https://pnsh.ana.gov.br/home</a>
2019	SEMAD	Panorama de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Minas Gerais	<a href="http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/2021/SANEAMENTO/PANORAMA_2020_FINAL_15_03.pdf">http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/2021/SANEAMENTO/PANORAMA_2020_FINAL_15_03.pdf</a>
2021	Mapbiomas	Raster de dados de uso e ocupação do solo	<a href="https://mapbiomas.org/">https://mapbiomas.org/</a>
2019	SNIRH	Shape com localização e dados das ETEs	<a href="https://www.snirh.gov.br">https://www.snirh.gov.br</a>

Além desses, também foram pesquisados estudos técnicos-científicos – como teses, dissertações, eventos, relatórios técnicos etc. – com abrangência na CH SF4. Contudo, não foram encontrados documentos que proporcionassem informações além das utilizadas no presente estudo e que fossem consideradas relevantes para o enquadramento das águas subterrâneas dessa bacia.

### 6.3 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA

A base adotada para a caracterização e distribuição das unidades geológicas aflorantes nas regiões hidrográficas estudadas compreendeu um recorte do Mapa de

Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil, elaborado e disponibilizado pelo Serviço Geológico do Brasil em arquivo *shape* (CPRM, 2007) contendo, dentre outras, informações sobre as unidades litoestratigráficas e litologias presentes. A opção pela utilização da base do CPRM deve-se ao fato de que constitui informação padronizada e sistemática da geologia e hidrogeologia em nível nacional, evitando-se combinação de mapas elaborados em diferentes escalas, com diferentes critérios de interpretação e de sistematização, que poderiam resultar num mosaico de Informações desconexas. A utilização de base padronizada permite a comparação de características geológicas e da distribuição das rochas nos diferentes compartimentos do território nacional.

A Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa Três Marias (CH SF4), localizada no trecho do Alto São Francisco, estende-se pela porção meridional pelo Cráton do São Francisco, unidade geotectônica formada no final do Ciclo Orogênico Transamazônico, entre 2,26 Ga e 1,86 Ga, que ocupa grande parte do território de Minas Gerais.

O registro geológico preservado no Cráton do São Francisco compreende rochas metamorfisadas e deformadas tectonicamente, com idades que vão do Eoarqueano (4 Ga a 3,6 Ga) ao Neoproterozóico (1 Ga milhão de anos a 541 Ma), reunidas nos supergrupos Rio das Velhas, Minas, Itacolomi, Espinhaço, Grupo Bambuí e suítes granitoides. Sobre essas rochas antigas desenvolveram-se sucessões sedimentares paleozoicas e mesozoicas, representadas na Bacia Sanfranciscana pelos grupos Santa Fé, Areado, Mata da Corda e Urucuia, além de coberturas cenozoicas colúvio-aluviais e eluviais (Machado & Silva, 2010).

O substrato geológico da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias (CH SF4) é constituído por rochas formadas em diferentes Eras, que abrangem um período de tempo de 2,5 Ga da história do planeta e reúnem 14 unidades litoestratigráficas (Quadro 6.3 e Figura 6.1).

A unidade mais antiga é a Alto Jacarandá, composta por granitos paleoproterozoicos, distribuídos por área de 560 km<sup>2</sup>, correspondente a 3% da superfície total da bacia hidrográfica. Filitos, metarenitos e xistos variados do Mesoproterozoico (Grupo Canastra) têm pouca importância em termos de distribuição. Metassedimentos

neoproterozoicos reunidos nas unidades Paraopeba, Lagoa do Jacaré, Serra de Santa Helena, Serra da Saudade e Três Marias, compostos por variados termos arenosos, carbonáticos, argilosos e silteosos, distribuem-se amplamente por 11.336 km<sup>2</sup>, equivalentes a 61% da área da bacia hidrográfica. Rochas vulcânicas da unidade Mata da Corda e sedimentos cretáceos da unidade Areado, compostos de arenitos, conglomerados, folhelhos e siltos, integrantes da Bacia Sanfranciscana, cobrem 3.375 km<sup>2</sup> ou 18% do território da bacia. Sedimentos cenozoicos componentes de depósitos aluvionares e de coberturas detrítico-lateríticas estendem-se por 3.334 km<sup>2</sup>, correspondentes a 18% da área. A distribuição dos litotipos aflorantes na bacia do Entorno da Represa Três Marias (CH SF4) revela a predominância de rochas graníticas e metamórficas pré-cambrianas em cerca de 2/3 da área.

**Quadro 6.3 – Distribuição das Unidades Geológicas da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias (CH SF4)**

Distribuição das unidades geológicas da bacia do Entorno da Represa de Três Marias					
Era	Nome da unidade	Sigla da unidade	Litologia	Área (km <sup>2</sup> )	% da Área Total
Sedimentos cenozoicos	Depósitos aluvionares	Q2a	Areia, Cascalho	0,43	0,002%
	Depósitos aluvionares antigos	Q1a	Areia, Argila, Cascalho	7,19	0,039%
	Coberturas detrítico-lateríticas com concreções ferruginosas	ENdl	Areia, Argila, Laterita, Cascalho	733,39	3,939%
	Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas	NQdl	Aglomerado, Areia, Argila, Laterita	2.593,00	13,929%
Cretáceo	Areado	K1a	Arenito, Conglomerado, Folhelho, Siltito	1.892,92	10,168%
	Mata da Corda	K2mc	Tufo Lapilítico, Arenito	1.482,54	7,964%
Neoproterozoico	Paraopeba	NP2bp	Arcóseo, Argilito, Calcarenito, Dolomito, Folhelho, Marga, Ritmito, Siltito	2.609,60	14,018%
	Paraopeba, calcário	NP2bpc	Calcário, Marga, Dolomito, Siltito	21,22	0,114%
	Lagoa do Jacaré	NP2lj	Calcarenito, Calcário, Siltito	11,89	0,064%
	Serra de Santa Helena	NP2sh	Folhelho, Siltito	2.917,13	15,670%
	Serra da Saudade	NP2ss	Arenito, Argilito, Siltito	1.884,72	10,124%
	Três Marias	NP3tm	Arcóseo, Argilito, Siltito	3.891,49	20,904%



Distribuição das unidades geológicas da bacia do Entorno da Represa de Três Marias					
Era	Nome da unidade	Sigla da unidade	Litologia	Área (km <sup>2</sup> )	% da Área Total
Mesoproterozoico	Canastra Indiviso	MPci	Filito, Metarenito, Micaxisto, Grafita xisto, Sericita Xisto	10,29	0,055%
Paleoproterozoico	Alto Jacarandá	PP2Y2aj	Granito	560,56	3,011%
<b>Total</b>				<b>18.616,37</b>	<b>100%</b>

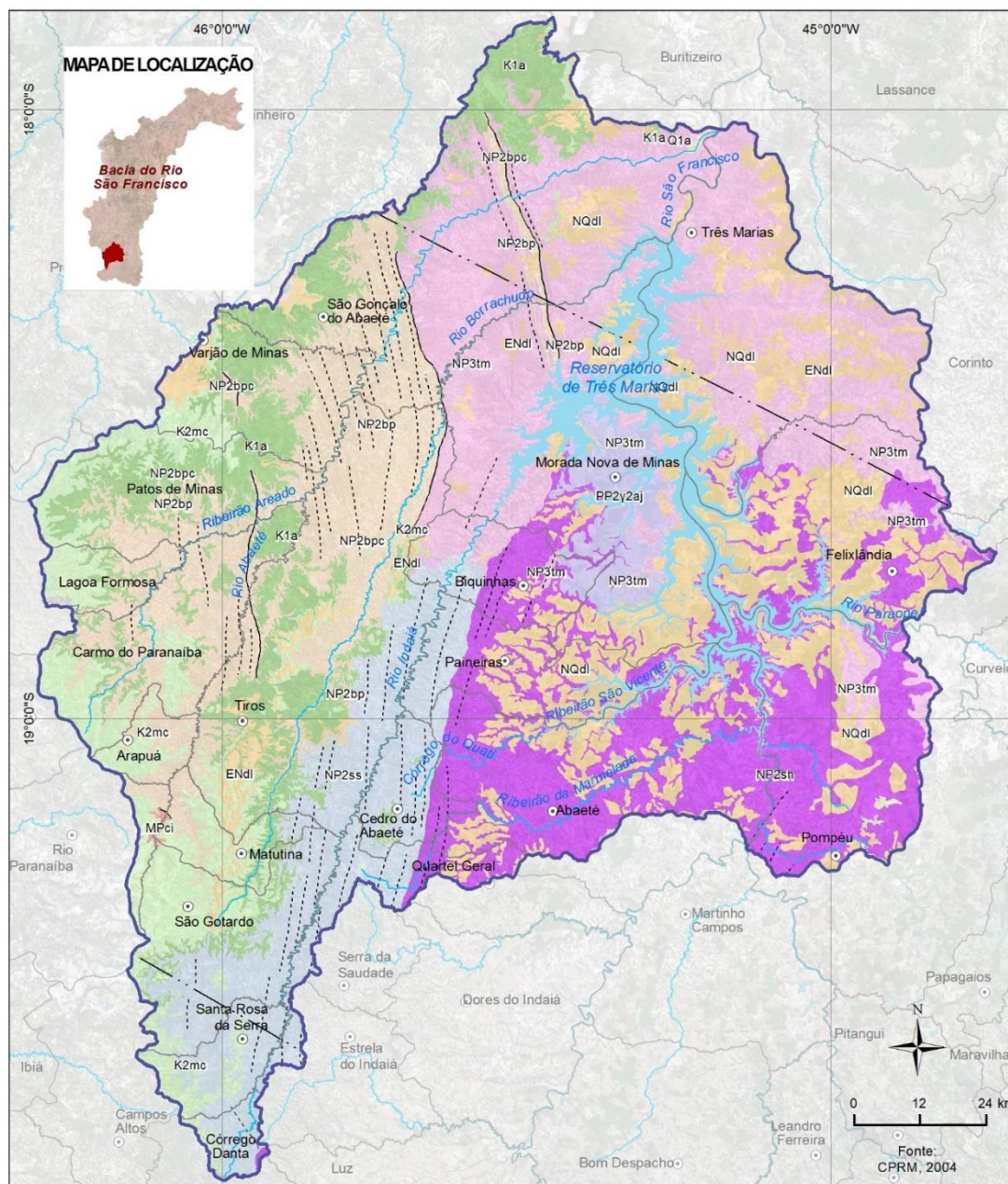
Referência: Mapa geológico CPRM (2007).

As estruturas geológicas presentes na Bacia do Entorno da Represa de Três Marias (Figura 6.1) são representadas por diques, falhas inversas, falhas normais, falhas indiscriminadas, falhas ou zonas de cisalhamento extensionais, falhas ou zonas de cisalhamento compressionais, falhas ou zonas de cisalhamento indiscriminadas, falhas ou zonas de cisalhamento transcorrentes e lineamentos estruturais (CPRM, 2007). Essas estruturas foram originadas no decorrer da evolução do Cráton do São Francisco, a partir do Arqueano, por conta de sucessivas deformações originadas de colisões e fragmentações, resultando nos estilos estruturais ora reconhecidos. Segundo Alkmim (2004), a história tectônica do cráton pode ser resumida em termos dos seguintes estágios:

- Estágio I: Aglutinação e consolidação de uma grande massa continental arqueana;
- Estágio II: Individualização do continente Paramirim;
- Estágio III: Edificação do orógeno paleoproterozoico, durante o Evento Transamazônico;
- Estágio IV: A Tafrogênese Estateriana;
- Estágio V: A Tafrogênese Toniana;
- Estágio VI: As Orogêneses Brasilianas.

Não foram identificados estudos estruturais específicos desenvolvidos na do Bacia do Entorno da Represa de Três Marias. A despeito da importância geológica dos aspectos tectono-estruturais da área, ainda não foram realizados estudos

hidrogeológicos para avaliação da participação das megaestruturas no escoamento subterrâneo regional.



**Figura 6.1 – Mapa Geológico da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias (CPRM, 2007)**

## 6.4 CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

Os reservatórios de água subterrânea, designados de aquíferos, são formados por diferentes tipos de rocha cujas características de permoporosidade permitem armazenar e transmitir quantidades consideráveis de água em condições naturais. Quando portadores de água de boa qualidade, podem ser utilizados economicamente para abastecimento humano, principalmente de pequenas cidades ou núcleos urbanos, ou ainda de modo complementar ao abastecimento superficial, além de outros usos como industrial, irrigação, comercial, pecuária, mineração etc.

É importante destacar alguns conceitos utilizados em hidrogeologia para a classificação e caracterização dos aquíferos. São designados de natureza livre ou freáticos os aquíferos nos quais a zona saturada está sob pressão atmosférica e o limite superior dessa zona representa a superfície potenciométrica; os aquíferos confinados, por sua vez, são aqueles em que o nível de água encontra-se com pressão maior do que a atmosférica, ou seja, a superfície potenciométrica eleva-se acima da zona saturada ou topo do aquífero; já os aquíferos semiconfinados são similares aos confinados, porém, permitem a recarga ou a descarga de água através das camadas semiconfinantes, tanto acima como abaixo de seus limites, dependendo das relações de pressão com o aquíferos contíguos.

Do ponto de vista do armazenamento de água, a propriedade mais importante dos aquíferos é a porosidade, definida pela relação entre o volume de poros e o volume total da rocha. De modo prático, a porosidade pode ser classificada em: granular, no caso de rochas sedimentares, onde a água preenche os espaços entre os grãos da rocha; fissural, no caso de rochas fraturadas, onde a água preenche as fendas e outras descontinuidades rochosas; porosidade por dissolução, no caso de rochas carbonáticas, onde a água preenche cavidades originadas por dissolução dos componentes rochosos; e porosidade granular/fissural, no caso de rochas sedimentares e/ou metassedimentares com porosidade dupla (fissural e granular). Uma vez que o escoamento subterrâneo depende da conexão entre poros e fissuras, o parâmetro que define o volume de água que efetivamente pode ser liberado da rocha por drenagem gravitacional e tem importância fundamental na avaliação da quantidade de água disponível no aquífero é a porosidade eficaz (Quadro 6.4).

Do ponto de vista do movimento, a propriedade das rochas que controla o fluxo das águas subterrâneas é a condutividade hidráulica ou permeabilidade. Aquíferos possuem condutividades hidráulicas que variam de  $10^{-3}$  m/d a  $10^4$  m/d. Quando o meio rochoso transmite água muito lentamente, ou seja, é pouco permeável a semipermeável, é classificado como aquífero. Se o meio é praticamente impermeável, ainda que não necessariamente seco, é definido como aquífero (Quadro 6.5).

**Quadro 6.4 – Valores de porosidade eficaz de rochas**

Valores de porosidade eficaz		
Tipo de rocha	Porosidade eficaz (%)	Fonte
Argila	2	Johnson (1967)
Areia argilosa	7	
Silte	18	
Areia fina	21	
Areia média	26	
Areia grossa	27	
Areia conglomerática	25	
Cascalho fino	25	
Cascalho médio	23	
Cascalho grosso	22	
Granito	<0,2	Custodio (1996): compilação de vários autores
Calcário maciço	<0,5	
Dolomita	<0,5	
Basalto denso	<1	
Basalto vesicular	5	
Arenito	10	
Calcário detrítico	3	

**Quadro 6.5 – Classificação de aquíferos em função da condutividade hidráulica**

Classificação de aquíferos em função da condutividade hidráulica											
Condutividade hidráulica (m/d)	1E-06	1E-05	1E-04	1E-03	1E-02	1E-01	1E+00	1E+01	1E+02	1E+03	1E+04
<b>Classificação da permeabilidade</b>	Impermeável		Pouco permeável		Moderadamente permeável		Permeável		Muito permeável		
<b>Classificação do aquífero</b>	Aquicludo		Aquitardo		Aquífero pobre		Aquífero regular a bom		Aquífero excelente		

Classificação de aquíferos em função da condutividade hidráulica											
Condutividade hidráulica (m/d)	1E-06	1E-05	1E-04	1E-03	1E-02	1E-01	1E+00	1E+01	1E+02	1E+03	1E+04
Exemplo de materiais	Argila compacta		Lamito arenoso		Areia fina / muito fina		Areia limpa				
	Piçarra		Lamito		Areia argilosa		Cascalho e areia			Cascalho limpo	
	Granito		Argila arenosa		Calcário fraturado		Areia média a grossa				

Modificado de Custodio & Llamas, 1996.

Além de sua utilização como fonte de suprimento direto de recursos hídricos para abastecimento público e demais usos, as águas subterrâneas desempenham papel determinante na sustentabilidade dos cursos de água superficiais ao contribuir, principalmente nos períodos de estiagem, com a manutenção do escoamento de base fluvial.

As águas subterrâneas estão armazenadas em reservatórios de porosidade granular, fissural, granular/fissural e vugular, discriminados em termos de sistemas aquíferos com base em suas características litológicas e de porosidade. Esses sistemas foram distinguidos com base nos subdomínios definidos no Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil, elaborado e disponibilizado em arquivo *shape* pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2007), e aqui adotados com o propósito de uniformização e padronização dos sistemas aquíferos.

Na bacia do Entorno da Represa de Três Marias (CH SF4) são distinguidos os sistemas aquíferos Cristalino, Metassedimentar, Vulcanoclástico, Cárstico, Areado, Coberturas Cenozoicas e Aluvionar (Figura 6.2 e Quadro 6.6).

**Quadro 6.6 – Sistemas Aquíferos da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias**

Sistemas Aquíferos	Área (km <sup>2</sup> )	% da Área	Porosidade	Extensão	Continuidade	Natureza
Aluviões	7,62	0,04%	Granular	Local	Contínuo	Livre
Coberturas cenozoicas	3.326,56	17,87%	Granular	Local	Contínuo	Livre
Areado	1.893,02	10,17%	Granular	Regional	Contínuo	Livre a semiconfinado
Cárstico	33,12	0,18%	Vugular	Local	Descontínuo	Livre
Vulcanoclástico	1.482,58	7,96%	Granular/ Fissural	Local	Descontínuo	Livre
Metassedimentar	11.302,60	60,71%	Granular/ Fissural	Regional	Descontínuo	Livre a semiconfinado

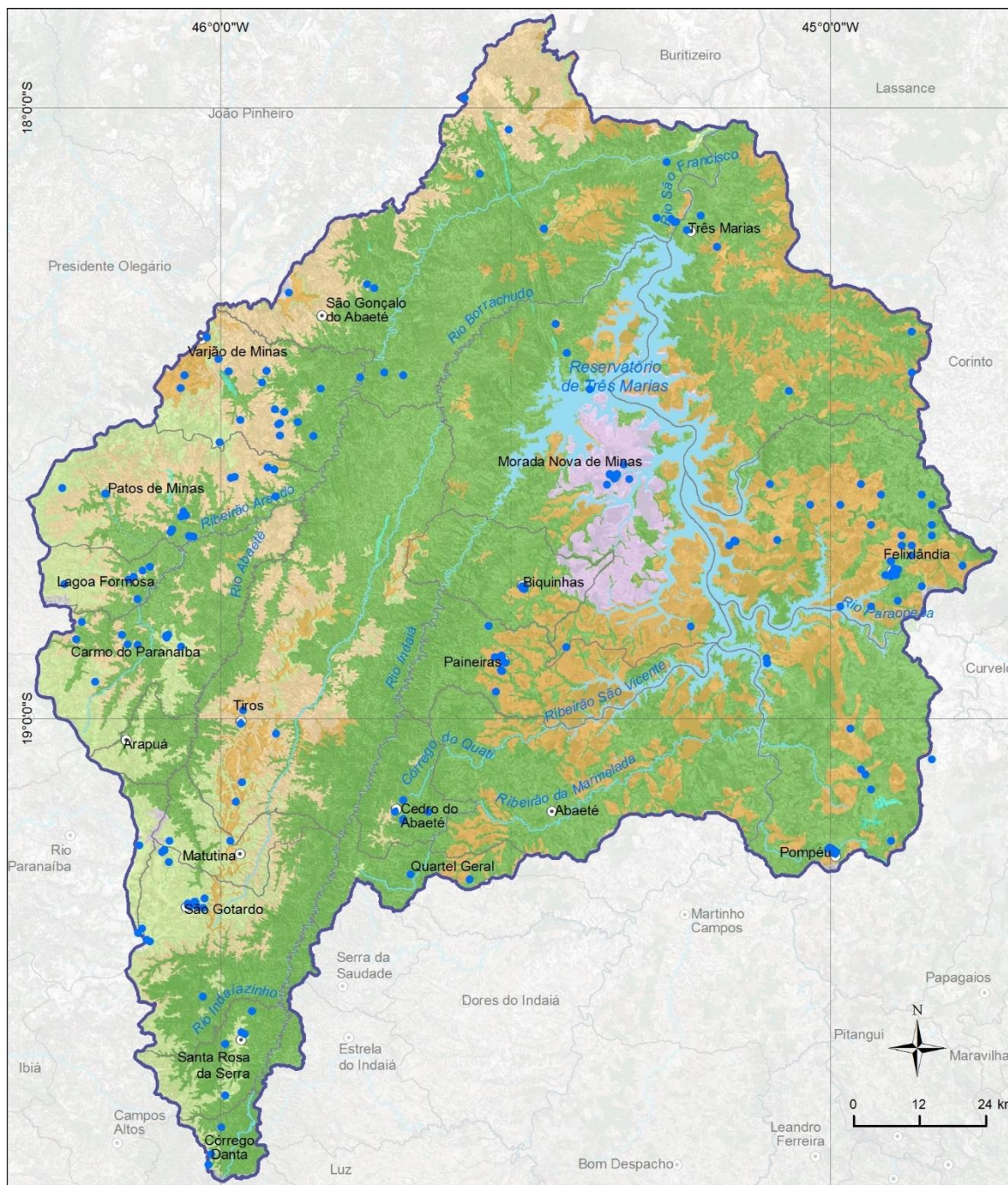


Sistemas Aquíferos	Área (km <sup>2</sup> )	% da Área	Porosidade	Extensão	Continuidade	Natureza
Cristalino	570,88	3,07%	Fissural	Regional	Descontínuo	Livre
<b>Total</b>	<b>18.616,38</b>	<b>100%</b>				

As unidades geológicas/aquíferas presentes na bacia do entorno da represa de Três Marias foram reunidas em sistemas aquíferos, conforme mostrado no Quadro 6.7.

**Quadro 6.7 – Sistemas Aquíferos da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias e unidades geológicas/aquíferas constituintes**

Sistemas aquíferos	Unidades geológicas / aquíferas
Aluvionar	Depósitos aluvionares
	Depósitos aluvionares antigos
Coberturas cenozoicas	Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas
	Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas
Areado	Areado
Cárstico	Lagoa do Jacaré
	Paraopeba, calcário
Vulcanoclástico	Mata da Corda
Cristalino	Alto Jacarandá
	Canastra Indiviso
Metassedimentar	Paraopeba
	Serra da Saudade
	Serra de Santa Helena
	Três Marias



**LEGENDA**

- Poços CPRM
- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias

**Subdomínio**

- Aluvionar
- Coberturas cenozoicas
- Areado
- Cárstico
- Vulcanoclástico
- Metassedimentar
- Cristalino

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 6.2 – Sistemas aquíferos da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias (CPRM, 2007) e localização de poços cadastrados no SIAGAS.**

## 6.4.1 Sistemas Aquíferos

### 6.4.1.1 Sistema Aquífero Cristalino

O Sistema Cristalino aflora localizadamente em área de 571 km<sup>2</sup> na porção centro-nordeste bacia hidrográfica, correspondente a apenas 3% da superfície total. Constituído principalmente por granitos, o armazenamento de água subterrânea nesse sistema é do tipo fissural, preenchendo fendas, fraturas, falhas e outras descontinuidades das rochas genericamente designadas cristalinas. As porosidades e permeabilidades primárias dessas rochas são extremamente baixas (Quadro 6.4 e Quadro 6.5), contudo, esforços tectônicos e processos intempéricos podem dar origem a fraturas e aumentar a permeabilidade em 10<sup>3</sup> a 10<sup>4</sup> vezes (Acworth, 1987). Por outro lado, ocorre diminuição da permeabilidade com o aumento da profundidade, em decorrência do fechamento das fraturas devido às condições de elevada pressão litostática.

Embora de extensão regional, esse sistema aquífero não é homogêneo, nem contínuo e nem isotrópico, podendo apresentar grandes variações nas características de permeabilidade em áreas contíguas, comprovadas pelas vazões extremamente variáveis obtidas em perfurações de poços, inclusive com vazões nulas (poços secos). Ressalta-se que poços secos não são outorgados e raramente são documentados por meio de relatórios, de modo que essa parcela de insucessos não contempla integralmente as estatísticas oficiais.

A zona de saturação dos aquíferos fissurais encontra-se, normalmente, sob pressão atmosférica, caracterizando condições freáticas, mas eventualmente pode exibir caráter semiconfinado. As fraturas saturadas de água podem apresentar diferentes cargas hidráulicas e o nível de água medido no poço representa uma combinação dessas cargas. Os níveis de água do aquífero em condições freáticas oscilam para cima, em resposta às precipitações, e para baixo, em resposta à descarga natural, evapotranspiração e bombeamento.

Na Região do Entorno da Represa de Três Marias o clima é tropical e apresenta médias anuais elevadas de precipitação que variam entre 1.100 mm e 1.400 mm (GAMA, 2015). Essas condições favorecem a existência de um manto de alteração,

de espessura variável, que se sobrepõe às rochas do Sistema Aquífero Cristalino. Esse manto apresenta comportamento de um aquífero granular, sendo relativamente mais poroso e permeável do que as rochas do substrato, favorecendo o armazenamento de água e a recarga, por drenança, do sistema fissural abaixo.

#### 6.4.1.2 Sistema Aquífero Metassedimentar

O Sistema Aquífero Metassedimentar distribui-se amplamente pela Região do Entorno da Represa de Três Marias, cobrindo área de cerca de 11.300 km<sup>2</sup>, equivalente a 61% da superfície do terreno.

As rochas desse aquífero são compostas de antigos depósitos sedimentares formados por intercalações de arenitos, siltitos, folhelhos e calcários, que passaram por processos metamórficos de baixo grau e deformações tectônicas, dando origem a rochas metassedimentares. As rochas desse aquífero possuem dupla porosidade, do tipo granular/fissural, que propiciam maior volume poroso e melhores condições de armazenamento quando comparado com sistemas de porosidade unicamente fissural.

O Sistema Aquífero Metassedimentar é de extensão regional, descontínuo, heterogêneo e anisotrópico. As variações nas propriedades de permoporosidade das rochas desse sistema devem-se à frequência e características das discontinuidades rúpteis, tais como espaçamento, abertura, preenchimento e rugosidade; e à porosidade granular secundária, resultante das modificações da porosidade primária ou original em decorrência da compactação, litificação, cimentação, dissolução, processos metamórficos e alterações posteriores. As variações de permoporosidade também se devem à própria origem das sucessões sedimentares, compostas por empilhamento de rochas de diferentes granulometrias em camadas alternadas e recorrentes. Assim como o Sistema Cristalino, as vazões extraídas por poços são extremamente variadas, mesmo em áreas contíguas, e com frequentes resultados insatisfatórios. Destaca-se, também, que grande parte dos poços secos perfurados no Sistema Aquífero Metassedimentar não estão cadastrados nos órgãos gestores e, conseqüentemente, não contemplam as estatísticas oficiais.

A zona de saturação do Sistema Metassedimentar, a exemplo do Sistema Cristalino, encontra-se geralmente sob pressão atmosférica, mas eventualmente pode

apresentar caráter semiconfinado. Os níveis de água registrados nos poços perfurados nesse sistema refletem uma combinação das distintas cargas hidráulicas das fraturas. Conforme referido há pouco, o clima tropical com elevada pluviosidade na área da bacia favorece a existência de uma zona de alteração de espessura variável, capeando as rochas metassedimentares. Essa zona de alteração comporta-se como um sistema de porosidade granular e permite o armazenamento de água e a recarga, por drenança, das rochas sotopostas.

#### 6.4.1.3 Sistema Aquífero Vulcanoclástico

O arcabouço do Sistema Aquífero Vulcanoclástico é composto exclusivamente por rochas vulcânicas, piroclásticas e sedimentares epiclásticas, reunidas no Grupo Mata da Corda, e distribuídas por cerca de 1.500 km<sup>2</sup> da Região do Entorno da Represa de Três Marias, equivalentes a 10% da área total. O arcabouço litológico desse aquífero possibilita o armazenamento e circulação de água subterrânea por fendas, fraturas e descontinuidades das rochas vulcânicas e pelos poros das rochas sedimentares associadas, caracterizando um sistema de dupla porosidade do tipo granular/fissural.

As poucas informações disponíveis sobre esse aquífero em dados cadastrais de poços do sistema SIAGAS indicam tratar-se de um sistema de natureza livre, extensão local, descontínuo, heterogêneo e anisotrópico.

#### 6.4.1.4 Sistema Aquífero Areado

Segundo o mapa de domínios e subdomínios hidrogeológicos da CPRM (2007), o Sistema Aquífero Areado ocupa área de quase 2.000 km<sup>2</sup> das porções noroeste e centro-sudoeste da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias, correspondente a 10% dessa superfície, cobrindo metassedimentos do sistema aquífero granular/fissural e localmente recoberto por coberturas sedimentares cenozoicas e rochas vulcanoclásticas. De porosidade granular, o Sistema Aquífero Areado é constituído pelo empilhamento de três unidades litoestratigráficas, com distintas características litológicas e valores específicos de permoporosidade ainda desconhecidos nessa bacia. De modo geral, esse sistema é de extensão regional, contínuo, heterogêneo e anisotrópico.



A unidade basal do sistema é formada por conglomerados, arenitos e folhelhos, com espessura total de até 30 m (Campos & Dardenne, 1997). Essa unidade encontra-se coberta por sucessão predominantemente pelítica e comporta-se como um aquífero confinado a semiconfinado.

A unidade intermediária é composta predominantemente por sedimentos pelíticos, representados por folhelhos e siltitos interestratificados e subordinadamente arenitos de granulação heterogênea, com espessura máxima de 100 m (Campos & Dardenne, 1997). Sua constituição litológica permite classificá-la como um aquífero.

A unidade superior é constituída predominantemente por arenitos depositados em ambiente flúvio-eólico, com espessura máxima da ordem de 200 m (Campos & Dardenne, 1997). As características de permoporosidade de rochas formadas nesse ambiente são muito boas, dando origem a excelentes aquíferos, como demonstrado em estudos patrocinados pela ANA (2017). Essa unidade comporta-se como um aquífero de natureza livre.

#### 6.4.1.5 Sistema Aquífero Cárstico

As rochas carbonáticas reunidas no Sistema Aquífero Cárstico distribuem-se irregularmente pela bacia, onde ocupam área reduzida de 33 km<sup>2</sup>, ou seja, menos de 0,2% da superfície. Nesse sistema, a água subterrânea encontra-se armazenada em condutos, fendas e cavidades de proporções variadas, originadas pela dissolução do material carbonático constituinte da rocha e alargamento de estruturas tectônicas preexistentes pela circulação de águas ácidas. O Sistema Aquífero Cárstico é caracterizado como de extensão local nessa bacia, descontínuo, heterogêneo e anisotrópico e de natureza livre. De acordo com ANA (2018), os sistemas porosos e cársticos são sistemas promissores para aproveitamento da água subterrânea, já que ocorrem em terrenos onde a água da chuva pode se infiltrar e ser armazenada, fluindo com velocidade mais elevada ao longo do maciço rochoso, participando dos processos de alimentação dos sistemas fluviais e recarga dos aquíferos mais profundos. Por outro lado, a recarga rápida promovida pela entrada de águas superficiais torna o sistema mais vulnerável à contaminação. Um problema comum em áreas carstificadas é a suscetibilidade ao colapso e a subsidência dos terrenos,

causadas por processos naturais e/ou interferências antrópicas. A extração de água subterrânea é uma das causas de instabilidade dos terrenos devendo, portanto, ser monitorada pelos órgãos gestores ambientais.

#### 6.4.1.6 Sistema Aquífero Coberturas Cenozoicas

As coberturas sedimentares cenozoicas distribuem-se irregular e descontinuamente pela Região do Entorno da Represa de Três Marias, mas concentram-se na porção centro-leste, onde cobrem principalmente unidades constituintes do Sistema Metassedimentar. Com extensão de cerca de 3.300 km<sup>2</sup>, correspondente a 18% da área total da bacia, o Sistema Aquífero Coberturas Cenozoicas possui características litológicas que favorecem a infiltração e acúmulo de águas superficiais. Todavia, as espessuras reduzidas desse sistema, da ordem de algumas dezenas de metros, não possibilitam um grande armazenamento de água subterrânea. Por outro lado, esse sistema auxilia na recarga dos sistemas aquíferos inferiores e contribui com o escoamento de base da rede fluvial instalada. O Sistema Aquífero Coberturas Cenozoicas é de natureza livre e de porosidade granular.

#### 6.4.1.7 Sistema Aquífero Aluvionar

O Sistema Aquífero Aluvionar ocupa área inexpressiva, da ordem de 8 km<sup>2</sup> da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias. Compreende intercalações de sedimentos arenosos e argilosos recentes depositados nas planícies aluvionares associadas aos cursos de água superficiais. Por localizar-se em regiões de vales, junto aos talwegues dos rios, esse sistema recebe e armazena a água, proveniente das precipitações, que escoam pela bacia de drenagem em direção aos cursos superficiais. O excesso de água das cheias que extravasa além da calha dos rios também contribui com o armazenamento de água do Sistema Aquífero Aluvionar. De boa porosidade granular e natureza livre, o armazenamento de água desse sistema subterrâneo é muito limitado em razão de suas dimensões, contudo, tem importância relevante na manutenção do escoamento de base dos rios. Como inconveniente, o sistema apresenta maior vulnerabilidade às contaminações causadas por águas superficiais poluídas e por atividades antrópicas desenvolvidas em sua superfície.

#### **6.4.2 Potencialidades dos Aquíferos da Região do Entorno da Represa de Três Marias**

O termo potencialidade é empregado com diferentes definições nos estudos hidrogeológicos. Neste diagnóstico, potencialidade é definida como a vazão explotável ou recomendada de extração dos aquíferos, ou seja, a vazão que pode ser extraída de forma sustentável por longos períodos e com rebaixamentos moderados da espessura saturada, conforme DAEE (2005). Corresponde à vazão que pode ser extraída do aquífero com base somente em suas propriedades hidrodinâmicas, como transmissividade, coeficiente de armazenamento (para sistemas confinados) e porosidade efetiva ou eficaz (para sistemas não confinados). Essas propriedades hidrodinâmicas são de difícil obtenção, pois necessitam da realização de testes de bombeamento de longa duração com monitoramento simultâneo do poço bombeado e de pelo menos um poço de observação, razão pela qual, esses parâmetros são escassos.

Um método alternativo de caracterização das potencialidades dos aquíferos é a utilização do parâmetro vazão específica ou capacidade específica (q/s), que corresponde ao quociente da vazão de produção pelo rebaixamento do poço e sua unidade é  $m^3/h/m$ ; em outras palavras, discrimina a vazão que se pode extrair para cada metro de rebaixamento do poço. Esse parâmetro é facilmente obtido nos testes de bombeamento rotineiros e não necessita poços de observação, sendo o parâmetro selecionado neste diagnóstico para avaliação das potencialidades dos sistemas aquíferos. Todavia, ressalva-se que a vazão específica é fortemente afetada pelas características construtivas dos poços, refletindo também, em sua grandeza, as perdas de carga devidas ao dano de formação, exigindo-se certa cautela na sua interpretação (Paula e Silva, 2003).

Dentre todos os cadastros levantados neste diagnóstico, o único cadastro técnico disponível que trata das águas subterrâneas é o do SIAGAS – Sistema de Informação de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (<http://siagasweb.cprm.gov.br>). Apesar das várias inconsistências dos dados, como campos sem preenchimento, discriminações conflitantes dos sistemas aquíferos, campos com valores anômalos, buscou-se, por meio de análise expedita,

adequar as informações existentes aos propósitos deste diagnóstico, mesmo que eventuais imprecisões possam ter ocorrido neste ajuste.

Na Região do Entorno da Represa de Três Marias foram levantadas 275 captações subterrâneas, sendo 255 poços tubulares, 19 poços cacimbas e uma captação sem identificação. Nesse grupo constam 31 poços classificados como secos, correspondentes a 19% desse universo, e 143 captações contendo dados de vazão e de vazão específica dos sistemas aquíferos Areado, Cristalino e Metassedimentar (Quadro 6.8).

O Sistema Aquífero Areado apresenta número inexpressivo de dados para uma análise estatística e um único valor para as vazões específicas mínima, máxima e média, igual  $1,0E^{-3}$  m<sup>3</sup>/h/m, registrado em apenas 3 poços (Quadro 6.8).

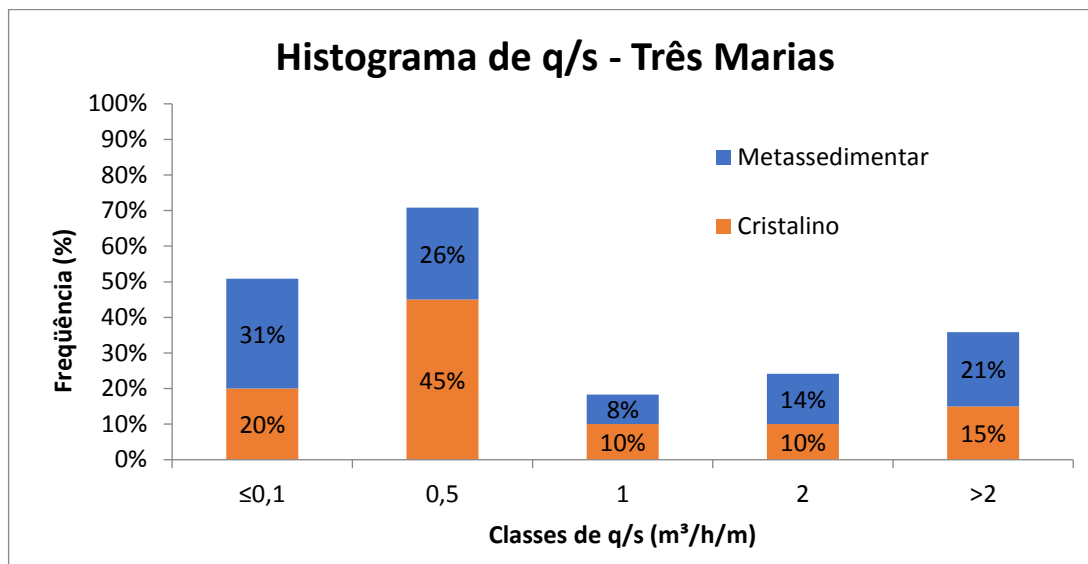
**Quadro 6.8 – Vazões específicas dos sistemas aquíferos da bacia hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias**

Sistemas aquíferos	Vazões específicas (q/s= m <sup>3</sup> /h/m) dos sistemas aquíferos				Nº captações
	q/s mínimo	q/s máximo	q/s médio	q/s mediana	
Areado	1,00E-03	1,00E-03	1,00E-03	1,00E-03	3
Cristalino	1,00E-03	3,74E+00	7,25E-01	3,17E-01	20
Metassedimentar	1,00E-03	9,90E+00	1,20E+00	3,95E-01	120

O Sistema Aquífero Cristalino apresentou vazão específica mínima de  $1,0E^{-3}$  m<sup>3</sup>/h/m, máxima de 9,90 m<sup>3</sup>/h/m, média de 1,20 m<sup>3</sup>/h/m e mediana de  $3,17E^{-1}$  m<sup>3</sup>/h/m, em 20 captações cadastradas (Quadro 6.8). O Sistema Aquífero Metassedimentar registrou vazão específica mínima de  $1,0E^{-3}$  m<sup>3</sup>/h/m, máxima de 3,74 m<sup>3</sup>/h/m, média de  $7,25E^{-1}$  m<sup>3</sup>/h/m e mediana de  $3,95 E^{-1}$  m<sup>3</sup>/h/m, em 120 captações cadastradas (Quadro 6.8).

O histograma de vazões específicas dos sistemas aquíferos da bacia do Entorno da Represa de Três Marias (Figura 6.3) mostra grande variabilidade dentre as classes representadas e predominância de valores de até 0,5 m<sup>3</sup>/h/m, em 65% das captações no Aquífero Cristalino, e em 57% das captações no Aquífero Metassedimentar. Destaca-se o percentual relativamente elevado de 21% para vazões específicas maiores do que 2,0 m<sup>3</sup>/h/m, no Aquífero Metassedimentar. O gráfico também mostra

probabilidades menores de obtenção de vazões específicas acima 1,0 m<sup>3</sup>/h até 2,0 m<sup>3</sup>/h/m, comprovando a heterogeneidade e anisotropia dos aquíferos fissurais e granulares/fissurais da bacia.



**Figura 6.3 – Histograma de q/s dos sistemas aquíferos da bacia do Entorno da Represa de Três Marias**

Não existe uma classificação de potencialidades padronizada em função dos valores de vazão específica, de modo que foi utilizado, como referência, a classificação baseada em DAEE/UNESP (2013) mostrada no Quadro 6.9, para os aquíferos da bacia.

**Quadro 6.9 – Classificação das potencialidades hídricas em função da vazão específica**

Classificação das potencialidades em função da vazão específica (m <sup>3</sup> /h/m)		
Mínimo	Máximo	Classificação
0	0,1	Muito baixa
>0,1	0,5	Baixa
>0,5	1,0	Mediana
>1,0	2,0	Alta
>2,0	-	Muito alta



Segundo a referida classificação, a potencialidade hídrica dos aquíferos Cristalino e Metassedimentar na bacia do Entorno da Represa de Três Marias é predominantemente muito baixo abaixo, mas com eventuais variações entre médio e muito alto.

#### **6.4.3 Potenciometria dos Aquíferos da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias**

No contexto da gestão integrada de recursos hídricos, os aquíferos livres têm importância fundamental, pois recebem água diretamente das precipitações atmosféricas e as descarregam naturalmente na rede de drenagem das bacias hidrográficas, sendo responsáveis diretamente pela manutenção das vazões dos rios nos períodos de estiagem.

A despeito de localmente existirem condições de confinamento, principalmente nas regiões mais profundas dos aquíferos, em praticamente todas as camadas superiores dos terrenos geológicos ocorrem aquíferos de natureza livre.

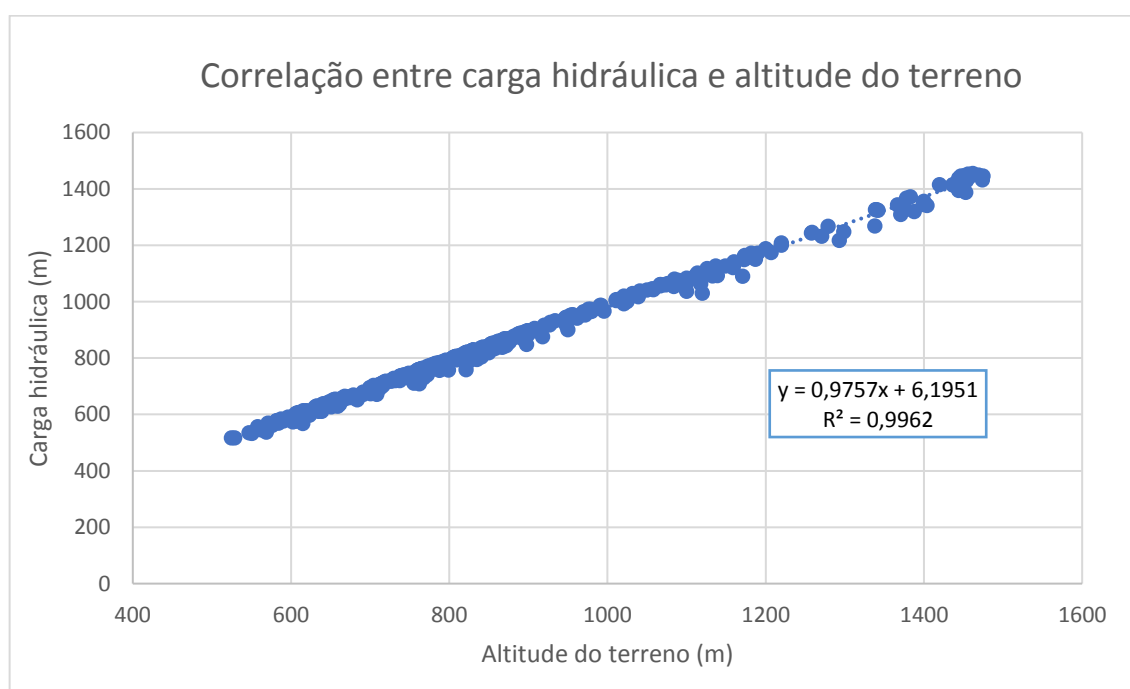
A superfície que delimita o topo da zona saturada nos aquíferos livres é conhecida como lençol freático ou superfície potenciométrica, e representa a distribuição bidimensional no terreno das cargas hidráulicas dos aquíferos. O traçado da potenciometria indica, entre outros, a direção e gradiente do fluxo subterrâneo, daí sua importância na gestão dos recursos hídricos.

Muitos estudos têm demonstrado que, em regiões úmidas, a superfície livre dos aquíferos superficiais normalmente apresenta conformação semelhante à da superfície topográfica (p. ex. Fetter, 2001; DAEE, 1974). Em termos práticos, essa configuração demonstra que o fluxo subterrâneo natural se dá das altitudes mais altas para as mais baixas dos terrenos e apresenta tendência de escoamento no sentido das drenagens, que representam os locais de descarga natural dos aquíferos.

Neste diagnóstico foram utilizados dados de profundidade de nível de água e de altitude do terreno, extraídos de pontos selecionados do cadastro técnico do SIAGAS, para elaboração da superfície potenciométrica. O método consistiu na determinação da equação de correlação entre a altitude do terreno e a cota do nível de água naquele ponto. A equação determinada tem como variável a altitude do terreno, de modo que

sua aplicação sobre o grid do Modelo Digital de Terreno (MDT) reproduz a carga hidráulica dos aquíferos superficiais (potenciometria), em toda a extensão do terreno modelado.

Para obtenção da equação de correlação, foram plotados em gráfico 397 dados de carga hidráulica (altitude menos nível de água) *versus* altitude do terreno, obtidos de poços existentes nas bacias do Entorno da Represa de Três Marias, Rio Pará e Rio Paraopeba. O resultado mostrou uma correlação linear com coeficiente de determinação maior do que 99% e gerou a equação indicada no gráfico da Figura 6.4.

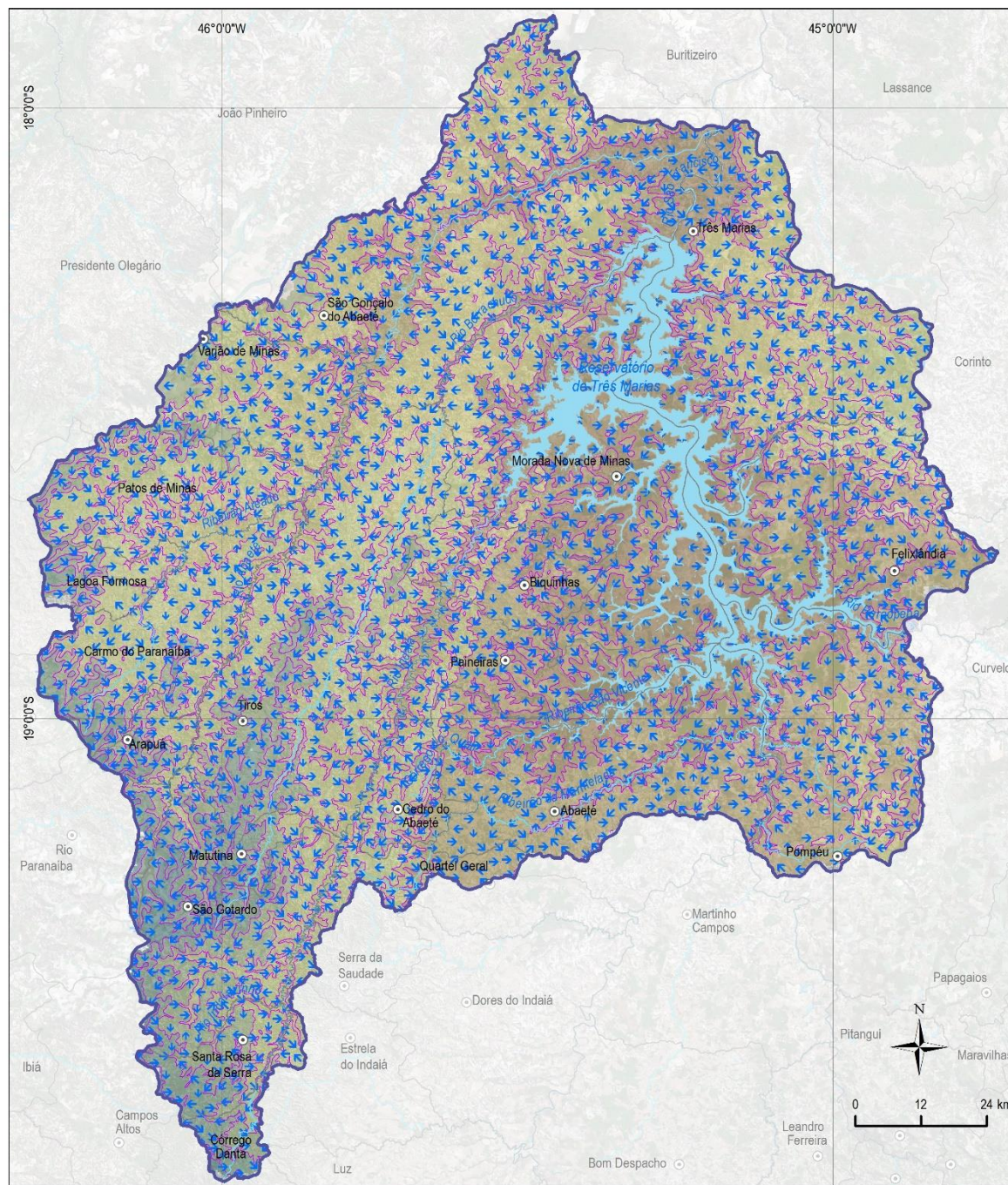


**Figura 6.4 – Correlação entre carga hidráulica e altitude do terreno.**

A superfície potenciométrica foi construída por meio da aplicação da equação de correlação aos dados altimétricos do Modelo Digital de Terreno (MDT), dando origem ao *raster* representativo da distribuição das cargas hidráulicas no terreno. As equipotenciais foram geradas a partir desse *raster* com emprego da ferramenta *Contour* do módulo *3D Analyst* do ArcGis, em intervalos de 100 m. Feições anômalas e inconsistências foram filtradas e eliminadas e as equipotenciais foram suavizadas para melhorar a estética do mapa (Figura 6.5). Finalmente, foram inseridas direções de fluxo subterrâneo em pontos aleatórios, distribuídos pelo terreno.

As cargas hidráulicas variaram de 498 m a 1200 m, indicando sentido de fluxo geral de sudoeste para nordeste da bacia.

Os cursos de superficiais da bacia hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias dão origem a várias sub-bacias, as quais drenam as águas subterrâneas dos aquíferos formados nas zonas de alteração ou camadas rochosas próximas à superfície do terreno, na forma de escoamento de base. Essa descarga subterrânea, correspondente à reserva ativa ou renovável dos aquíferos, é componente do sistema de fluxo local, controlado pelos divisores hidrogeológicos das bacias, aqui admitidos para efeitos práticos como coincidentes com os divisores topográficos.



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- Isolinhas de carga hidráulica
- Carga hidráulica (m)**
- 498 - 500
- 500,1 - 600
- 600,1 - 700
- 700,1 - 800
- 800,1 - 900
- 900,1 - 1.000
- 1.000,1 - 1.100
- 1.100,1 - 1.200
- Direção de fluxo**
- ↑ Norte
- ↗ Nordeste
- Leste
- ↘ Sudeste
- ↓ Sul
- ↙ Sudoeste
- ← Oeste
- ↖ Noroeste
- ↑ Norte

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 6.5 – Mapa potenciométrico dos aquíferos superficiais da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias.**

#### 6.4.4 Reservas Hídricas Subterrâneas da Região do Entorno da Represa de Três Marias

As reservas aquíferas são componentes importantes da gestão integrada de recursos hídricos, uma vez que a exploração excessiva interfere na sustentabilidade dos cursos de água superficiais, além de causar depleção dos reservatórios e degradação da qualidade da água subterrânea, subsidência dos terrenos e outros problemas. Daí a necessidade de implementação de um plano de monitoramento quali-quantitativo desses recursos, visando disciplinar o uso e controlar eventuais contaminações.

As reservas hídricas subterrâneas compreendem a quantidade total de água armazenada nos aquíferos e são distinguidas em reservas ativas e reservas permanentes.

As reservas ativas compreendem o volume de água acumulado no aquífero em função da porosidade efetiva e variam, anualmente, em decorrência da recarga direta provocada pelas precipitações atmosféricas e da descarga natural dos cursos de água superficiais (fluxo de base).

As reservas permanentes compreendem o volume de água acumulado no aquífero em função da porosidade efetiva e do coeficiente de armazenamento, não variável em decorrência da flutuação sazonal da superfície potenciométrica.

##### 6.4.4.1 Reservas Ativas da Região do Entorno da Represa de Três Marias

As reservas ativas dos sistemas aquíferos da Região do Entorno da Represa de Três Marias foram estimadas com base em dados de vazões mínimas extraídos de estudo hidrológico elaborado pela ANA, disponibilizado no arquivo *Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017*, extraído do sítio <https://metadados.snirh.gov.br> (Quadro 6.2). Vazões mínimas são utilizadas no planejamento dos recursos hídricos da bacia hidrográfica, como concessão de outorgas e estimativas de disponibilidades hídricas superficiais. Nos estudos hidrogeológicos, as vazões mínimas equivalem ao escoamento de base anual dos rios ou à recarga anual, conforme admitido pela maioria dos gestores. Dentre as vazões mínimas das ottobacias brasileiras apresentadas pela ANA, a vazão de permanência  $Q_{95}$  foi aqui selecionada para a estimativa das reservas ativas.



Para ao conjunto de ottobacias da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias, a ANA avaliou a vazão específica  $Q_{95}$  em 2,359 L/s/km<sup>2</sup> e as reservas ativas (RA) foram calculadas do seguinte modo:

$$RA = A \times Q_{95}$$

Onde: RA= reserva ativa (L/s); A= área do aquífero (km<sup>2</sup>);  $Q_{95}$ = vazão mínima (L/s/km<sup>2</sup>).

O Quadro 6.10 apresenta as reservas ativas dos aquíferos da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias, calculadas em 1,49x10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/ano. Observa-se que quase 80% das reservas ativas estão armazenadas nos sistemas aquíferos Metassedimentar e Coberturas cenozoicas.

**Quadro 6.10 – Reservas ativas dos aquíferos da Bacia da Represa de Três Marias**

Reservas Ativas				
Sistemas Aquíferos	Área (km <sup>2</sup> )	RA (L/s)	RA (m <sup>3</sup> /s)	RA (m <sup>3</sup> /ano)
Aluvionar	7,62	19,35	0,02	6,10E+05
Areado	1.893,02	4.806,38	4,81	1,52E+08
Cástico	33,12	84,09	0,08	2,65E+06
Coberturas cenozoicas	3.326,56	8.446,14	8,45	2,66E+08
Cristalino	570,88	1.449,46	1,45	4,57E+07
Metassedimentar	11.302,60	28.697,30	28,70	9,05E+08
Vulcanoclástico	1.482,58	3.764,27	3,76	1,19E+08
<b>Total</b>	<b>18.616,38</b>	<b>47.266,99</b>	<b>47,27</b>	<b>1,49E+09</b>

#### 6.4.4.2 Reservas Permanentes da Região do Entorno da Represa de Três Marias

As reservas permanentes da Região do Entorno da Represa de Três Marias foram avaliadas de acordo com a equação abaixo:

$$RP = A \times E \times \emptyset e$$

Onde: RP= reserva permanente (m<sup>3</sup>); A= área do aquífero (km<sup>2</sup>); E= espessura saturada dos aquíferos (m);  $\emptyset e$ = porosidade efetiva (%).

Os valores de porosidade efetiva dos aquíferos foram estimados conforme mostrados no Quadro 6.11, com base nos valores apresentados no Quadro 6.4. As espessuras saturadas foram estimadas a partir de dados de poços e estudos hidrogeológicos publicados.

**Quadro 6.11 – Valores de porosidade efetiva e espessuras saturadas estimadas para os sistemas aquíferos**

Sistemas Aquíferos	Tipo de Porosidade	*Porosidade efetiva (%)	** Espessura permeável (m)
Aluvionar	Granular	25	15
Coberturas cenozoicas	Granular	20	20
Areado	Granular	15	100
Cárstico	Vugular	10	150
Metassedimentar	Granular/ Fissural	8	150
Metassedimentar/ Serra de Santa Helena	Granular/ Fissural	1	150
Vulcanoclástico	Granular/ Fissural	5	50
Cristalino	Fissural	3	150

\*Valores estimados baseados em Johnson (1967) e Custódio&Llamas (1996)

\*\*Valores estimados neste diagnóstico

As reservas permanentes dos aquíferos da Região do Entorno da Represa de Três Marias foram estimadas em  $1,53E^{11}$  m<sup>3</sup> (Quadro 6.12) e referem-se somente aos reservatórios subterrâneos em condições livres. As maiores reservas permanentes estão armazenadas no Aquífero Metassedimentar (68%) e no Aquífero Areado (19%), que juntos totalizam 87% desses recursos.

**Quadro 6.12 – Reservas permanentes dos aquíferos da Bacia da Represa de Três Marias**

Reservas ativas				
Sistemas Aquíferos	Área (km <sup>2</sup> )	RA (L/s)	RA (m <sup>3</sup> /s)	RA (m <sup>3</sup> /ano)
Aluvionar	7,62	19,35	0,02	6,10E+05
Areado	1.893,02	4.806,38	4,81	1,52E+08
Carstico	33,12	84,09	0,08	2,65E+06
Coberturas cenozoicas	3.326,56	8.446,14	8,45	2,66E+08
Cristalino	570,88	1.449,46	1,45	4,57E+07
Metassedimentar	11.302,60	28.697,30	28,70	9,05E+08
Vulcanoclástico	1.482,58	3.764,27	3,76	1,19E+08
<b>Total</b>	<b>18.616,38</b>	<b>47.266,99</b>	<b>47,27</b>	<b>1,49E+09</b>

#### 6.4.5 Disponibilidades hídricas subterrâneas da Região do Entorno da Represa de Três Marias

As disponibilidades representam uma parcela das reservas subterrâneas totais que pode ser extraída anualmente do armazenamento dos aquíferos durante um período de tempo planejado, de modo a não causar consequências ambientais, econômicas e sociais graves. Esta definição está atrelada ao conceito de sustentabilidade, cujo objetivo é realizar o aproveitamento racional e conservação dos recursos hídricos. A definição da parcela das reservas hídricas dos aquíferos que poderá ser utilizada anualmente deve ser fundamentada em diretrizes técnicas e políticas emanadas dos comitês de bacia.

Neste diagnóstico, considerou-se uma parcela de 50% das reservas ativas e uma parcela de 2% das reservas permanentes dos aquíferos, disponíveis anualmente para uso sustentável dos recursos hídricos subterrâneos, cujos resultados são mostrados no Quadro 6.13. As disponibilidades totais da Região do Entorno da Represa de Três Marias foram calculadas em  $3,81 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano.

**Quadro 6.13 – Disponibilidades dos aquíferos da Bacia da Represa de Três Marias**

Disponibilidades subterrâneas						
Sistemas Aquíferos	Área (km <sup>2</sup> )	RA (m <sup>3</sup> /ano)	RP (m <sup>3</sup> )	DI_ra (m <sup>3</sup> /ano)	DI_rp (m <sup>3</sup> /ano)	DI_total (m <sup>3</sup> /ano)
Aluvionar	7,62	6,10E+05	2,84E+07	3,05E+05	5,67E+05	8,72E+05
Areado	1.893,02	1,52E+08	2,84E+10	7,58E+07	5,68E+08	6,44E+08
Carstico	33,12	2,65E+06	4,68E+08	1,33E+06	9,36E+06	1,07E+07
Coberturas cenozoicas	3.326,56	2,66E+08	1,33E+10	1,33E+08	2,66E+08	3,99E+08
Cristalino	570,88	4,57E+07	2,57E+09	2,29E+07	5,14E+07	7,42E+07
Metassedimentar	11.302,60	9,05E+08	1,05E+11	4,52E+08	2,10E+09	2,55E+09
Vulcanoclástico	1.482,58	1,19E+08	3,71E+09	5,94E+07	7,42E+07	1,34E+08
<b>Total</b>	<b>18.616,38</b>	<b>1,49E+09</b>	<b>1,53E+11</b>	<b>7,45E+08</b>	<b>3,07E+09</b>	<b>3,81E+09</b>

DI-ra: 0,5. RA

DI\_rp: 0,02. RP

#### **6.4.6 Modelo Conceitual de Fluxo dos Aquíferos da Região do Entorno da Represa de Três Marias**

Os sistemas aquíferos da Região do Entorno da Represa de Três Marias são abastecidos direta e continuamente por águas pluviais que se infiltram nas formações geológicas e formam os reservatórios subterrâneos. Nessa bacia, as precipitações anuais variam de 1.010 mm a 1.647 mm, a média anual é superior a 1.200 mm e as precipitações mais intensas ocorrem na porção sul da bacia, diminuindo no sentido norte (GAMA, 2015).

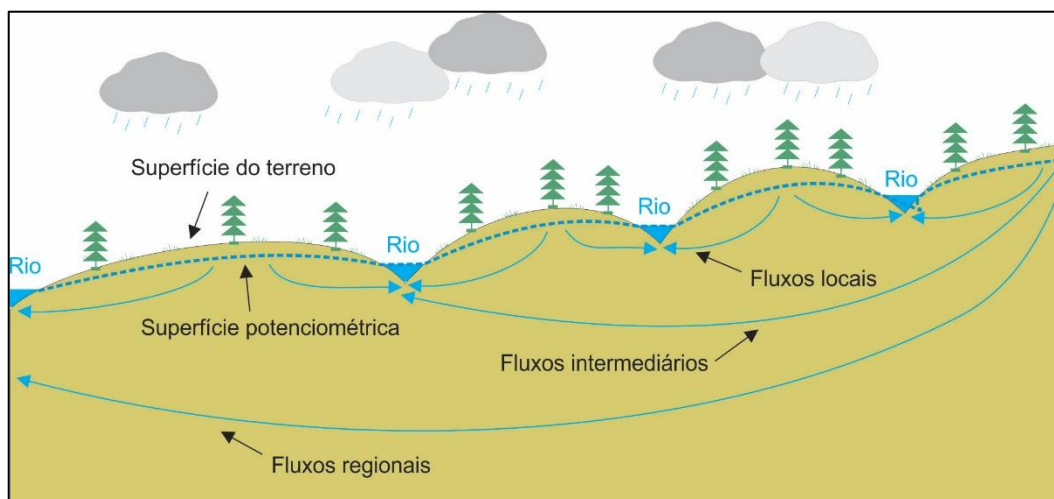
Do total das precipitações atmosféricas, uma parcela evapora ao atingir o solo, uma parcela se transforma em escoamento superficial das bacias hidrográficas da região e uma parcela menor infiltra-se no terreno pelas camadas superiores do solo e alcança os aquíferos em profundidade.

A parcela que se infiltra constitui a recarga e pode ser estimada, aproximadamente, pela vazão mínima  $Q_{95}$  definida nos estudos hidrológicos da ANA, igual a 2,359 L/s/km<sup>2</sup>. A recarga é controlada pela taxa de infiltração, por sua vez condicionada pelas características litológicas dos terrenos. Terrenos com grande conteúdo argiloso são recarregados lentamente, ao passo que terrenos permeáveis ou em zonas fraturadas o processo é acelerado.

O movimento das águas subterrâneas é lento e obedece ao gradiente hidráulico e às propriedades de permoporosidade das rochas, fluindo no sentido do maior potencial hidráulico para o de menor potencial. O que distingue o comportamento do fluxo subterrâneo nos diferentes aquíferos são as características hidrodinâmicas do meio (condutividade hidráulica, transmissividade, porosidade efetiva e coeficiente de armazenamento). Formações permeáveis permitem circulação mais rápida, enquanto formações pouco permeáveis retardam o fluxo natural das águas.

Com exceção de uma pequena parcela que se infiltra em grandes profundidades nos aquíferos, quase toda a água que alcança a zona saturada é descarregada para a rede de drenagem das bacias hidrográficas, em ciclos anuais que se repetem continuamente. A análise do mapa potenciométrico da Região do Entorno da Represa de Três Marias (Figura 6.5) mostra que a superfície superior da zona saturada dos

aquíferos acompanha ligeiramente a topografia do terreno e cada bacia exerce controle sobre as direções do fluxo subterrâneo, dando origem a sistemas de fluxo locais, como representado na Figura 6.6. Linhas de fluxo mais profundas, por sua vez, dão origem a aos fluxos intermediário e regional.



**Figura 6.6 – Representação dos sistemas de fluxo subterrâneos.**

## 6.5 VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS

A vulnerabilidade é uma medida da maior ou menor suscetibilidade à contaminação dos aquíferos. Dentre os vários métodos existentes para avaliação da vulnerabilidade natural dos aquíferos, o GOD (Foster et al., 2006) tem sido bastante utilizado em razão de sua fácil aplicabilidade. O método considera parâmetros como ocorrência de água subterrânea (Groundwater occurrence - G), classificação do aquífero (Overall aquifer class - O) e profundidade do nível de água (Depth to groundwater table - D).

Os três parâmetros GOD são avaliados subjetivamente com base nos índices estabelecidos na Figura 6.7. Inicialmente, avalia-se a condição de ocorrência da água subterrânea numa escala de 0 a 1. Em seguida, avalia-se o tipo litológico do substrato acima da zona saturada do aquífero, com discriminação do grau de consolidação, características granulométricas e tipo de permeabilidade (por fissura ou poros), numa escala de 0,4 a 1. Logo após, avalia-se a profundidade de ocorrência do nível de água ou do topo do aquífero confinado numa escala de 0,6 a 1,0. O produto dos três parâmetros avaliados é o índice de vulnerabilidade, expresso em termos relativos



numa escala numérica de 0 a 1, que permite uma classificação em cinco classes: insignificante, baixa, média, alta e extrema, que eventualmente podem ser subdivididas em subclasses.

O parâmetro “modo de ocorrência da água subterrânea ou condição do aquífero” considera a existência de aquíferos livres nas porções superficiais dos terrenos. Para essa condição, foi definido o índice de 0,9 para todos os sistemas aquíferos da Região do Entorno da Represa de Três Marias.

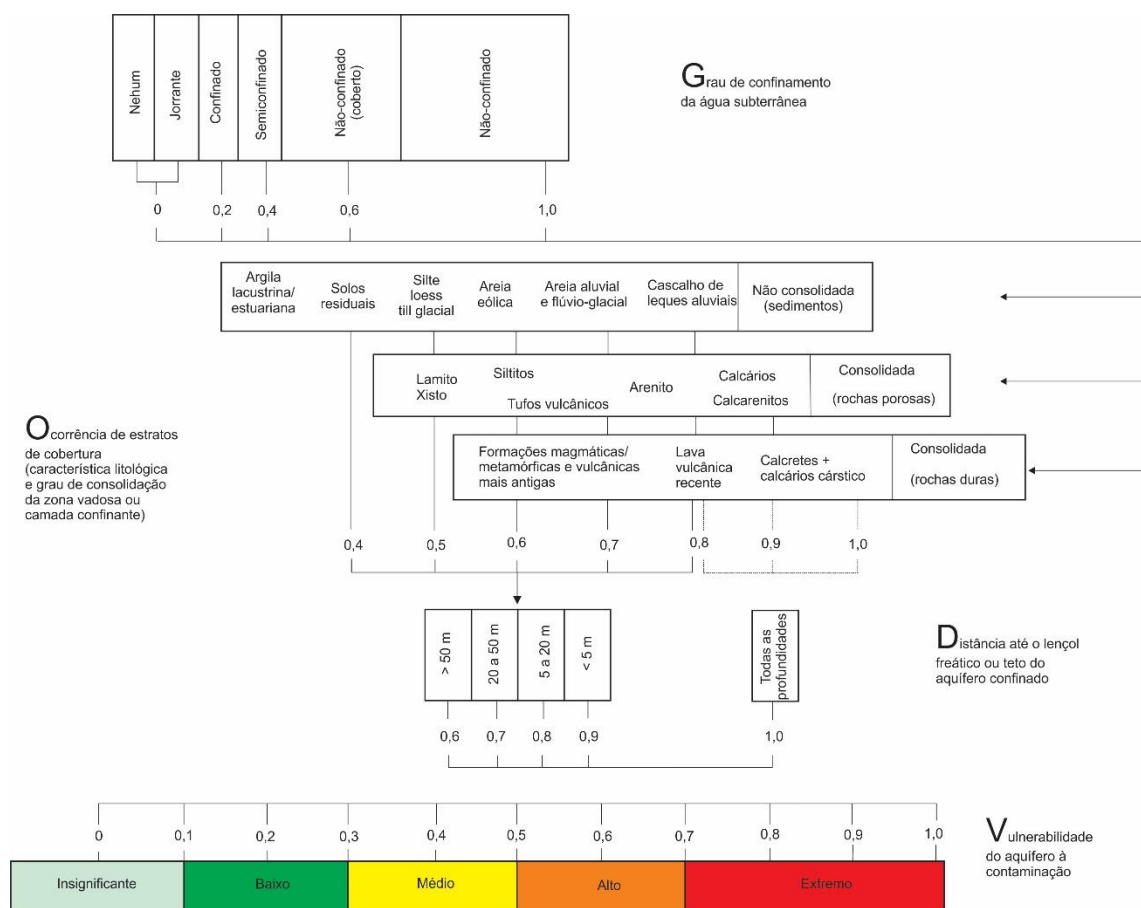


Figura 6.7 – Índices de vulnerabilidade GOD (FOSTER et al., 2006).

O parâmetro “substrato litológico” considerou os índices apresentados no Quadro 6.14, estimados com base nas características litológicas preponderantes das

unidades aquíferas e nos índices sugeridos na Figura 6.7, conforme proposição de Foster *et al.* (2006).

**Quadro 6.14 – Índices do substrato litológico para estimativa da vulnerabilidade pelo método GOD**

Índices GOD do substrato litológico	
Sistemas aquíferos	Índice GOD
Aluvionar	0,75
Cárstico	0,9
Coberturas cenozoicas	0,75
Cristalino	0,5
Metassedimentar	0,4
Vulcanoclástico	0,6
Areado	0,7

O parâmetro de avaliação “profundidade de ocorrência do nível de água” do aquífero livre foi determinado por geoprocessamento, utilizando o método de subtração entre os grids do raster do modelo digital de terreno (MDT) e do raster de cargas hidráulicas (Figura 6.5), dando origem ao raster de profundidade do nível de água (NA). Por meio de uma operação de mosaico, juntou-se ao raster do NA o raster da rede de drenagem da bacia, cujos valores das células foram definidos como zero, uma vez que representam pontos de descarga das águas subterrâneas. O raster resultante foi convertido em shape de pontos e feita nova gridagem com o aplicativo “Topo to Raster” do programa ArcGis, para obtenção de um mapa mais ajustado. Finalmente, o mapa de profundidade do NA resultante foi classificado de acordo com as classes estabelecidas pelo método GOD (Figura 6.7).

Para determinação da vulnerabilidade GOD foram executadas as seguintes etapas:

- Conversão do mapa dos sistemas aquíferos de formato shape para formato raster, com grid regular de 200 m; atribuição dos índices litológicos, definidos no Quadro 6.14, às células do raster dos sistemas aquíferos;
- Multiplicação entre os rasters dos índices litológicos e dos índices de profundidade do N.A;

- Multiplicação do raster resultante por 0,9 (parâmetro “condição do aquífero”) e classificação dos valores de acordo com as classes de vulnerabilidade definidas na Figura 6.7.

A Figura 6.8 apresenta o mapa de vulnerabilidade dos aquíferos da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias. A classe de vulnerabilidade predominante é a Média, com 61% do total, seguida da classe Alta, com 28% do total. As classes Baixa e Extrema têm representatividade apenas local e, juntas, cobrem menos de 11% da área total (Quadro 6.15).

**Quadro 6.15 – Distribuição das classes de vulnerabilidade da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias**

Classes	Área (km <sup>2</sup> )	% do total
Baixa	2.003,14	10,76%
Média	11.379,58	61,13%
Alta	5.227,21	28,08%
Extrema	6,45	0,03%
<b>Total</b>	<b>18.616,38</b>	<b>100,00%</b>

Na faixa sudoeste/nordeste dos terrenos constituídos predominantemente por rochas do Aquífero Metassedimentar a classe de vulnerabilidade é média; nas porções constituídas por sedimentos reunidos nos aquíferos aluvionares, cenozoicos e Areado, sobrejacentes às rochas metassedimentares, a classe de vulnerabilidade é alta. Na porção sudeste da bacia dominam os terrenos cobertos por rochas metassedimentares pelíticas da Formação Serra de Santa Helena, cuja classe de vulnerabilidade é baixa; nessa porção ocorrem aquíferos cenozoicos, classificados como de vulnerabilidade alta. A análise do mapa indica que o índice litológico do método GOD, neste caso, tem influência preponderante na estimativa de vulnerabilidade dos aquíferos da bacia.





**LEGENDA**

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sede municipal</li> <li>□ Limite municipal</li> <li>~ Curso d'água</li> <li>☁ Massa d'água</li> <li>CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias</li> </ul> | <p><b>Classificação GOD</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Baixa</li> <li>■ Média</li> <li>■ Alta</li> <li>■ Extrema</li> </ul> |
|---|---|

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 6.8 – Mapa de vulnerabilidade dos aquíferos da Bacia do Entorno da Represa Três Marias.**

## 6.6 FONTES DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O cadastro de fontes potenciais de contaminação e sua classificação sistemática em termos qualitativos, fundamentada na probabilidade de gerar uma carga poluente no subsolo, é essencial para avaliar os riscos de contaminação da água subterrânea e adotar medidas de controle e fiscalização. Problemas comuns ainda existentes nos cadastros disponibilizados pelos órgãos ambientais referem-se à ausência de coordenadas de localização em bases georreferenciadas e de classificação qualitativa do potencial contaminante, informações que impedem uma análise mais efetiva por meio da utilização de ferramentas de geoprocessamento.

### 6.6.1 Fontes Pontuais de Contaminação das Águas Subterrâneas

As fontes pontuais estão associadas à empreendimentos industriais, comerciais, setores de serviços, mineração, dentre outros, com potencial de disposição de cargas contaminantes em pontos localizados do terreno, principalmente em áreas urbanizadas, com exceção das atividades de extração mineral. Geralmente produzem plumas definidas e concentradas que podem ser facilmente identificadas.

Em Minas Gerais, a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD é responsável pelo licenciamento ambiental para as atividades econômicas descritas na Deliberação Normativa COPAM nº 217, ressalvados os casos de competência do IBAMA e das administrações municipais. De acordo com a Deliberação Normativa COPAM nº 217, os empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental são definidos por critérios de potencial poluidor/degradador, porte e localização. Parâmetros e limites preestabelecidos determinam o porte de cada atividade ou empreendimento segundo três classificações: pequeno, médio ou grande.

Dados sobre empreendimentos potencialmente poluidores localizados na Região do Entorno da Represa Três Marias foram obtidos dos seguintes arquivos:

- Declaração de carga poluidora, ano base 2019, disponibilizado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM no endereço <http://www.feam.br/-declaracao-de-carga-poluidora>;



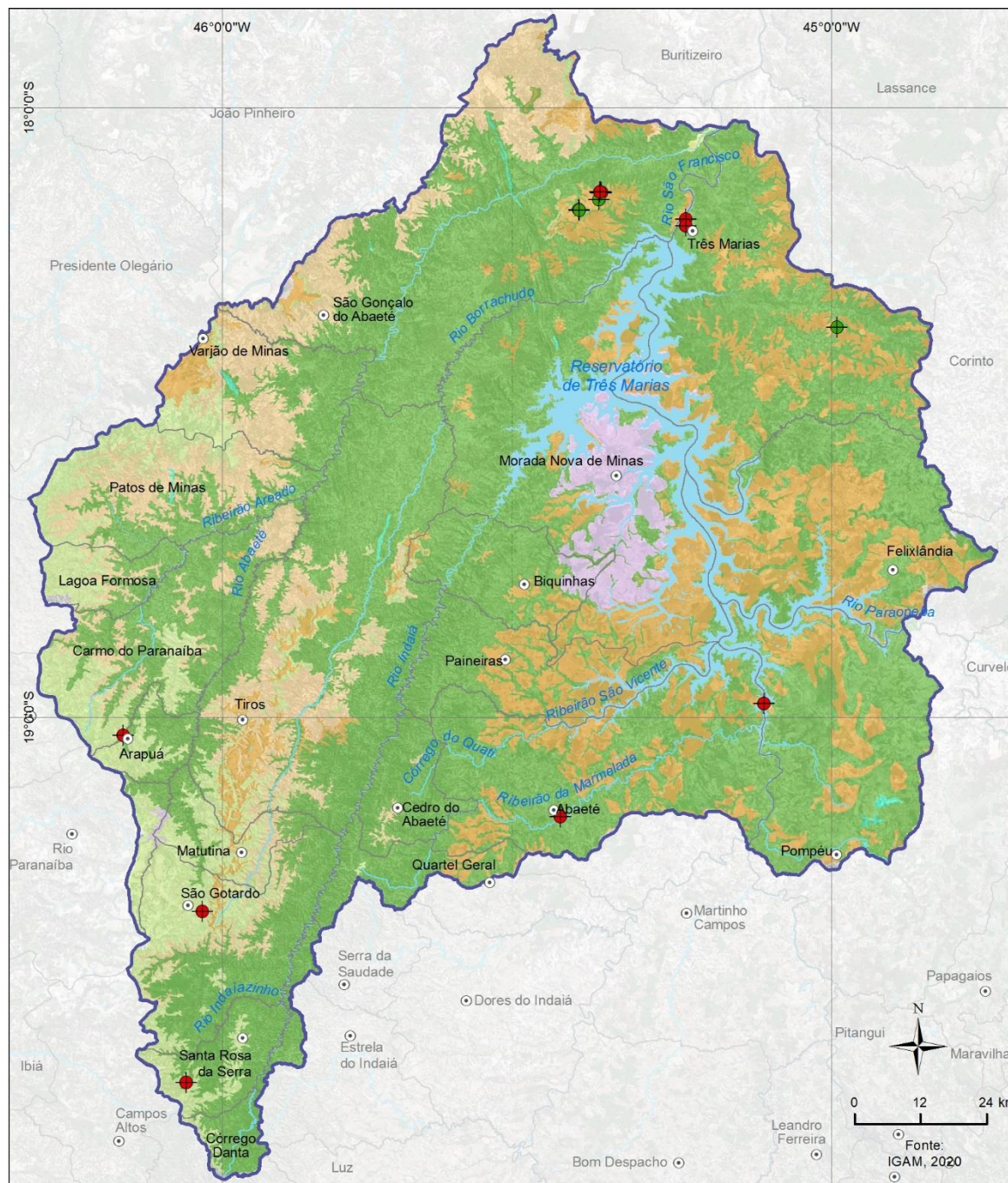
- Consulta de Decisões de Processos de Licenciamento Ambiental, disponibilizado pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD no endereço <http://sistemas.meioambiente.mg.gov.br/licenciamento/site/consulta-licenca>.
- Áreas declaradas contaminadas, disponibilizado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM, no endereço <http://www.feam.br/-qualidade-do-solo-e-areas-contaminadas/inventario-e-lista-de-areas-contaminadas>.
- Barragens de rejeito de mineração, disponibilizado pela Agência Nacional de Águas – ANA no endereço <https://www.snisb.gov.br>.
- Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários, referente ao ano de 2019, disponibilizado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH, no endereço <https://www.snirh.gov.br>.

O arquivo “Declaração de carga poluidora, referente ao ano base 2019, possui somente duas informações georreferenciadas de empreendimentos localizados na Região do Entorno da Represa Três Marias, cujas atividades foram classificadas como de grande impacto ambiental. A classificação ambiental de empreendimentos/atividades sujeitos a licenciamento foi definida pela Deliberação Normativa COPAM nº 217/2017, com base na conjugação (i) do potencial poluidor geral da atividade, pré-fixado na norma com base nas características intrínsecas da atividade, considerando as variáveis ambientais: ar, água e solo e (ii), do porte, variável de acordo com a unidade de medida estabelecida para a atividade. As tipologias e respectivas classificações podem ser consultadas no sítio [https://www.udop.com.br/legislacao-arquivos/78/deliberacao\\_normativa\\_n217](https://www.udop.com.br/legislacao-arquivos/78/deliberacao_normativa_n217). Neste diagnóstico, foi utilizada a classificação correspondente à variável ambiental água, cujos resultados são mostrados na Figura 6.9. O Aquífero Metassedimentar abrange a maioria dos empreendimentos de grande potencial contaminante, seguido pelas Coberturas cenozoicas, como mostrado no

Quadro 6.16.

**Quadro 6.16 – Classificação do potencial contaminante por aquífero.**

Aquíferos	Classificação do potencial contaminante			
	Grande	Médio	Pequeno	Total
Coberturas cenozoicas	5	-	4	9
Cristalino	-	2	-	2
Metassedimentar	6	-	-	6
Vulcanoclástico	1	-	-	1
<b>Total Geral</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>18</b>



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- ⬭ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias

**Potencial Poluidor**

- Grande
- Médio
- Pequeno

**Subdomínio**

- Aluvionar
- Coberturas cenozoicas
- Areado
- Cárstico
- Vulcanoclástico
- Metassedimentar
- Cristalino

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 6.9 – Localização e classificação ambiental dos empreendimentos com declaração de carga poluidora.**

O arquivo “Consulta de Decisões de Processos de Licenciamento Ambiental” reúne informações do licenciamento ambiental do período de 2016 a 2021, protocoladas na Superintendência Regional de Meio Ambiente – SUPRAM do Alto São Francisco. Os dados dos processos de licenciamento não apresentam localização georreferenciada dos empreendimentos e não indicam a que Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos pertencem. Para a avaliação, foram considerados somente os empreendimentos dos municípios cujas sedes estão circunscritas aos limites da Bacia do Entorno da Represa Três Marias, conforme mostrados no Quadro 6.17.

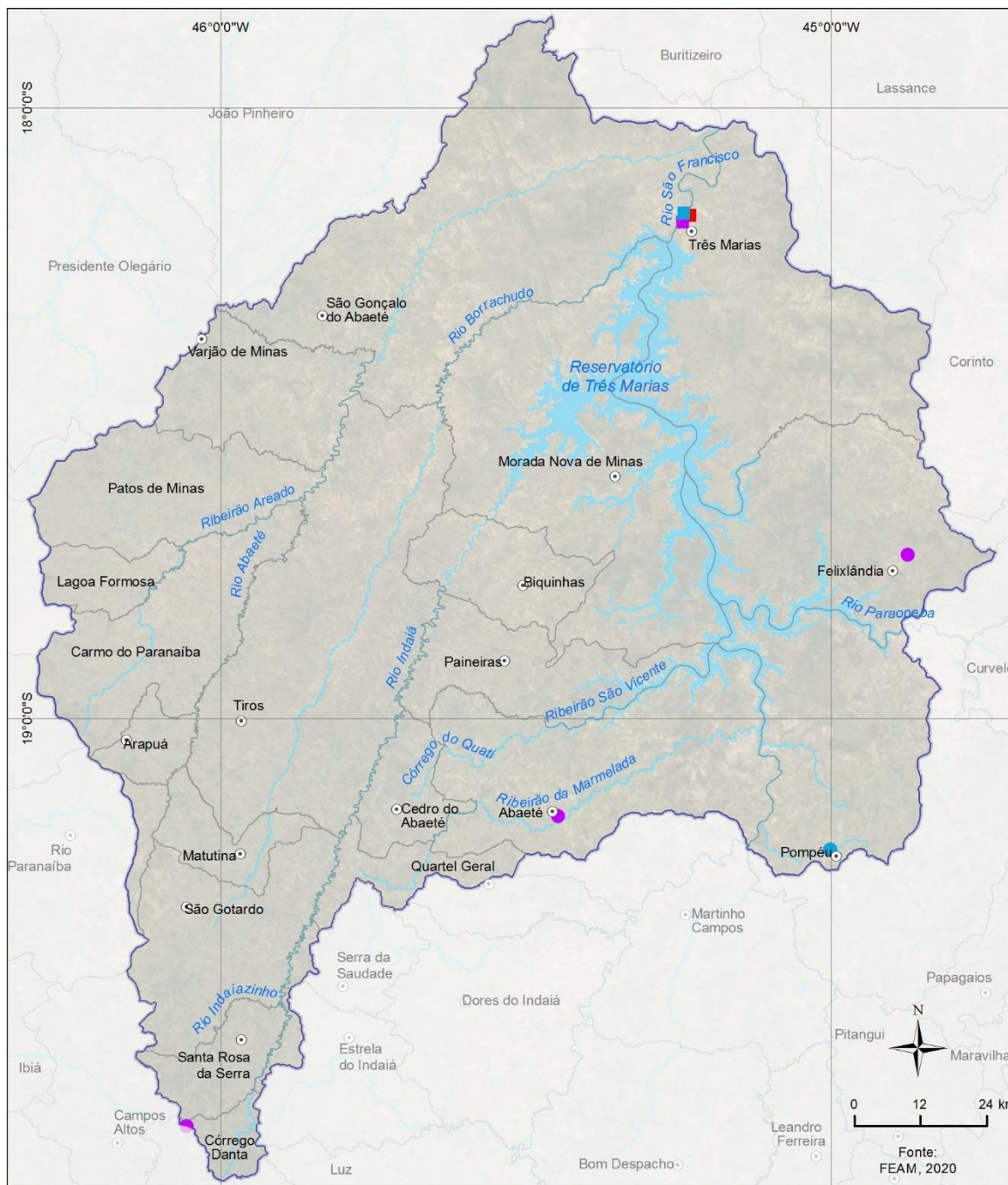
**Quadro 6.17 – Decisões de processos de licenciamento ambiental da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias**

Consulta de Decisões de Processos de Licenciamento Ambiental					
Bacia do Entorno da Represa de Três Marias	Arquivado	Cancelado	Deferido	Indeferido	Total
Atividades Agrossilvipastoris	5	0	12	12	29
Atividades de Infraestrutura	0	0	4	0	4
Atividades Industriais / Indústria Alimentícia	0	0	7	3	10
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	0	0	3	0	3
Atividades Industriais/Indústria Química e Outras	1	0	1	0	2
Atividades Minerárias	4	0	5	0	9
Gerenciamento de Resíduos e Serviços	0	0	9	2	11
<b>Total Geral</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>41</b>	<b>17</b>	<b>68</b>



Do total de 68 processos de licenciamento de empreendimentos constantes do arquivo “Consulta de Decisões de Processos de Licenciamento Ambiental”, 43% referem-se às atividades “Agrossilvipastoris”, seguida das atividades de “Gerenciamento de Resíduos e Serviços” com 16% e de “Industriais / Indústria Alimentícia” com 15%. Dentre esses processos, 60% foram deferidos, 25% foram indeferidos e os demais (15%) foram arquivados ou cancelados.

Conforme diretrizes estabelecidas para a gestão de áreas contaminadas de abrangência nacional (Resolução CONAMA nº 420/2009) e para o Estado de Minas Gerais (Deliberação Normativa Conjunta COPAM - CERH nº 02/20 e Deliberação Normativa COPAM nº116/2008), foram identificados 9 processos de áreas com necessidade de avaliação de passivo ambiental na Bacia do Entorno da Represa Três Marias (Figura 6.10), cadastrados no arquivo de “Áreas Declaradas Contaminadas” referente ao ano de 2020, disponibilizado pela FEAM. As áreas identificadas pertencem a indústrias metalúrgicas e postos revendedores de combustíveis, e estão classificadas como áreas contaminadas sob investigação (AI), áreas contaminadas sob intervenção (ACI) e áreas em processo de monitoramento e reabilitação (AMR), conforme mostrado na Figura 6.10.



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- Classificação da Área por**
- AI - Indústria Metalúrgica
- ACI - Indústria
- ACI - Postos revendedores de combustíveis e afins
- AMR - Indústria
- AMR - Postos revendedores de combustíveis e afins

Onde:

- AI - Área Contaminada sob Investigação
- AMR - Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação
- ACI - Área Contaminada sob Intervenção
- AR - Área Reabilitada para Uso Declarado

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**

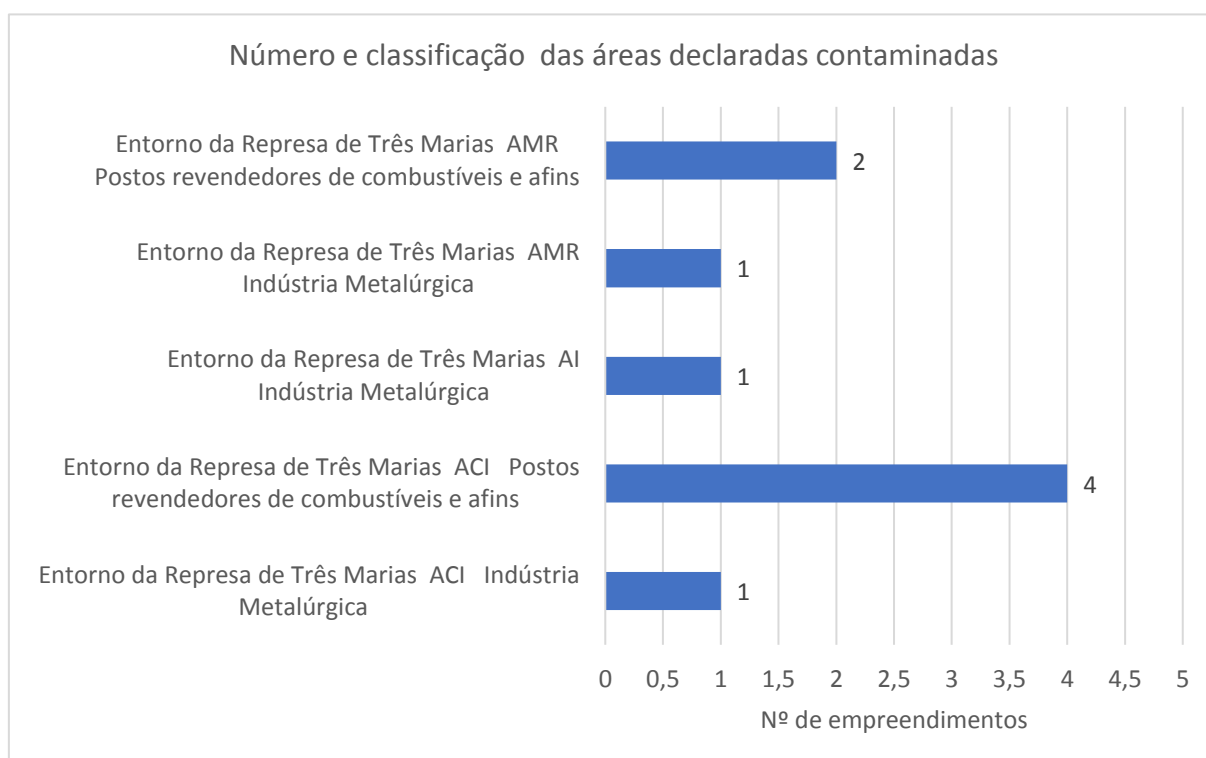


**Figura 6.10 – Localização das áreas declaradas contaminadas da Bacia do Entorno da Represa Três Marias.**

Dentre as áreas contaminadas, 6 delas são postos revendedores de combustíveis e afins, que representam em conjunto 67% do total dos empreendimentos (Figura 6.11).

Consulta ao arquivo do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB não encontrou registro de barragens de rejeito de mineração na Bacia do Entorno da Represa Três Marias. Essas estruturas não possuem georreferenciamento.

O arquivo “Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários”, referente ao ano de 2019, lista 10 unidades municipais de tratamento de esgotos distribuídas na Bacia do Entorno da Represa de Três Marias (Quadro 6.18), compreendendo processos de tratamento compostos por reatores anaeróbicos, processos simplificados, sistemas de lagoas e tratamento químico e biológico. Essas unidades constituem fontes pontuais potenciais de contaminação das águas subterrâneas e são classificadas, segundo a Deliberação Normativa COPAM nº 217, com atividades de médio potencial poluente.



**Figura 6.11 – Número e classificação das áreas declaradas contaminadas da Bacia do Entorno da Represa Três Marias.**

**Quadro 6.18 – Estações de tratamento de esgotos sanitários da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias**

Processo de tratamento	Quantidade
Processos Simplificados	3
Reatores Anaeróbios	5
Sistemas de Lagoas	1
Tratamento Químico e Biológico	1
<b>Total</b>	<b>10</b>

### 6.6.2 Fontes Difusas de Contaminação das Águas Subterrâneas

As fontes difusas, por sua vez, têm origem na disposição de materiais potencialmente contaminantes sobre áreas extensas e estão associadas às diferentes formas de uso e ocupação do solo. Atividades agrícolas destacam-se como as principais responsáveis pela contaminação potencial das águas subterrâneas de áreas rurais, pelo uso de fertilizantes e agroquímicos (fungicidas, inseticidas, herbicidas e outros). As plumas geradas por fontes difusas de contaminação não são claramente definidas, todavia, podem afetar porções mais extensas dos terrenos.

A análise de fontes potenciais de contaminação difusa existentes na Bacia do Entorno da Represa Três Marias foi realizada a partir dos seguintes documentos:

- Panorama de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Minas Gerais, disponibilizado pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD no endereço [http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/2021/SANEAMENTO/PANORAMA\\_2020\\_FINAL\\_15\\_03.pdf](http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/2021/SANEAMENTO/PANORAMA_2020_FINAL_15_03.pdf);
- Mapa de uso de ocupação do solo obtido do Projeto Mapbiomas, disponibilizado no endereço <https://mapbiomas.org>.

O arquivo “Panorama de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Minas Gerais” reúne dados publicados em 2020 sobre a situação da coleta de efluentes sanitários dos municípios mineiros. Os efluentes sanitários são lançados nas redes de esgotamento e transportados para estações de tratamento ou são despejados *in natura* nos cursos de água superficiais. Vazamentos na rede coletora são frequentes e liberam contaminantes que podem alcançar os lençóis de água subterrânea. Por

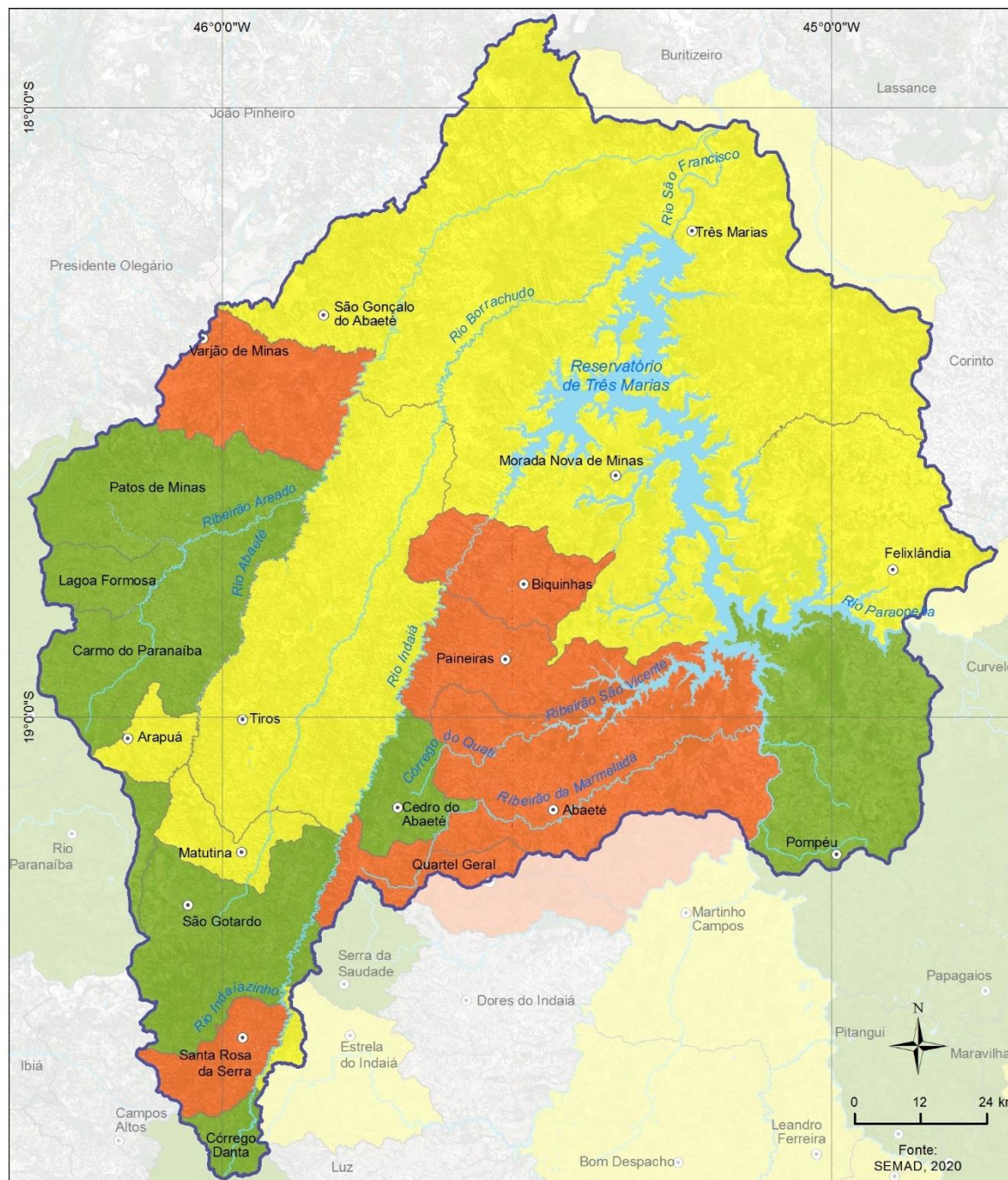
outro lado, o saneamento *in situ*, compreendido por fossas sépticas e negras situadas em áreas com ausência de redes de esgotamento sanitário, pode causar contaminação da água subterrânea. Nesse sentido, o percentual de cobertura da rede de esgotamento municipal é um parâmetro inverso de avaliação do potencial contaminante produzido pelo saneamento *in situ*, uma vez que baixos índices de cobertura de rede de esgoto indicam elevado potencial de contaminação dos aquíferos. A avaliação do potencial de carga contaminante no subsolo considerou três classes, como mostrado no Quadro 6.19, em função do percentual de cobertura da rede de esgotamento sanitário.

**Quadro 6.19 – Classificação do potencial contaminante do saneamento *in situ***

Classificação do potencial contaminante do saneamento <i>in situ</i>	
Classes de potencial	% de cobertura da rede de esgoto
Elevado	até 25
Moderado	maior do que 25 a 75
Reduzido	Maior do que 75

A Figura 6.12 mostra que 50% dos municípios com sede na Bacia do Entorno da Represa Três Marias foram classificados como de potencial moderado em relação à contaminação proveniente do saneamento *in situ*, 36% como de potencial elevado e 14% como de potencial reduzido.





**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- ⬭ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias

**Potencial de contaminação**

- Elevado
- Moderado
- Reduzido

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 6.12 – Potencial de contaminação por saneamento in situ da Bacia do Entorno da Represa Três Marias.**

As diferentes formas de uso e ocupação do solo podem gerar contaminantes com maior ou menor potencial de alcançar os aquíferos. Para sua avaliação, foi utilizado um arquivo raster do MapBiomas, iniciativa do SEEG/OC (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima) e produzido por rede colaborativa formado por ONGs, universidades e empresas de tecnologia, contendo um mapeamento dos principais biomas da Bacia do Entorno da Represa Três Marias.

Os biomas identificados por meio de imagens de satélites Landsat da Região do Entorno da Represa de Três Marias estão discriminados no Quadro 6.20 e Figura 6.13. A classificação quanto ao potencial de contaminação das fontes difusas baseou-se nas classes apresentadas no “Domínios Pedomorfoagroclimáticos”, conforme proposição de Gomes (2008), com adaptações para os biomas identificados na bacia.

A distribuição das classes de potencial contaminante de fontes difusas da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias (Quadro 6.21) mostra predominância da classe moderada (63%), seguida da classe reduzido (33%). Menos de 2% da área apresenta potencial de contaminação elevado.

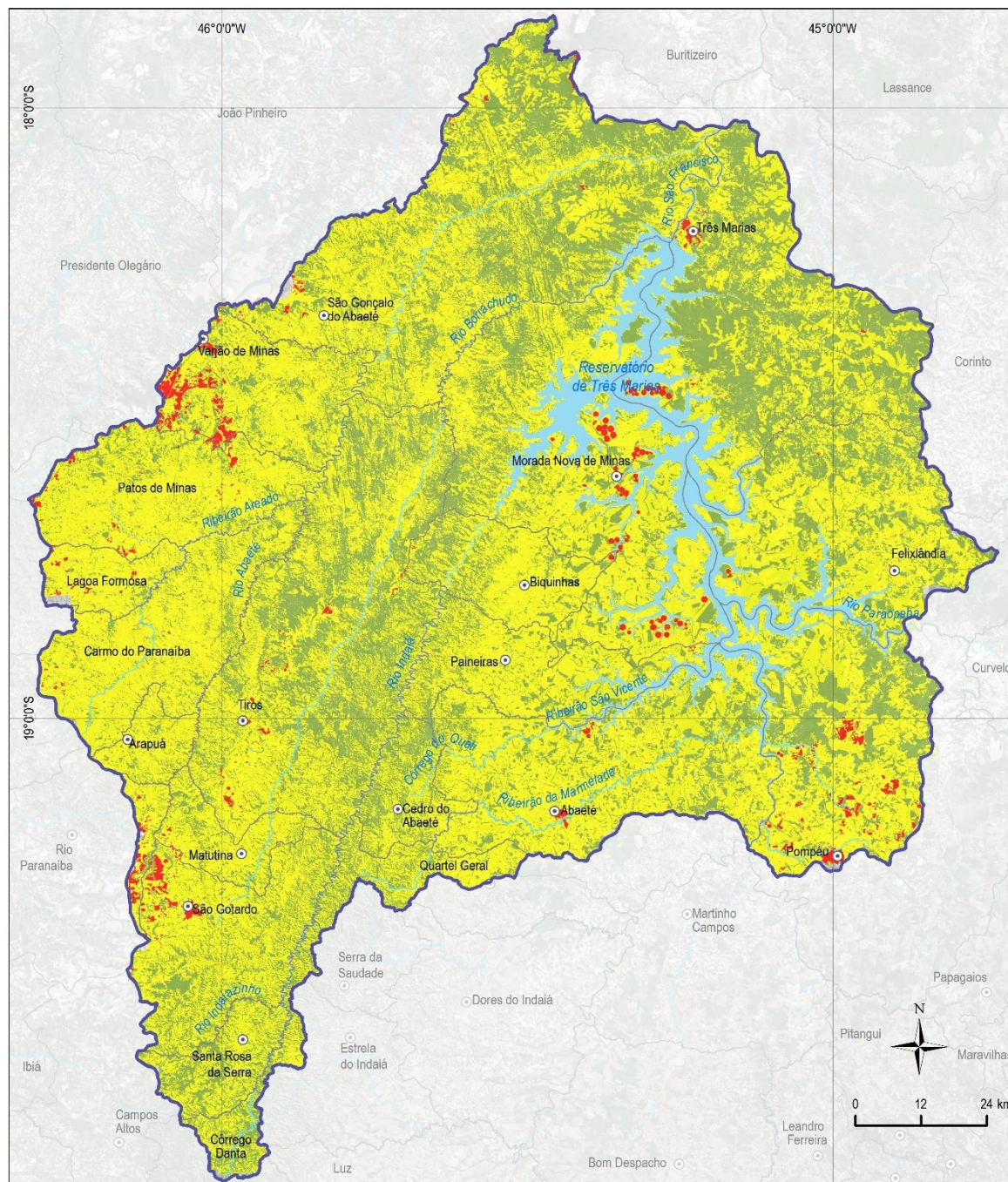
**Quadro 6.20 – Classificação do potencial contaminante dos biomas da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias**

Biomas identificados	
Tipo	Classe de potencial contaminante
Cana	Elevado
Infraestrutura Urbana	Elevado
Soja	Elevado
Pastagem	Moderado
Lavoura Perene	Moderado
Floresta Plantada	Moderado
Outras Lavouras Temporárias	Moderado
Formação Florestal	Reduzido
Formação Savânica	Reduzido
Formação Campestre	Reduzido
Outras Áreas não Vegetadas	Reduzido
Indiscriminado	Sem classificação

**Quadro 6.21 – Distribuição das classes de potencial contaminante de fontes difusas da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias**

Bacia do Entorno Represa Três Marias		
Classes	Área (km <sup>2</sup> )	% da área
Elevado	243,97	1,31%
Moderado	11.642,56	62,54%
Reduzido	6.089,26	32,71%
Sem classificação	640,59	3,44%
<b>Total</b>	<b>18.616,37</b>	<b>100,00%</b>





**LEGENDA**

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sede municipal</li> <li>□ Limite municipal</li> <li>~ Curso d'água</li> <li>■ Massa d'água</li> <li>⊕ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias</li> </ul> | <p><b>Classes de potencial contaminante</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Elevado</li> <li>■ Moderado</li> <li>■ Reduzido</li> <li>■ Sem</li> </ul> |
|---|--|

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 6.13 – Distribuição das classes de potencial contaminante por fontes difusas da Bacia do Entorno da Represa Três Marias.**

### 6.6.3 Risco Potencial de Contaminação

O risco de contaminação das águas subterrâneas da Região do Entorno da Represa de Três Marias pode ser avaliado em função da distribuição no terreno das fontes pontuais ou das fontes difusas de contaminação.

A avaliação do risco de contaminação originado por fontes potenciais pontuais pressupõe a existência de um cadastro de licenciamento ambiental com identificação de todos os empreendimentos, cujas atividades econômicas tenham possibilidade, em maior ou menor grau, de contaminar os recursos hídricos subterrâneos. Além das informações básicas de caracterização do empreendimento e das atividades geradoras de carga poluente no subsolo, o órgão ambiental responsável pelos processos de licenciamento necessita classificar essas fontes em termos qualitativos quanto ao risco de eventual contaminação das águas subterrâneas. Finalmente, é imprescindível dispor das coordenadas geográficas de referência dos empreendimentos, de modo a permitir análises por meio de ferramentas de geoprocessamento.

Os dados levantados neste diagnóstico mostraram-se insuficientes e incompletos pela ausência parcial de georreferenciamento dos empreendimentos e de uma classificação qualitativa das fontes pontuais de contaminação, motivo pelo qual, não foi possível realizar uma avaliação por geoprocessamento dos riscos de contaminação por fontes pontuais.

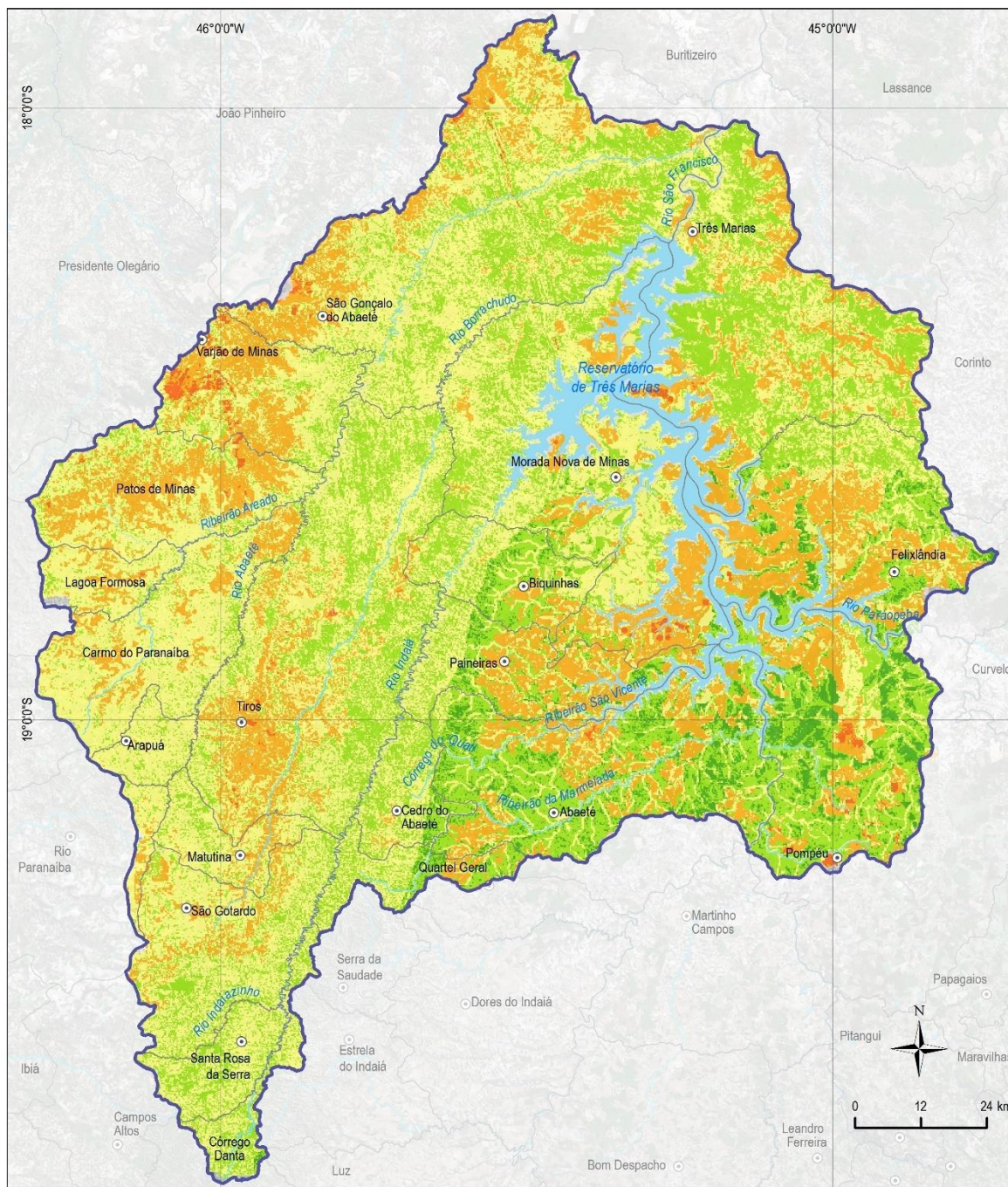
A avaliação do risco de contaminação por fontes potenciais difusas, localizadas na Região do Entorno da Represa de Três Marias, envolve o cruzamento de informações do potencial de contaminação decorrente de atividades relacionadas ao uso e ocupação do solo (Figura 6.13) com a vulnerabilidade natural dos aquíferos (Figura 6.8). A matriz de classificação do risco potencial de contaminação dos aquíferos por fontes difusas utilizada neste diagnóstico é apresentada no Quadro 6.22.



**Quadro 6.22 – Classificação do risco potencial de contaminação dos aquíferos da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias por fontes difusas**

Risco de contaminação por fontes difusas			
Vulnerabilidade natural	Potencial de contaminação		
	Elevado	Moderado	Reduzido
Extrema	Muito alto	Alto	Moderado alto
Alta	Alto	Moderado alto	Moderado baixo
Média	Moderado alto	Moderado baixo	Baixo
Baixa	Moderado baixo	Baixo	Muito baixo

O mapa da Figura 6.14 mostra a distribuição das classes de risco potencial de contaminação por fontes difusas relacionadas ao uso e ocupação do solo na Região do Entorno da Represa de Três Marias, segundo método descrito anteriormente.



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- ⊕ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias

**Risco potencial de contaminação**

- Muito baixo
- Baixo
- Moderado baixo
- Moderado alto
- Alto
- Muito alto
- Sem classificação

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 6.14 – Distribuição das classes de risco potencial de contaminação por fontes difusas da Bacia do Entorno da Represa Três Marias.**

A distribuição das classes de risco potencial de contaminação por fontes difusas da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias (Quadro 6.23) mostra predominância da classe moderada baixa com 45%, seguida da classe baixa com 29% e da classe moderada alta com 19%. As classes de potencial muito alto, alto e muito baixo ocorrem apenas localizadamente.

**Quadro 6.23 – Distribuição das classes de risco de potencial contaminante por fontes difusas relacionadas ao uso e ocupação do solo da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias**

Bacia do Entorno da Represa de Três Marias		
Classificação	Área (km <sup>2</sup> )	% da área
Muito baixo	571,83	3,07%
Baixo	5364,91	28,82%
Moderado baixo	8368,56	44,95%
Moderado alto	3574,43	19,20%
Alto	108,27	0,58%
Muito alto	0,04	0,00%
Sem classificação	628,33	3,38%
<b>Total</b>	<b>18616,37</b>	<b>100,00%</b>

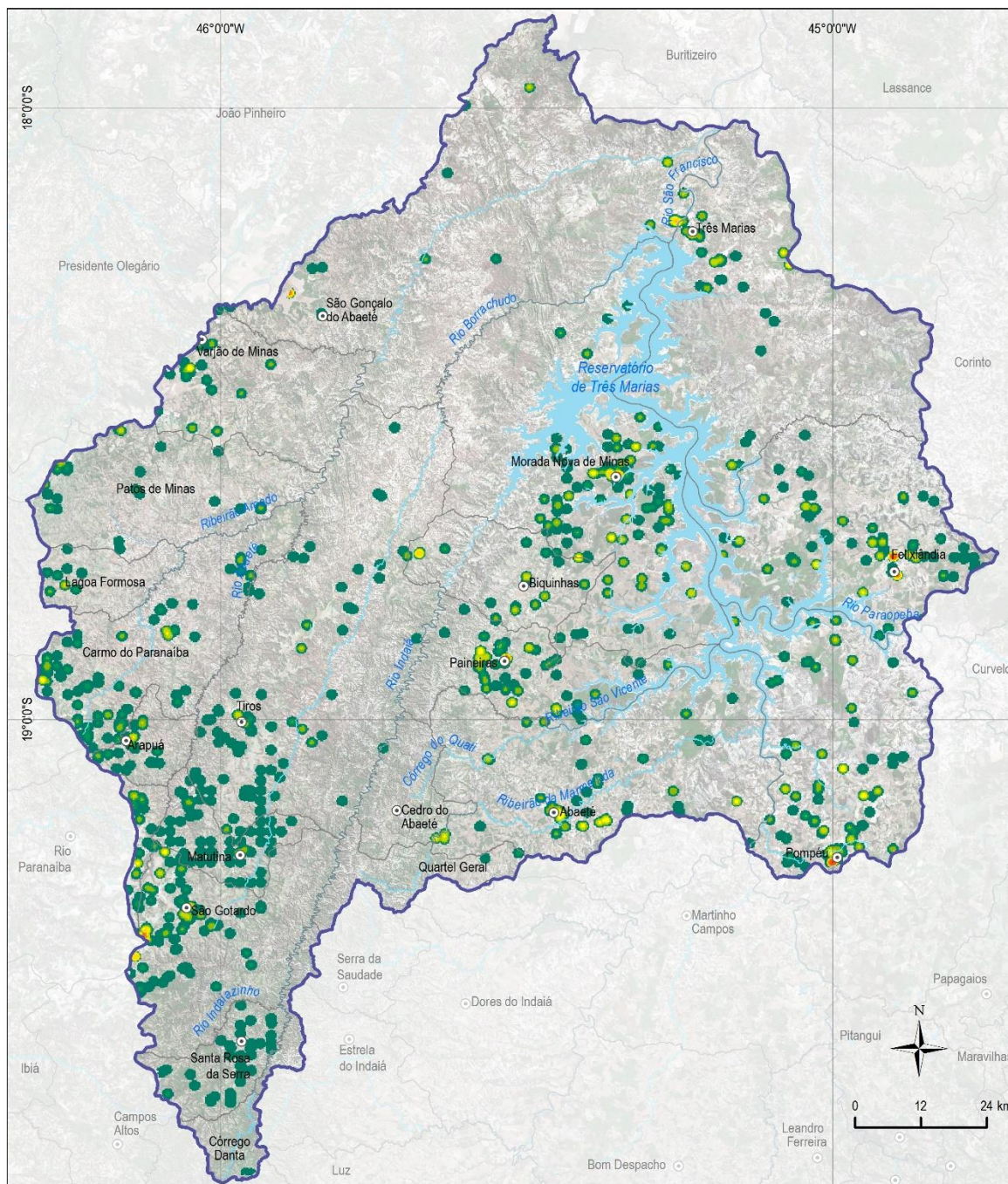
## 6.7 AVALIAÇÃO DA INTENSIDADE DE EXPLOTAÇÃO

A avaliação da intensidade de exploração é o principal indicador de consumo das águas subterrâneas, pois permite identificar ou reconhecer áreas nas quais a extração de água é ou pode se tornar crítica. A análise da intensidade utiliza ferramentas de geoprocessamento aplicadas a dados de poços, considerando tanto o número absoluto de captações como as vazões individuais extraídas, razão pela qual, melhores resultados são obtidos a partir de cadastros de poços mais completos.

Neste diagnóstico, a avaliação da intensidade de exploração utilizou arquivo de dados de vazões de poços disponibilizados pelo Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – SIGASF (<https://siga.cbhsaofrancisco.org.br>), reunindo o conjunto de captações outorgadas e de captações classificadas como insignificantes da Região do Entorno da Represa de Três Marias.

O método de geoprocessamento utilizou a ferramenta “Kernel Density” do programa ArcGIS, com inserção de dados de vazão dos poços cadastrados. A ferramenta “Kernel Density” calcula a magnitude por unidade de área para cada célula usando a função Kernel e com base em uma vizinhança ao redor, exprimindo o resultado em termos de densidade de vazão por km<sup>2</sup>. Os parâmetros considerados para esta análise espacial foram grid de saída regular de 200 m e raio de pesquisa de 2.000 m. Para melhor visualização, os valores de intensidade de exploração foram distribuídos em 10 classes de vazão e os resultados são mostrados na Figura 6.15, onde observam-se os locais de maior concentração de retirada de água subterrânea na Região do Entorno da Represa de Três Marias.





**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias

Intensidade de exploração (m³/h)	
0,1 - 1	10,1 - 20
1,1 - 2	20,1 - 50
2,1 - 5	50,1
5,1 - 10	50,1 - 100
	100,1 - 200
	200,1 - 1.500

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 6.15 – Intensidade de exploração de água subterrânea na Bacia do Entorno da Represa Três Marias.**



### 6.7.1 Monitoramento de Águas Subterrâneas

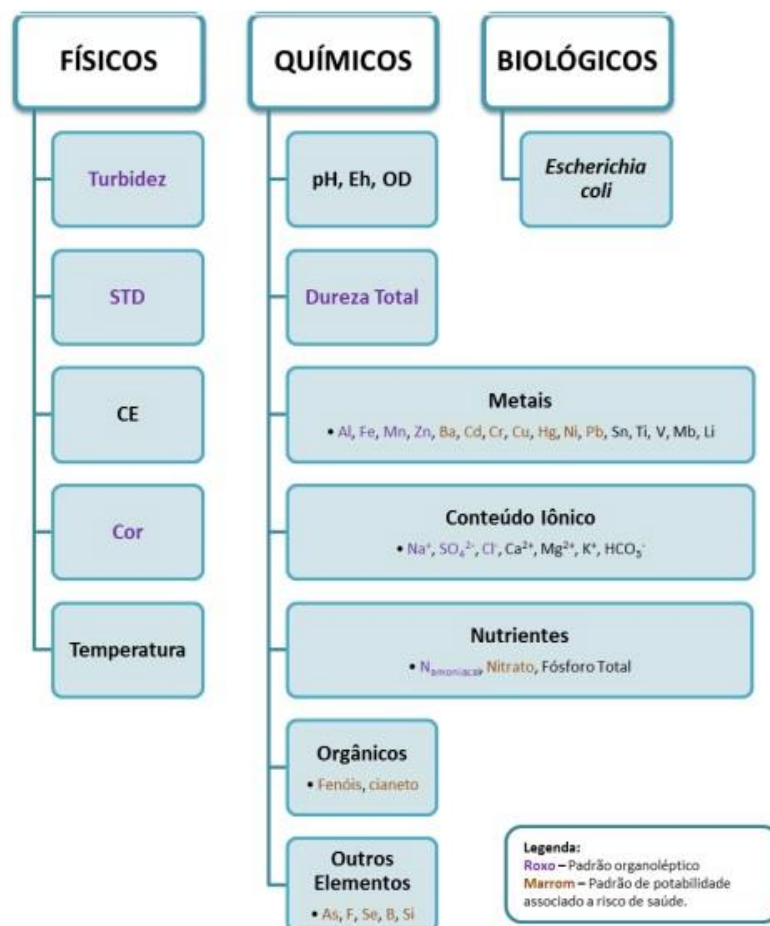
No Estado de Minas Gerais, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM é responsável pelo monitoramento da qualidade das águas subterrâneas por meio da Rede Estadual de Monitoramento de Qualidade de Águas Subterrâneas, que avalia espacial e temporalmente a qualidade da água bruta utilizada para abastecimento público e para outros usos. Em nível federal, o Serviço Geológico do Brasil – CPRM planeja, coordena e opera uma rede integrada de monitoramento das águas subterrâneas.

Atualmente, a rede do IGAM não contempla pontos de monitoramento na Bacia do Entorno da Represa de Três Marias. Em outras partes do estado, o monitoramento permite a caracterização e a avaliação das condições de qualidade, de forma a assegurar o uso adequado dessas águas e fornece subsídios para ações de prevenção e controle da poluição. Os dados de qualidade obtidos podem auxiliar na implementação de outros instrumentos de gestão de recursos hídricos, como o estabelecimento de background (valores de fundo naturais) e o enquadramento para as águas subterrâneas. Os resultados de qualidade de água são armazenados em uma base de dados que permite observar a evolução da qualidade das águas ao longo do período monitorado.

Os pontos monitorados são, na sua grande maioria, poços tubulares de produção, mas também são monitorados poços rasos. A rede existente foi priorizada em função da:

- Relativa fragilidade ambiental motivada pela baixa disponibilidade hídrica superficial, associada a intenso uso das águas subterrâneas em atividades como a irrigação (com elevada taxa de exploração e potencial risco de contaminação dos recursos hídricos por agrotóxicos);
- Vulnerabilidade natural dos sistemas aquíferos cársticos;
- Falta de esgotamento sanitário apropriado nas áreas urbanizadas;
- Conflitos de uso das águas e algumas restrições em unidades de gestão.

Atualmente são monitorados 74 parâmetros físico-químicos e biológicos das águas subterrâneas (Figura 6.16). Os parâmetros pH, Eh, CE (Condutividade Elétrica), STD (Sólidos Totais Dissolvidos), temperatura e OD (oxigênio dissolvido) são determinados em campo e os demais parâmetros são determinado em análises laboratoriais.



**Figura 6.16 – Parâmetros físico-químicos e biológicos de águas subterrâneas analisados pelo IGAM.**

A rede de monitoramento RIMAS do CPRM é fundamentalmente de natureza quantitativa, ou seja, tem o propósito de registrar as variações de nível d'água (NA) ao longo do tempo. Essas variações de NA são registradas automaticamente nos poços de observação e, periodicamente, é feita a coleta dos dados armazenados. Posteriormente, os dados são consistidos, tratados e disponibilizados para consulta. Ainda que a rede não tenha como objetivo específico a avaliação qualitativa da água subterrânea, são feitas medições anuais da condutividade elétrica, pH, potencial de

oxirredução, além de atender parcialmente aos parâmetros mínimos fixados pela resolução CONAMA Nº 396/2008.

Após a instalação do poço de monitoramento e a cada cinco anos, ou ainda em casos em que se verifique, a partir dos parâmetros indicadores, variação significativa na química da água, são feitas para análises físico-químicas completas (relação mínima de 43 parâmetros inorgânicos) com inclusão de orgânicos voláteis e semivoláteis conforme as condições de uso e ocupação dos terrenos nas imediações da estação.

Na bacia do Entorno de Três Marias não existem poços de monitoramento da rede RIMAs.

## **6.8 VIABILIDADE TÉCNICA DO ENQUADRAMENTO**

O enquadramento é um ato administrativo embasado em normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, cujo objetivo é promover a proteção da qualidade natural das águas subterrâneas com vistas ao seu aproveitamento econômico, social e ambiental. Até o presente momento, não foram identificados como aprovados formalmente estudos relacionados ao enquadramento das águas subterrâneas do Brasil.

O enquadramento em classes de qualidade, conforme disposto na Resolução CONAMA 396/2008, considera a bacia hidrográfica como unidade de gestão e os usos preponderantes mais restritivos das águas subterrâneas. As metas de manutenção ou alcance das classes de qualidade de água pretendidas devem ser alicerçadas num conjunto de parâmetros hidroquímicos, definidos pelos gestores dos recursos hídricos.

De acordo com a referida resolução, as águas subterrâneas são categorizadas em seis classes:

I - Classe Especial: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial;

II - Classe 1: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

III - Classe 2: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

IV - Classe 3: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

V - Classe 4: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo; e

VI - Classe 5: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso.

As classes de água são estabelecidas com base na qualidade natural, Valores de Referência de Qualidade-VRQ determinados pelos órgãos competentes e nos Valores Máximos Permitidos para cada uso preponderante, conforme mostrado no Quadro 6.24. Os parâmetros selecionados para subsidiar a proposta de enquadramento das águas subterrâneas deverão ser escolhidos em função dos usos preponderantes, das características hidrogeológicas, hidrogeoquímicas, das fontes de poluição e outros critérios técnicos definidos pelo órgão competente. Dentre os parâmetros selecionados, deverão ser considerados, no mínimo, Sólidos Totais Dissolvidos, Nitrato e Escherichia coli, segundo a Resolução CONAMA 396/2008. As demais informações sobre a classificação e diretrizes para o enquadramento das águas subterrâneas podem ser consultadas na RESOLUÇÃO CONAMA nº 396/2008.

A caracterização hidroquímica das águas subterrâneas presentes nos aquíferos é determinante para o conhecimento de sua qualidade natural e para o estabelecimento dos padrões de referência para o enquadramento em classes. A dinâmica de circulação das águas subterrâneas e sua interação com as águas de precipitação atmosférica que circulam na superfície do terreno possibilita carrear substâncias poluentes que, por infiltração, alcançam os reservatórios subterrâneos, daí a necessidade de monitoramento contínuo dos parâmetros hidroquímicos.

Tanto para a caracterização hidroquímica quanto para o monitoramento contínuo de parâmetros de referência da qualidade da água subterrânea dos aquíferos, há necessidade de se montar uma rede de coleta de amostras de água provenientes de poços. É importante que os poços selecionados para compor essa rede apresentem boa distribuição em área, sejam representativos dos aquíferos existentes, possuam informações construtivas, perfis litológicos, dados de teste de bombeamento e que tenham sido tecnicamente bem construídos. Esses poços devem apresentar cimentação de proteção sanitária, ter tampa de proteção adequada e passar por manutenções preventivas em intervalos regulares, de modo a garantir a confiabilidade das medições e análises químicas e bacteriológicas.



## **Quadro 6.24 – Condições e Padrões de Qualidade das Águas Subterrâneas (CONAMA 396/2008)**

### **CAPÍTULO III - DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS**

Art. 5º - As águas subterrâneas da Classe Especial deverão ter suas condições de qualidade naturais mantidas.

Art. 6º - Os padrões das Classes 1 a 4 deverão ser estabelecidos com base nos Valores de Referência de Qualidade-VRQ, determinados pelos órgãos competentes, e nos Valores Máximos Permitidos para cada uso preponderante, observados os Limites de Quantificação Praticáveis-LQPs (Anexo I).

Parágrafo único. Os parâmetros que apresentarem VMP para apenas um uso serão válidos para todos os outros usos, enquanto VMPs específicos não forem estabelecidos pelo órgão competente.

Art. 7º - As águas subterrâneas de Classe 1 apresentam, para todos os parâmetros, VRQs abaixo ou igual dos Valores Máximos Permitidos mais Restritivos dos usos preponderantes.

Art. 8º - As águas subterrâneas de Classe 2 apresentam, em pelo menos um dos parâmetros, Valor de Referência de Qualidade-VRQ superior ao seu respectivo Valor Máximo Permitido mais Restritivo-VMPr+ dos usos preponderantes.

Art. 9º - As águas subterrâneas de Classe 3 deverão atender ao Valor Máximo Permitido mais Restritivo-VMPr+ entre os usos preponderantes, para cada um dos parâmetros, exceto quando for condição natural da água.

Art. 10º - As águas subterrâneas de Classe 4 deverão atender aos Valores Máximos Permitidos menos Restritivos-VMPr- entre os usos preponderantes, para cada um dos parâmetros, exceto quando for condição natural da água.

Art. 11º - As águas subterrâneas de Classe 5 não terão condições e padrões de qualidade conforme critérios utilizados nesta Resolução.

As condições requeridas para a definição dos poços que irão compor a rede de monitoramento de qualidade das águas subterrâneas podem ser encontradas nas captações de abastecimento público, administradas pela COPASA, prefeituras municipais e outras concessionárias. O monitoramento feito em poços de abastecimento público, em operação, é um processo simples que compreende a coleta periódica de amostras de água extraídas diretamente da torneira instalada no cavalete e envio ao laboratório para análises. O monitoramento da qualidade exige cumprir os procedimentos de coleta e preservação das amostras de água, que deve ser feito por técnicos de laboratórios credenciados ou certificados. A vantagem de utilização de poços públicos em operação é que se evita a instalação de poços de dedicação exclusiva, o que representa grande economia na implementação de uma rede de monitoramento de qualidade das águas subterrâneas.

Em se tratando de monitoramento com utilização de poços de abastecimento público e considerando que as concessionárias de distribuição estão obrigadas a realizar análises periódicas de qualidade da água, com a aprovação de uma resolução ou portaria poderiam ser exigidas análises periódicas contemplando os parâmetros necessários à caracterização hidroquímica e ao enquadramento em classes, conforme previsto na CONAMA 396/2008.

Considerando que a implementação da rede de monitoramento é um processo dinâmico que deve ser ajustado em conformidade com a intensificação da exploração dos recursos hídricos subterrâneos, nível de estresse dos aquíferos e eventos de contaminação, o plano de implementação deve obedecer a uma hierarquização de prioridades, de acordo com critérios definidos na etapa de planejamento da rede. As análises sistemáticas dos resultados de qualidade adquiridos ao longo dos primeiros anos de monitoramento permitirão definir áreas críticas e, se for o caso, a instalação de poços de dedicação exclusiva.

## **6.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A etapa de diagnóstico das águas subterrâneas da Região Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias objetivou a análise, avaliação e consolidação das informações disponibilizadas por órgãos gestores de recursos hídricos e registradas em documentos de estudos técnicos específicos, conforme diretrizes contidas na Resolução nº 91/2008, que dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos.

É notória, como destacado no PRHSF e igualmente constatado no PDRH Entorno de Três Marias, a escassez e indisponibilidade de informações essenciais para a elaboração de um diagnóstico efetivo sobre as águas subterrâneas da Região Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias, sem mencionar a inexistência de estudos hidrogeológicos específicos sobre os aquíferos locais. Todas essas questões devem ser consideradas na leitura crítica deste relatório.

A partir de 23 dados de análise de água de poços disponíveis no sistema SIAGAS e de duas amostragens de campo, foi apresentada uma análise hidroquímica sucinta com base nos cátions e ânions principais. Segundo o diagrama de Piper, as águas

foram classificadas em bicarbonatada-cálcicas para as unidades aquíferas Mata da Corda, Serra Santa Helena e Paraopeba; e também bicarbonatada-sódicas e cloretada-sódicas para amostras da unidade aquífera Paraopeba.

O domínio poroso-fissural também apresentou concentrações de ferro dissolvido acima do permitido na legislação ( $>0,3$  mg/L) em alguns poços. Índícios de contaminação por nitrato em poço de abastecimento público e flúor acima do permitido, em outro poço, também foram observados.

As informações hidrogeológicas apresentadas no PDRH da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias são bastante sucintas e mostram a necessidade de ampliação e aprofundamento do conhecimento sobre os aquíferos ali existentes. Classes hidroquímicas diferentes constatadas na mesma unidade aquífera atestam condicionamento do quimismo das águas aos constituintes litológicos específicos do arcabouço litológico. O PDRH apresentado não aborda o enquadramento das águas subterrâneas em classes segundo os usos preponderantes, conforme estabelecido na Resolução CONAMA 396/2008.

O diagnóstico das águas subterrâneas da Bacia do Entorno da Represa de Três Marias sugere a implementação de uma rede de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas com a utilização de poços de abastecimento público ativos, condição que viabiliza o enquadramento. Por outro lado, a viabilidade econômica depende do conhecimento das características hidroquímicas dos aquíferos, planejamento da rede com definição e localização de poços, definição dos parâmetros de monitoramento, frequência de análises etc. Num primeiro momento, há necessidade de se adquirir informações mínimas adequadas para a caracterização hidroquímica dos aquíferos e classificação das águas segundo a Resolução CONAMA 396/2008. Num segundo momento, será possível desenhar a rede que dará suporte ao enquadramento das águas subterrâneas e avaliar os custos de implementação e operação, considerando a localização de poços, definição dos parâmetros de monitoramento, frequência de análises etc.

Finalmente, o diagnóstico ressalta que a efetivação da gestão dos recursos hídricos subterrâneos somente se concretizará a partir do esforço dos órgãos gestores no

cadastramento e outorga das captações, e no aprofundamento do conhecimento hidrogeológico, tarefas fundamentais para se alcançar os objetivos propostos.

## **7. IDENTIFICAÇÃO, LOCALIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS CARGAS DAS FONTES DE POLUIÇÃO PONTUAIS E DIFUSAS ATUAIS**

### **7.1 ESTIMATIVA DE CARGAS POLUIDORAS PONTUAIS (EFLUENTES DOMICILIARES, INDUSTRIAIS)**

O cálculo estimativo das cargas poluidoras pontuais lançadas na bacia levou em consideração os lançamentos de ETEs e as cargas lançadas por empreendimentos com Declaração de Carga Poluidora.

Para estimativa da carga poluidora lançada por ETEs foram adotadas as seguintes informações, das seguintes fontes:

- População urbana dos municípios da bacia, Atlas 2020 (ANA);
- Porcentagem de esgoto coletado e tratado, por município, Atlas Esgoto 2019 (ANA);
- Remoção medida, projetada ou adotada de DBO<sub>5,20</sub> atribuída à ETE, Atlas Esgoto 2019 (ANA);
- Base hidrográfica ottocodificada, 2017 (ANA);
- Mapa de localização das ETEs, Atlas Esgoto 2019 (ANA).

Foram buscadas informações sobre pontos de ocorrência contínua e frequente de lançamentos de cargas de acidentes em rodovias, ferrovias, dutos e aeroportos ou locais com registro contínuo de acidentes com produtos perigosos e que tivessem informações que pudessem ser utilizadas no contexto da estimativa de cargas poluidoras contínuas. No entanto, não foram identificadas outras cargas contínuas ou com grande frequência de ocorrência que pudessem ser agregadas a tal análise. Vale destacar que tais cargas usualmente são consideradas no contexto de análises de risco, não sendo, portanto, cargas contínuas e que seriam sempre identificadas nos corpos hídricos, como é o caso desse Diagnóstico.

Os parâmetros de produção de carga poluidora adotados são expostos no Quadro 7.1.

**Quadro 7.1 – Parâmetros adotados para produção de carga poluidora.**

População	DBO (g/hab.dia)	Nitrogênio Total (g/hab.dia)	Fósforo Total (g/hab.dia)
População urbana (1)	54	8	2,5

\*Conforme remoção de DBO de cada ETE.

Fonte:

(1): von sperling. introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. in: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. departamento de engenharia sanitária e ambiental. belo horizonte. minas gerais vol. 3 ed. 2005

Vale destacar que não foram consideradas remoções de nitrogênio e fósforo nas ETEs, de modo que toda a carga de nutrientes produzida é lançada aos corpos de água.

O Quadro 7.2 a seguir apresenta os municípios da CH SF4, com as respectivas populações e índices de coleta e tratamento de esgoto em ETEs, de acordo com o Atlas 2020 e o Atlas Esgoto 2019, da ANA.

**Quadro 7.2 – Relação dos índices de tratamento de esgotos municipais por município da bacia.**

Município	Geocódigo	População urbana 2020	Coleta com tratamento (%)	Possui ETE?	Percentual médio de remoção da ETE
Abaeté	3100203	20.807	0,0%	Sim	82%
Arapuá	3103801	2.379	0,0%	Não	0%
Biquinhas	3107000	1.697	0,0%	Não	0%
Carmo do Paranaíba	3114303	26.698	0,0%	Sim	0%
Cedro do Abaeté	3115607	996	0,0%	Não	0%
Córrego Danta	3119807	2.092	0,0%	Não	0%
Estrela do Indaiá	3124708	2.783	0,0%	Não	0%
Felixlândia	3125705	12.618	0,0%	Sim	0%
Lagoa Formosa	3137502	14.757	99,3%	Sim	72%
Matutina	3141207	2.715	0,0%	Não	0%
Morada Nova de Minas	3143500	7.350	38,9%	Sim	72%
Paineiras	3146404	3.730	0,0%	Não	0%
Patos de Minas	3148004	143.946	12,6%	Sim	63%
Pompéu	3152006	29.319	0,0%	Não	0%
Quartel Geral	3153707	3.184	0,0%	Não	0%
Rio Paranaíba	3155504	8.800	57,3%	Sim	53%



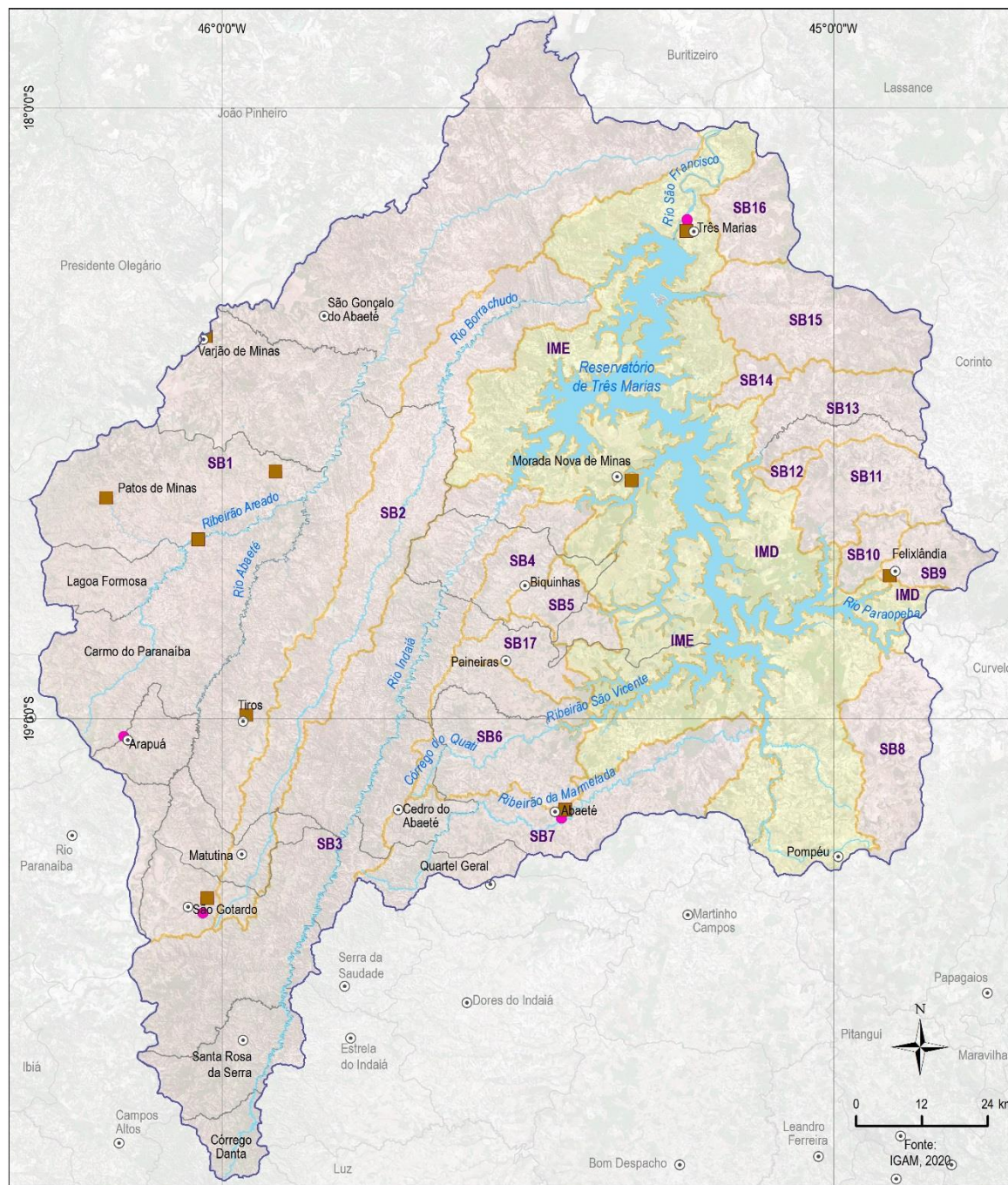
Município	Geocódigo	População urbana 2020	Coleta com tratamento (%)	Possui ETE?	Percentual médio de remoção da ETE
Santa Rosa da Serra	3159704	2.121	0,0%	Não	0%
São Gonçalo do Abaeté	3161700	4.705	0,0%	Não	0%
São Gotardo	3162104	35.031	9,2%	Sim	0%
Serra da Saudade	3166600	541	0,0%	Não	0%
Tiros	3168903	4.949	76,0%	Sim	73%
Três Marias	3169356	31.019	68,6%	Sim	78%
Varjão de Minas	3170750	6.514	74,6%	Sim	75%

Fonte: Atlas 2020 e Atlas Esgoto 2019

Com relação às cargas poluidoras industriais, foram considerados os empreendimentos registrados pelo IGAM/FEAM. Em consulta ao IGAM, foi disponibilizada a planilha de Declaração de Carga Poluidora (DCP) do ano base 2019, onde constam os empreendimentos com as respectivas localizações, os pontos de lançamentos dos efluentes e, para a maior parte deles, a carga de DBO anual lançada após tratamento. Vale destacar que, para efeito de cálculo de cargas pontuais, foram considerados apenas os empreendimentos cujos efluentes são lançados em corpos d'água, desconsiderando-se aqueles cujos lançamentos são feitos em redes de coleta ou no solo. Atenta-se também para a existência de empreendimentos registrados na base de Declarações de Carga Poluidora em que não consta a informação do local de lançamento dos efluentes (se em corpos d'água, solo ou rede pública).

A Figura 7.1 a seguir apresenta a localização das ETEs e dos empreendimentos constantes na Declaração de Carga Poluidora do IGAM/FEAM.

O Quadro 7.3 apresenta as cargas lançadas por ETEs e pelos empreendimentos listados pelo IGAM, por sub-bacia, da CH SF4.



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- ☪ Massa d'água
- ⊞ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- Áreas de drenagem da CH**
- ☐ Interbacia
- ☐ Sub-bacia
- Lançamento ETE
- Lançamento - Empreendimento (Declaração de Carga Poluidora)

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 7.1 – Cargas pontuais de ETEs e empreendimentos.**

**Quadro 7.3 – Cargas Pontuais na CH SF4**

Código da Subbacia	Sub bacia	DBO (ton/ano)		Ntotal (ton/ano)		Ptotal (ton/ano)	
		ETE	DCP	ETE	DCP	ETE	DCP
SB1	Rio Abaeté	144,17	6,82	64,76	-	20,24	-
SB2	Rio Borrachudo	-	-	-	-	-	-
SB3	Rio Indaiá	-	-	-	-	-	-
SB4	Ribeirão Sucuriú	-	-	-	-	-	-
SB5	Ribeirão da Extrema	-	-	-	-	-	-
SB6	Ribeirão São Vicente	-	-	-	-	-	-
SB7	Ribeirão Marmelada	-	0,62	-	-	-	-
SB8	Ribeirão Canabrava	-	-	-	-	-	-
SB9	Riacho do Bagre	-	-	-	-	-	-
SB10	Riacho Fundo	-	-	-	-	-	-
SB11	Ribeirão do Peixe	-	-	-	-	-	-
SB12	Córrego Riachão	-	-	-	-	-	-
SB13	Ribeirão da Extrema Grande	-	-	-	-	-	-
SB14	Córrego do Bairro	-	-	-	-	-	-
SB15	Ribeirão do Boi	-	-	-	-	-	-
SB16	Córrego Espírito Santo	-	-	-	-	-	-
SB17	Córrego Forquilha	-	-	-	-	-	-
IMD	Interbacia Margem Direita	92,30	83,43	62,15	-	19,42	-
IME	Interbacia Margem Esquerda	15,79	-	8,36	-	2,61	-
<b>Total</b>		<b>252,26</b>	<b>90,87</b>	<b>135,27</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Total por parâmetro</b>		<b>343,13</b>		<b>135,27</b>		<b>42,27</b>	

Pode-se observar pelo Quadro 7.3 e Figura 7.1 que a maior parte das cargas pontuais lançadas estão concentradas na sub-bacia do Rio Abaeté e nas Interbacias Margem Esquerda e Direita. Na sub-bacia do Rio Abaeté, as cargas estão concentradas na parte alta da bacia, espalhados entre os municípios de São Gotardo, Arapuá, Carmo da Paranaíba, Tiros e Patos de Minas. Na Interbacia Margem Esquerda, há apenas uma contribuição de ETE, responsável pela totalidade das cargas nessa Interbacia. Por fim, na Interbacia Margem Direita, há contribuições de ETEs e de empreendimentos registrados na DCP, todos concentrados logo a jusante do reservatório da UHE Três Marias, no município de Três Marias.

## **7.2 ESTIMATIVA DE CARGAS POLUIDORAS DIFUSAS (ORIUNDAS DE ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS E DE OUTRAS FONTES CAUSADORAS DE DEGRADAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEOS)**

O cálculo estimativo das cargas poluidoras difusas lançadas na bacia levou em consideração as atividades agropecuárias, os efluentes domésticos urbanos não tratados e os efluentes domésticos rurais, as atividades minerárias e as áreas vegetadas.

Para tanto, foram utilizadas as seguintes fontes de informações:

- Mapa de Uso e Ocupação do Solo (Mapbiomas);
- População urbana e rural dos municípios da bacia (Atlas 2020);
- Porcentagem de esgoto não coletado e coletado e não tratado (Atls Esgoto 2019);
- Porcentagem de efluente doméstico encaminhado a fossas sépticas (Atlas Esgoto 2019);
- Efetivo de rebanhos, ano base 2019 (IBGE);
- Base hidrográfica ottocodificada, 2017 (ANA);
- Base hidrográfica por sub-bacias, 2009 (IGAM).

Para estimativa das cargas difusas contribuintes aos trechos de cursos d'água, foram adotadas cargas unitárias constantes na literatura, conforme Quadro 7.4.



**Quadro 7.4 – Parâmetros adotados no cálculo das cargas difusas.**

Fonte geradora		DBO	Nitrogênio Total	Fósforo Total	PO4	SST
População urbana e rural (g/hab.dia) (1)		54	8	2,5	-	-
Rebanhos Animais (kg/cabeça.ano) (2)	Bovinos*	200	60	12	-	-
	Equinos	200	60	12	-	-
	Ovinos**	25	4,1	9,9	-	-
	Suínos	32,9	7,3	2,3	-	-
	Aves	1,6	3,6	0,1	-	-
Áreas Agrícolas (kg/ha.ano) (3)		0	116,4	83,2	-	-
Áreas de Reflorestamento/Vegetação Nativa (kg/ha.dia) (4)		0	0,17	4,57	-	-
Áreas de Mineração (kg/acre.ano) (5)		18	2,21	0,281	0,131	176

\*foram incluídos na classificação "Bovinos" também os bubalinos;

\*\*foram incluídos na classificação "Ovinos" também os caprinos;

Fontes:

(1): von sperling. introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. in: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. departamento de engenharia sanitária e ambiental. belo horizonte. minas gerais vol. 3 ed. 2005

(2): sema - secretaria de estado e meio ambiente. plano estadual de recursos hídricos de mato grosso do sul (perh-ms). campo grande, ms: editora uems, 2010.

(3): ibge - instituto brasileiro de geografia e estatística. utilização de fertilizantes por unidade de área (kg/ha.ano). sistema ibge de recuperação automática - sidra. rio de janeiro, 2012.

(4): omernik, j. m. nonpoint source-stream nutrient level relationships: a nationwide study. u.s. epa report nº. epa-600/3-77-105. u.s. environmental protection agency. corvallis. oregon, 1977.

(5): harper, h. h. stormwater chemistry and water quality: estimating pollutant loadings and evaluation of best management practices for water quality improvements. environmental research&design, inc., 1998.

Para a população rural, considerou-se um abatimento de DBO, N e P de 30% (coeficiente de redução de 0,7), promovida por sistemas individuais de tratamento dos esgotos, tendo em vista que, normalmente, a população faz uso de fossas sépticas sem tratamento complementar. Caso fossem implantados conjuntos de tanque séptico e sumidouro a faixa de remoção de DBO seria de 50% a 80% e de nitrato e de fosfato de 30% a 70% (ABNT, 1997)<sup>11</sup>.

No caso das contribuições por tipo de animal, foi admitida uma pré-depuração das cargas originadas da atividade pecuária devido à necessidade de escoamento superficial para que essas cargas alcancem os cursos d'água. Dessa forma, para os rebanhos não-confinados utilizou-se um coeficiente de redução de carga de 90%, enquanto para os rebanhos confinados esse número foi de 50% associado a um sistema de tratamento de eficiência mínima de 60%.

Para as áreas agrícolas, o raciocínio foi semelhante, adotando-se um coeficiente de redução de 90% da carga bruta, assumindo-se que as culturas assimilam a maior parcela dos nutrientes aplicados no solo por meio de fertilizantes (SEMA, 2010, op. cit). As cargas unitárias apresentadas por áreas de reflorestamento/vegetação nativa já consideram o fluxo de nutrientes exportados por área de drenagem, por isso, não é necessário aplicar coeficientes de redução para obtenção das cargas remanescentes.

O cálculo das cargas difusas foi feito primeiramente por ottobacias, considerando os diferentes usos do solo. Feito isso, prosseguiu-se na classificação das ottobacias segundo as sub-bacias às quais pertencem. Uma vez que a base de ottobacias difere da base de sub-bacias, há casos em que a ottobacia incide em mais de uma sub-bacia. Neste caso, a ottobacia foi classificada como sendo da sub-bacia onde se localiza a sua maior porção. Para ottobacias que incidem dentro do Reservatório de Três Marias, foi considerado que elas pertencem às sub-bacias Interbacia Margem Esquerda ou Interbacia Margem Direita, caso estejam localizadas à esquerda ou à direita, respectivamente, do eixo do reservatório.

---

<sup>11</sup> ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969/1997: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

Vale destacar que, para municípios que não estão totalmente inseridos na bacia, foi considerado como área urbana a área indicada pelo mapa de uso do solo como uso urbano (“Infraestrutura Urbana”, na nomenclatura do Mapbiomas) e a área rural como sendo a subtração da área total do município pela área urbana. Ainda, para cálculo do efetivo de rebanho nestes municípios que não estão totalmente inseridos na bacia, foi considerado efetivo proporcional à área de pastagem do município que está dentro da bacia em relação à área total do município. Foram considerados como área de pastagem as áreas denominadas “Pastagem” e “Mosaico de Agricultura e Pastagem” na nomenclatura do Mapbiomas.

O Quadro 7.5 apresenta as cargas difusas estimadas, por sub-bacia, da CH SF4.

**Quadro 7.5 – Cargas Difusas na CH SF4**

Código da sub-bacia	Sub bacia	DBO (ton/ano)	Ntotal (ton/ano)	Ptotal (ton/ano)	SST (ton/ano)	Zn (ton/ano)	Ortho-P (ton/ano)	Pb (ton/ano)
SB1	Rio Abaeté	51.804,62	30.656,88	302.366,81	-	-	-	-
SB2	Rio Borrachudo	10.834,56	6.925,76	93.129,10	-	-	-	-
SB3	Rio Indaiá	21.168,05	12.651,43	164.839,69	-	-	-	-
SB4	Ribeirão Sucuriú	2.407,25	1.023,90	7.744,92	-	-	-	-
SB5	Ribeirão da Extrema	1.570,20	724,18	6.043,48	-	-	-	-
SB6	Ribeirão São Vicente	5.202,33	2.633,27	27.196,68	-	-	-	-
SB7	Ribeirão Marmelada	6.112,74	3.713,71	50.068,48	-	-	-	-
SB8	Ribeirão Canabrava	3.169,22	2.367,32	31.228,01	-	-	-	-
SB9	Riacho do Bagre	1.073,01	740,33	11.167,15	-	-	-	-
SB10	Riacho Fundo	742,09	549,05	8.495,60	-	-	-	-
SB11	Ribeirão do Peixe	2.332,82	1.845,88	30.522,44	-	-	-	-
SB12	Córrego Riachão	264,85	202,34	3.285,89	-	-	-	-
SB13	Ribeirão da Extrema Grande	748,80	1.628,82	37.594,54	-	-	-	-
SB14	Córrego do Bairro	40,04	349,41	9.066,94	-	-	-	-
SB15	Ribeirão do Boi	262,51	2.645,58	68.711,99	-	-	-	-
SB16	Córrego Espírito Santo	139,64	1.036,54	26.660,46	-	-	-	-
SB17	Córrego Forquilha	2.442,62	1.009,90	7.111,04	-	-	-	-
IMD	Interbacia Margem Direita	8.981,46	9.135,28	162.583,39	-	-	-	-
IME	Interbacia Margem Esquerda	11.559,90	10.131,51	164.492,16	-	-	-	-
<b>Total</b>		<b>130.856,70</b>	<b>89.971,10</b>	<b>1.212.308,77</b>	-	-	-	-

Do Quadro 7.5 pode-se inferir que não há atividades minerárias na bacia, uma vez que não há cargas de sólidos suspensos totais (SST), zinco, ortofosfato e chumbo.

Com relação às cargas de DBO, nitrogênio e fósforo, destacam-se as sub-bacias do rio Abaeté e do rio Indaiá, que juntas são responsáveis por 56% da carga total de DBO advinda de fontes difusas na bacia. As prováveis fontes devem estar associadas principalmente a atividades pecuárias, muito desenvolvidas em ambas as sub-bacias e também nas outras sub-bacias, como pode ser notado na Figura 3.25 do Capítulo 2.6.1. Na sub-bacia no Rio Abaeté, além da pecuária, nota-se também manchas de áreas agrícolas de cana, soja, outras lavouras temporárias e lavouras perenes, notadamente na região do alto e médio Abaeté, o que resulta nas altas cargas de nitrogênio e fósforo observadas nessa sub-bacia. Altas cargas de fósforo observadas nas sub-bacias do Ribeirão São Vicente, Ribeirão Marmelada, Ribeirão Canabrava, Ribeirão do Peixe, Ribeirão da Extrema Grande, Ribeirão do Boi, Córrego Espírito Santo e as interbacias margem esquerda e direita podem estar associadas às áreas de florestas plantadas, muito presentes nessas sub-bacias, nas regiões próximas ao reservatório de Três Marias.

## **8. ANÁLISE DA CONDIÇÃO ATUAL DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS**

A realização de um monitoramento consiste em uma medição contínua, com padrões de medição definidos e de um longo período de tempo. Tendo como objetivo entender as condições do ambiente para que se possa realizar diagnósticos atuais e definições de tendências do local (VON SPERLING, 2007).

O monitoramento é utilizado no apoio à resolução de problemas na gestão de recursos hídricos. Ele fornece uma base de dados para os gestores em relação à situação dos ambientes, prognósticos, definição de padrões de lançamentos de efluentes, enquadramento das águas, definição de vazões ecológicas, entre outros instrumentos de gestão (BUSS, BAPTISTA e NESSIMIAN, 2003) (BRASIL, 1997).

Para realizar as avaliações quantitativas de água é necessário realizar coletas em campo, buscando conhecer a região e a localização das fontes poluidoras e, deste



modo definir-se os pontos de controle. Essas amostragens devem seguir as determinações da NBR 9897:1987 e da NBR 9898:1987.

Segundo esta norma, o estudo de um corpo d'água deve iniciar com alguns questionamentos, um balanço dos recursos financeiros, pessoal e de equipamentos, e estabelecimento de cronograma. A caracterização prévia passa desde a descrição das características físicas e sociais do local, até investigação dos potenciais fontes de poluição, para iniciar-se as medições.

Para garantir o sucesso do monitoramento o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, CETESB, 2011) sugere a elaboração de um plano de amostragem. Esse plano integra a definição dos parâmetros a serem monitorados, podendo ser: físicos, químicos, biológicos, microbiológicos, toxicológicos e radiológicos.

Essa escolha deve ser pautada nas legislações vigentes, dos padrões que se deseja atender, condições financeiras e de campo. Ainda é necessário estabelecer a frequência de coleta, que delimitará o cronograma de amostragem (ANA, CETESB, 2011).

Desta forma a criação e implantação de uma rede de monitoramento varia de acordo com todos esses quesitos, normalmente o que se pratica é o início com uma rede menor e que se expande com o passar do tempo e análise da necessidade de monitorar pontos específicos. Gilbert (1987), descreve em sua publicação diferentes métodos para a definição de rede amostragem para poluição da água (Quadro 8.1).

**Quadro 8.1 – Resumo de tipos de amostragens e quando devem ser usados para estimar médias ou totais.**

Tipos de amostragens	Condições em que são úteis
Acaso	Necessita uma população homogênea em tempo e espaço para que estimativas imparciais sejam realizadas.
Opinião	A população foco deve ser homogênea e completamente acessível. Ou amostras específicas são selecionadas para um único valor de interesse para fazer inferências sobre a população em geral.
Probabilidade ou aleatória simples	É o método de amostragem mais simples. Os outros métodos oferecem mais precisão na determinação da presença de contaminação.
Estratificada	Útil para populações heterogêneas, pois pode ser dividido em partes que são internamente homogêneas.
Multiestágio	Necessária quando as medições são feitas em dissoluções ou alíquotas da amostra de campo.

Tipos de amostragens	Condições em que são úteis
Núcleo	Utilizada para populações que se agrupam e toda unidade pode ser aleatoriamente medido em cada grupo.
Sistemático	É o método escolhido quando precisa-se estimar contaminações sobre o espaço. Também usado para estimar a média quando a concentração não é conhecida, ou quando os métodos aleatórios não são aplicáveis.
Amostragem em dobro	Útil quando existe uma alta correlação a variável de interesse e a variável mais fácil de ser medida.
Pesquisa	Utiliza as informações históricas, conhecimento local, ou amostragens anteriores as quais demonstrem onde o objeto de procura pode ser encontrado.

São encontrados diferentes métodos de realizarem as amostragens de dados, existe o conhecido como monitoramento convencional, e o mais recente, o automático (NETO, CIDREIRA, et al., 2013). O monitoramento convencional conta com uma estação fixa, na qual os equipamentos ficam instalados isoladamente. O registro somente é realizado quando o operador se dirige até a estação para efetivar a leitura, desta forma existem intervalos de leitura e os registros são armazenadas em meio físico (INMET, 2015).

A automatização do monitoramento trouxe um acompanhamento contínuo dos dados sem a necessidade da presença constante do operador. Essa modalidade de observação conta com equipamentos mais tecnológicos como: sensores, alarmes, sondas multiparâmetros, computadores e transmissores (ALVIM, 2013).

Para o monitoramento automático de parâmetros físico-químicos, é comum a utilização de sondas multiparâmetros. Já para o conhecimento das condições geométricas do canal, podem ser utilizadas trenas, profundímetros, réguas graduadas e métodos para interpolação dos dados e definição da área da seção transversal, ainda para avaliação das condições hidráulicas são utilizados medidores de vazão (KOBİYAMA, MOTA e CORSEUIL, 2008).

A avaliação da qualidade da água é realizada por meio da comparação de parâmetros: físicos, químicos e biológicos, com os padrões especificados nas legislações. Isto proporciona a identificação dos constituintes em desconformidade com a legislação e provocando alterações ambientais (VON SPERLING, 2007).

Jordão e Pessoa (2009) explicam que os parâmetros de qualidade são grandezas que indicam as características dos corpos de água. Eles podem ser conservativos, os quais não reagem com o corpo hídrico, ou não conservativos, que têm suas concentrações alteradas em função de sua propagação no meio.

Os parâmetros também poderão ser divididos em: físicos (temperatura, sabor, odor, cor, turbidez), químicos (potencial hidrogênioônico – pH, oxigênio dissolvido – OD, demanda bioquímica de oxigênio – DBO), e biológicos (coliformes fecais, algas) (JORDÃO e PESSÔA, 2009).

Para realizar as avaliações qualitativas e quantitativas de água, é necessário dados de campo que caracterizem as condições da bacia hidrográfica em termos de uso e ocupação do solo, geologia, geomorfologia, hidrografia, cargas de constituintes produzidas no local, climatologia, entre outros. Para esta caracterização o monitoramento ambiental é ferramenta indispensável (MARTINS, 2017).

Para as análises e desenvolvimento da ferramenta de simulações apresentadas neste item compilou-se uma base de dados robusta, destaca-se os documentos:

- Base hidrográfica da ANA (*shapefile*);
- Base de ottobacias da ANA (*shapefile*);
- Base de informações geológicas do IBGE (*shapefile*);
- Base informações de geomorfologia do IBGE (*shapefile*);
- Uso do Solo de 2019 do MaBIOMAS (*shapefile*);
- Modelo Digital do Terreno da EMBRAPA de 2007 (*raster*);
- Estações de monitoramento de qualidade da água do IGAM e o Hidroweb;
- Estações fluviométricas do IGAM e o Hidroweb;
- Estações pluviométricas do IGAM e o Hidroweb.

Com a base de dados construída os dados dos monitoramentos foram compilados e consistidos produzindo o diagnóstico da condição atual da qualidade das águas da bacia hidrográfica de estudo. Este diagnóstico foi feito com a aplicação da

comparação dos valores de coletas e análises de qualidade com os limites estabelecidos na legislação aplicável, comparação entre as variáveis intervenientes, como o uso do solo e o regime hidrológico local e, ainda, por meio do cálculo de indicador de conformidade com o enquadramento atual.

Neste capítulo também é apresentada a construção da ferramenta do modelo de qualidade da água, o qual se propõe a estimar as variações de concentração de poluentes à medida que eles se movimentem no ambiente. Esse modelo será utilizado de forma mais efetiva nas análises posteriores de diagnóstico e suporte à definição do cenário a ser construído para o planejamento da bacia.

Esta ferramenta torna-se fundamental para o prognóstico das condições da qualidade da água e de atendimento às metas de enquadramento, frente as alterações nas condições da bacia hidrográfica. Ainda, provê suporte às tomadas de decisão na consolidação do enquadramento e na outorga de efluentes, por meio da otimização da alocação de cargas em função da capacidade de assimilação do corpo hídrico (MARTINS, 2017).

## **8.1 ANÁLISE DE QUALIDADE COM BASE NOS DADOS DE MONITORAMENTO**

Foram identificadas outras 83 estações fluviométricas e 18 de qualidade da água na base de dados do Hidroweb e do IGAM. Na CH SF04 foram identificadas quatro estações no rio Abaeté, três no rio Indaiá e três no rio Borrachudo de monitoramento de qualidade da água operadas pelo IGAM, com monitoramento trimestral. A Figura 8.1 mostra a localização das estações frente a CH de estudo e o Quadro 8.2 mostra as principais informações de cada estação.





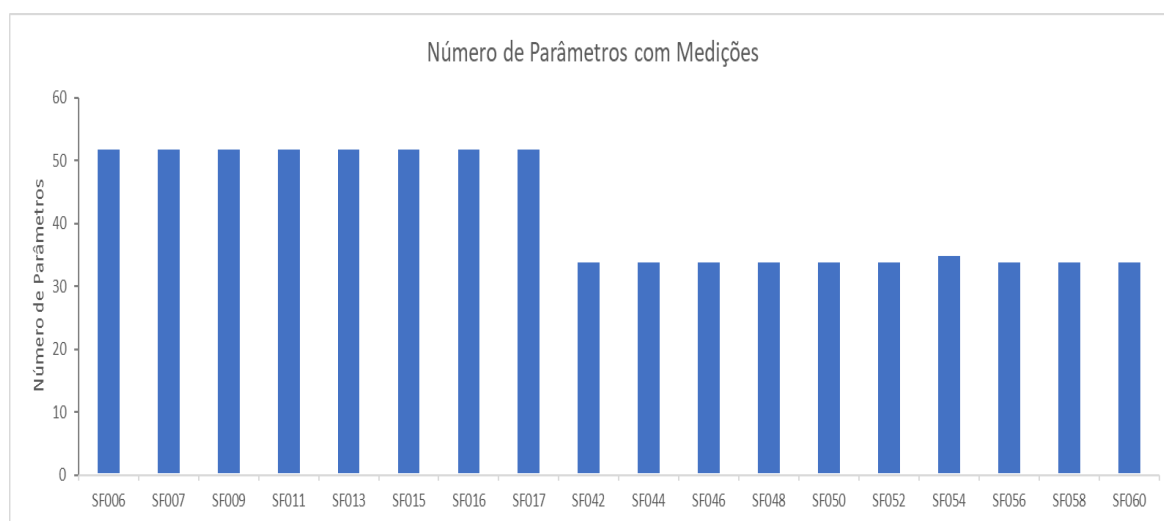
**Quadro 8.2 – Estações de monitoramento qualitativo.**

<b>Código</b>	<b>Código Hidroweb associado</b>	<b>Estação</b>	<b>Operador</b>	<b>Sub-bacia</b>	<b>Município</b>	<b>Latitude (°)</b>	<b>Longitude (°)</b>
SF056	41047000	SF056	IGAM	Rio Abaeté	São Gotardo	-19,313	-46,136
SF058	41048000	SF058	IGAM	Rio Abaeté	Arapuá	-18,994	-46,040
SF060	41076000	SF060	IGAM	Rio Abaeté	Varjão de Minas	-18,504	-45,794
SF017	41090500	SF017	IGAM	Rio Abaeté	São Gonçalo do Abaeté	-18,118	-45,472
SF052	40951000	SF052	IGAM	Rio Borrachudo	Tiros	-19,108	-45,912
SF050	40950000	SF050	IGAM	Rio Borrachudo	São Gotardo	-19,323	-46,003
SF013	40974000	SF013	IGAM	Rio Borrachudo	Tiros	-18,547	-45,655
SF048	40940000	SF048	IGAM	Rio Indaiá	Cedro do Abaeté	-19,156	-45,784
SF046	40920000	SF046	IGAM	Rio Indaiá	Santa Rosa da Serra	-19,524	-45,902
SF009	-	SF009	IGAM	Rio Indaiá	Morada Nova de Minas	-18,666	-45,551

Em relação aos parâmetros monitorados, na CH SF04 contabilizou-se o monitoramento de até 52 parâmetros medidos em pelo menos uma das estações no período estudado (2019-2021), no entanto 10 delas medem 34 parâmetros (Figura 8.2). Os parâmetros monitorados em comum para todas as estações são:

- Cádmi total
- Chumbo total
- Cianeto total
- Cloreto total
- Clorofila a
- Cobre dissolvido
- *Escherichia coli*
- Coliformes totais
- Condutividade elétrica in loco
- Cor verdadeira
- Cromo total
- Demanda Bioquímica de Oxigênio
- Demanda Química de Oxigênio
- Fenóis totais
- Ferro dissolvido
- Fósforo total
- Manganês total
- Mercúrio total
- Níquel total
- Nitrato
- Nitrito

- Nitrogênio amoniacal total
- Nitrogênio orgânico
- Oxigênio dissolvido
- pH in loco
- Sólidos em suspensão totais
- Sólidos totais
- Substâncias tensoativas
- Sulfeto
- Temperatura da água
- Temperatura do ar
- Turbidez
- Zinco total



**Figura 8.2 – Número de parâmetros medidos em pelo menos uma das estações do IGAM na região hidrográfica SF04 no período estudado (2019-2021).**

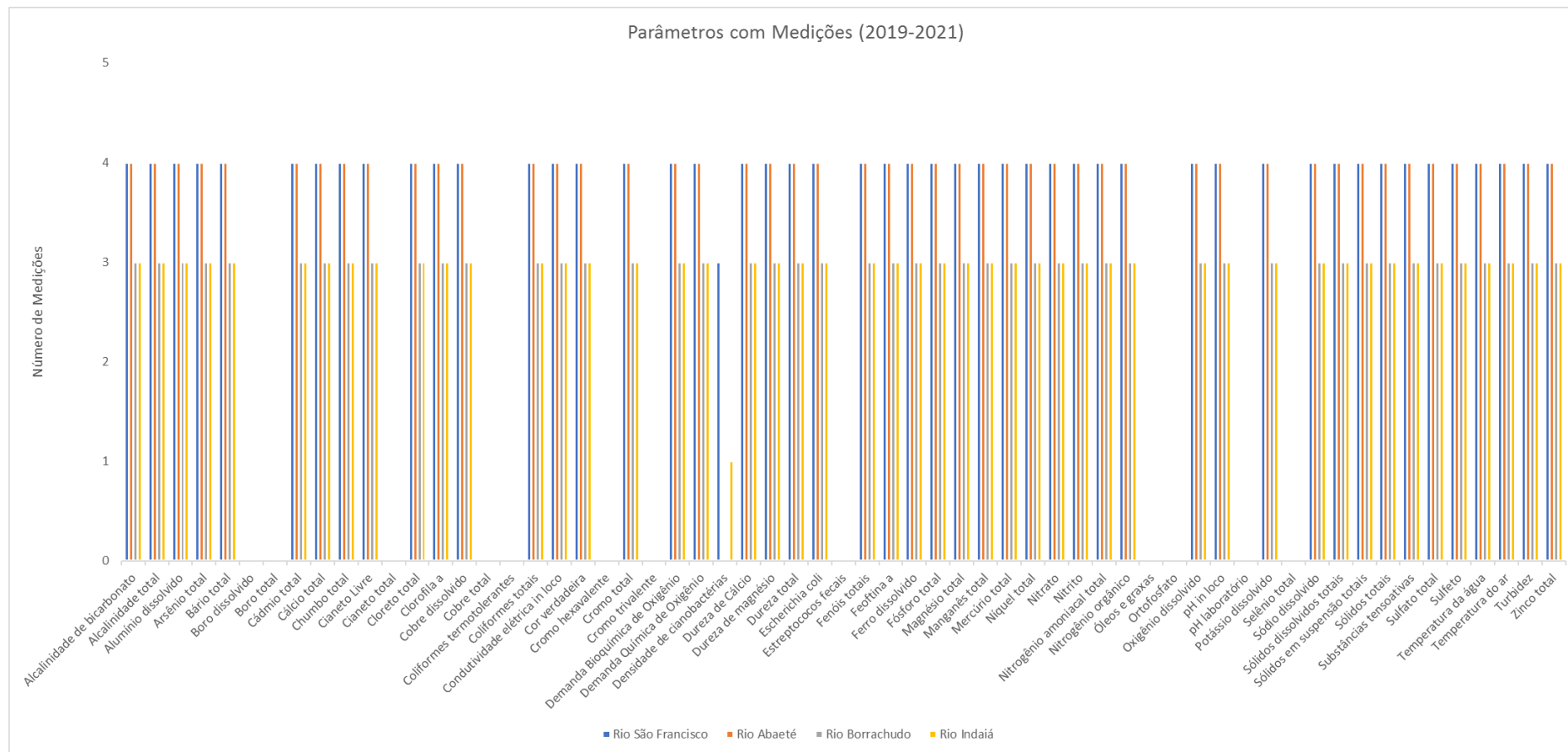
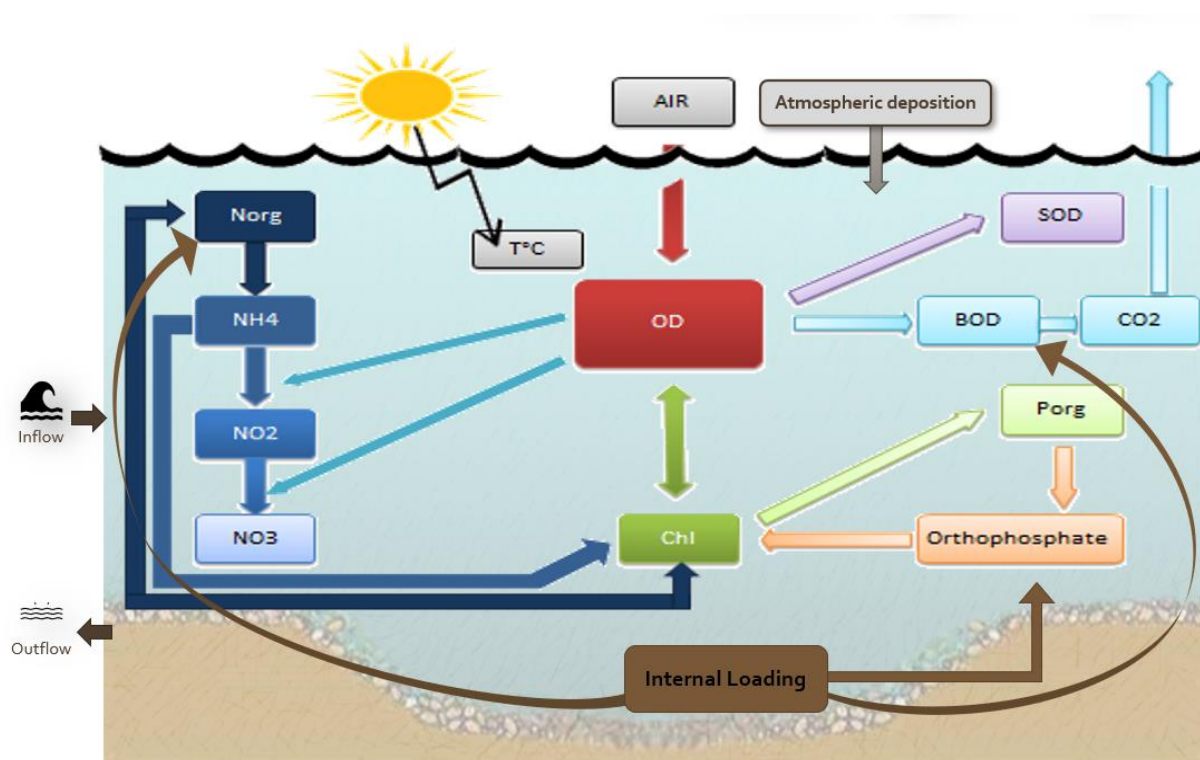


Figura 8.3 – Número de estações do IGAM com pelo menos um dos parâmetros medidos na região hidrográfica SF04 no período estudado (2019-2021).

O ambiente aquático é uma combinação complexa de disponibilidade de alimentos, desenvolvimento de organismos, trocas atmosféricas e forças externas, todas elas conectadas e com um papel a desempenhar. Equilibrado, todo o processo ocorre normalmente, e o ecossistema tem um desenvolvimento saudável, bem como a condição de qualidade da água, porém as cargas introduzidas pelas atividades antrópicas podem distorcer essa condição produzindo consequências danosas ao meio ambiente, inclusive incapacitando o uso da água (AMORIM, 2020).

A Figura 8.4 demonstra os principais processos em um ecossistema aquático relacionados à qualidade da água, auxiliando na compreensão da escolha das variáveis indicadoras.



**Figura 8.4 – Funções e dependências dos constituintes no ambiente aquático.**  
Fonte: (AMORIM, 2020).

O Oxigênio Dissolvido (OD) é o principal indicador de qualidade da água, uma vez que sem ele a vida aquática fica comprometida, limitando-se apenas a organismos e reações anóxicas. As principais fontes de Oxigênio Dissolvido são as trocas entre a interface ar-água e a produção de algas (CHAPRA, 2008).



Os outros processos, como as transformações de Fósforo, Nitrogênio e Matéria Orgânica, entram no sistema como consumidores de OD e sua presença pode indicar fontes de poluição diversas (VON SPERLING, 2007).

Os coliformes têm a sua origem associada aos humanos e aos animais, sua presença na água reflete o nível de saúde da população e as condições de saneamento da região, uma vez que a principal entrada deste constituinte no ambiente aquático é pelo lançamento de esgoto. Esse parâmetro tem também influência em questões de potabilidade da água, uma vez que sua presença pode agir como transmissora de doenças (VON SPERLING, 2007).

A matéria orgânica é considerada umas das maiores causadoras de problemas na qualidade da água, uma vez que o processo metabólico para sua utilização e estabilização é alto consumidor de OD. Sua origem pode ser antropogênica, por efluentes domésticos e industriais, e natural, como matéria orgânica vegetal, animal e microrganismos (AMORIM, 2020).

Normalmente, utiliza-se métodos indiretos de quantificação da matéria orgânica na água, sendo, por exemplo, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Carbono Orgânico Total (COT). A legislação determina valores máximo de DBO nos corpos hídricos (CONAMA, 2005).

O Fósforo por sua vez, aparece na água principalmente na forma de Ortofosfato, Polifosfato e Fósforo Orgânico, sendo a primeira a forma mais biodisponível para o ambiente. O Fósforo é um nutriente essencial para os organismos aquáticos, no entanto, em excesso pode propiciar condições de eutrofização dos ambientes. Sua origem é variada podendo ser natural e antropogênica, a dissolução de compostos do solo, decomposição da matéria orgânica e de microrganismos são fontes naturais do composto. Efluentes domésticos e industriais, detergentes e fertilizantes são as principais fontes antropogênicas (MARTINS, 2017).

O Nitrogênio é outro constituinte que pode ser encontrado de diversas formas no ambiente aquático, também é fonte de nutriente aos organismos. Seu ciclo biogeoquímico é complexo e de suma importante ao meio (JI, 2008)

Em termos de qualidade da água de corpos hídricos naturais a determinação da forma preponderante do nitrogênio fornece informações sobre o estágio da poluição, sendo mais recente associada ao Nitrogênio Amoniacoal (NH) e mais antiga ao Nitrato (NO<sub>3</sub>). A primeira forma (NH) é geralmente advinda de poluições urbanas, efluentes que rapidamente atingem os cursos hídricos, enquanto o Nitrato é mais utilizado nos cultivos, com adubação ao solo. Suas principais fontes coincidem com as do Fósforo (CHAPRA, 2008))

Neste ecossistema existem também os micropoluentes inorgânicos como, por exemplo, os metais. Grande parte destes constituintes é tóxica, e daí a importância da sua regulação e monitoramento. Sua origem pode ser de forma natural, caso a composição do solo contenha grandes quantidades destes elementos, no entanto, é a atividade de mineração e garimpo, juntamente com os efluentes industriais que respondem como grandes fontes de entrada dos metais na água (VON SPERLING, 2007).

Os sólidos aportantes ao corpo hídrico são muitas vezes as partículas nas quais os poluentes ficam adsorvidos e assim, carregados ao meio ambiente. Desta forma, o sedimento também é um sumidouro de Oxigênio, assim como a deposição atmosférica (AMORIM, 2020).

Esse material sólido pode estar em suspensão na coluna d'água, alterando o parâmetro conhecido como Turbidez. Ela interfere nos processos biológicos, pois afeta a transmissão da luz ao longo da coluna d'água e está diretamente ligada com as condições hidrológicas da bacia hidrográfica. Valores elevados de turbidez podem significar processos erosivos, manejo inadequado do solo e lançamentos de efluentes (MARTINS, 2017).

A temperatura é o constituinte que afeta todos os outros, uma vez que influencia os processos químicos, físicos e biológicos do ambiente. Sua variação depende das condições climatológicas locais, mas também pode ser alterada pelos lançamentos de efluentes no corpo hídrico. pode-se citar o aumento da transferência e a redução da solubilidade de gases em elevadas temperaturas, condições que podem gerar mau cheiro e queda na concentração de OD (AMORIM, 2020).

A base de dados foi então verificada quanto às séries temporais dos parâmetros, uma vez que o valor medido no campo representa uma fotografia estática do momento da coleta e somente com a continuidade do monitoramento pode-se entender a tendência de variação da qualidade da água e correlacioná-la com seus fatores intervenientes.

As imagens a seguir apresentam os dados de cada variável em cada estação para o período estudado (2016 a 2020) para os corpos hídricos em que foram identificadas as séries históricas válidas.

Os dados monitorados mostram que no trecho avaliado do Rio São Francisco observa-se problemas com OD próximos às estações SF054 e SF015, ambas logo a jusante da saída do reservatório, sendo que a primeira está no município de Três Marias e a segunda a aproximadamente 5km a jusante. Nota-se também que a *Escherichia coli* estão sempre no limite permitido pela classe, com alguns picos acima deste.

Para este rio em termos de nutrientes não foram observadas desconformidades com os limites da legislação. No entanto para os metais, observa-se altas concentrações de Ferro Dissolvido na região da SF06 em todo o período avaliado e para Alumínio Dissolvido a partir de 2019.

Para o Rio Abaeté observa-se indicadores de coliformes acima dos limites da legislação em todo o rio, indicando presença de excrementos animais e humanos, no entanto, os demais parâmetros indicadores de atividades urbanas e humanas não apresentaram desconformidades.

Em relação aos nutrientes no Rio Abaeté observa-se picos de Fósforo Total, especialmente no ano de 2020, com causas prováveis das grandes áreas agricultáveis localizadas na cabeceira da bacia hidrográfica. Em 2020 também foram observados maiores picos de Alumínio, enquanto o Manganês apresenta valores em desconformidade durante todo o período levantado.

Ao longo do Rio Borrachudo pode-se notar baixas concentrações de OD e picos de *E. coli* próximas à estação SF050, possivelmente influência da área urbana de São Gotardo. Os indicadores de nutrientes mostram altas concentrações de PT, especialmente próximo à estação SF052, área com grande atividade de agricultura.

Para os metais nota-se desconformidades para Chumbo e Manganês na região mais baixa (SF013) e para Ferro Dissolvido na região de montante (SF050).

O Rio Indaiá apresenta condições de qualidade que pioram no sentido de montante para jusante, com desconformidades para os indicadores de atividades humanas na SF009. As concentrações de Fósforo têm aumentado ao longo do rio no período mais recente (2018 - 2020), demonstrando alguns picos de desconformidade, mas na maior parte do tempo passam próximas ao limite da legislação.

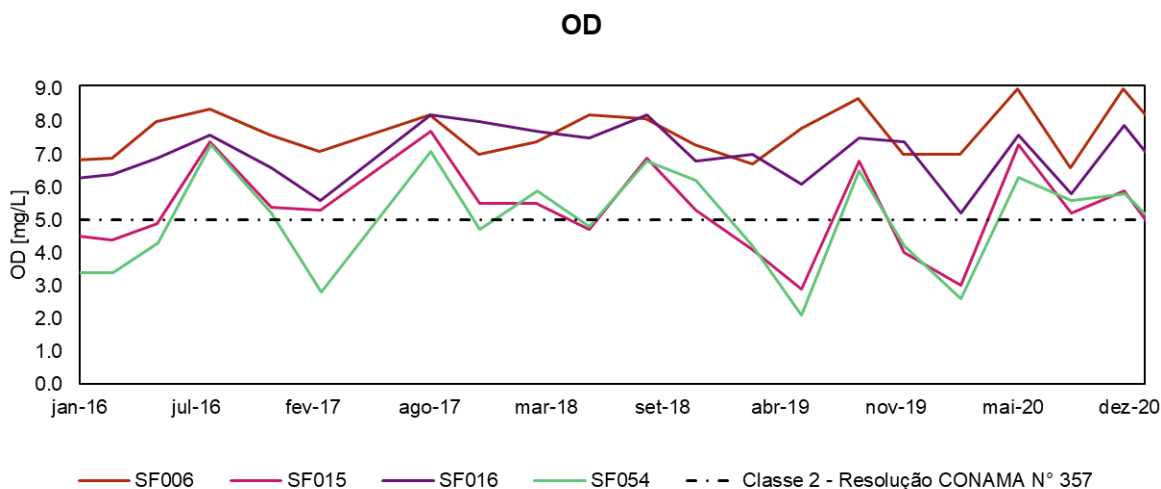
Os metais na área de drenagem o Rio Indaiá apresenta altas concentrações dos metais traço Alumínio e Ferro, com alguns picos que ultrapassam os limites legais. O a Manganês é outro metal que apresenta desconformidades com a legislação, especialmente na régio da foz (SF009).

No item 7.3 é apresentada a avaliação em termos de amplitude, frequência e abrangências dessas não conformidades por meio do cálculo do ICE.

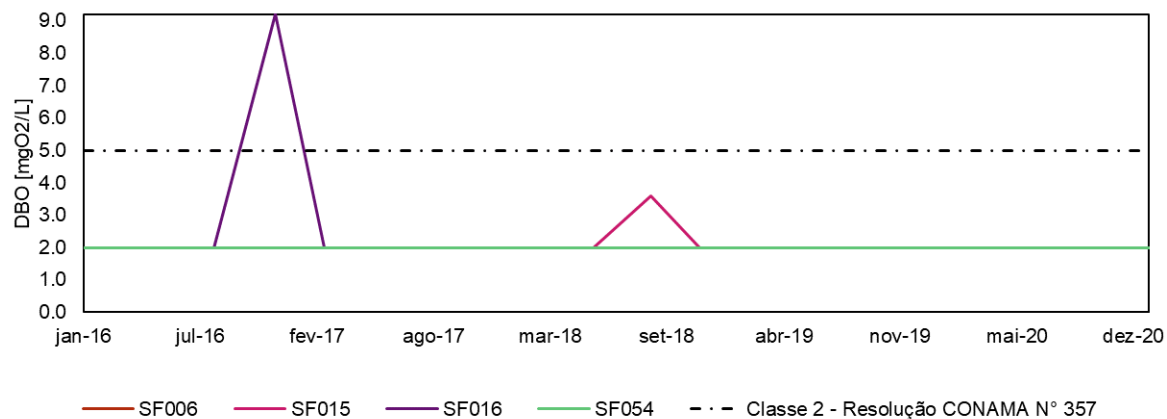
### Rio São Francisco



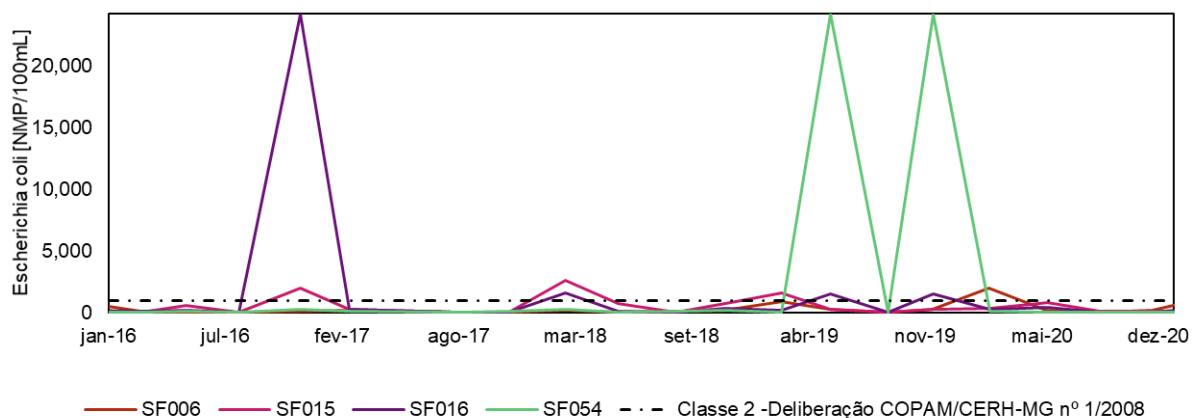
#### Indicadores de atividades humanas



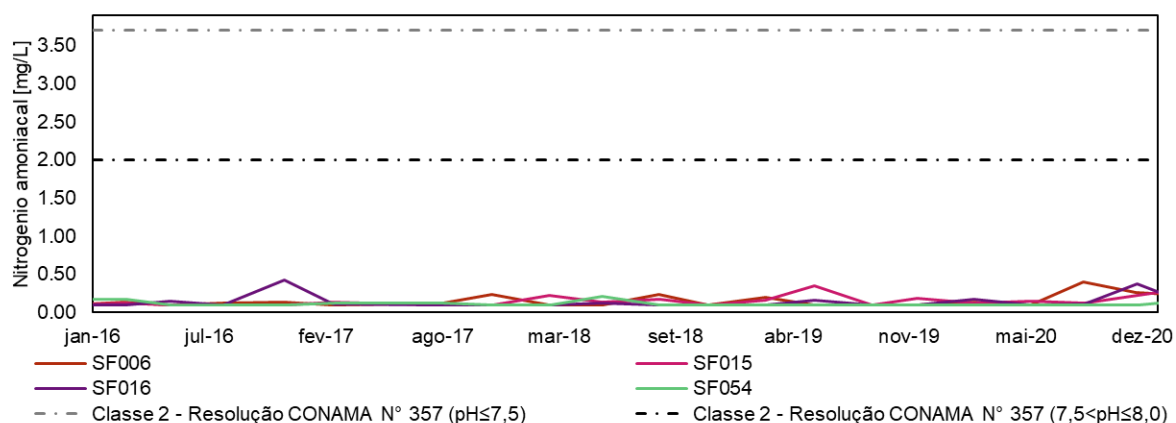
### DBO



### Escherichia coli



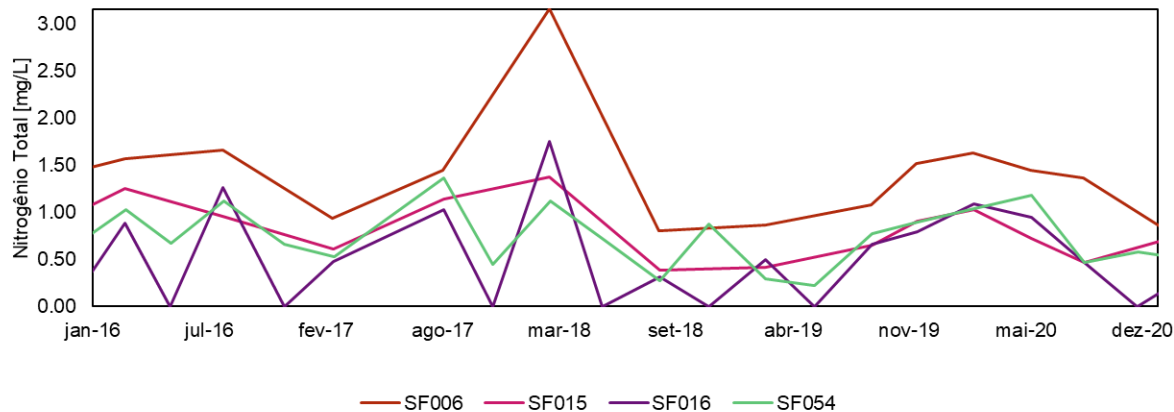
### Nitrogenio amoniacal



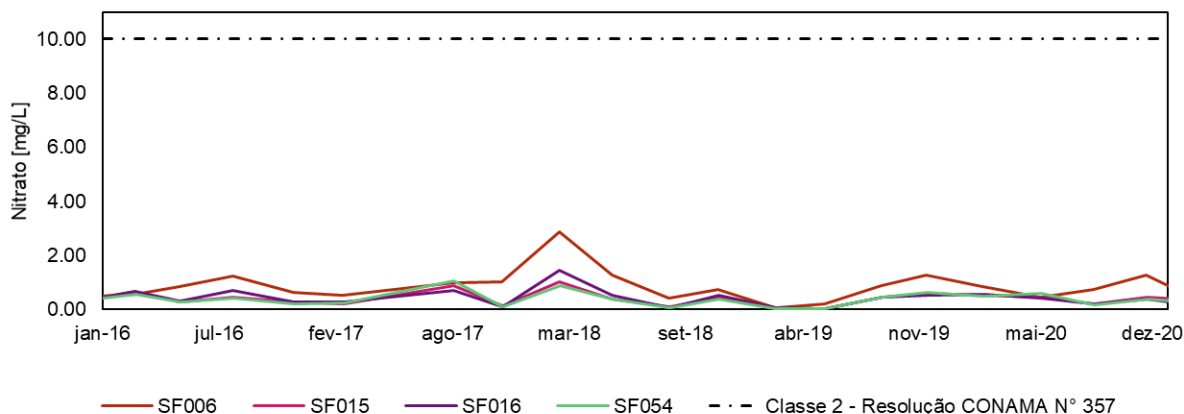


Indicadores de nutrientes

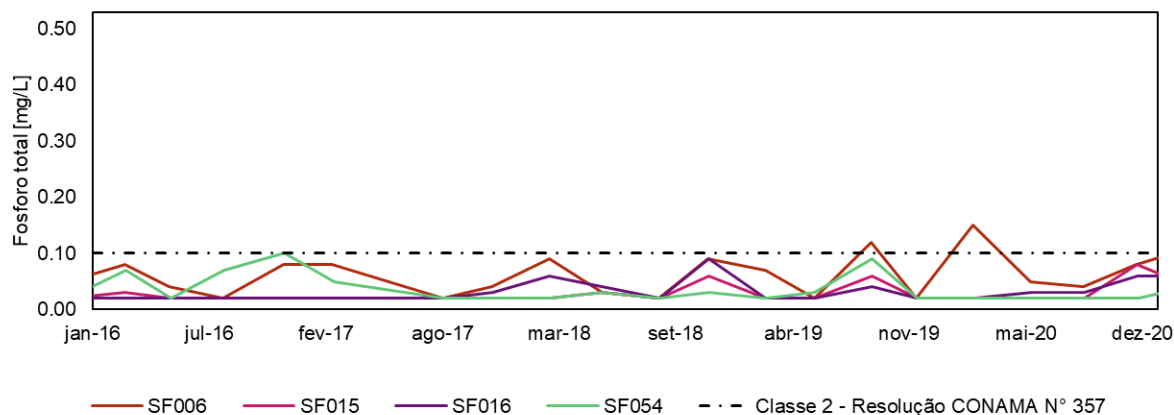
**Nitrogênio Total**



**Nitrato**

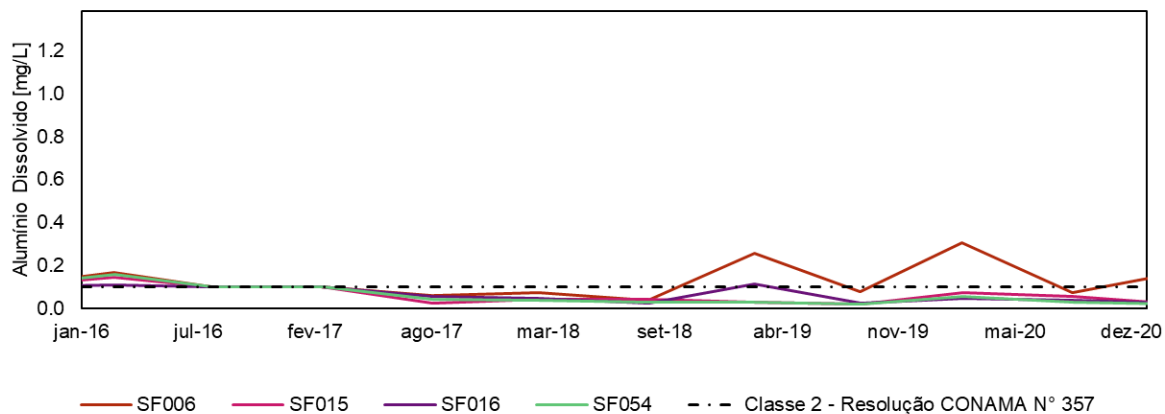


**Fosforo total**

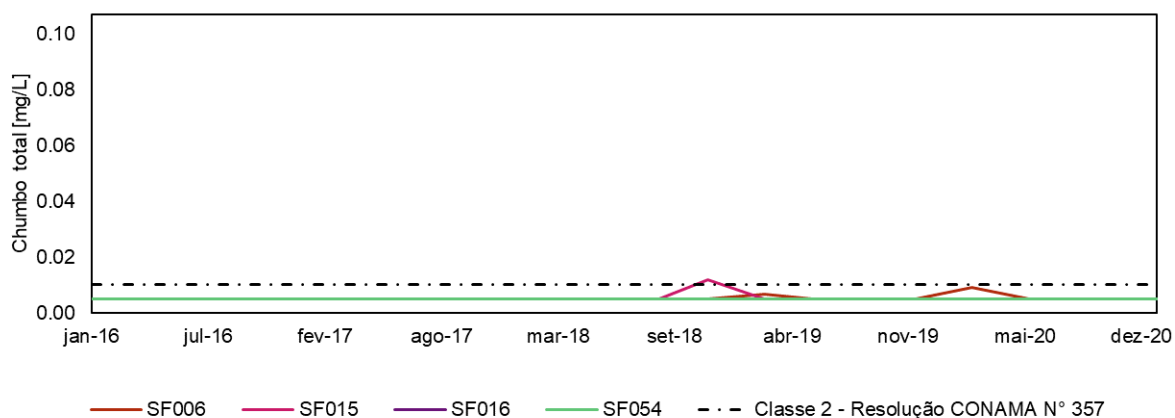


Metais

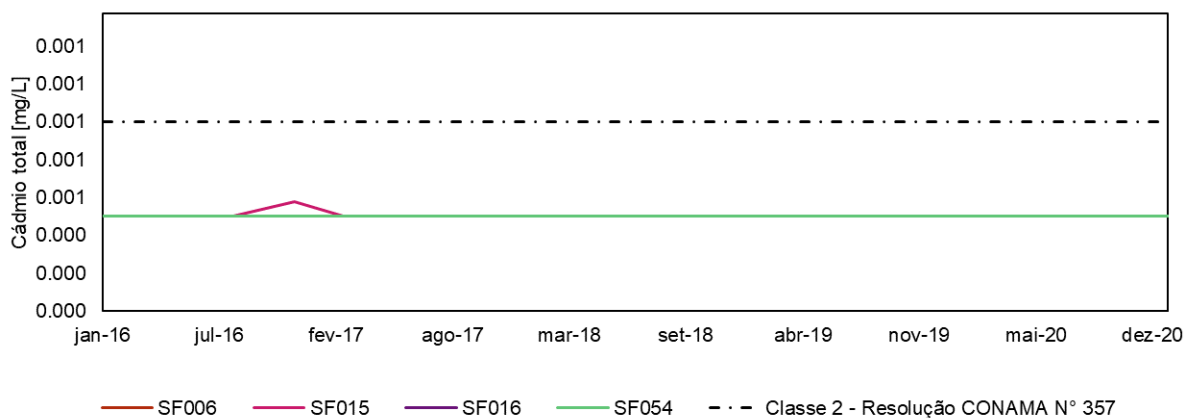
**Alumínio Dissolvido**



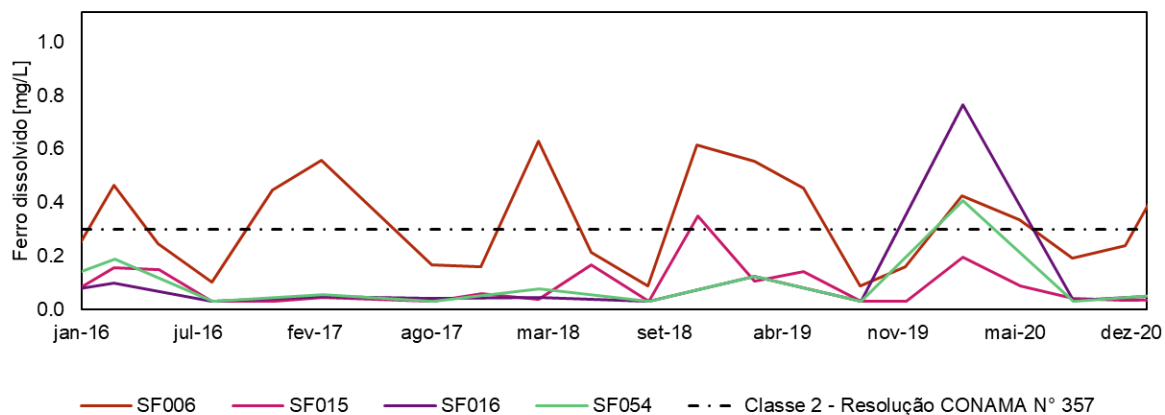
**Chumbo total**



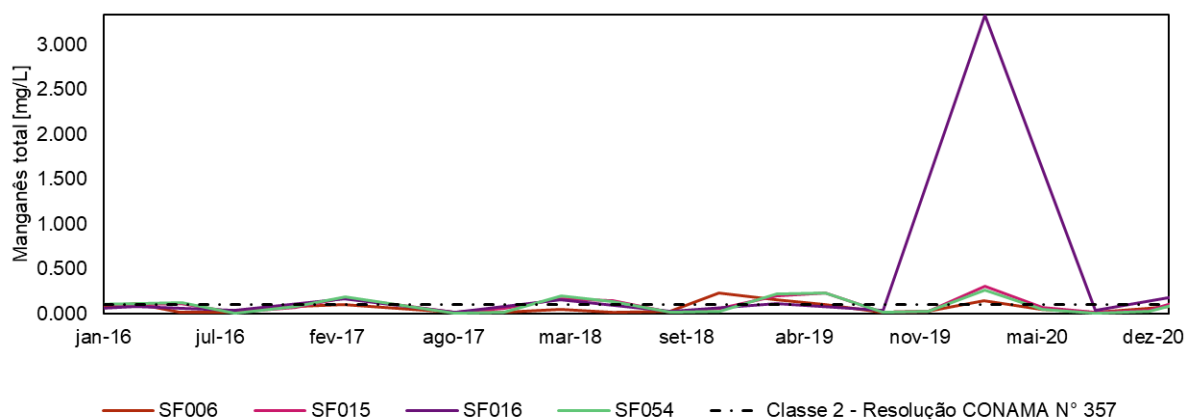
**Cádmio total**



### Ferro dissolvido



### Manganês Total

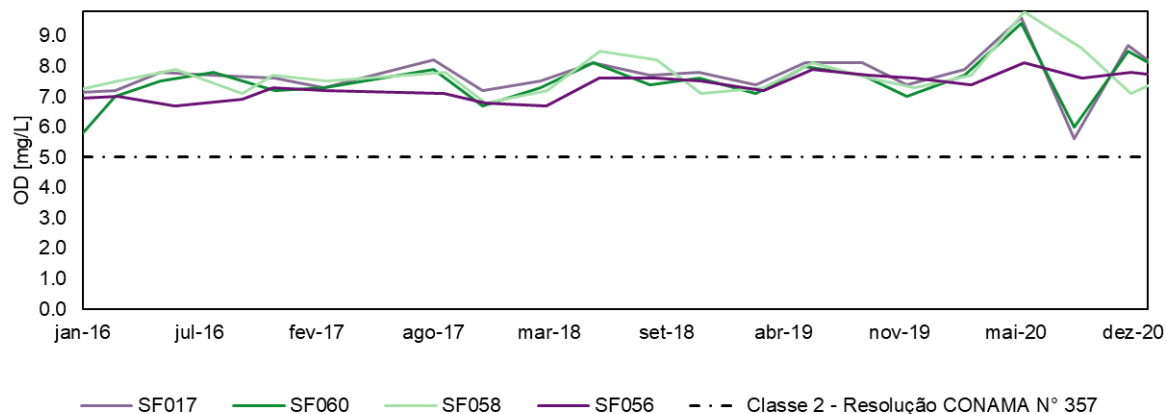


### Rio Abaeté

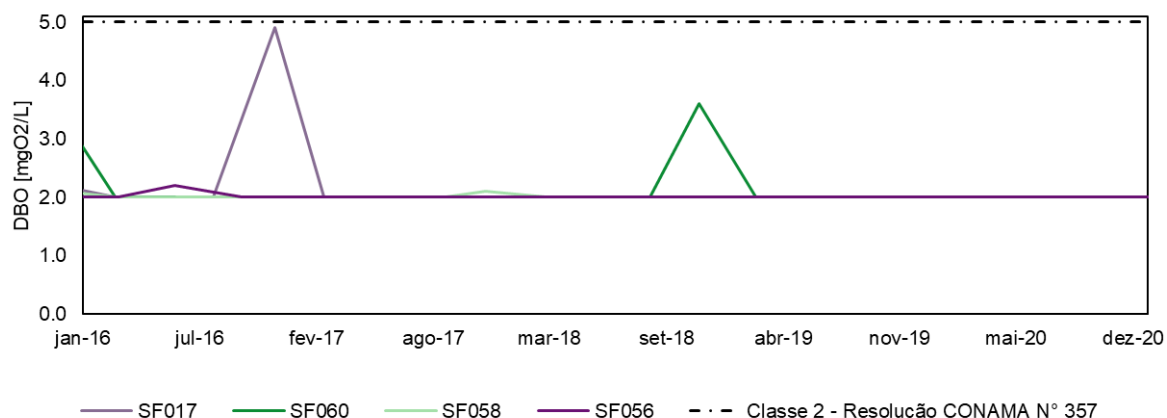


Indicadores de atividades humanas

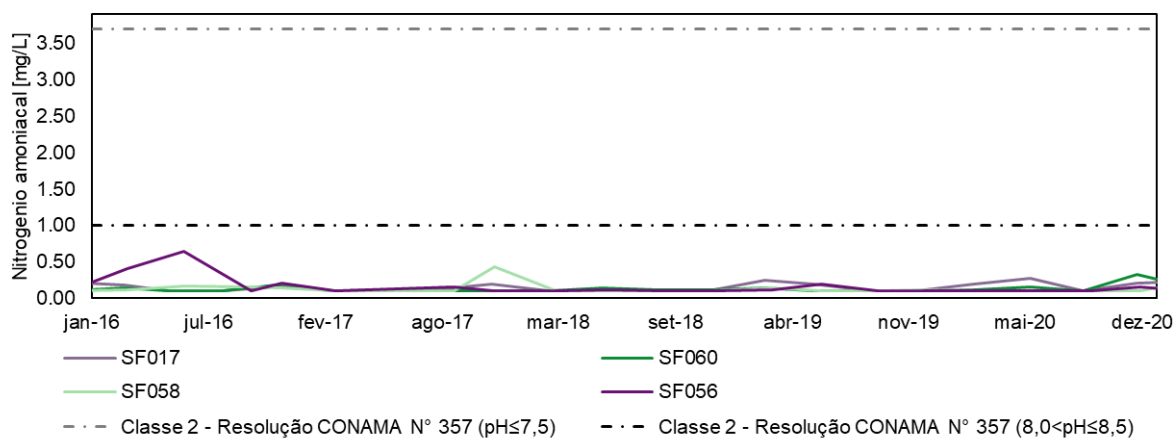
**OD**



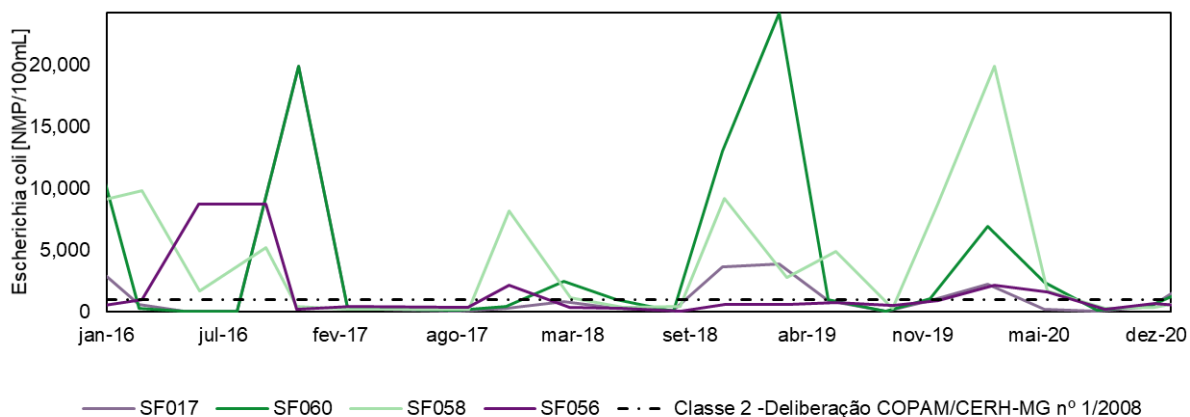
**DBO**



**Nitrogenio amoniacal**

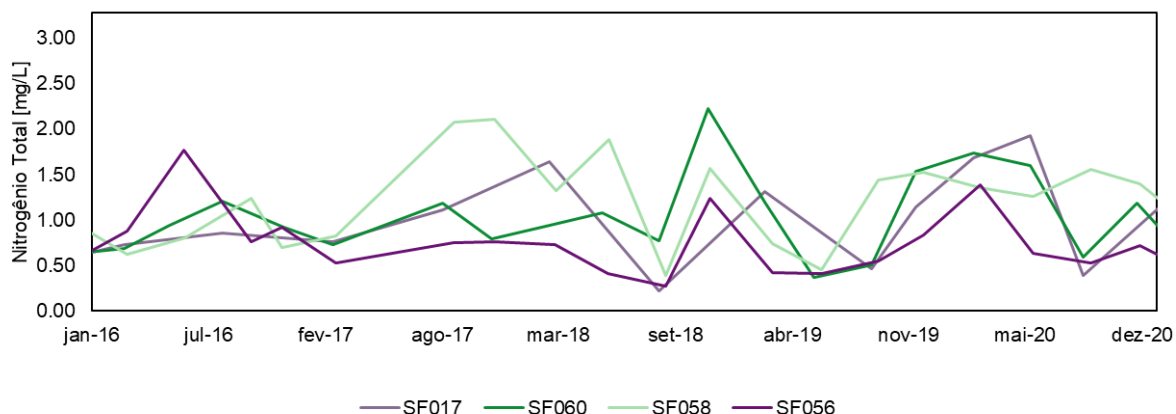


### Escherichia coli

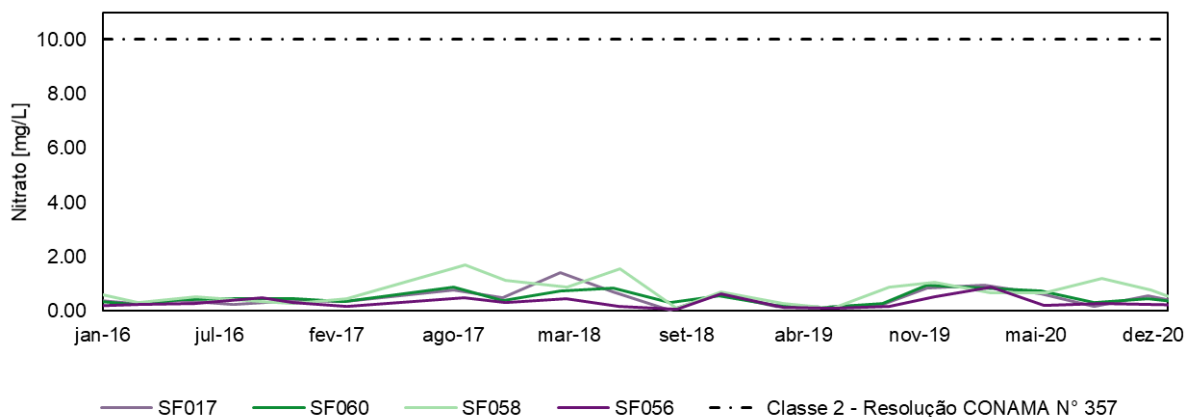


### Indicadores de nutrientes

#### Nitrogênio Total

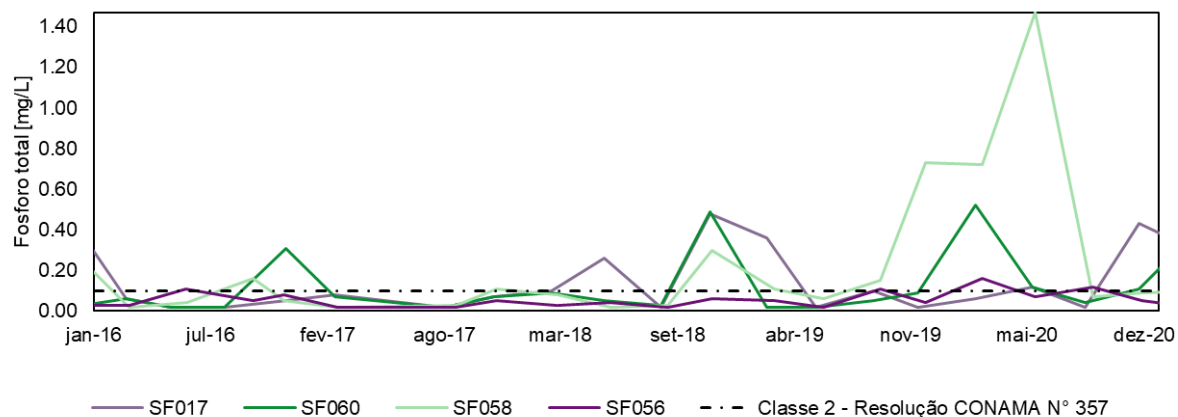


#### Nitrato



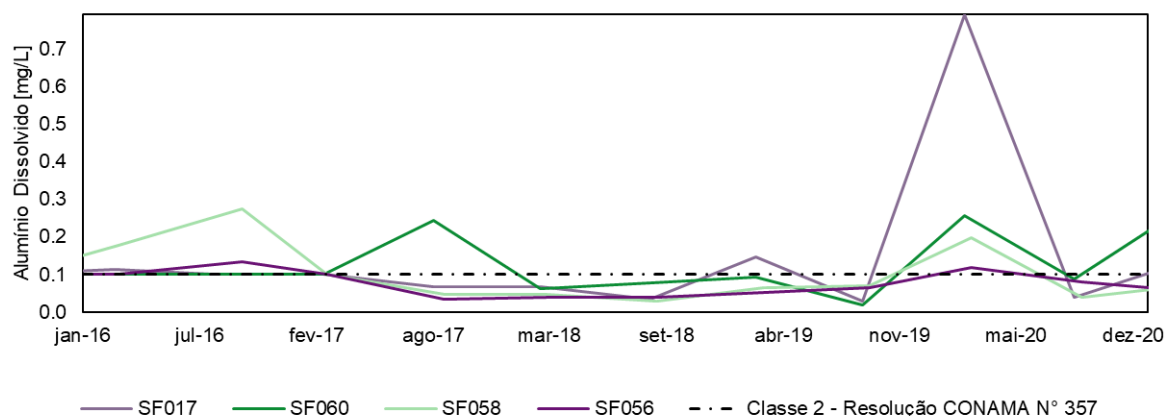


### Fosforo total

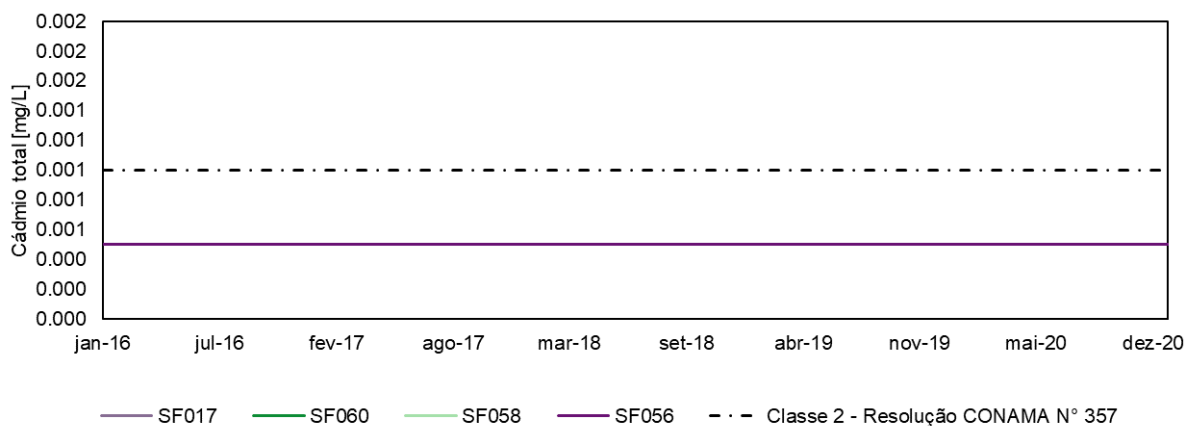


### Metais

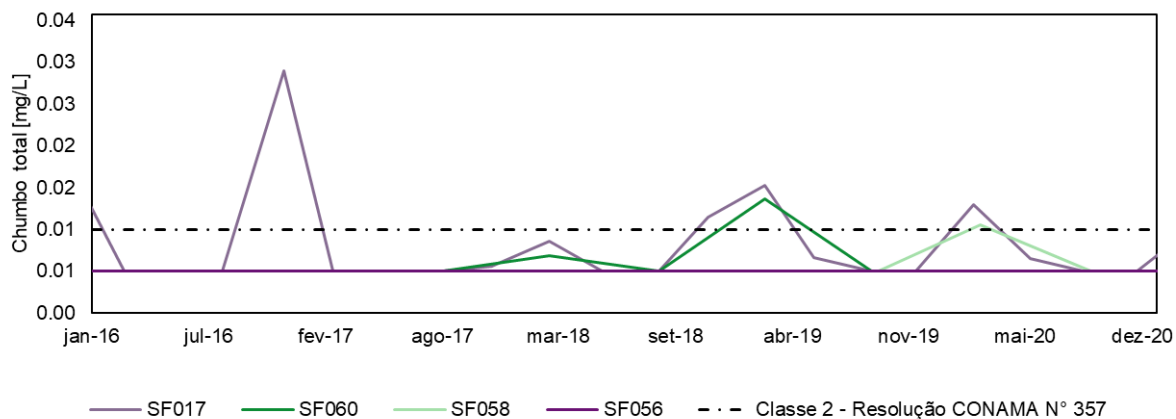
#### Alumínio Dissolvido



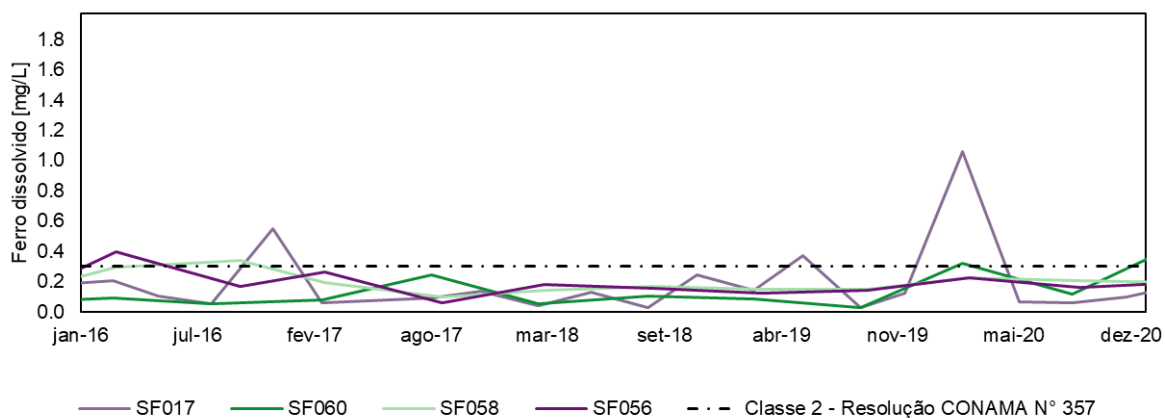
#### Cádmio total



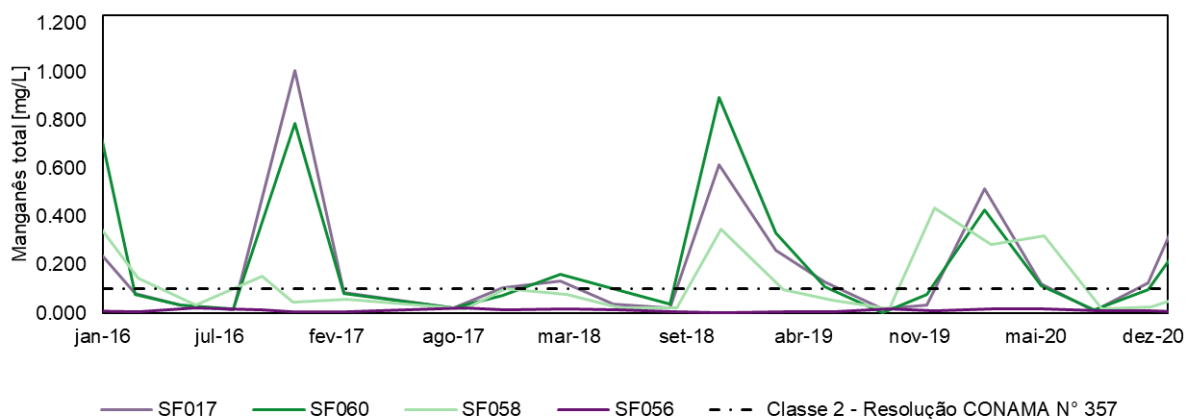
### Chumbo total



### Ferro dissolvido



### Manganês Total

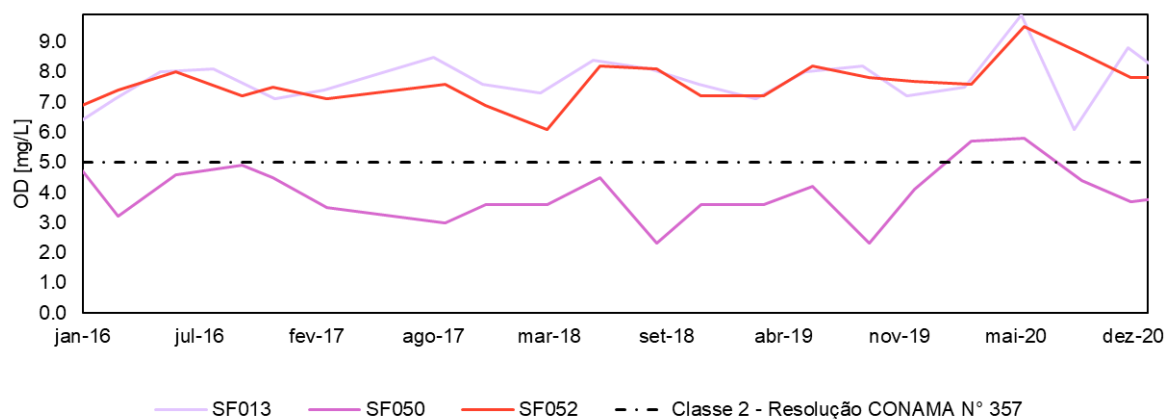


## Rio Borrachudo

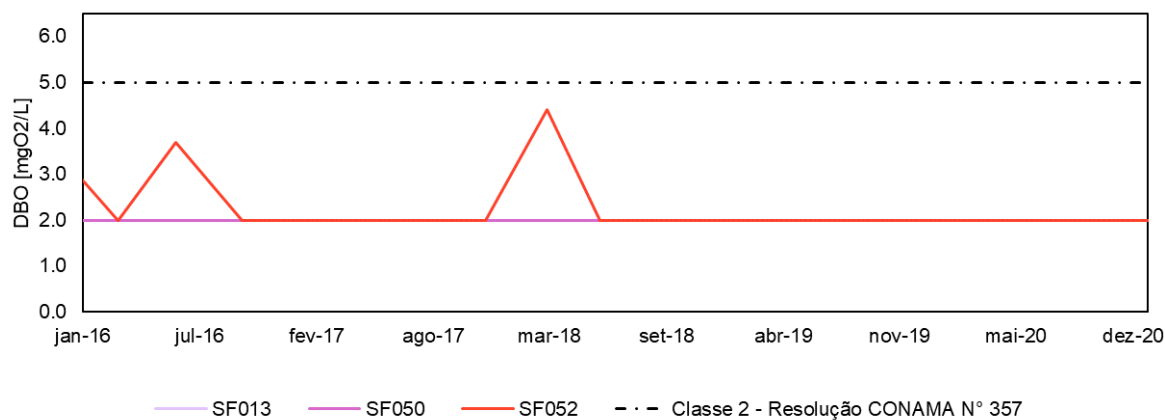


### Indicadores de atividades humanas

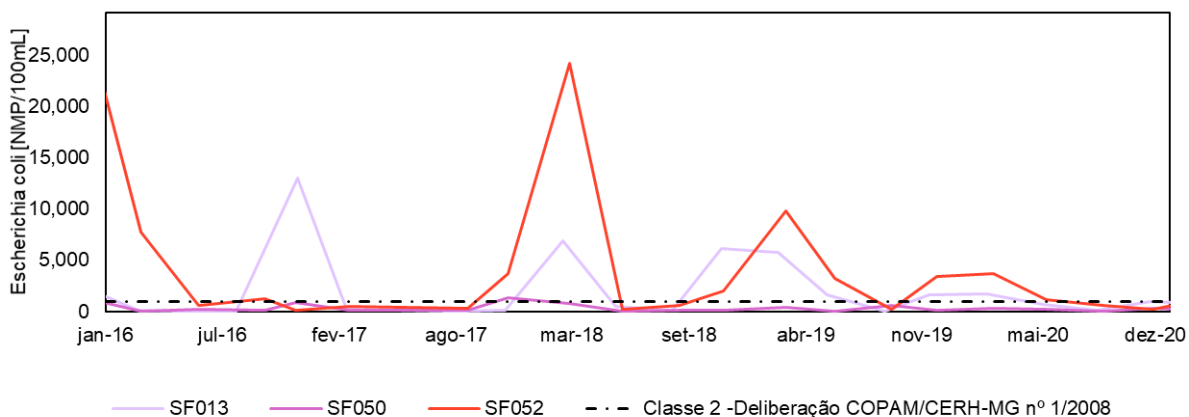
#### OD



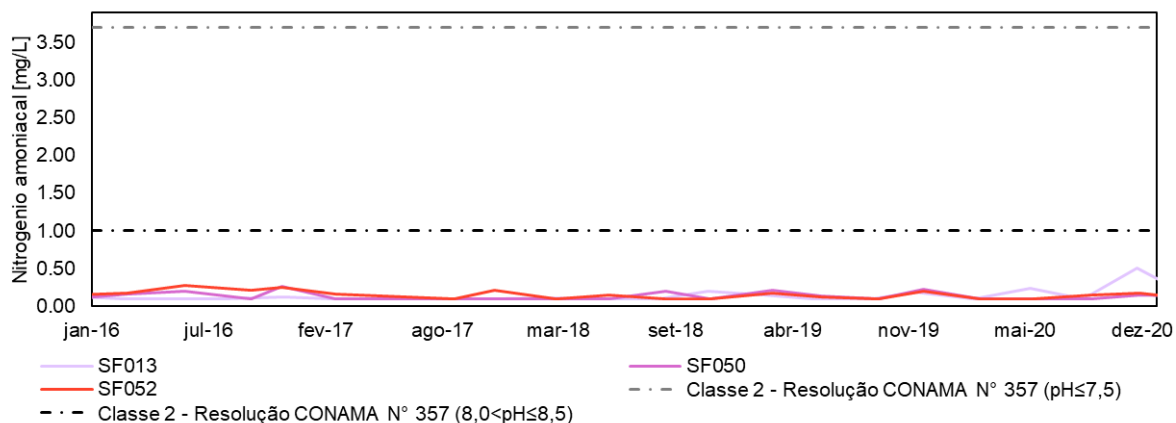
#### DBO



### Escherichia coli

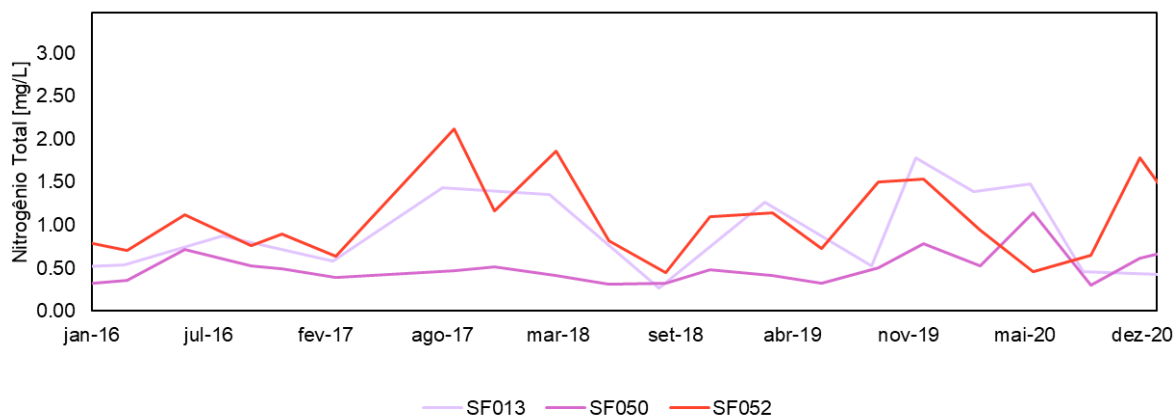


### Nitrogenio amoniacal

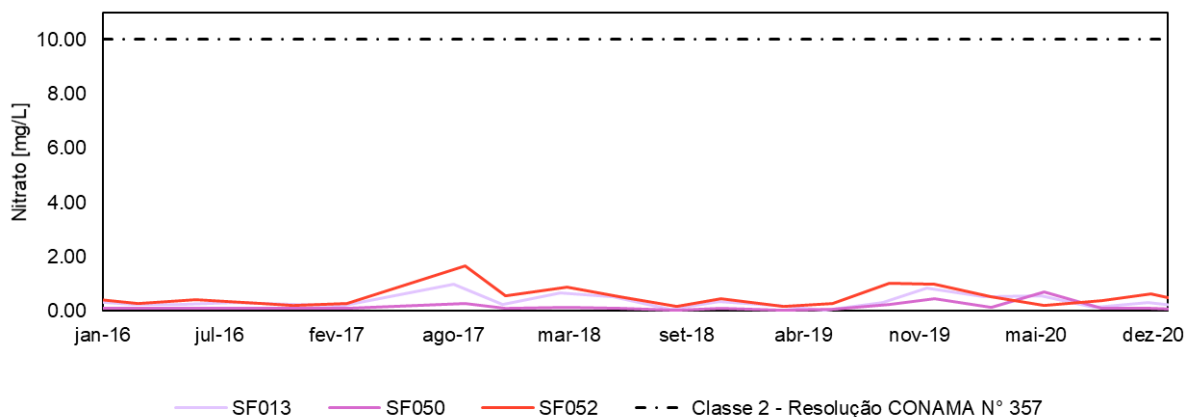


### Indicadores de nutrientes

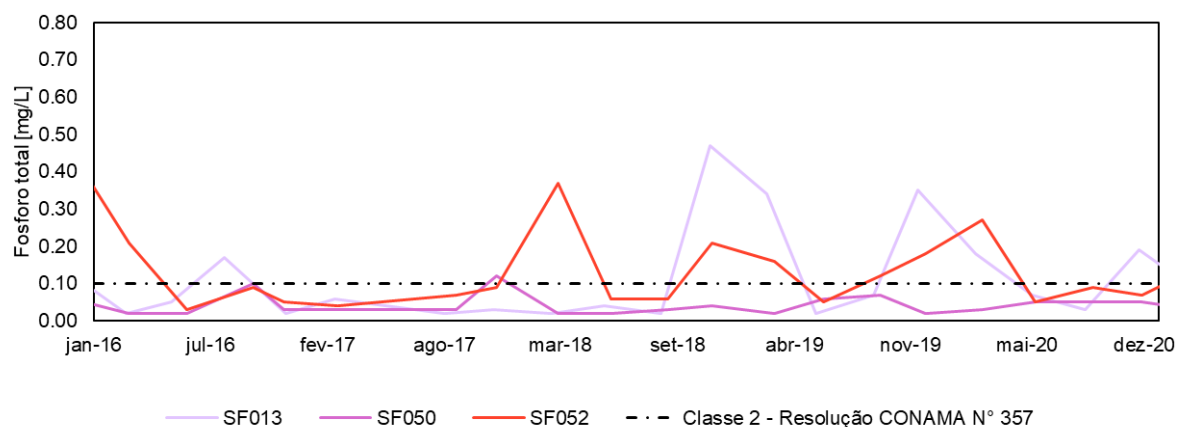
### Nitrogênio Total



### Nitrato

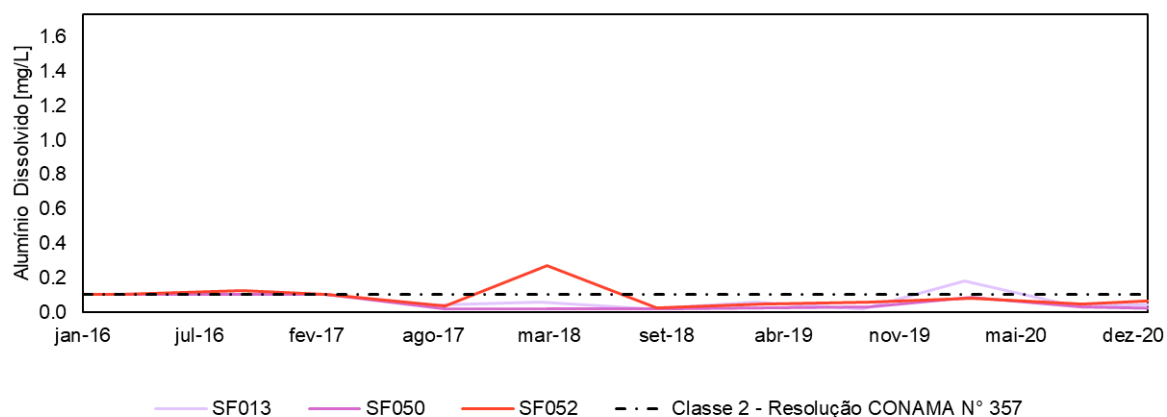


### Fosforo total



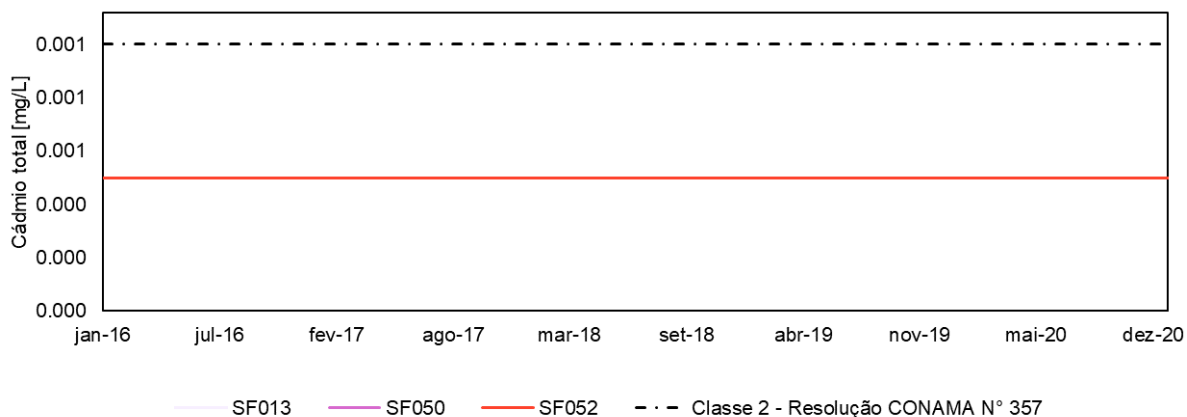
## Metais

### Alumínio Dissolvido

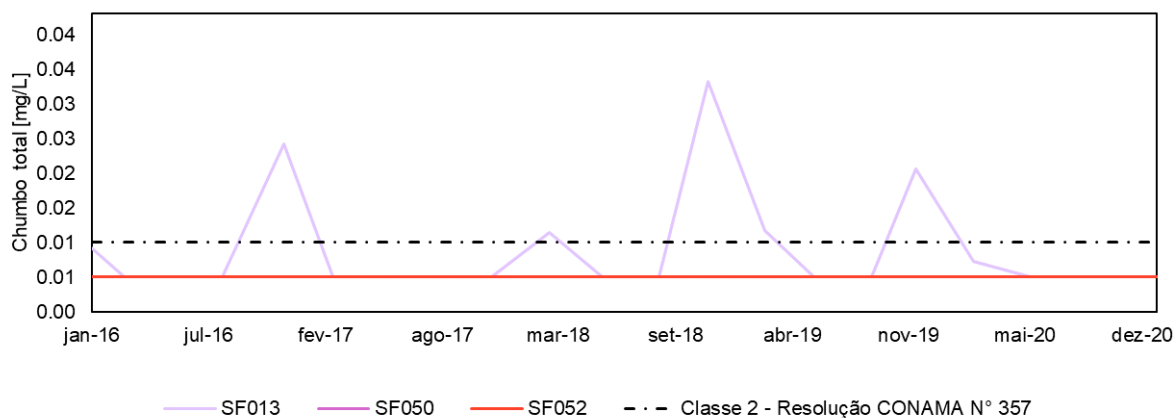




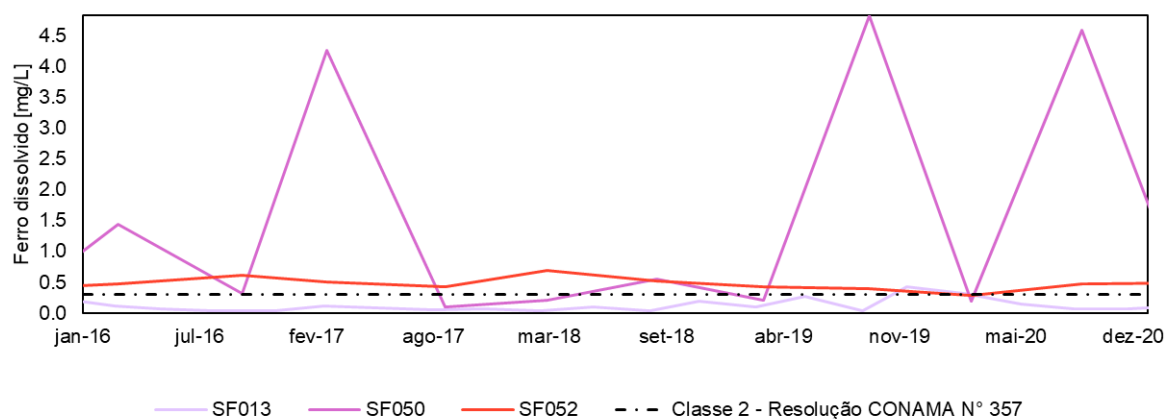
### Cádmio total



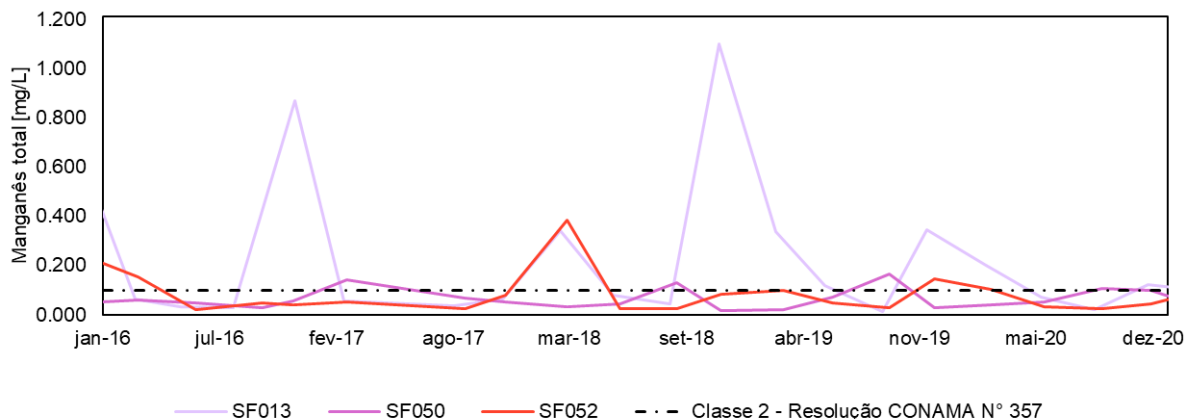
### Chumbo total



### Ferro dissolvido



### Manganês Total

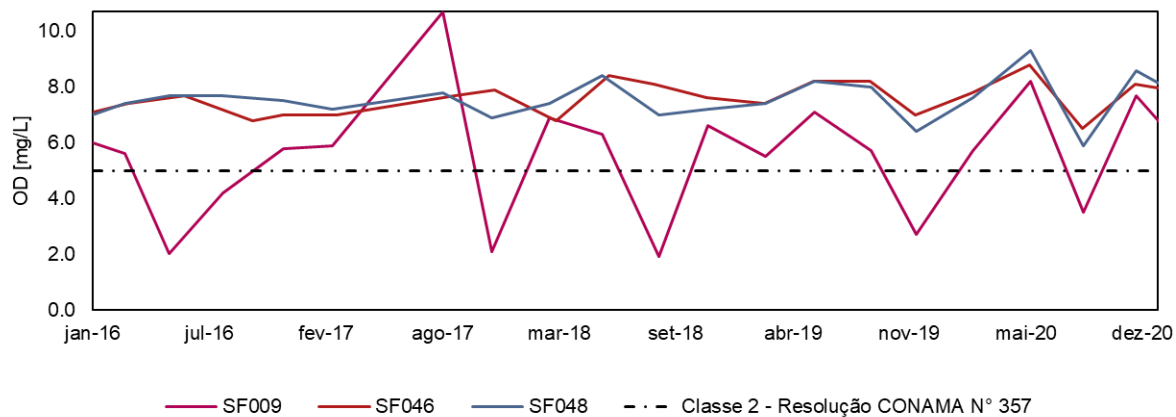


### Rio Indaiá

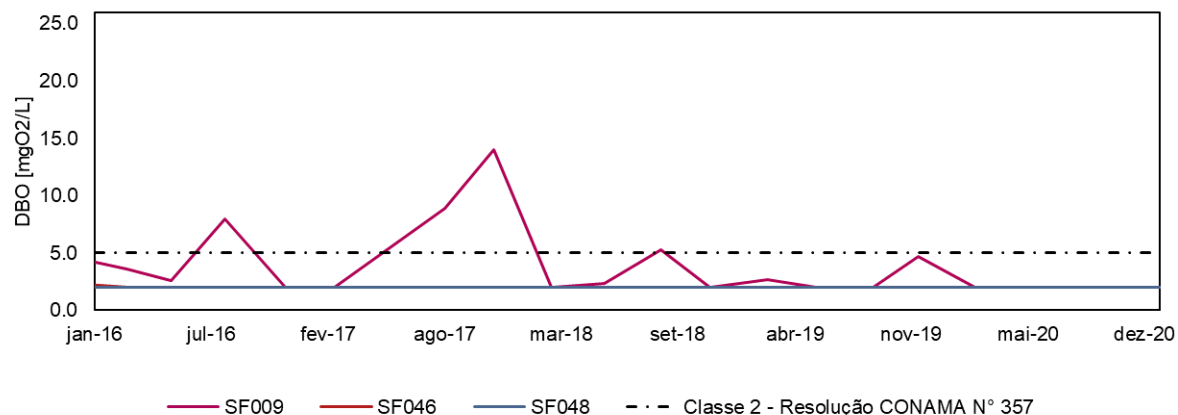


### Indicadores de atividades humanas

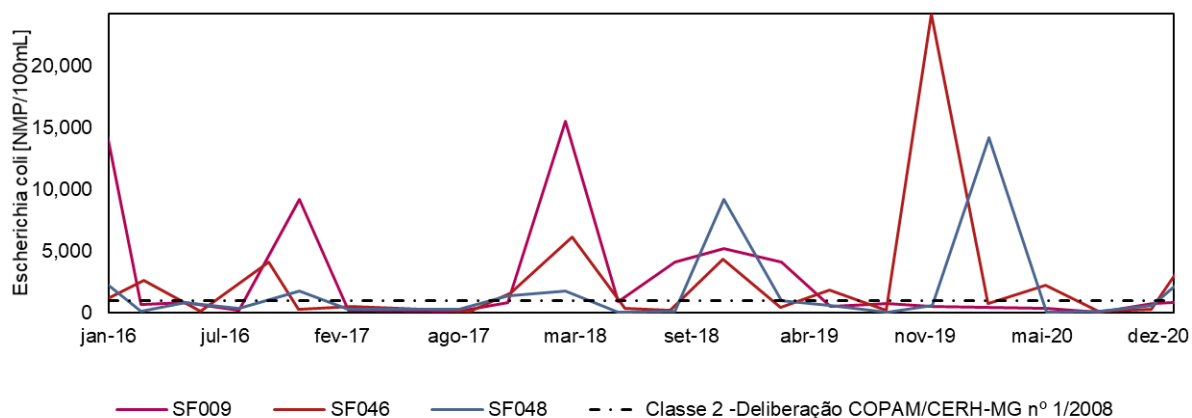
### OD



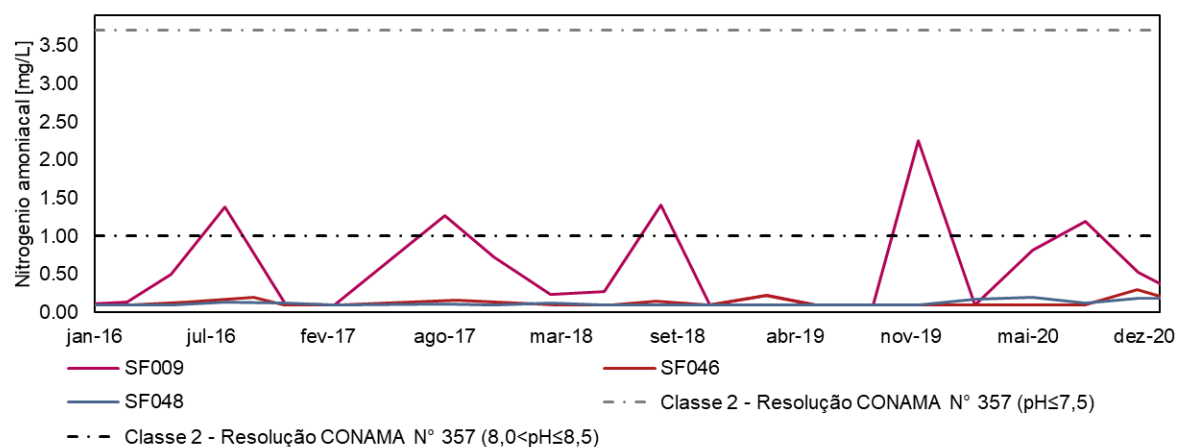
### DBO



### Escherichia coli

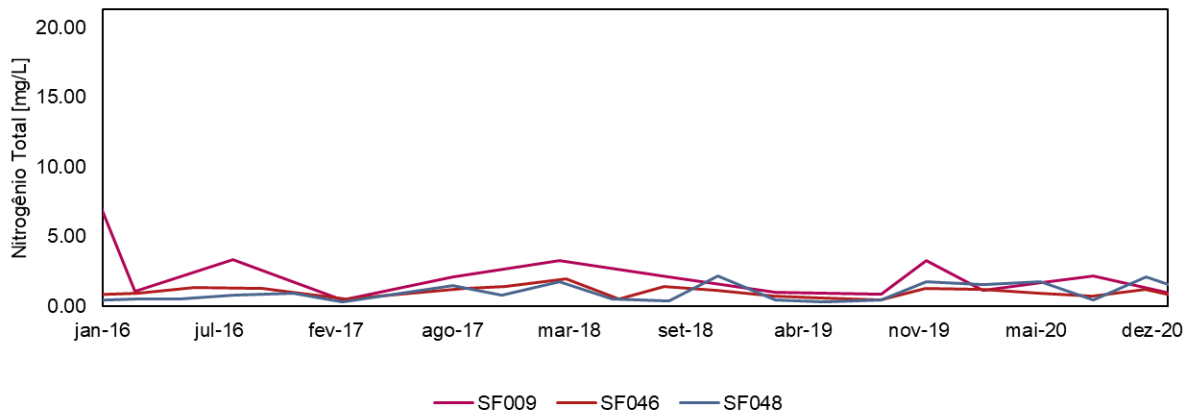


### Nitrogenio amoniacal

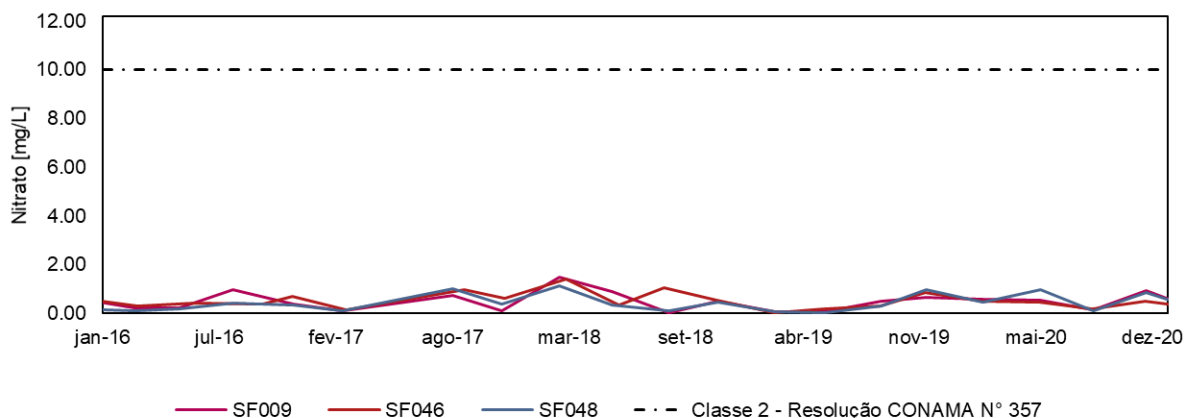


Indicadores de nutrientes

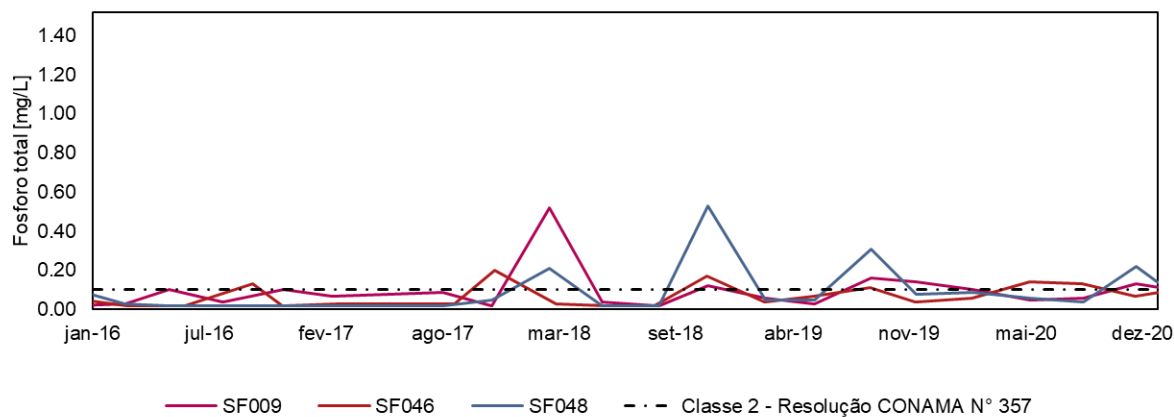
**Nitrogênio Total**



**Nitrato**

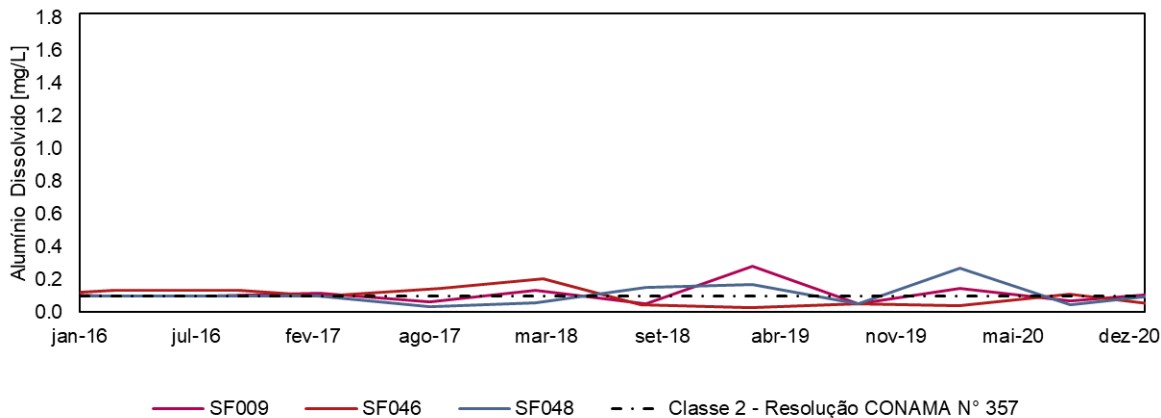


**Fosforo total**

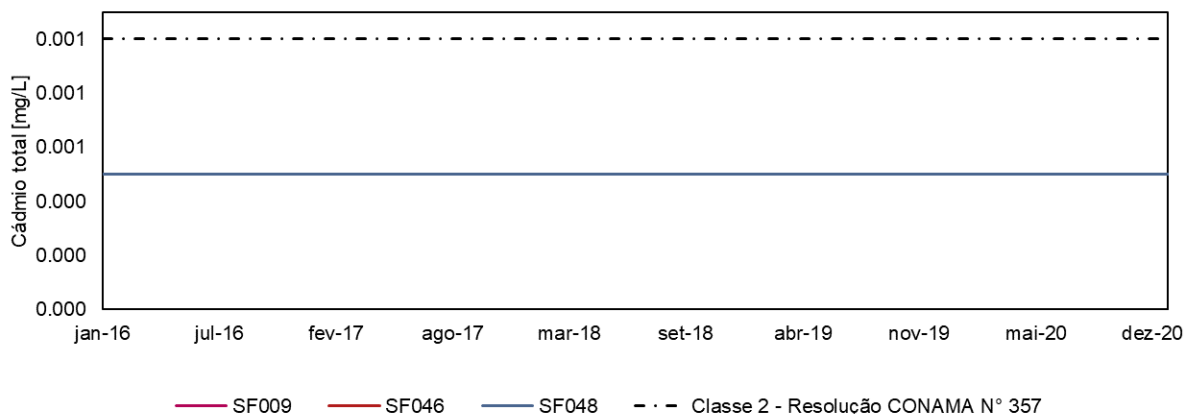


Metais

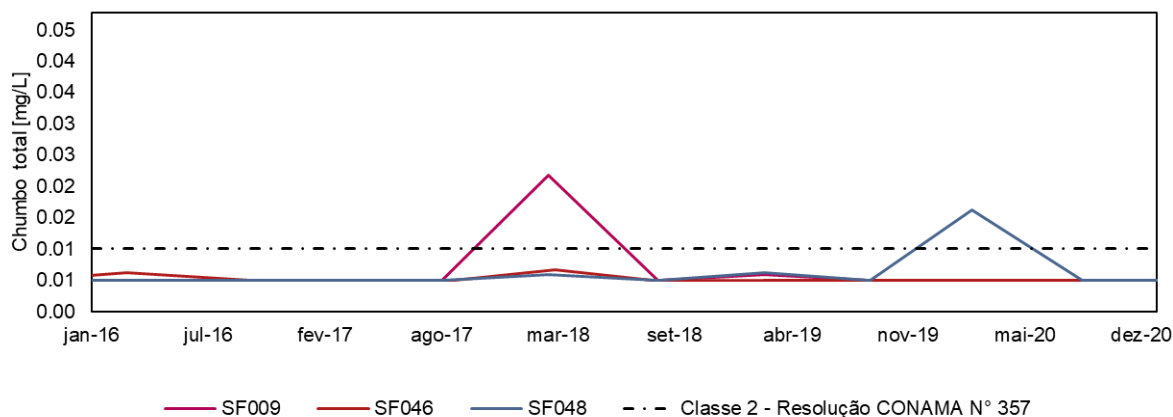
**Alumínio Dissolvido**



**Cádmio total**

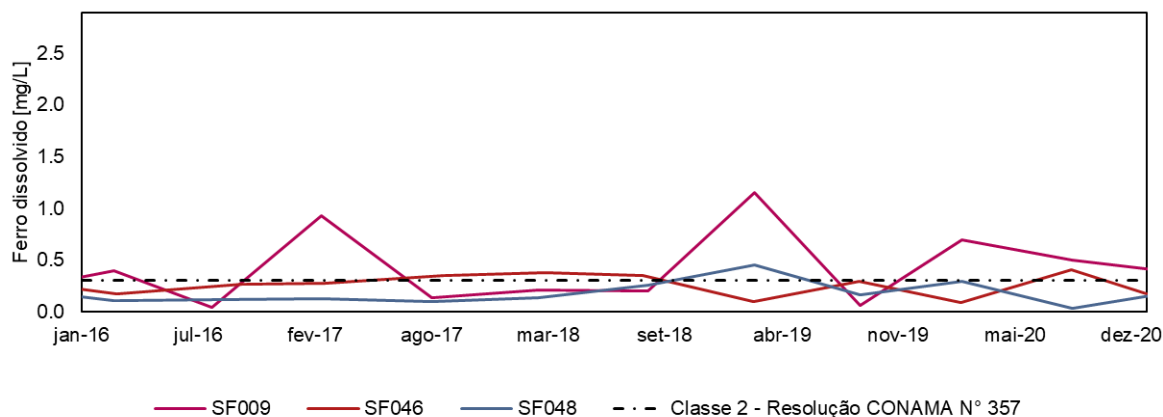


**Chumbo total**

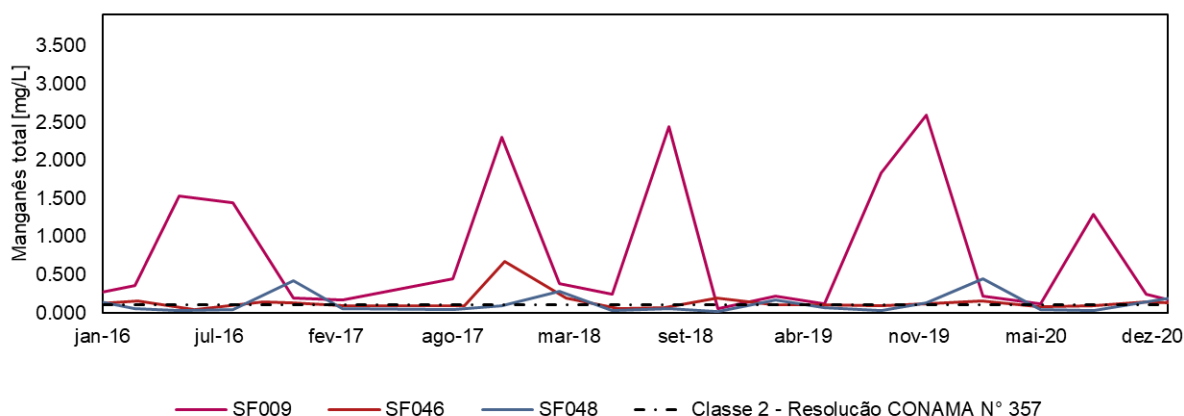




### Ferro dissolvido



### Manganês Total



## 8.2 CONSTRUÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO DE SIMULAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

De acordo com a ANA em seu Caderno de Recursos Hídricos nº 6, o objetivo da modelagem é apoiar os técnicos no entendimento do comportamento de cada trecho do rio em relação ao parâmetro de interesse, para diferentes condições de cargas poluidoras e vazões de referência, subsidiando o processo decisório em relação aos usos pretendidos (ANA, 2009).

A utilização de modelagem matemática para simulação da qualidade das águas é de fundamental importância para a indicação das ações recomendadas para que as metas do enquadramento sejam alcançadas, com a projeção de diferentes cenários.

### 8.2.1 Metodologia

A modelação matemática é definida como sendo a tradução do modelo conceitual em equacionamentos matemáticos, valores numéricos dos parâmetros (coeficientes) das funções, dados de entrada e saída. A complexidade dos modelos pode variar de acordo com as informações disponíveis e objetivos da investigação.

Dentre os diversos modelos existentes, faz-se necessário uma avaliação custo/benefício para a escolha da ferramenta, uma vez que modelos mais sofisticados podem não apresentarem diferenças significativas de versões simplificadas (VON SPERLING, 2007; ROSMAN, 2011).

Considerando que os dados disponíveis de qualidade da água são pontuais e não consideram a variação ao longo da coluna d'água, que para a maioria dos rios só já levantamento de uma seção transversal e apenas um ponto de monitoramento de vazão; e que há a necessidade de um modelo que englobe modelagem hidrológica, hidráulica e de qualidade da água de forma integrada, um modelo unidimensional é o mais adequado para o estudo, considerando o objetivo de enquadramento de corpos hídricos.

O modelo selecionado foi o *Storm Water Management Model* (SWMM), desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (USEPA). Esta ferramenta foi escolhida por possibilitar a análise integrada da bacia hidrográfica por meio de um modelo matemático internacionalmente reconhecido, amplamente utilizado no suporte a decisão para gestão de recursos hídricos. Destaca-se por contemplar as etapas hidrológica, hidráulica e de qualidade da água (ROSMAN, 2015).

O modelo baseia-se na conservação da massa dentro do ciclo hidrológico, através de equações que traduzem matematicamente as transições entre as diferentes etapas do ciclo, com recortes espaciais e temporais com alto grau de detalhamento. Conceitualmente, o modelo é dividido em quatro grandes compartimentos que interagem entre si: a atmosfera; a superfície do terreno; o lençol freático; e a rede de transporte de água.

O primeiro é de onde precipita a água, sendo o principal dado de entrada da etapa hidrológica, podendo ser inserido na forma de série temporal de chuva. O segundo

recebe a água da atmosfera, na forma de chuva, enviando-a para o lençol freático, como infiltração, ou para a rede de transporte, como escoamento superficial. O modelo possui diferentes métodos de infiltração, sendo selecionado o Curve Number por tipo de uso do solo comumente utilizado. O terceiro se relaciona com a rede de transporte através do escoamento de base. O último compartimento não consiste unicamente da rede de transporte, podendo conter elementos de reservação e tratamento.

Hidraulicamente, o modelo utiliza equações de continuidade para simular os escoamentos nos diferentes elementos do sistema de drenagem, considerando escoamento 1D, representando a perda de carga pela rugosidade da seção do escoamento. As simulações de qualidade da água contemplam cargas pontuais e difusas de lavagem. A poluição difusa de lavagem pode ser representada por diferentes equações, permitindo considerar a presença de estruturas de abatimento desta carga. A representação da dinâmica dos poluentes ao longo do tempo na rede de transporte de água é feita de forma simplificada por meio de funções de primeira ordem.

### **8.2.2 Caracterização da área**

Cada bacia foi dividida em sub-bacias, quando pertinente, de acordo com a topografia para assegurar a representação adequada das contribuições ao longo da rede de drenagem. A Figura 8.5 ilustra as subdivisões consideradas para cada bacia.

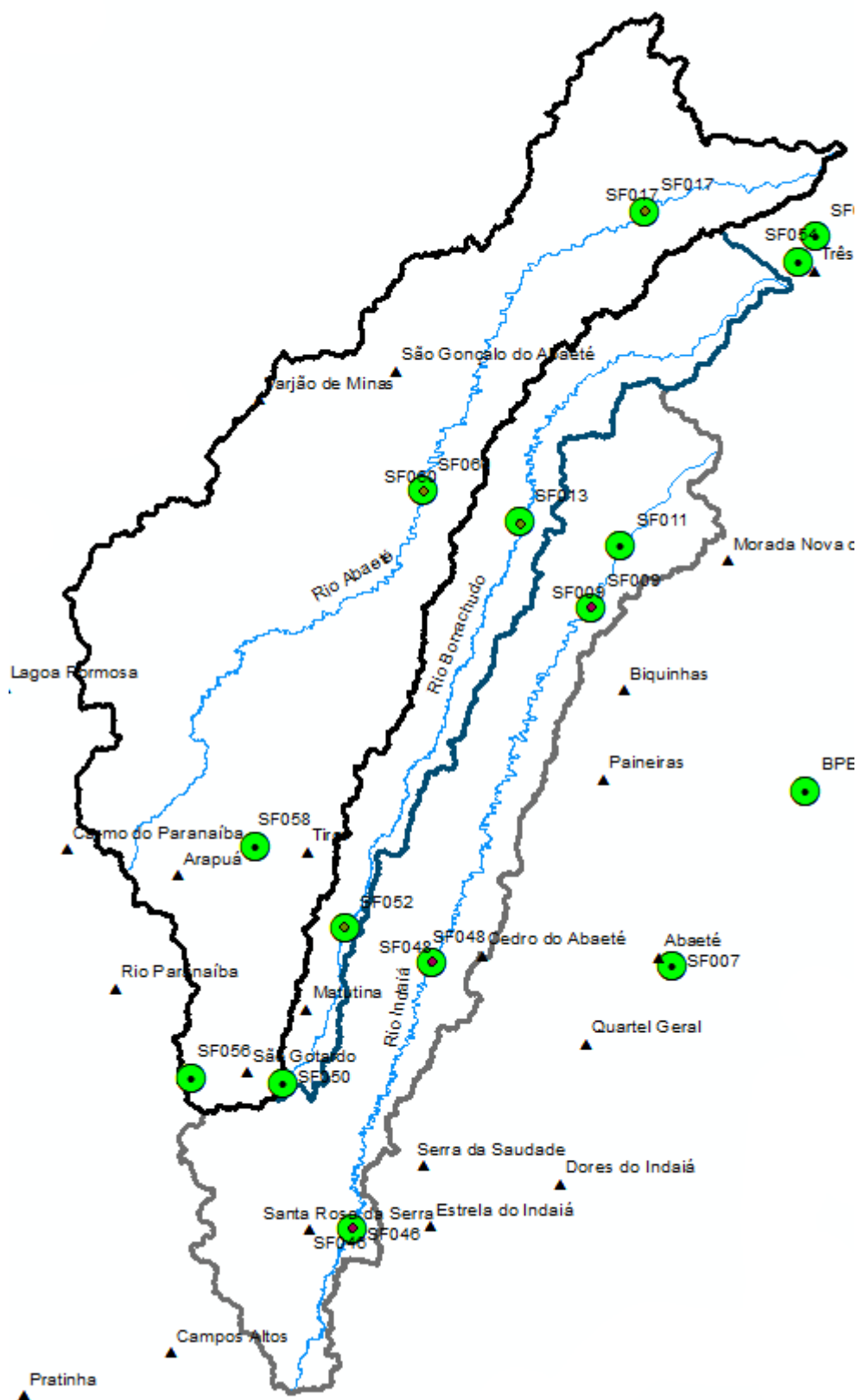
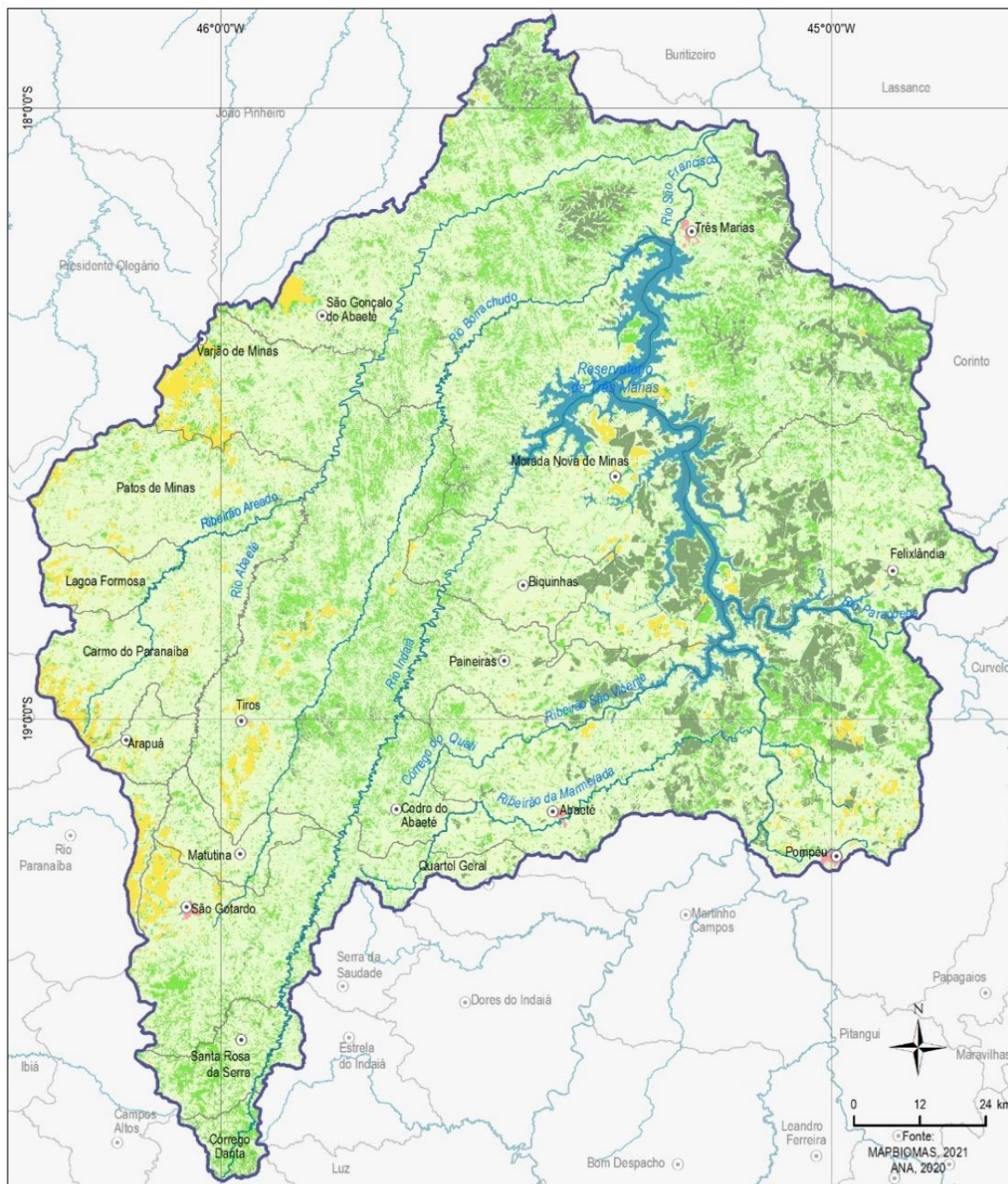


Figura 8.5 – Divisão das sub-bacias da CH SF4 consideradas nesta etapa de trabalho.

A região das bacias é marcada por superfícies permeáveis, principalmente de pastagens, agricultura e floresta. Áreas urbanas representam uma parcela pouco significativa. A Figura 8.6 ilustra os usos do solo de cada bacia, que foram avaliados em porcentagem de recobrimento para cada sub-bacia individualmente.





**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ⬭ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- ~ Curso d'água
- ⬭ Massa d'água

**Uso do Solo**

- Afloramento rochoso
- Agricultura
- Floresta plantada
- Formação florestal
- Formação savânica
- Infraestrutura urbana
- Mineração
- Pastagem

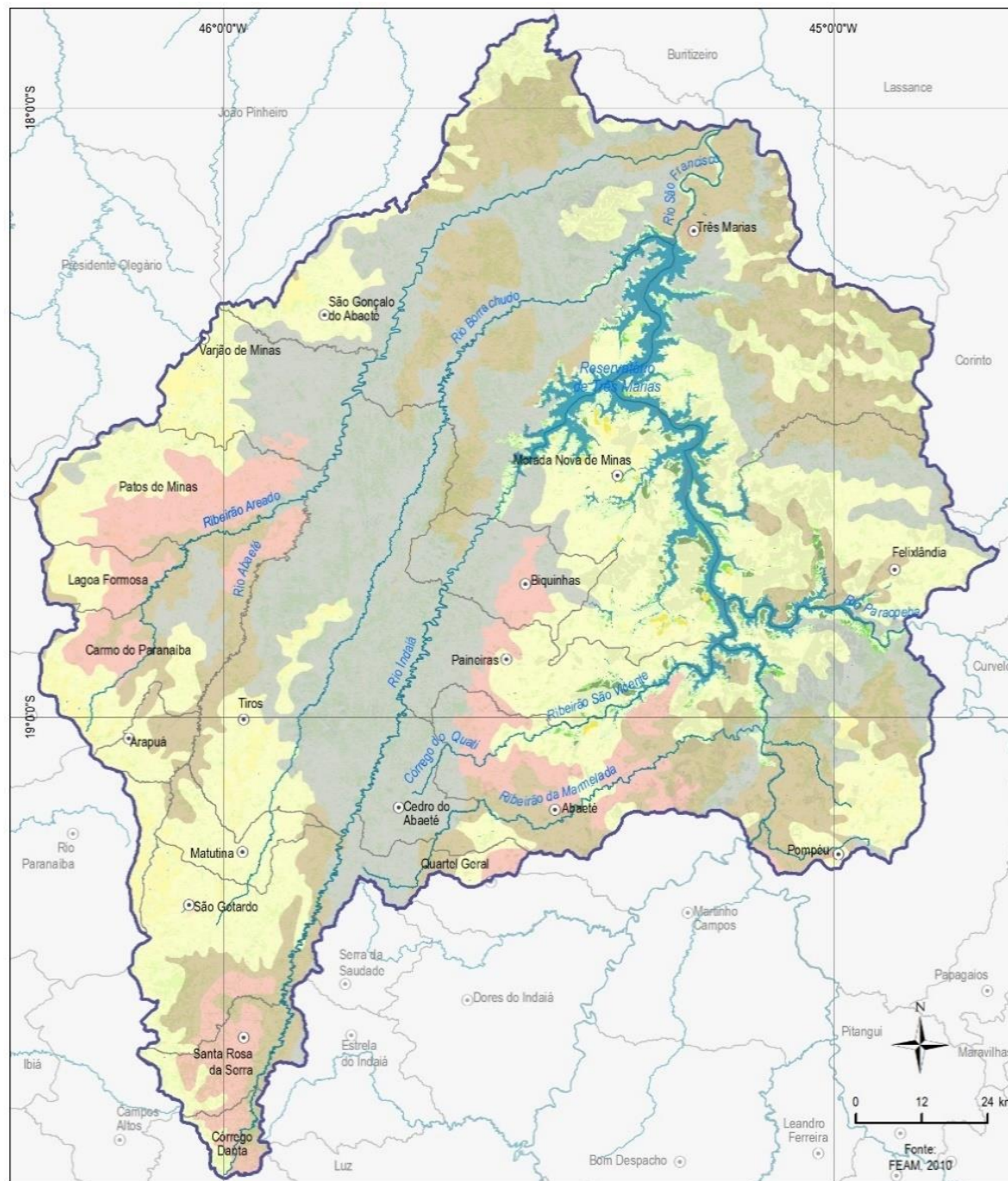
**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 8.6 – Usos do solo da região hidrográfica SF04**

As características hidrológicas do solo estão relacionadas à sua formação geológica/geomorfológica. As bacias encontram-se em zona de transição entre o Cerrado e os Mares de Morros, em domínio morfoestrutural de Crátons Neoproterozóicos (IBGE, 2009). Seus solos são classificados como Latossolos Vermelhos, Cambissolos, Argissolos e Neossolos. A Figura 8.7 os tipos de solo da bacia.





**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ⬭ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- ~ Curso d'água
- 🌊 Massa d'água

**Pedologia**

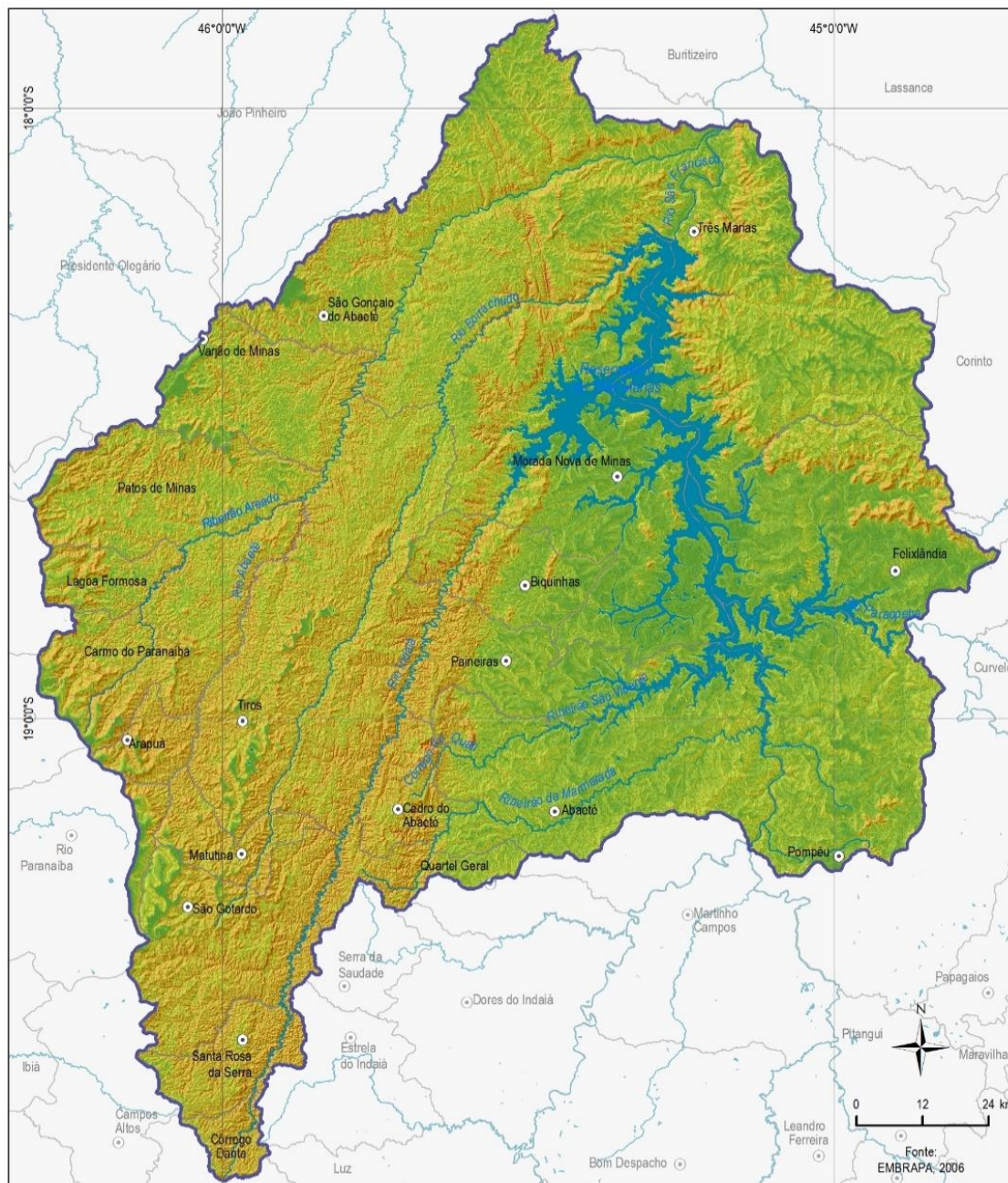
- Argissolo
- Cambissolo
- Latossolo
- Neossolo

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 8.7 – Tipos de solo da CH SF04.**

Outra característica importante da representação do comportamento hidrológico e hidráulico dos cursos de água é a declividade média da bacia hidrográfica. Ela foi determinada pelo cálculo da inclinação do terreno a partir do MDT de base, como os demais parâmetros, foi calculada para cada sub-bacia individualmente (Figura 8.8).



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ⬭ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- ~ Curso d'água
- ⬭ Massa d'água

**Declividade**

- < 2%
- 2% - 5%
- 5% - 10%
- 11% - 15%
- 16% - 45%
- 46% - 70%
- > 70%

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**

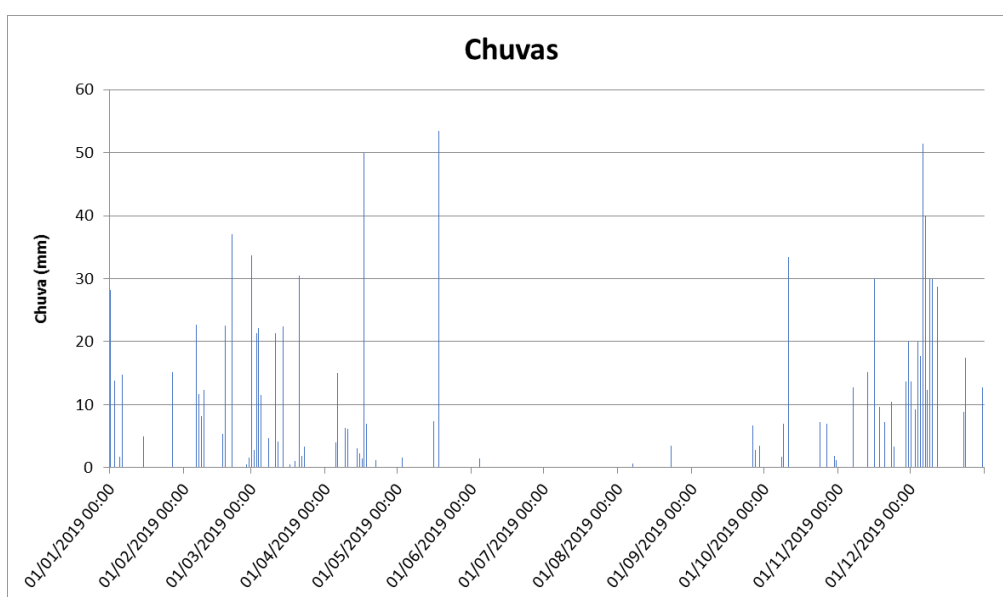


**Figura 8.8 – Declividade da CH SF04.**



Com relação à caracterização climática as fichas pluviométricas disponibilizadas pelo Hidroweb mostram que as precipitações na região da CH SF4 se concentram entre os meses de novembro e março, seguindo algumas chuvas até abril.

O gráfico da Figura 8.9 mostra a distribuição das chuvas ao longo do ano de 2019, medidos na estação pluviométrica 1845013 do Hidroweb, localizada na sub-bacia do rio Abaeté (SB1). Apesar de algumas precipitações pontuais fora do período entre novembro e abril, pode-se observar como tendência que as chuvas se concentram no verão.



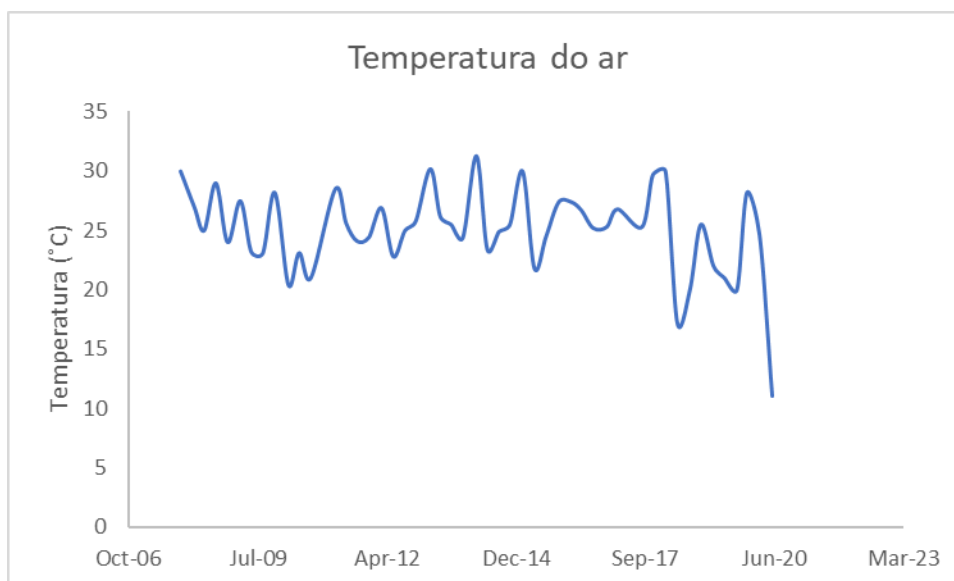
**Figura 8.9 – Dados de chuva de estação pluviométrica típica da região de estudo – Estação 01845013 (sub-bacia do rio Abaeté)**

Com relação à temperatura, tomando como base as leituras feitas na estação de monitoramento de qualidade SF060, localizada também na sub-bacia do rio Abaeté, observam-se temperaturas elevadas e pouca variação entre o verão e o inverno. Por exemplo, das quatro medições feitas no ano de 2019, todas ultrapassaram os 20°C. A temperatura máxima, medida em novembro, foi de 28,2°C; a mínima, medida em agosto, foi de 20°C; e a média das quatro medições, 22,8°C.

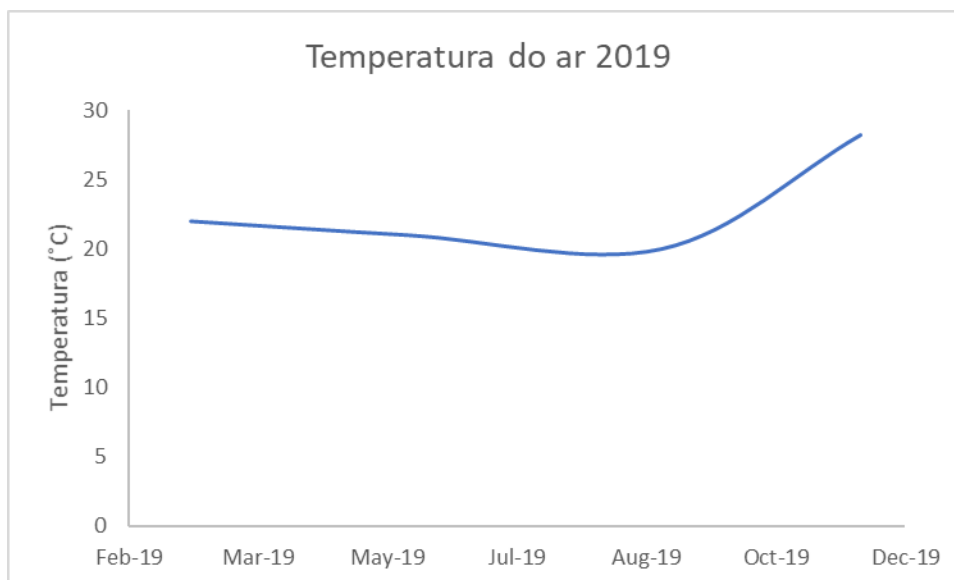
Na série histórica desta estação, que abrange medições entre novembro de 2007 e maio de 2020, observam-se as seguintes temperaturas: máxima: 31,3°C; mínima:



11°C; média: 25,0°C. A Figura 8.10 e a Figura 8.11 mostram as leituras de temperatura da série histórica e as medições do ano de 2019, respectivamente, da estação SF060.



**Figura 8.10 – Série histórica de temperatura do ar na estação BP083, na região hidrográfica SF060.**



**Figura 8.11 – Série de dados de 2019 de temperatura do ar na estação BP083, na região hidrográfica SF060.**

### 8.2.3 Implementação do modelo

A partir da caracterização hidrológica, geomorfológica de uso do solo, foi possível usar essas informações como dados de entrada para implementação do modelo hidrológico e de qualidade da água no SWMM.

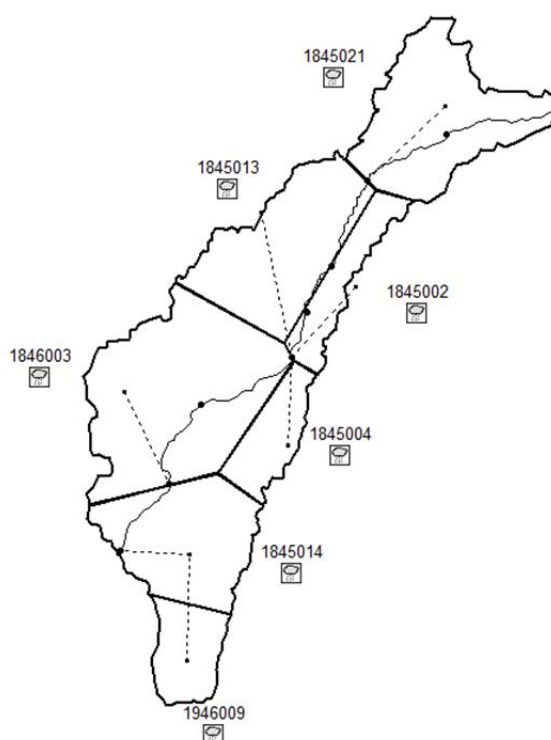
No modelo SWMM, a rede de drenagem é representada por sub-bacias, trechos (condutos) e nós (junções). As sub-bacias funcionam como unidades geradoras de vazão para o sistema de drenagem a partir do escoamento superficial; e como fontes de poluentes vindos da chuva ou produzidos na própria bacia, transportados pelo escoamento superficial. Para implementação das sub-bacias no modelo, foram necessários inserir dados como:

- Área da bacia hidrográfica;
- Postos pluviométricos de influência da bacia;
- Declividade média da superfície;
- Porcentagem de solo impermeável;
- Coeficiente de Manning das parcelas permeáveis e impermeáveis, sendo o ajuste desse coeficiente usado na calibração do modelo;
- O modelo de infiltração de água no solo, sendo o Método *Curve Number* (CN) adotado no processo de modelagem;
- Porcentagens de diferentes usos do solo.

Na Região do Entorno das Três Marias foram implementadas três sub-bacias: a do rio Abaeté, do rio Borrachudo e do rio Indaiá, todos na margem esquerda da Represa Três Marias.

Para que o comportamento hidrológico das sub-bacias fosse representado de forma mais adequada, isto é, para que fossem consideradas informações pluviométricas coletadas dos postos pluviométricos inseridos ou vizinhos à cada sub-bacia, foi aplicado o Método dos Polígonos de Thiessen para estabelecer a área de influência de cada posto pluviométrico.

Para a sub-bacia do Rio Abaeté, foram considerados sete postos pluviométricos, com suas respectivas áreas de influência, conforme ilustrado na Figura 8.12. Para a sub-bacia do Rio Borrachudo, foram considerados cinco postos pluviométricos, com suas respectivas áreas de influência, conforme ilustrado na Figura 8.13. E para a sub-bacia do Rio Indaiá, foram considerados seis postos pluviométricos, com suas respectivas áreas de influência, conforme ilustrado na Figura 8.14.



**Figura 8.12 – Representação da Bacia do Rio Abaeté no modelo SWMM**

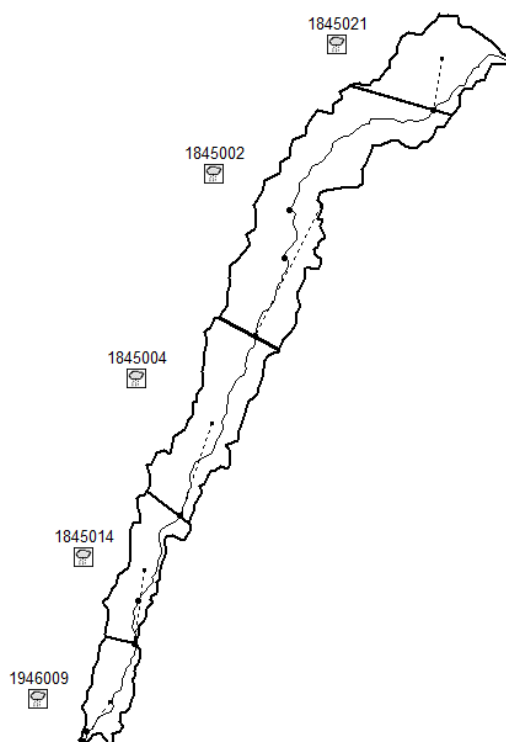


Figura 8.13 – Representação da Bacia do Rio Borrachudo no modelo SWMM.

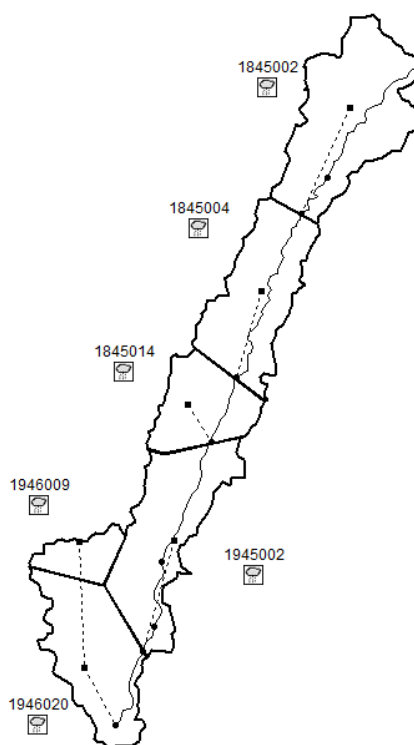


Figura 8.14 – Representação da Bacia do Rio Indaiá no modelo SWMM.

No modelo SWMM, cada área gera um escoamento superficial de acordo com os dados de chuva do posto pluviométrico de influência. Esse escoamento superficial entra no sistema fluvial através dos nós, representados nas figuras acima. Os nós são interligados pelos trechos que representam a calha dos rios.

Os nós do sistema de drenagem podem representar pontos de entrada de vazão, de poluentes, lançamento de efluentes, interseção entre rios, limites entre sub-bacias e pontos de monitoramento de dados observados, para calibração do modelo. Em cada nó, deve-se inserir sua cota e a profundidade de água para o início da simulação. O Quadro 8.3 mostra os parâmetros de entrada de cada nó do sistema de drenagem.

**Quadro 8.3 – Parâmetros dos nós do sistema de drenagem.**

Parâmetro	Unidade
Cota de fundo	m
Profundidade máxima	m
Vazão de base	m <sup>3</sup> /s

Os trechos são elementos do modelo que interligam os nós. Nesse caso, são os trechos naturais dos rios, cujas seções transversais foram obtidas dos dados do Hidroweb, quando possível. O Quadro 8.4 ilustra os parâmetros de entrada de cada trecho do sistema de drenagem.

**Quadro 8.4 – Parâmetros dos trechos (canais naturais) do sistema de drenagem.**

Parâmetro	Unidade
Comprimento	m
Coef. de Manning	$\frac{s}{m^{\frac{1}{3}}}$
Seção transversal	-
Vazão de base	m <sup>3</sup> /s

A Figura 8.15, a Figura 8.16 e a Figura 8.17 ilustram as seções transversais implantadas nos modelos das bacias dos rios Abaeté, Borrachudo e Indaiá, respectivamente.



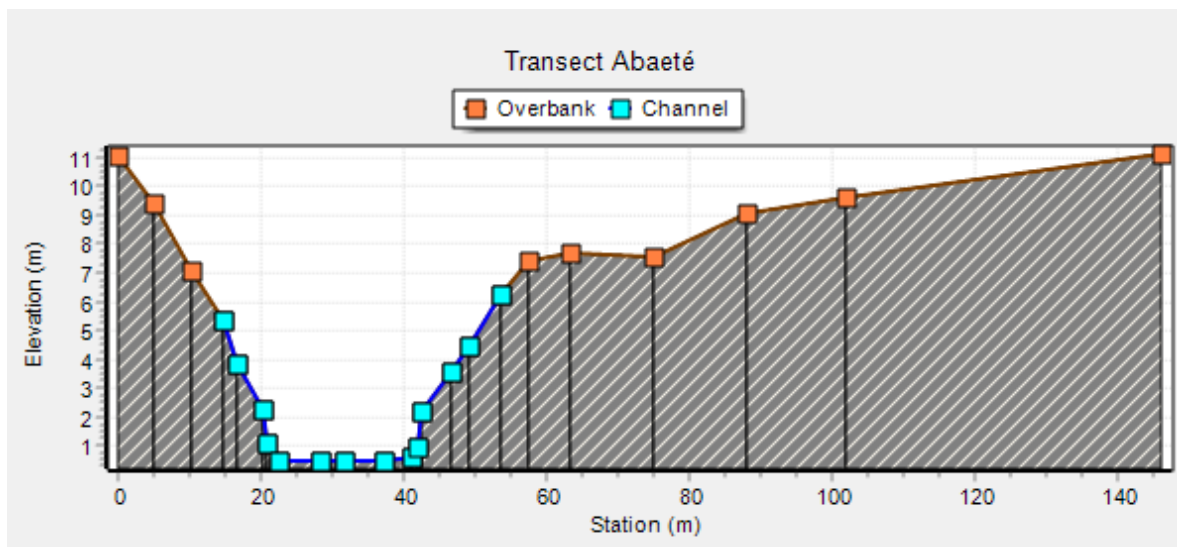


Figura 8.15 – Representação da seção transversal do Rio Aباeté.

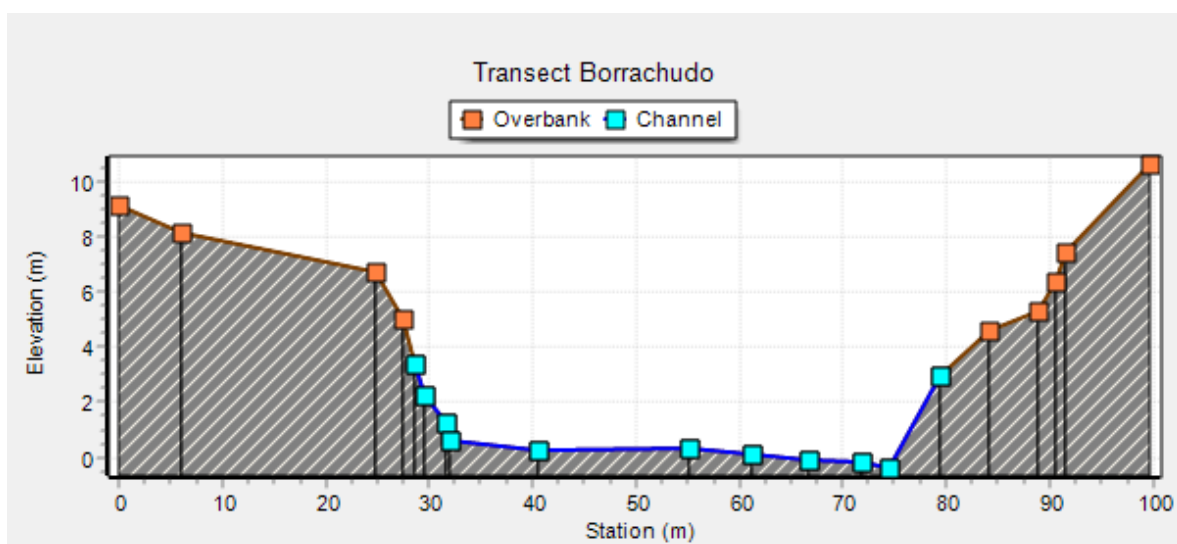
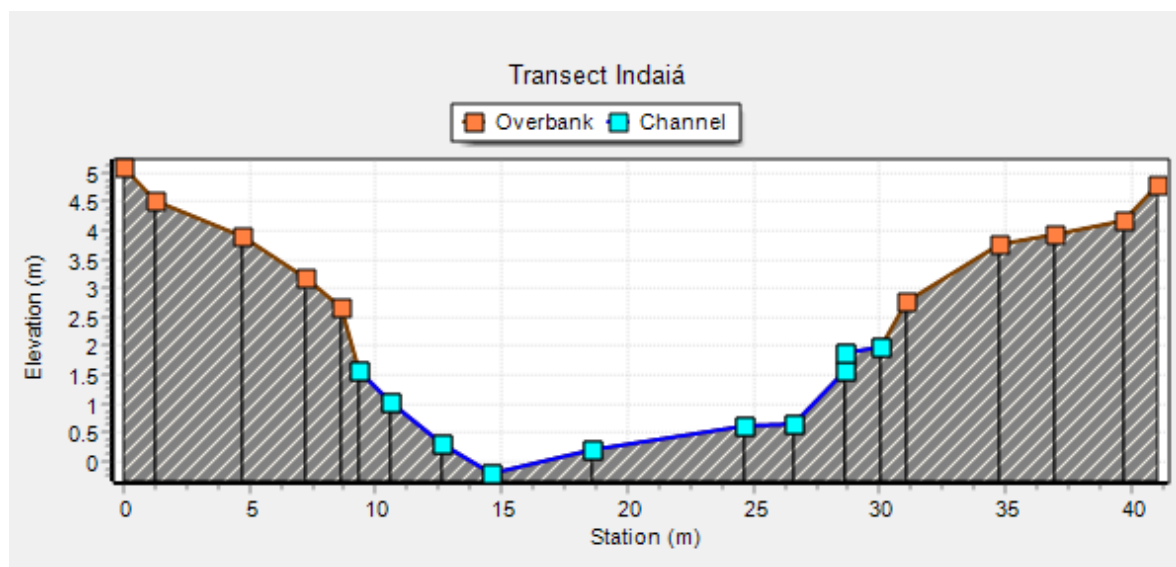


Figura 8.16 – Representação da seção transversal do trecho de cabeceira do Rio Borrachudo.



**Figura 8.17 – Representação da seção transversal do trecho de cabeceira do Rio Indaiá.**

Nos nós de cabeceira de cada sub-bacia sofram inseridos dados de vazão base, que foram estimadas a partir das vazões observadas nos postos de monitoramento nos períodos de estiagem.

As séries temporais de intensidade da precipitação também foram dados de entrada do modelo, representadas por postos pluviométricos (Figura 8.12 a Figura 8.14). Como as sub-bacias apresentam mais de um posto pluviométrico em seu entorno, a chuva de entrada foi estimada a partir do Método de Thiessen.

As variáveis consideradas na modelagem de qualidade da água até essa etapa do estudo incluíram parâmetros representantes da atividade humana e de efluentes com características de matéria orgânica (DBO e Nitrogênio Amoniacal), da atividade de agricultura e pastagem, sendo nutrientes como Fosfato e Nitrato. Esses foram escolhidos devido ao fato de terem sido estes parâmetros os mais sensíveis nas análises do diagnóstico dos dados de campo.

Tendo em vista a formulação para a determinação das cargas aportantes descrita no capítulo 6, a calibração do modelo foi feita para as formas totais dos elementos referidos, a saber:

- Demanda bioquímica de oxigênio (DBO);

- Nitrogênio total;
- Fósforo total.

No SWMM, as variáveis são inseridas como "poluentes" e os parâmetros a serem editados de cada variável está no Quadro 8.5.

**Quadro 8.5 – Parâmetros dos trechos (canais naturais) do sistema de drenagem.**

Parâmetro	Unidade
Conc. do poluente na água da chuva	mg/L
Coef. de decaimento	1/dia

#### 8.2.4 Calibração do Modelo SWMM

O processo de calibração consiste, basicamente, no ajuste de parâmetros do modelo para que os processos representados apresentem comportamento similar ao observado em campo. No caso da implementação do modelo SWMM, a calibração do foi subdividida em calibração e validação hidrológica e calibração de qualidade da água.

A calibração hidrológica foi realizada através da calibração dos hidrogramas gerados nas simulações, ou seja, através do ajuste dos parâmetros das sub-bacias, dos trechos e dos nós para que o hidrograma resultante do modelo fosse equivalente ao observado em campo para uma mesma seção de interesse no mesmo período.

Nesse estudo, a aproximação inicial dos parâmetros de calibração foi obtida da literatura científica (TUCCI, 2020; TUCCI, 2005), para que, em seguida, os parâmetros fossem ajustados por processo iterativo de tentativa e erro até que os hidrogramas apresentassem resultados compatíveis como os dados observados. Para calibração hidrológica e hidrodinâmica, foi selecionado um ponto de monitoramento em cada sub-bacia. Esse processo foi dividido em duas etapas:

- Calibração do volume total escoado pelo sistema de drenagem, inclusive do volume gerado por escoamento superficial de cada sub-bacia;

- Calibração da propagação do escoamento no sistema de drenagem, através do ajuste das ondas de escoamento e picos de vazão.

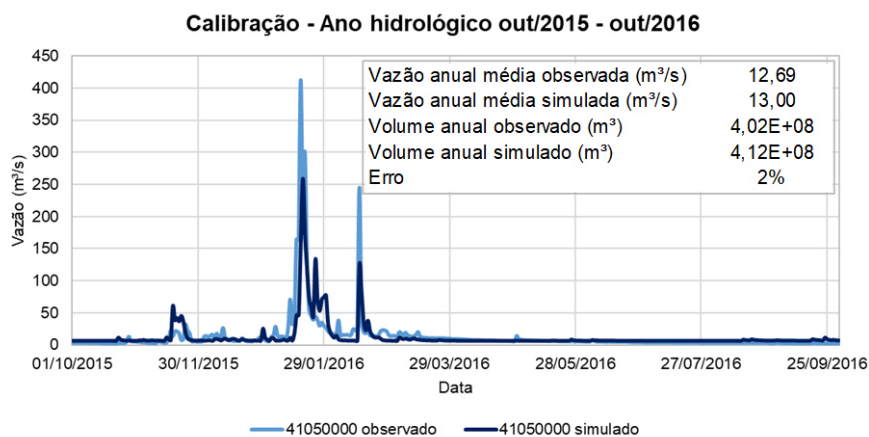
O principal parâmetro de calibração foi o CN das divisões da sub-bacia, para que o escoamento superficial gerado fosse ajustado e se aproximasse dos dados observados.

Para a sub-bacia do Rio Abaeté, o ponto de calibração foi a Estação Hidroweb 41050000, conforme ilustrado na Figura 8.18.

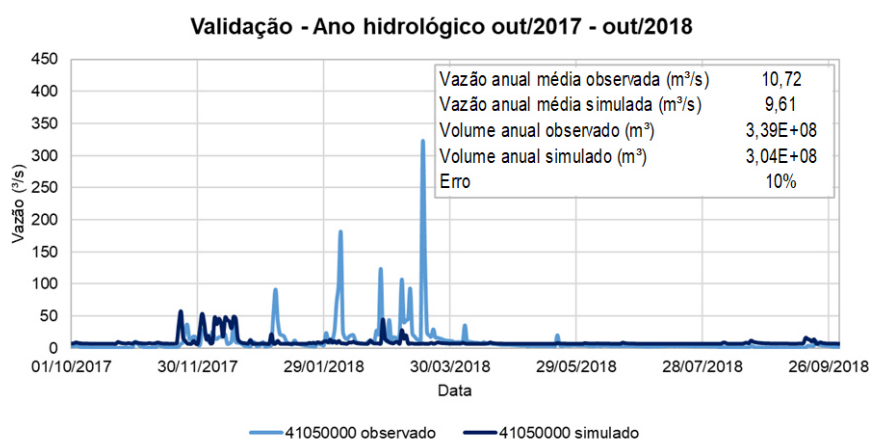


**Figura 8.18 – Ponto de calibração e validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Abaeté (Estação 41050000).**

No caso das áreas da sub-bacia do Rio Abaeté, o valor médio de CN foi de 76, com pequenas variações entre as áreas. Nesse caso, o período de calibração foi o ano hidrológico de outubro de 2015 a outubro de 2016 e o período de validação foi o ano hidrológico de outubro de 2017 a outubro de 2018. A Figura 8.19 e a Figura 8.20 ilustram os gráficos de calibração e validação para a sub-bacia do Rio Borrachudo, respectivamente.



**Figura 8.19 – Resultado da calibração do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Abaeté (Estação 41050000).**



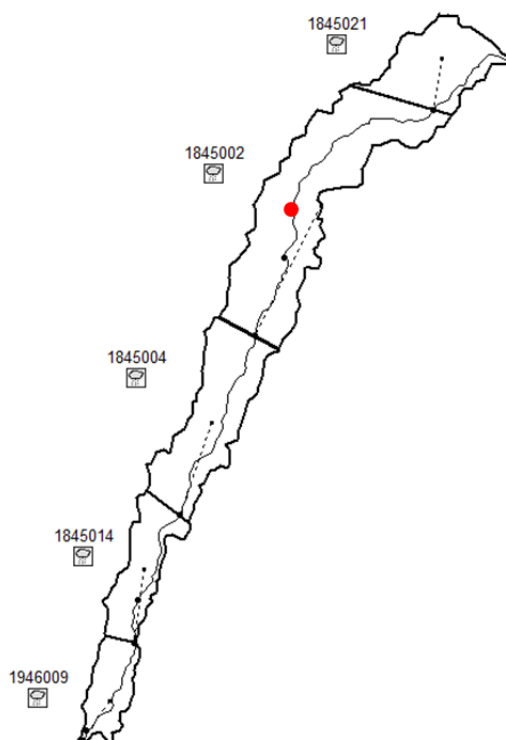
**Figura 8.20 – Resultado da validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Abaeté (Estação 41050000).**

No período de calibração, a vazão anual média observada foi de 12,69 m³/s, enquanto a vazão anual média simulada foi de 13,0 m³/s, representando um erro de 2%. Nesse período, o modelo representou satisfatoriamente os picos de vazão no período chuvoso e a vazão base no período de estiagem.

Já no período de validação, a vazão anual média observada foi de 10,72 m³/s, enquanto a vazão anual média simulada foi de 9,61 m³/s, representando um erro de 10%. Nesse período, o modelo representou apenas alguns picos de vazão do período chuvoso e representou satisfatoriamente o escoamento no período de estiagem.

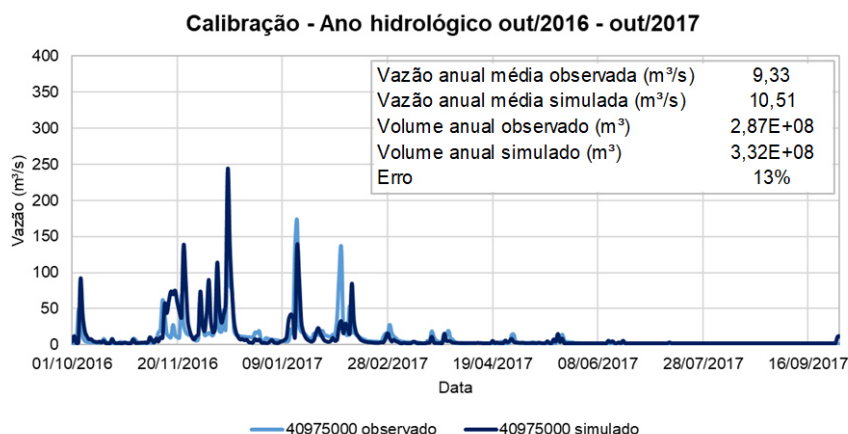


Para a sub-bacia do Rio Borrachudo, o ponto de calibração foi a Estação Hidroweb 40975000, conforme ilustrado na Figura 8.21.

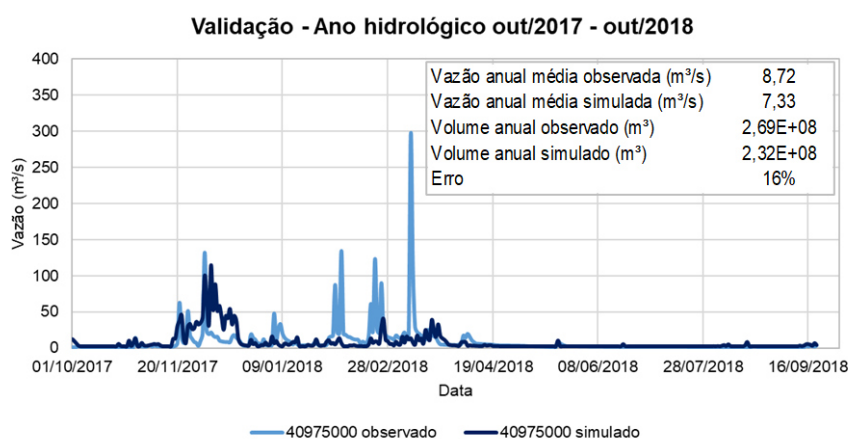


**Figura 8.21 – Ponto de calibração e validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Borrachudo (Estação 40975000).**

No caso das áreas da sub-bacia do Rio Borrachudo, o valor médio de CN foi de 78, com pequenas variações entre as áreas. Nesse caso, o período de calibração foi o ano hidrológico de outubro de 2016 a outubro de 2017 e o período de validação foi o ano hidrológico de outubro de 2017 a outubro de 2018. A Figura 8.22 e a Figura 8.23 ilustram os gráficos de calibração e validação para a sub-bacia do Rio Borrachudo, respectivamente.



**Figura 8.22 – Resultado da calibração do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Borrachudo (Estação 40975000).**



**Figura 8.23 – Resultado da validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Borrachudo (Estação 40975000).**

No período de calibração, a vazão anual média observada foi de 9,33 m<sup>3</sup>/s, enquanto a vazão anual média simulada foi de 10,51 m<sup>3</sup>/s, representando um erro de 13%. Nesse período, o modelo representou satisfatoriamente os picos de vazão no período chuvoso e a vazão base no período de estiagem.

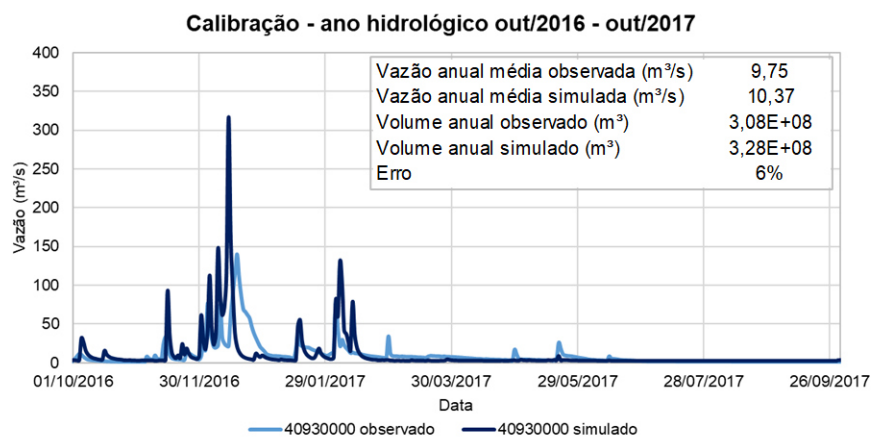
Já no período de validação, a vazão anual média observada foi de 8,72 m<sup>3</sup>/s, enquanto a vazão anual média simulada foi de 7,33 m<sup>3</sup>/s, representando um erro de 16%. Nesse período, o modelo representou apenas alguns picos de vazão do período chuvoso e representou satisfatoriamente o escoamento no período de estiagem.

Para a sub-bacia do Rio Indaiá, o ponto de calibração foi a Estação Hidroweb 40930000, conforme ilustrado na Figura 8.24.

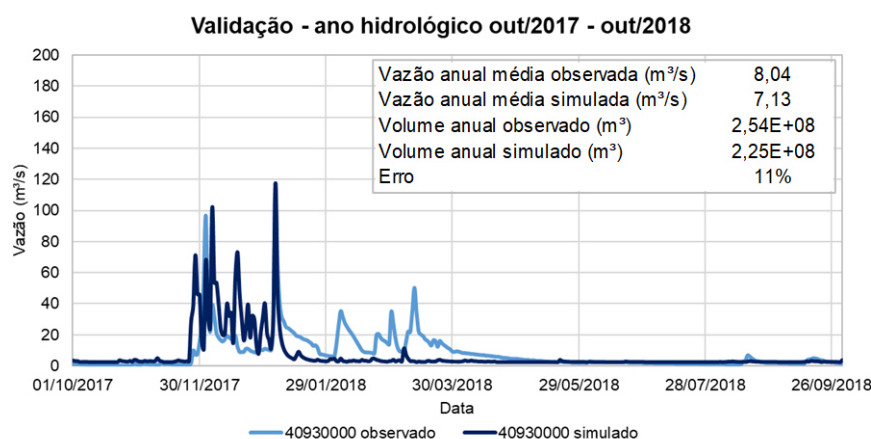


**Figura 8.24 – Ponto de calibração e validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Indaiá (Estação 40930000).**

No caso das áreas da sub-bacia do Rio Indaiá, o valor médio de CN foi de 74, com pequenas variações entre as áreas. Nesse caso, o período de calibração foi o ano hidrológico de outubro de 2016 a outubro de 2017 e o período de validação foi o ano hidrológico de outubro de 2017 a outubro de 2018. A Figura 8.25 e a Figura 8.26 ilustram os gráficos de calibração e validação para a sub-bacia do Rio Indaiá, respectivamente.



**Figura 8.25 – Resultado da calibração do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Indaiá (Estação 40930000).**



**Figura 8.26 – Resultado da validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Indaiá (Estação 40930000).**

No período de calibração, a vazão anual média observada foi de 9,75 m<sup>3</sup>/s, enquanto a vazão anual média simulada foi de 10,37 m<sup>3</sup>/s, representando um erro de 6%. Nesse período, o modelo representou satisfatoriamente os picos de vazão no período chuvoso e a vazão base no período de estiagem.

Já no período de validação, a vazão anual média observada foi de 8,04 m<sup>3</sup>/s, enquanto a vazão anual média simulada foi de 7,13 m<sup>3</sup>/s, representando um erro de 11%. Nesse período, o modelo representou apenas alguns picos de vazão do período chuvoso e representou satisfatoriamente o escoamento no período de estiagem.

Com o modelo hidrológico calibrado e validado, foi possível calibrar o modelo de qualidade da água das sub-bacias. Nessa etapa, foram calibradas as variáveis DBO, Nitrogênio Total e Fósforo Total. A partir das estimativas das cargas pontuais e difusas desses parâmetros (Item 6), foi inserido em cada nó do sistema a contribuição das cargas geradas para aquele trecho, ou seja, quais ottobacias (Microbacias) contribuem com aporte de poluentes para cada um dos nós da rede. A calibração consistiu no ajuste do coeficiente de decaimento do parâmetro e na porcentagem do que de fato chega nos rios em relação ao que é gerado nas ottobacias.

Os parâmetros de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo total do modelo de qualidade de água do SWMM foram ajustados para que suas concentrações médias estivessem dentro do Boxplot dos dados observados entre os anos de 2015 e 2020, ou seja, para que seu comportamento médio fosse equivalente aos dados observados em campo.

Na sub-bacia do Rio Abaeté, os pontos de dados observados foram as estações IGAM SF060 e SF017, conforme ilustrado na Figura 8.27 e na Figura 8.28. A Figura 8.28 ilustra a calibração da concentração média de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo total em relação aos dados observados.

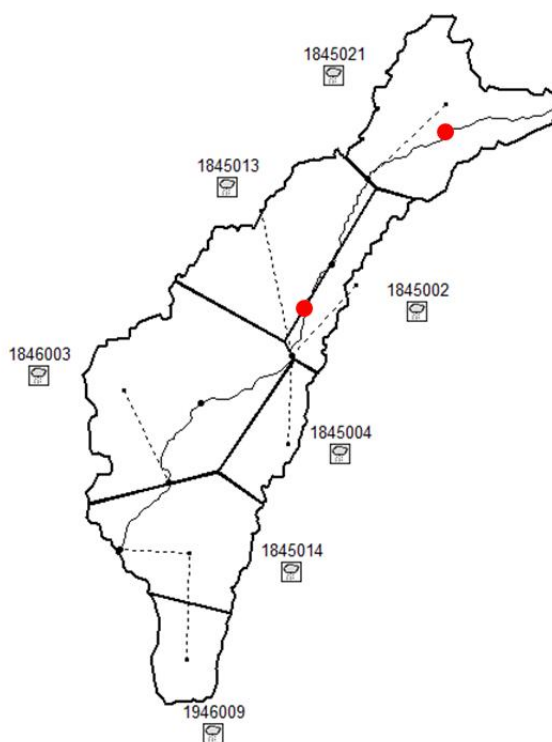
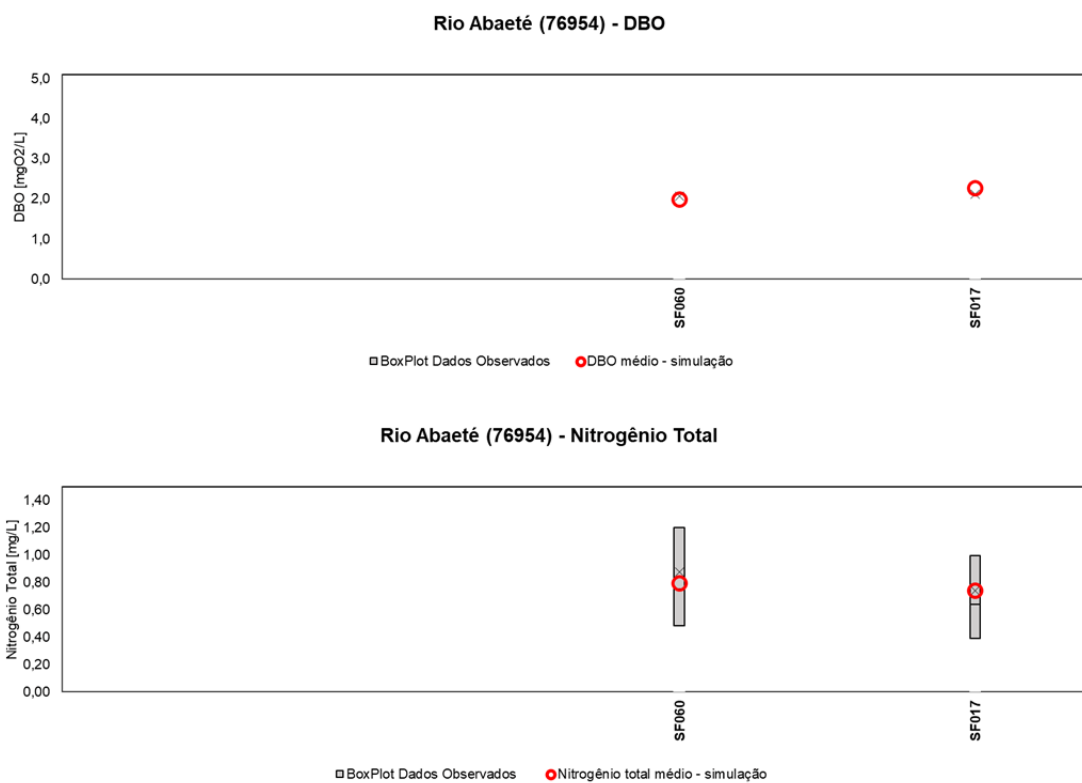
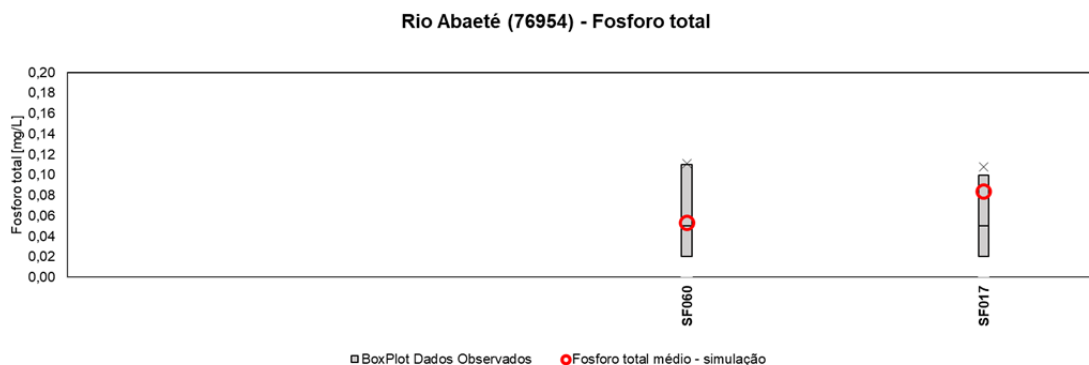


Figura 8.27 – Pontos com dados de qualidade da água usados na calibração da sub-bacia do Rio Abaeté

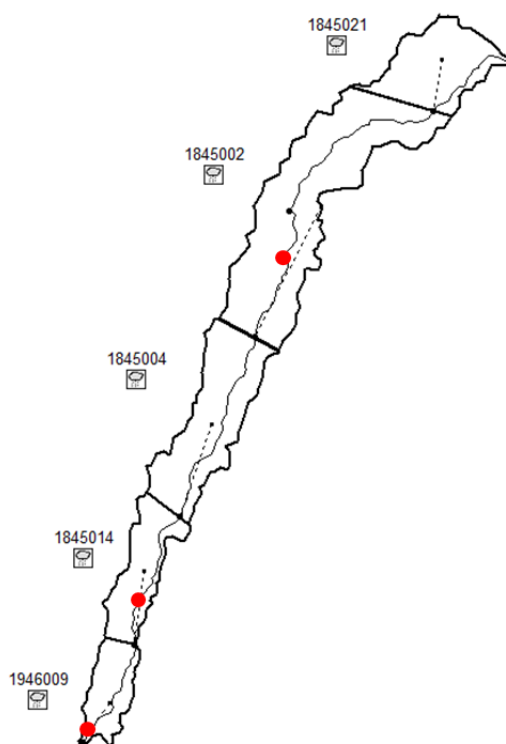




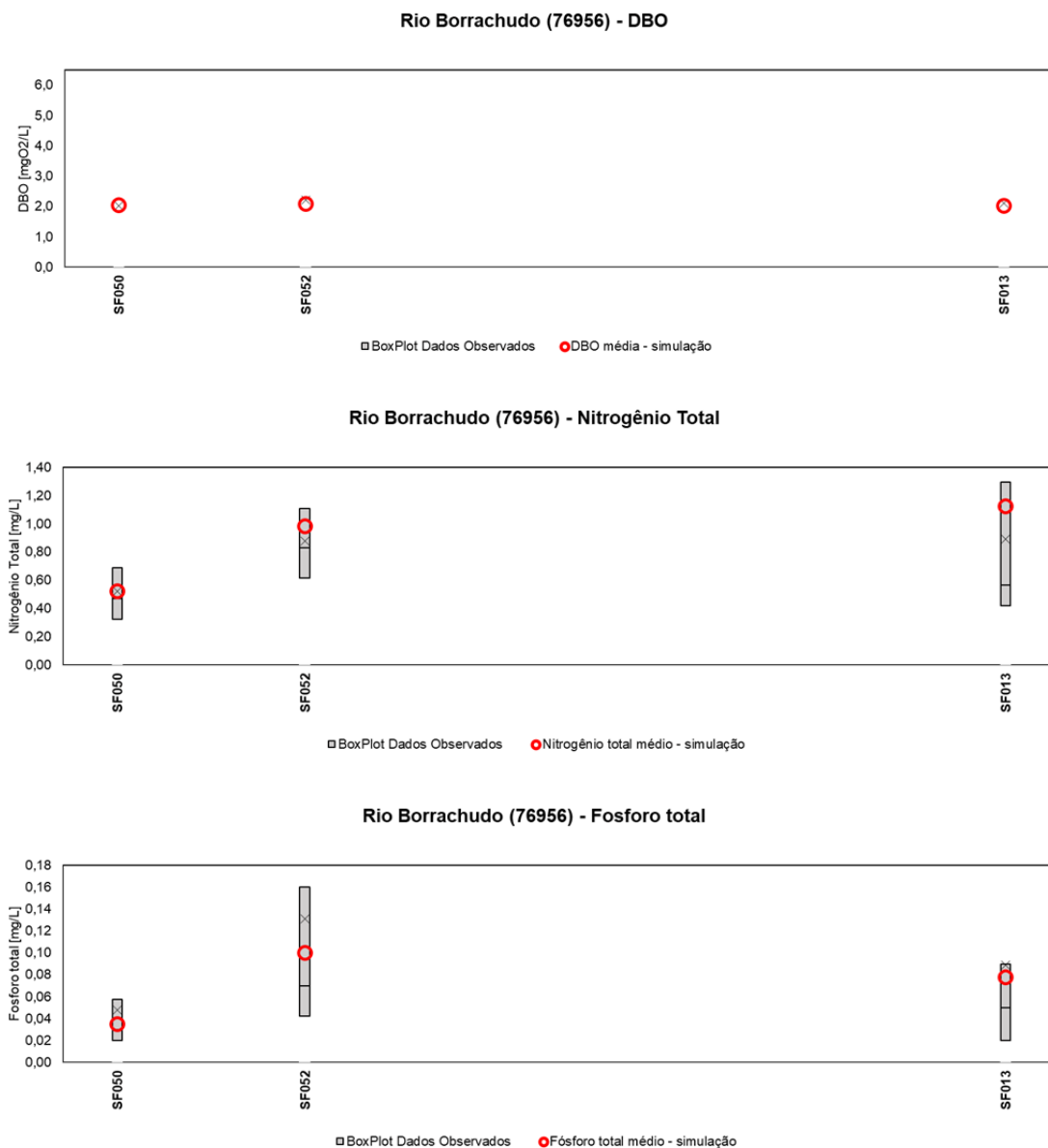


**Figura 8.28 – Resultado das concentrações médias de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo Total em relação aos dados observados no Rio Abaeté**

Na sub-bacia do Rio Borrachudo, os pontos de dados observados foram as estações IGAM SF050, SF052 e SF013, conforme ilustrado na Figura 8.29. A Figura 8.30 ilustra a calibração da concentração média de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo total em relação aos dados observados.



**Figura 8.29 – Pontos com dados de qualidade da água usados na calibração da sub-bacia do Rio Borrachudo**



**Figura 8.30 – Resultado das concentrações médias de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo Total em relação aos dados observados no Rio Borrachudo**

Na sub-bacia do Rio Indaiá, os pontos de dados observados foram as estações IGAM SF046, SF048 e SF009, conforme ilustrado na Figura 8.31. A Figura 8.32 ilustra a calibração da concentração média de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo total em relação aos dados observados.

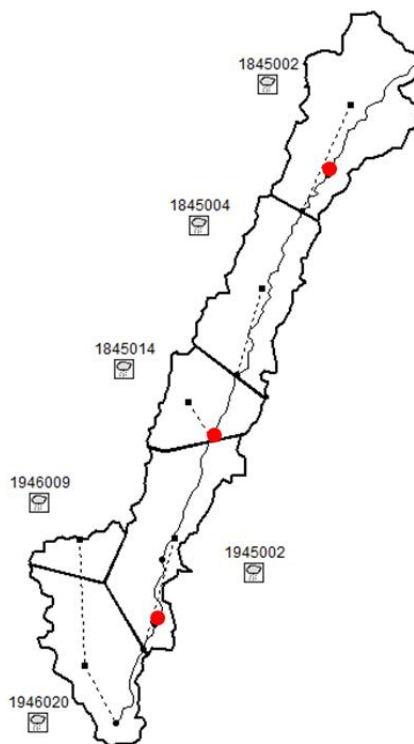
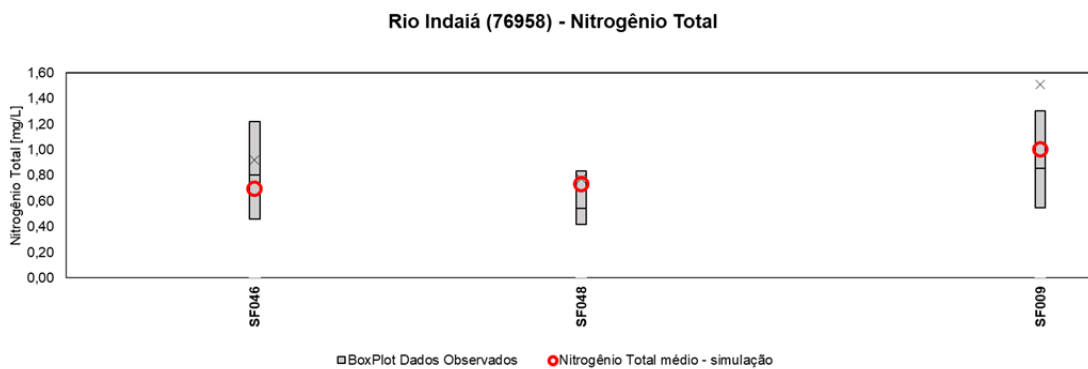
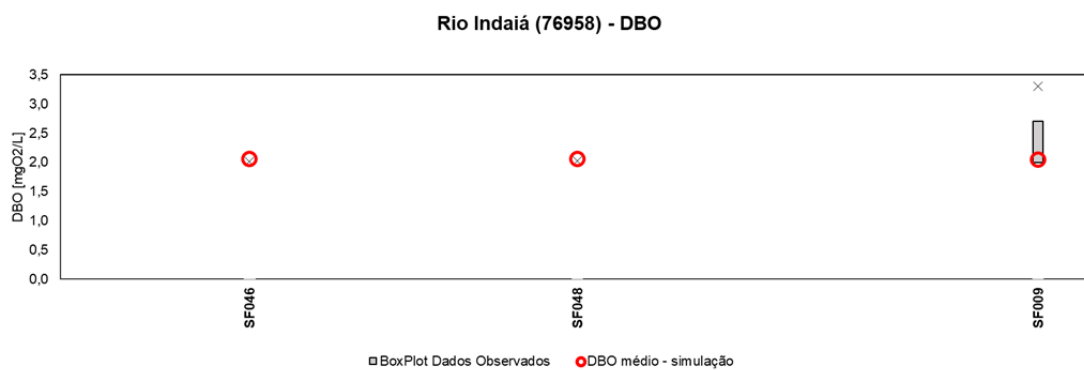
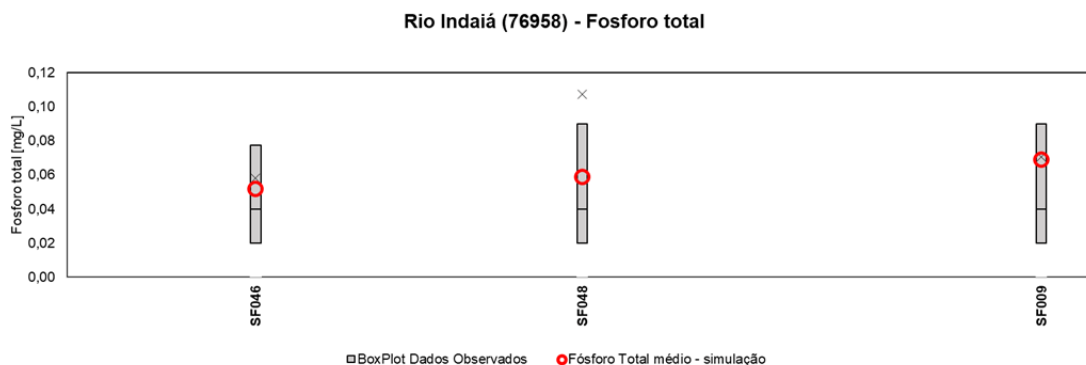


Figura 8.31 – Pontos com dados de qualidade da água usados na calibração da sub-bacia do Rio Indaiá





**Figura 8.32 – Resultado das concentrações médias de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo Total em relação aos dados observados no Rio Indaiá**

### 8.2.5 Simulação de Cenários com vazões de referência

Com os modelos hidrológicos de qualidade da água calibrados, foi possível simular cenários com diferentes vazões de referência ( $Q_{7,10}$ ,  $Q_{MLT}$  e  $Q_{cheia}$  – vazão de cheia) para estimar as concentrações de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo Total em diferentes trechos do rio para esses cenários. O Quadro 8.6 mostra as vazões de referência para cada cenário simulado.

**Quadro 8.6 – Vazões de referência para simulações de qualidade da água.**

Rio	$Q_{7,10}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{MLT}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{cheia}$ (m <sup>3</sup> /s)
Abaeté	7,05	68,99	465
Borrachudo	1,15	19,35	190
Indaiá	1,37	18,63	315

Para o Rio Abaeté, a concentração de DBO, no cenário mais restritivo, apresenta valores entre 3 mg/L e 5 mg/L no trecho mais próximo ao exutório da bacia hidrográfica. Nos cenários de  $Q_{MLT}$  e  $Q_{cheia}$ , a concentração de DBO fica abaixo de 1 mg/L ao longo do Rio Abaeté (Figura 8.33). O Nitrogênio Total apresenta apenas um trecho com valores entre 1 mg/L e 2 mg/L no cenário de vazão mais restrita. Nos outros cenários, a concentração é sempre inferior a 1 mg/L (Figura 8.34). O Fósforo Total apresenta, no cenário de  $Q_{7,10}$ , concentração entre 0,05 mg/L e 0,10 mg/L no trecho intermediário do rio e concentração entre 0,10 mg/L e 0,15 mg/L no trecho mais

próximo ao exutório, indicando acúmulo da concentração de Fósforo Total ao longo do rio. Nos cenários de  $Q_{MLT}$  e  $Q_{cheia}$ , a concentração de Fósforo Total permanece inferior a 0,03 mg/L ao longo do rio (Figura 8.35).

Para o Rio Borrachudo, a concentração de DBO, no cenário mais restritivo, apresenta valores entre 3 mg/L e 5 mg/L ao longo do rio. Nos cenários de  $Q_{MLT}$  e  $Q_{cheia}$ , a concentração de DBO fica abaixo de 1 mg/L em todos os trechos do rio (Figura 8.36). O Nitrogênio Total apresenta, no cenário de  $Q_{7,10}$ , concentrações entre 3 mg/L e 5 mg/L nos trechos mais a jusante e concentração entre 2 mg/L e 3 mg/L na maior parte do rio. Nos outros cenários, a concentração é sempre inferior a 1 mg/L (Figura 8.37). O Fósforo Total apresenta, no cenário de  $Q_{7,10}$ , concentração superior a 0,15 mg/L na maior parte do rio. No cenário de  $Q_{MLT}$ , a concentração é inferior a 0,03 mg/L na maior parte do rio, tendo concentração entre 0,03 mg/L e 0,05 mg/L apenas no trecho mais a jusante. No cenário de  $Q_{cheia}$ , a concentração de Fósforo Total permanece inferior a 0,03 mg/L ao longo do rio (Figura 8.38).

Para o Rio Indaiá, a concentração de DBO, no cenário de  $Q_{7,10}$ , apresenta valores entre 5 mg/L e 10 mg/L em mais da metade do rio, representado aporte significativo. Por outro lado, nos cenários de  $Q_{MLT}$  e  $Q_{cheia}$ , a concentração de DBO fica abaixo de 1 mg/L em todos os trechos do rio (Figura 8.39). O Nitrogênio Total apresenta, no cenário de  $Q_{7,10}$ , concentrações entre 2 mg/L e 3 mg/L na metade inferior do rio, nos trechos mais a montante, a concentração é de no máximo 2 mg/L. Nos outros cenários, a concentração é sempre inferior a 1 mg/L ao longo do rio (Figura 8.40). O Fósforo Total apresenta, no cenário de  $Q_{7,10}$ , concentração superior a 0,15 mg/L na maior parte do rio. No cenário de  $Q_{MLT}$  e  $Q_{cheia}$ , a concentração de Fósforo Total permanece inferior a 0,03 mg/L ao longo do rio (Figura 8.41).

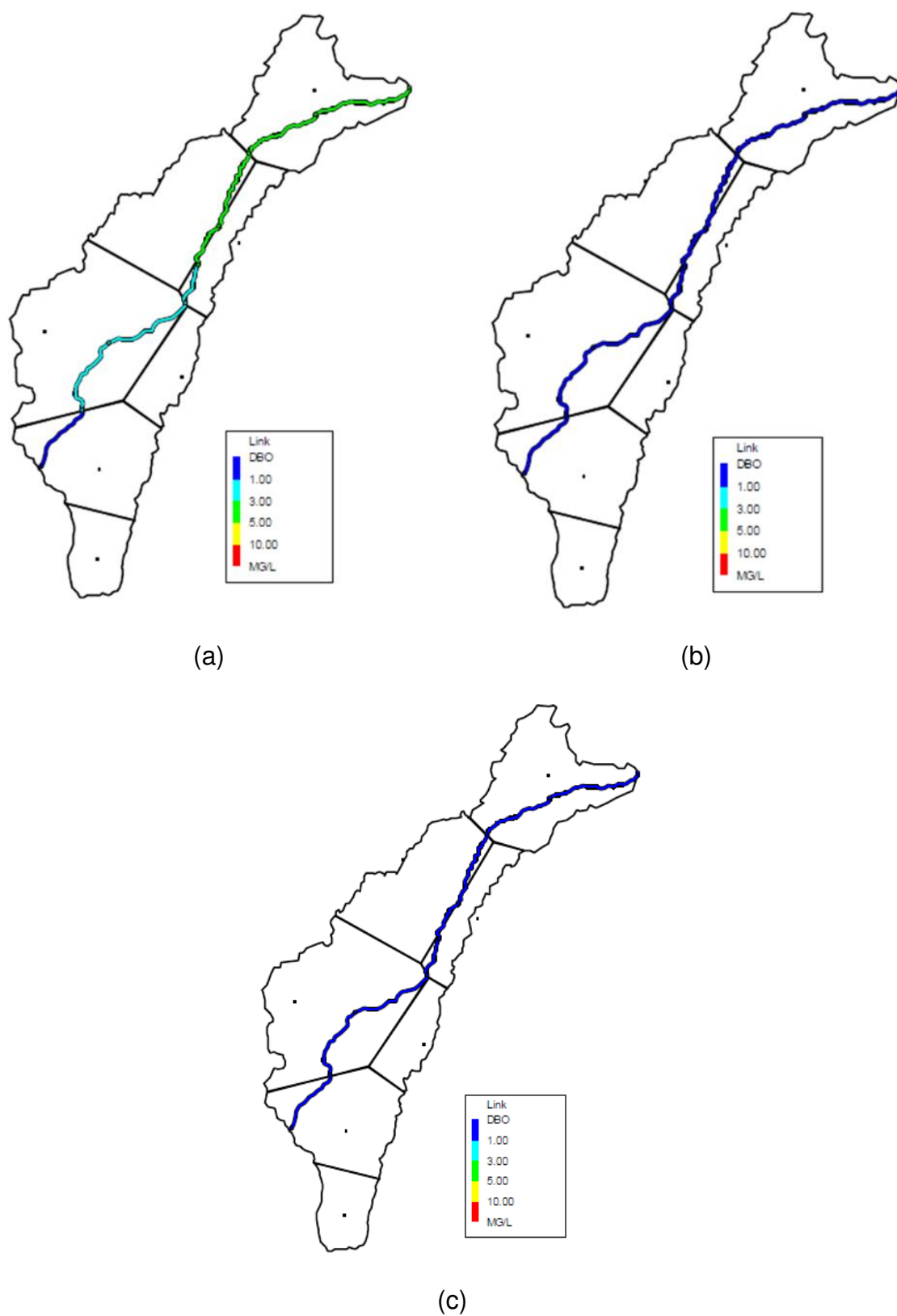


Figura 8.33 – Concentração de DBO ao longo do Rio Abaeté para os cenários (a)  $Q_{7,10}$ , (b)  $Q_{MLT}$  e (c)  $Q_{cheia}$ .



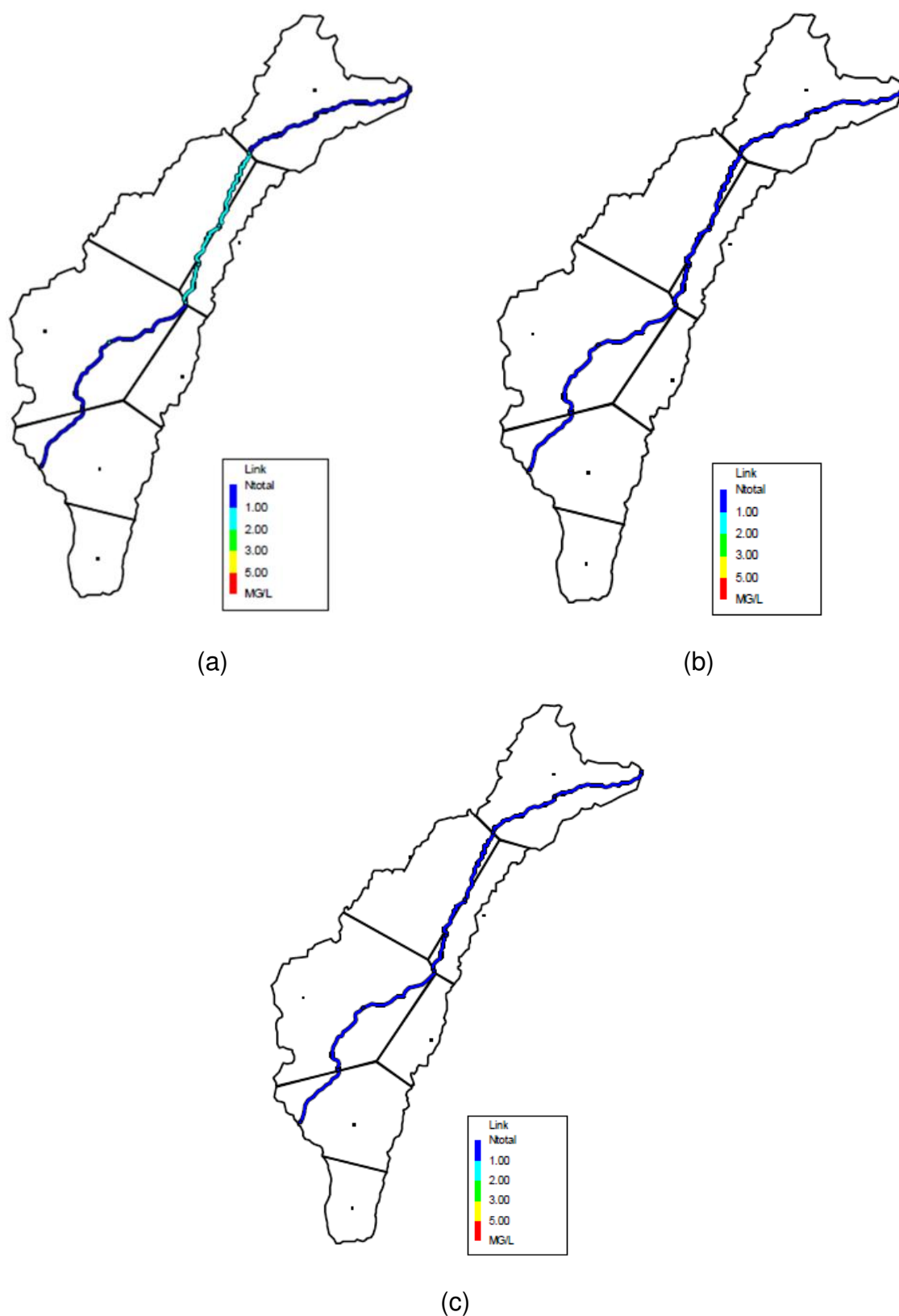


Figura 8.34 – Concentração de Nitrogênio Total ao longo do Rio Abaeté para os cenários (a)  $Q_{7,10}$ , (b)  $Q_{MLT}$  e (c)  $Q_{cheia}$ .

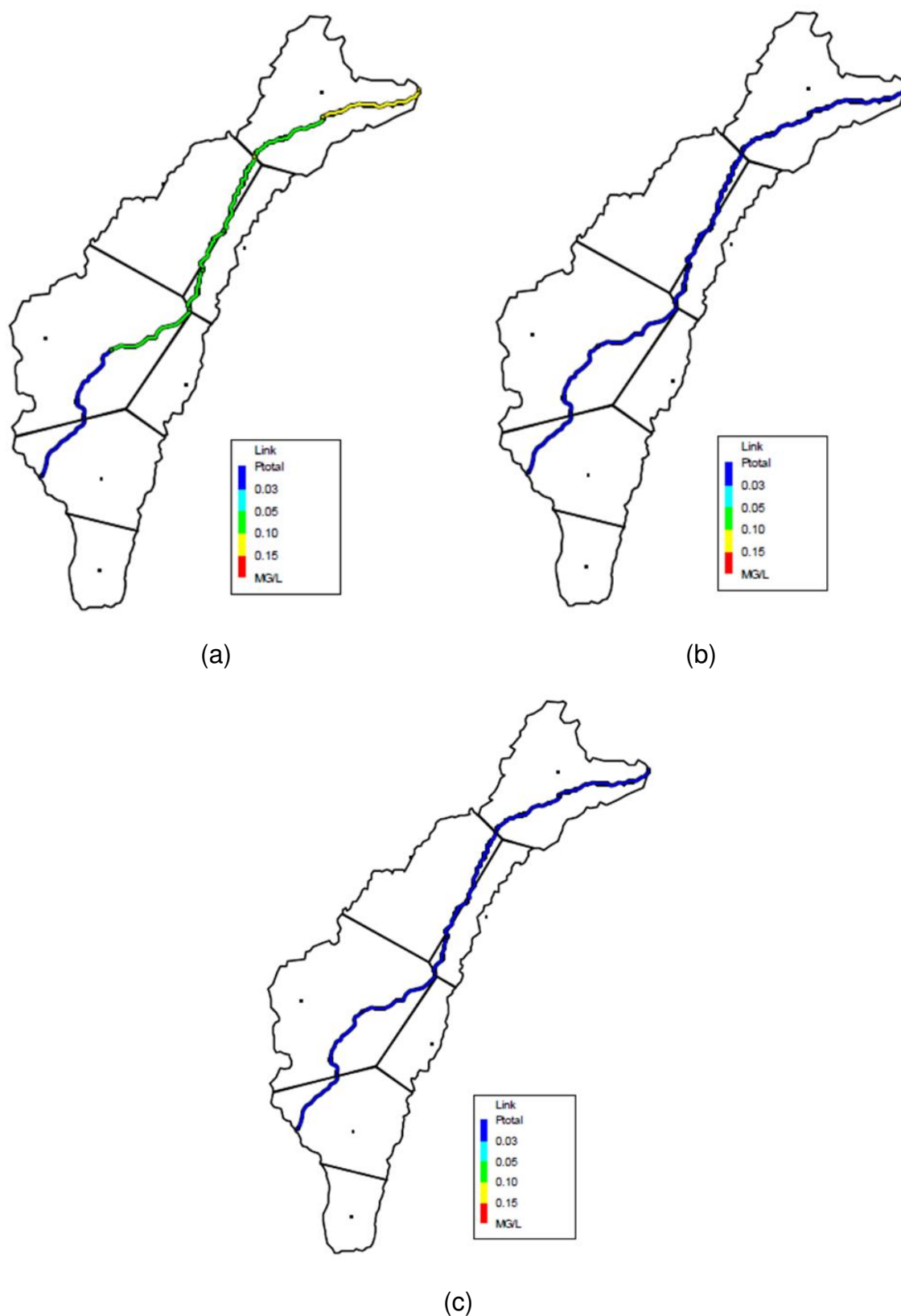


Figura 8.35 – Concentração de Fósforo Total ao longo do Rio Abaeté para os cenários (a)  $Q_{7,10}$ , (b)  $Q_{MLT}$  e (c)  $Q_{cheia}$ .

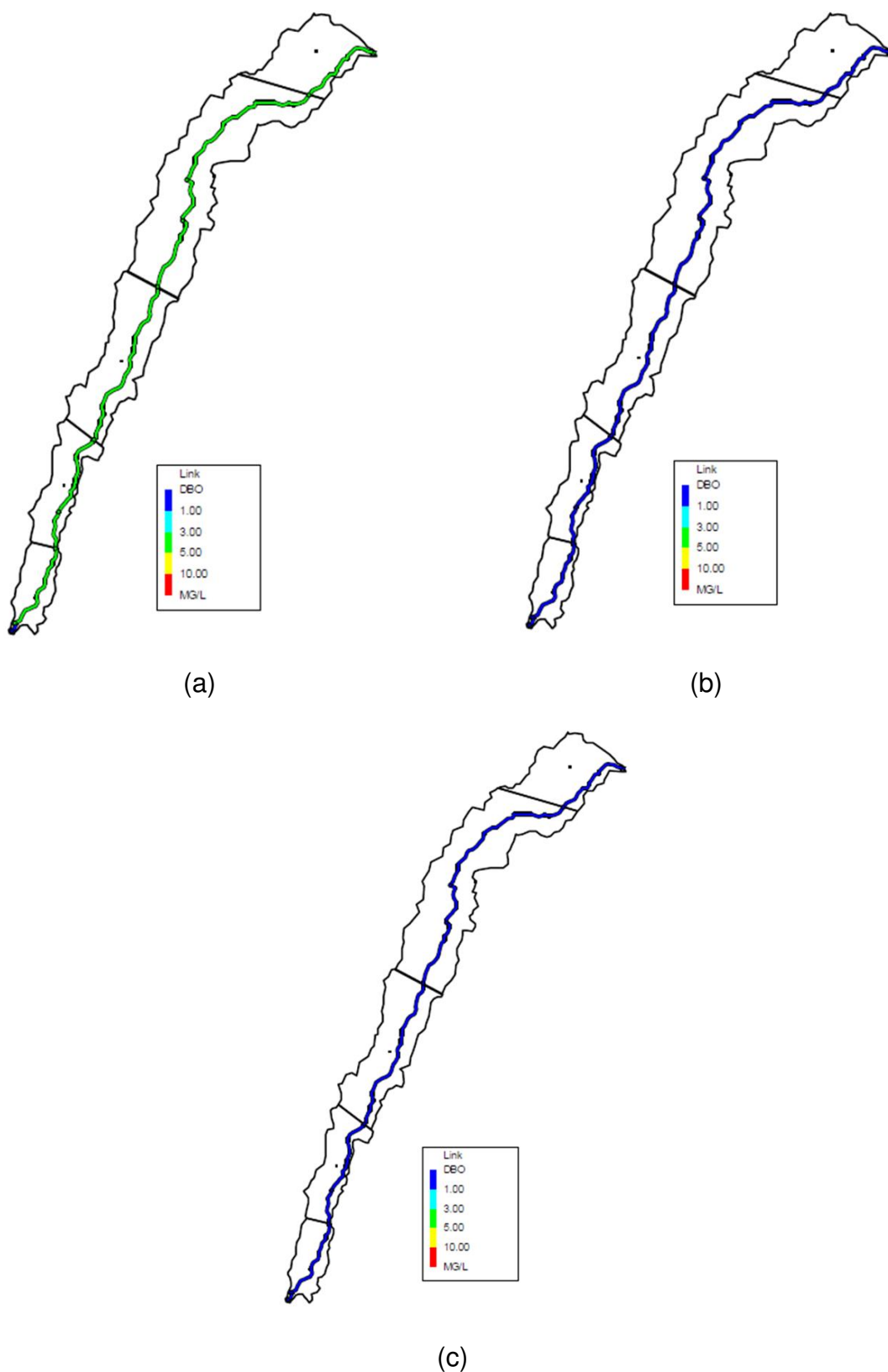


Figura 8.36 – Concentração de DBO ao longo do Rio Borrachudo para os cenários (a)  $Q_{7,10}$ , (b)  $Q_{MLT}$  e (c)  $Q_{cheia}$ .

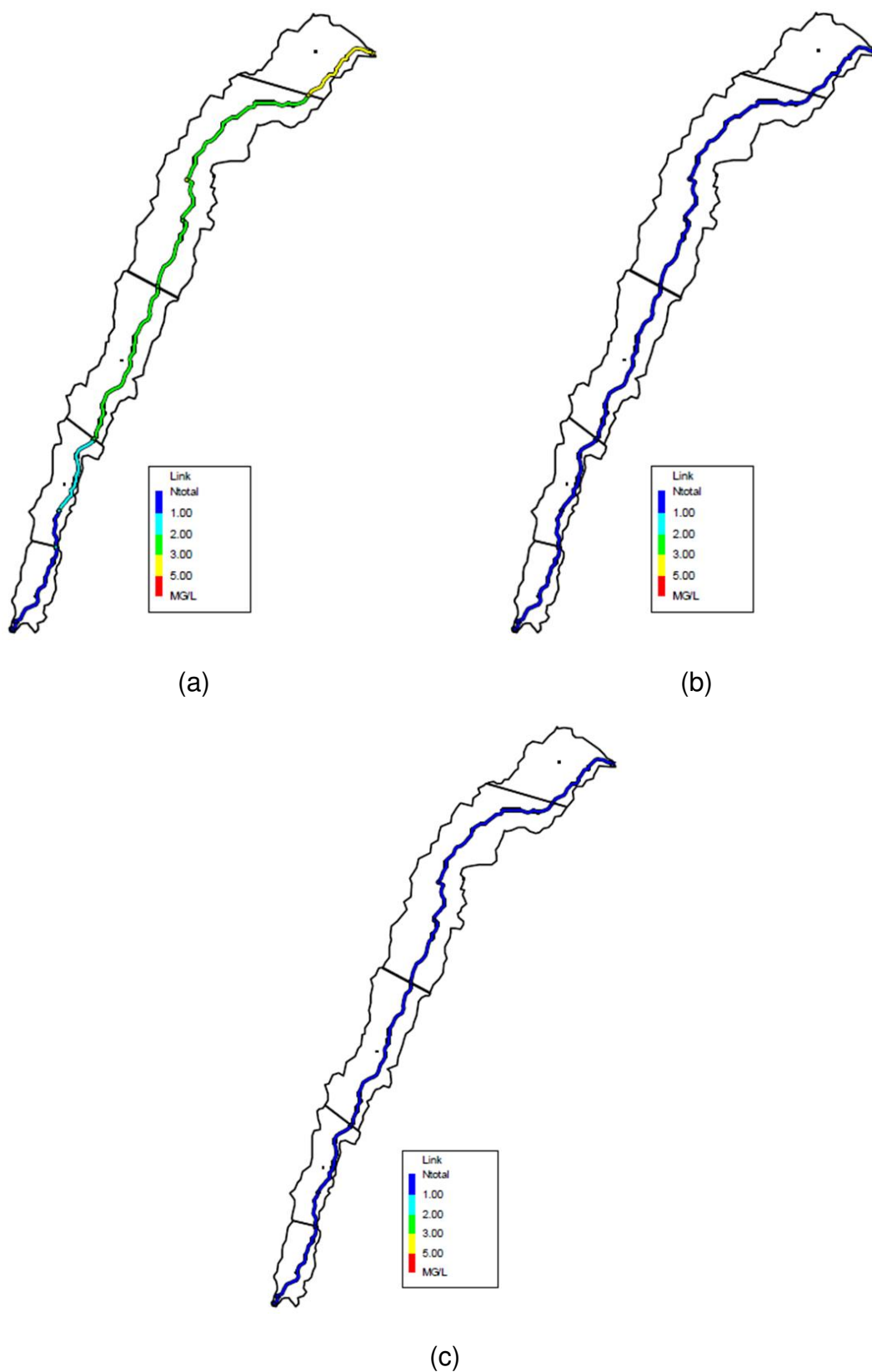


Figura 8.37 – Concentração de Nitrogênio Total ao longo do Rio Borrachudo para os cenários (a)  $Q_{7,10}$ , (b)  $Q_{MLT}$  e (c)  $Q_{cheia}$ .

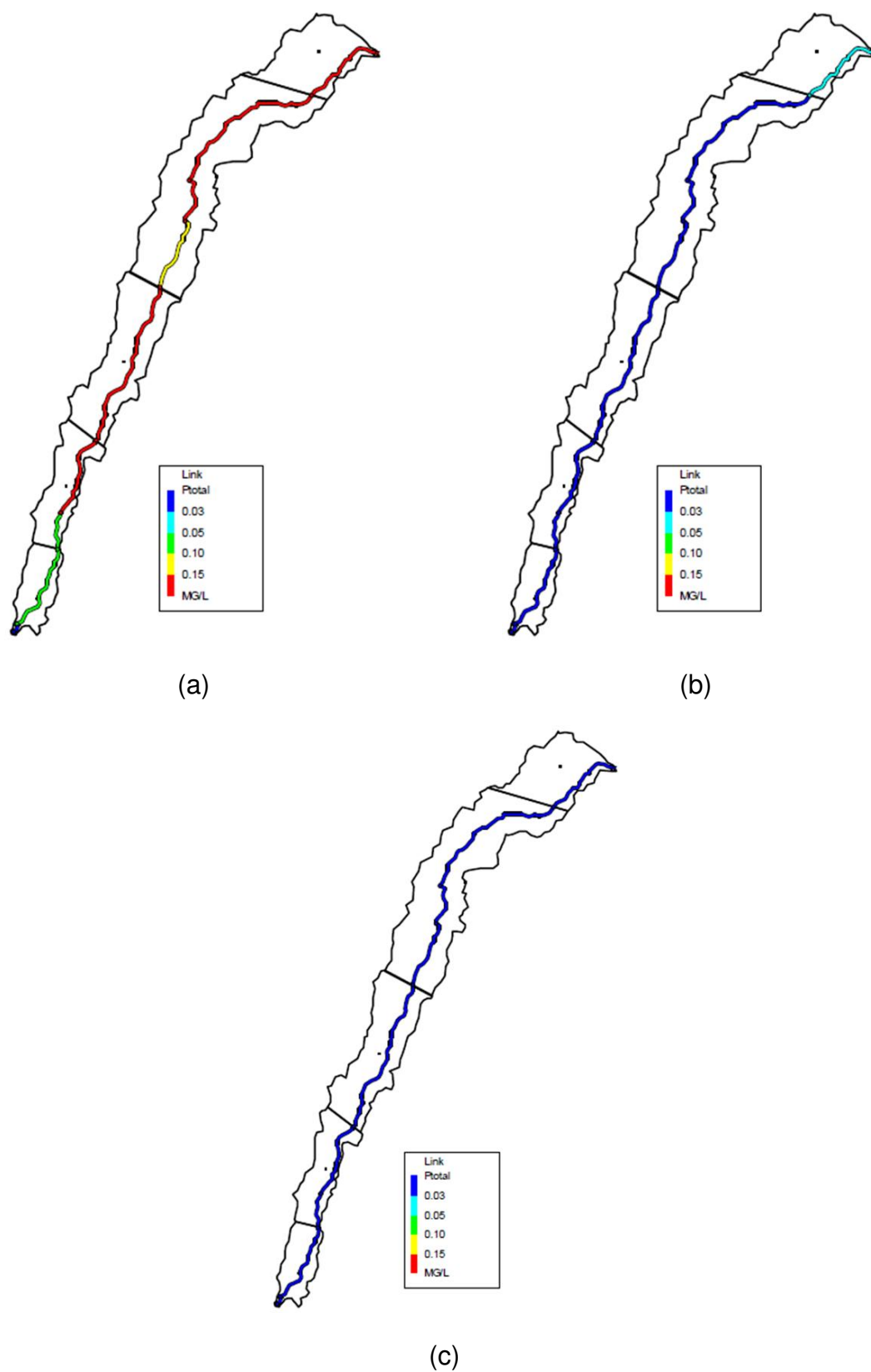


Figura 8.38 – Concentração de Fósforo Total ao longo do Rio Borrachudo para os cenários (a)  $Q_{7,10}$ , (b)  $Q_{MLT}$  e (c)  $Q_{cheia}$ .

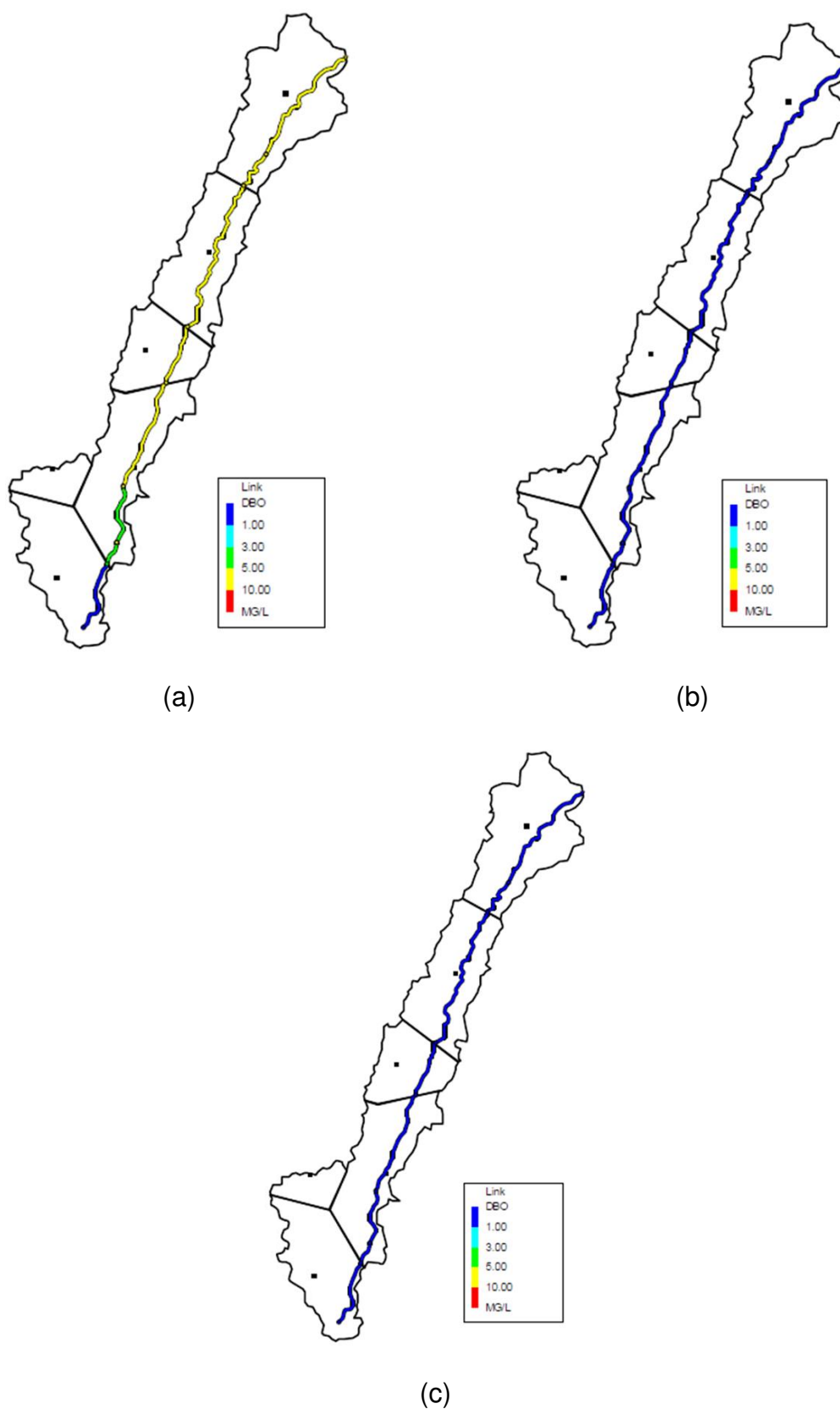


Figura 8.39 – Concentração de DBO ao longo do Rio Indaia para os cenários (a)  $Q_{7,10}$ , (b)  $Q_{MLT}$  e (c)  $Q_{cheia}$ .



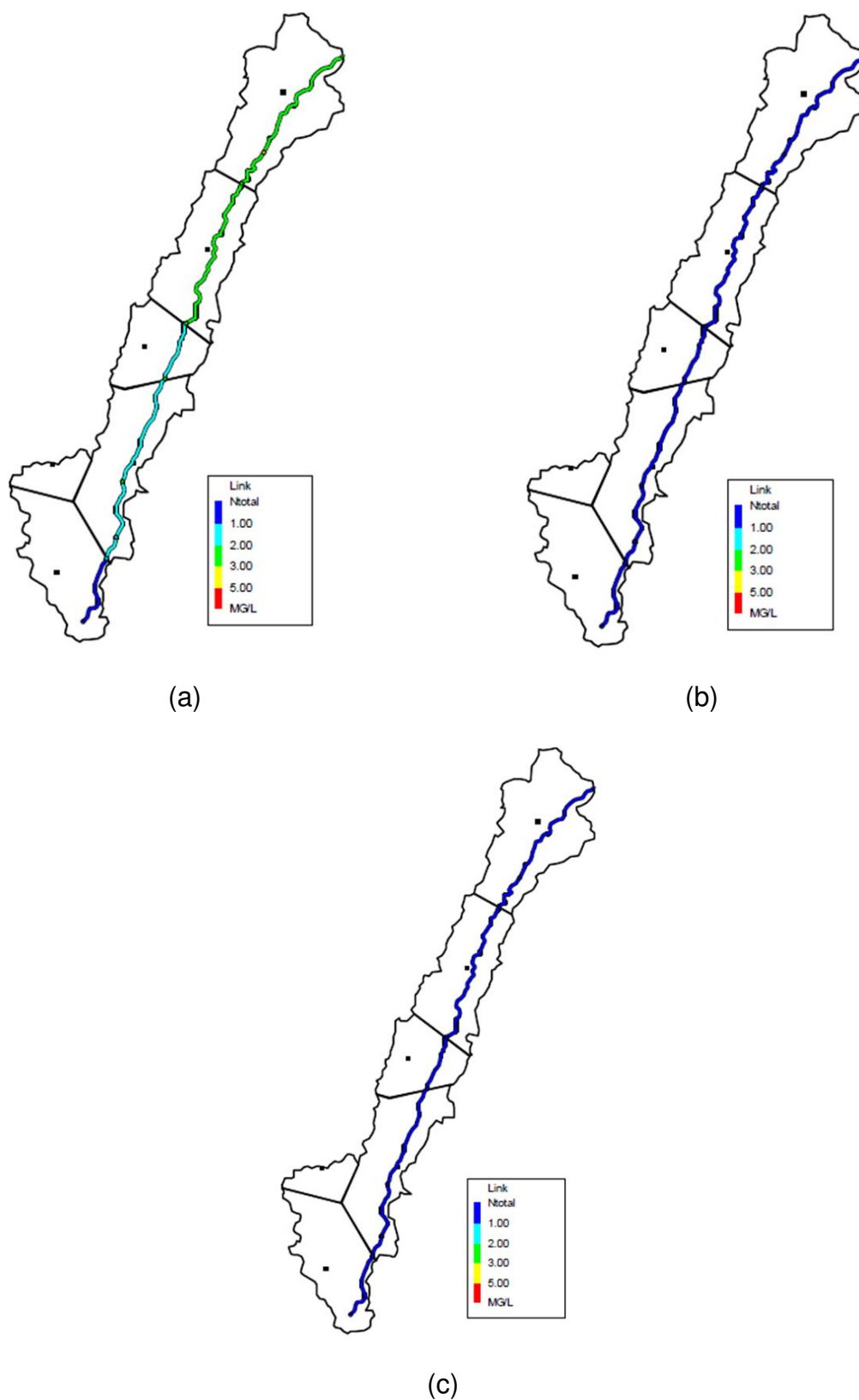


Figura 8.40 – Concentração de Nitrogênio Total ao longo do Rio Indaiá para os cenários (a)  $Q_{7,10}$ , (b)  $Q_{MLT}$  e (c)  $Q_{cheia}$

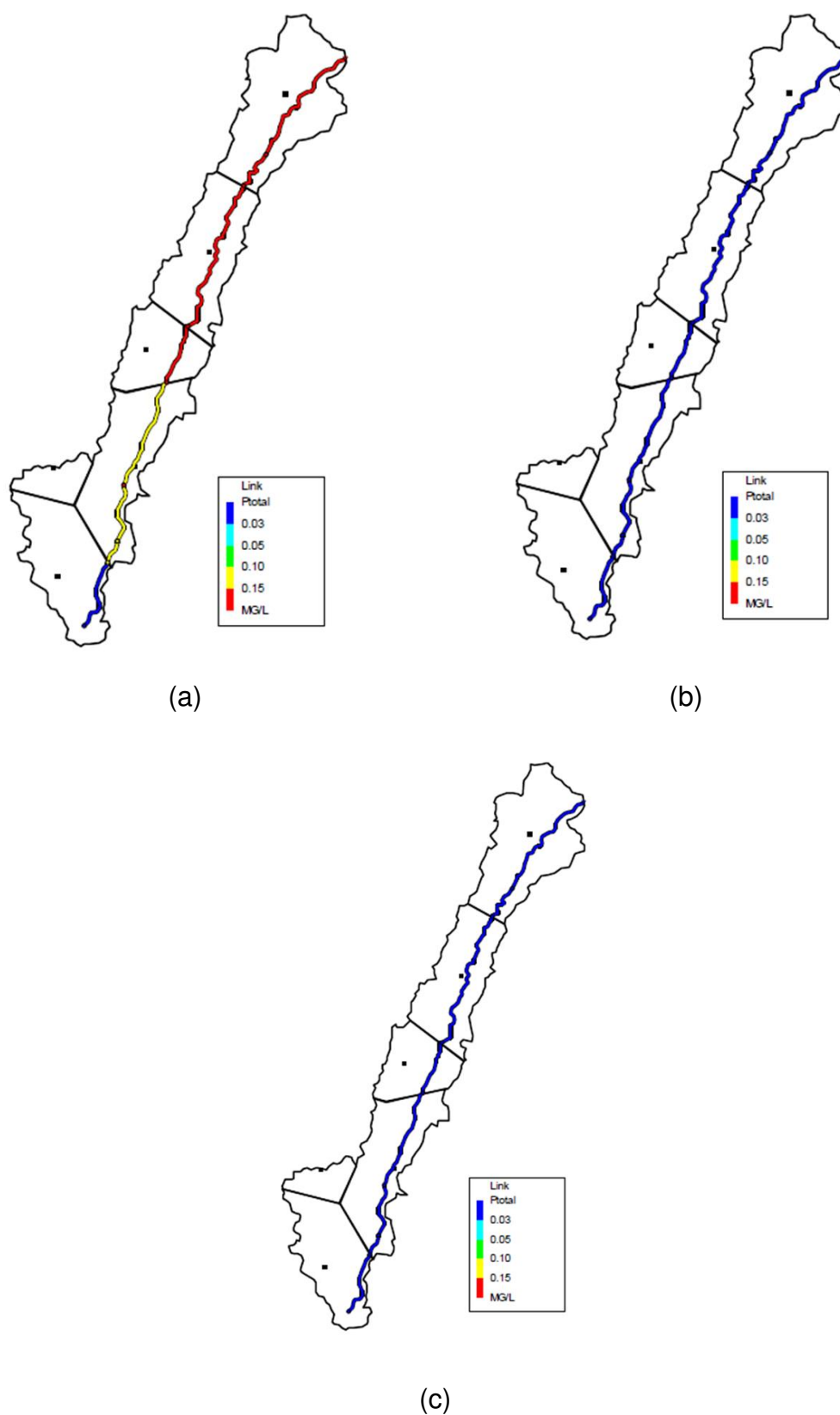


Figura 8.41 – Concentração de Fósforo Total ao longo do Rio Indaiá para os cenários (a)  $Q_{7,10}$ , (b)  $Q_{MLT}$  e (c)  $Q_{cheia}$ .

A investigação das concentrações das variáveis de qualidade da água em diferentes cenários é essencial para o enquadramento dos corpos hídricos, ou seja, para o estabelecimento de metas para atingir determinada qualidade da água (classe) a partir dos usos múltiplos da água no trecho específico do corpo hídrico. Nesse sentido, a ferramenta de modelagem hidrológica e de qualidade da água é indispensável para simular cenários com diferentes vazões de base, captações, lançamentos e aporte de poluentes, sendo possível, a partir disso, estabelecer as mudanças necessárias na bacia hidrográfica para atendimento dos padrões de qualidade que devem ser alcançadas ou mantidas nos rios.

### **8.3 IDENTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS DE MONITORAMENTO E COTEJO FRENTE AO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DE FORMA A AVALIAR A CONDIÇÃO DA BACIA**

Para auxiliar no diagnóstico das condições de qualidade da água na região hidrográfica SF04 utilizou-se uma ferramenta recomendada pela ANA, o Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE). Nesta avaliação foram utilizados os dados do ano de 2019, uma vez que era o período mais recente com dados da série temporal completa. Uma vez que outras informações sejam levantadas, pode-se estender o cálculo para os demais anos.

#### **8.3.1 Metodologia de cálculo**

O ICE é usado para indicar a condição de conformidade da qualidade do corpo hídrico ao enquadramento estabelecido previamente, seja por estudo específico ou por ausência dele, em que os rios de água doce são enquadrados como Classe 2, segundo a Resolução Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH nº 91/2008 ou, no caso de Minas Gerais, pela DN Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008. Como é o caso da SF04 que possui legislação própria de enquadramento.

Esse índice é uma simplificação para facilitar a comunicação e interpretação dos resultados, portanto, não substitui a análise detalhada das condições de qualidade da água.

O ICE se baseia na comparação entre valores dos dados de monitoramento com padrões de qualidade da água instituídos pela legislação e é composto por três fatores, a saber (Oliveira et. al, 2018):

1. A abrangência do impacto causado pela não conformidade;
2. A frequência com que as desconformidades ocorrem;
3. A amplitude da desconformidade (desvio em relação ao limite estabelecido na legislação).

O ICE varia de 0 a 100, sendo 0 a desconformidade total com o enquadramento e 100 a conformidade total ao enquadramento. Cada um dos três fatores tem a respectiva expressão de cálculo, como exposto a seguir.

Fator 1 (Abrangência): Indica o número de variáveis que ultrapassaram os limites indicados na legislação no período de monitoramento.

$$F_1 = \frac{n^{\circ} \text{ de variáveis que ultrapassaram o limite estabelecido}}{n^{\circ} \text{ total de variáveis analisadas}} \times 100$$

Fator 2 (Frequência): Indica a % de vezes que variáveis de qualidade estiveram em desconformidade em relação ao número de levantamentos realizados no período de monitoramento.

$$F_2 = \frac{n^{\circ} \text{ de levantamentos que ultrapassaram o limite estabelecido}}{n^{\circ} \text{ total de levantamentos}} \times 100$$

Fator 3 (Amplitude): Representa a diferença entre o valor observado e o valor estipulado pelo enquadramento na legislação. O F3 é calculado em 3 passos:

1. Variação ( $\Delta v$ ). Número vezes que a variável ficou fora do valor estabelecido, seja por ter ultrapassado ou por não ter atingido, o que depende da variável.

Se a condição for não ultrapassar o limite:

$$\Delta v = \frac{\text{valor do levantamento}}{\text{valor estabelecido}} - 1$$

Se a condição for não ser inferior ao limite:

$$\Delta v = \frac{\text{valor estabelecido}}{\text{valor do levantamento}} - 1$$

2. Soma normalizada das Variações (SNV). Soma das variações ( $\Delta v$ ) que não atenderam os limites estabelecidos pela legislação, dividido pelo total de levantamentos.

$$SNV = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta v_i}{n^{\circ} \text{ de coletas}}$$

3. Calcular F3:

$$F3 = \frac{SNV}{(0,01 \times SNV) + 0,01}$$

Por fim, o ICE é calculado pela integração dos três fatores na expressão:

$$ICE = 100 - \left( \frac{\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2}}{1,732} \right)$$

As faixas de valores de ICE indicam as categorias de qualidade, de acordo com o exposto no Quadro 8.7.

**Quadro 8.7 – Categorias de qualidade adotadas para o ICE.**

ICE	Faixa
Excelente	95-100
Bom	80-94
Regular	65-79
Ruim	45-64
Péssimo	0-44

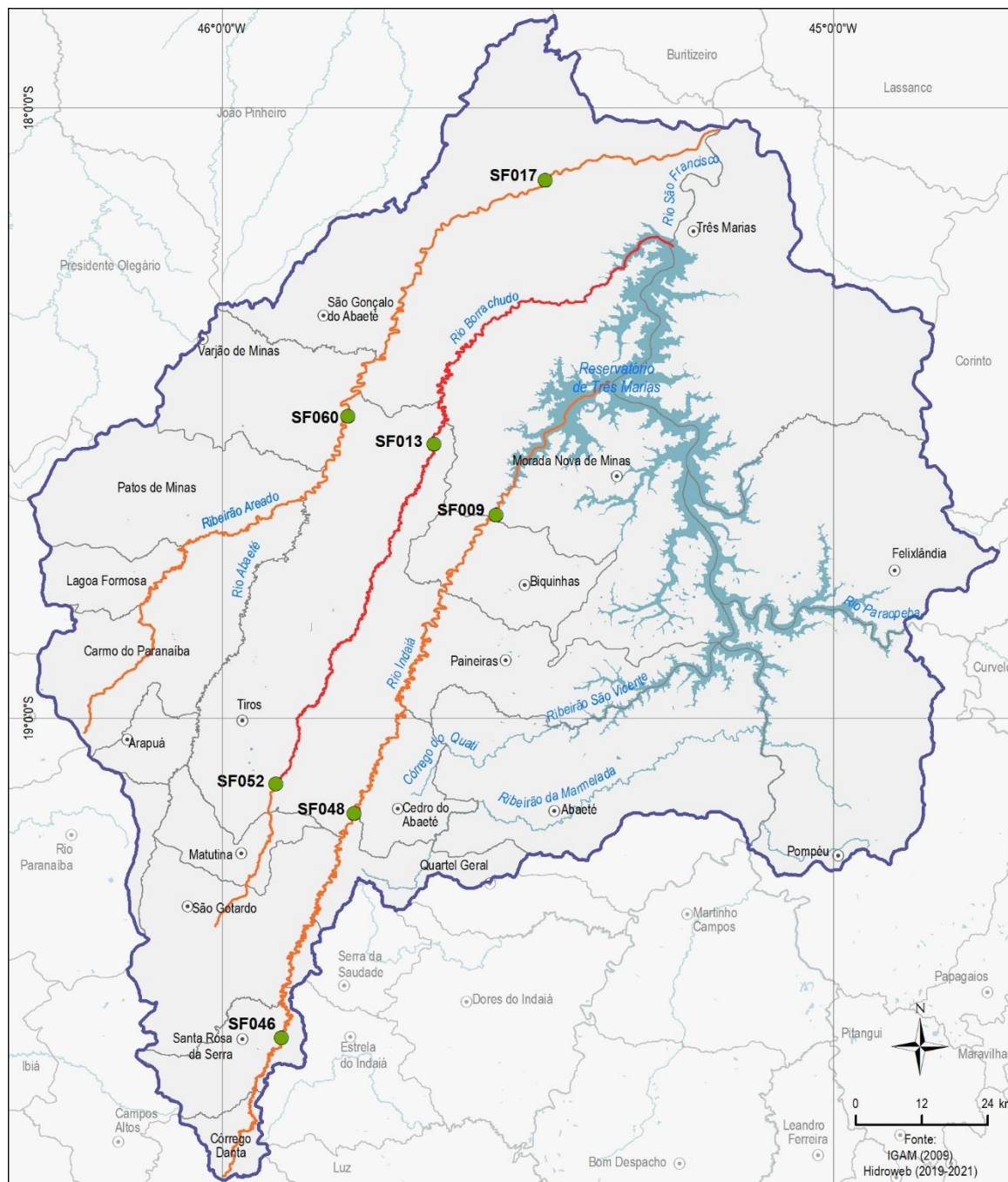
O número de parâmetros monitorados e considerados no cálculo do ICE é um critério estabelecido previamente, dependendo dos dados disponíveis e das variáveis relevantes para o estudo. A partir das variáveis que o ICE considerar, é possível, por exemplo, que uma variável que esteja muito fora dos padrões reduza o Índice

consideravelmente. Normalmente, o ICE é calculado por ano (2018, 2019, 2020...), mas também pode ser calculado por estação do ano, por exemplo, para investigar efeitos de sazonalidade (Oliveira et. al. 2018).

### **8.3.2 Resultados**

O mapa da Figura 8.42 mostra o resultado do cálculo do ICE para os principais rios da CH SF04, considerando aqueles com estações de monitoramento da qualidade da água consideradas válidas pela análise apresentada anteriormente.





LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ⬭ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- ~ Curso d'água
- ⬭ Massa d'água
- QA Válidas

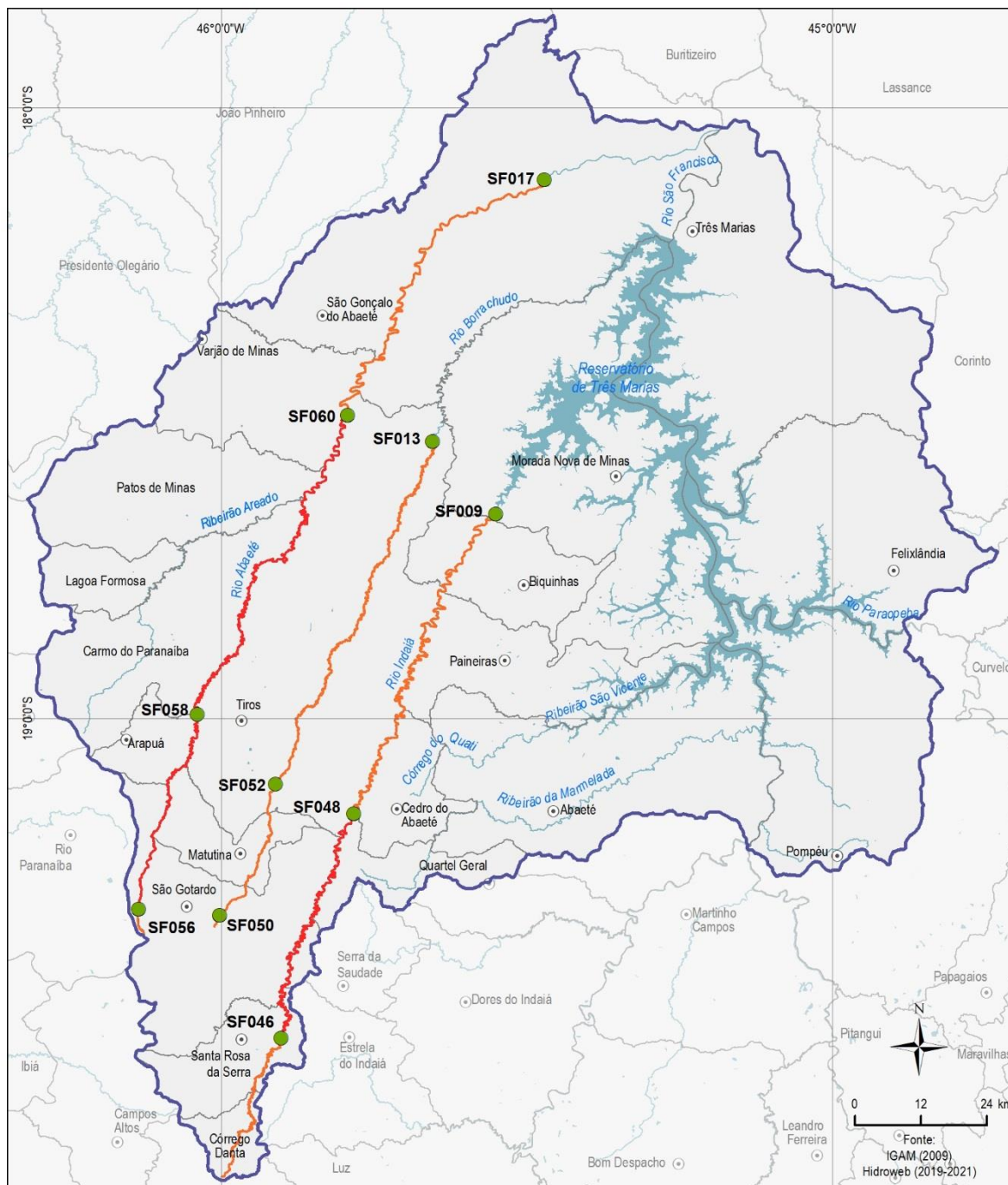
Índice de Conformidade com o Enquadramento - ICE

- 0 - 45
- 46 - 65
- 66 - 80
- 81 - 95
- 96 - 100

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 8.42 – Índice de Conformidade ao Enquadramento na CH SF04 para 2019.



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ⬭ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- ~ Curso d'água
- ⬭ Massa d'água
- QA Válidas

**Índice de Conformidade com o Enquadramento - ICE**

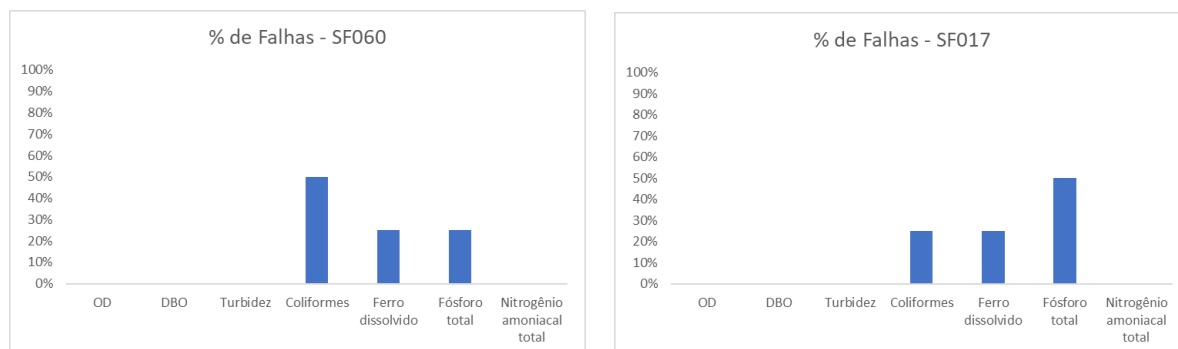
- 0 - 45
- 46 - 65
- 66 - 80
- 81 - 95
- 96 - 100

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 8.43 – Índice de Conformidade ao Enquadramento na CH SF04 para 2020.**

Ao analisar os resultados para o rio Abaeté nota-se que para o período avaliado (2019 e 2020) a classificação do ICE condições ruim da qualidade da água. Unindo os dados avaliados de cada estação, confirma-se que os parâmetros responsáveis por esta classificação são a *E. coli*, o Ferro Dissolvido e o Fósforo Total (Figura 8.44).



**Figura 8.44 – Avaliação da porcentagem de falhas por parâmetro no cálculo do ICE para as estações SF060 e SF017.**

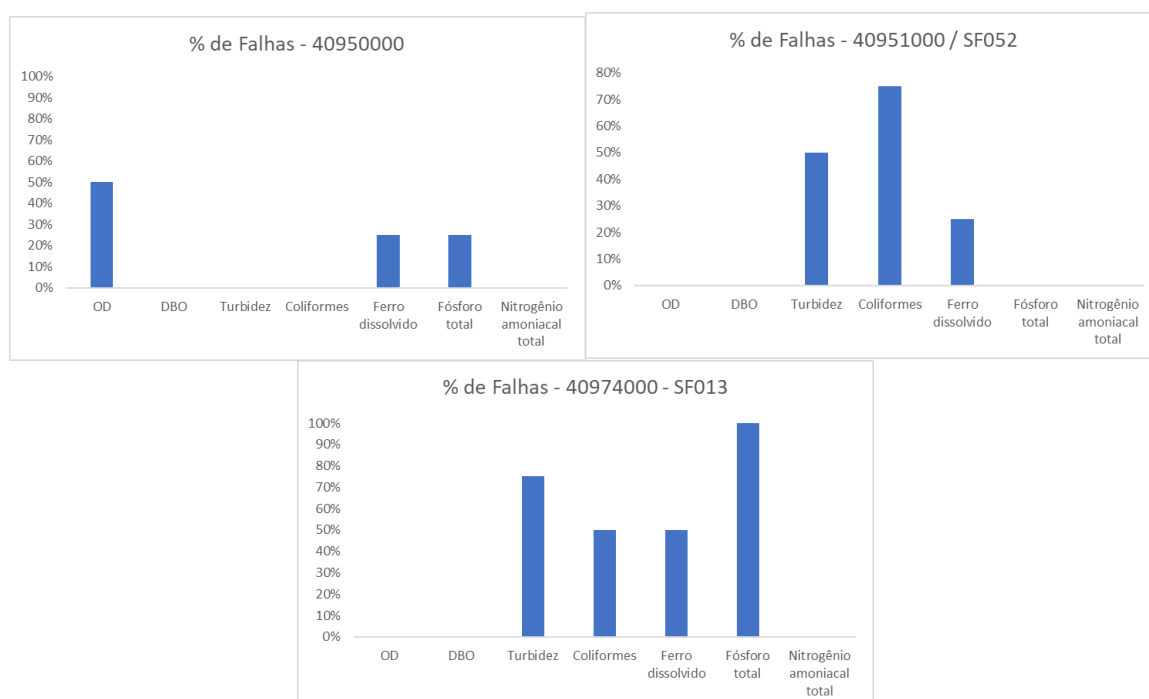
Correlacionando estes resultados com a caracterização do uso do solo e atividades realizadas na sub-bacias, nota-se que nesta região tem-se uma média de 62% do solo utilizado como atividade de pastagem. Esta atividade promove ao ambiente condições de altas cargas de fertilizantes e matéria orgânica produzida pelos animais, fontes de constituintes como o Fósforo e os microrganismos identificados pelo indicador do coliformes.

Nota-se que curso de água principal não apresentou nenhum evento de desconformidade ao enquadramento para os parâmetros de Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Turbidez ou Nitrogênio Amoniacal. Isso demonstra as características amplamente rurais da bacia hidrográfica e com baixas porcentagens de solo exposto.

A região da bacia hidrográfica do rio Borrachudo tem classificações entre péssimo e ruim. A avaliação das falhas mostra que o trecho de montante sofre com pressões nos

parâmetros Oxigênio Dissolvido, Fósforo Total e Ferro Dissolvido, porém nenhum deles falha em relação ao enquadramento durante todo o período avaliado.

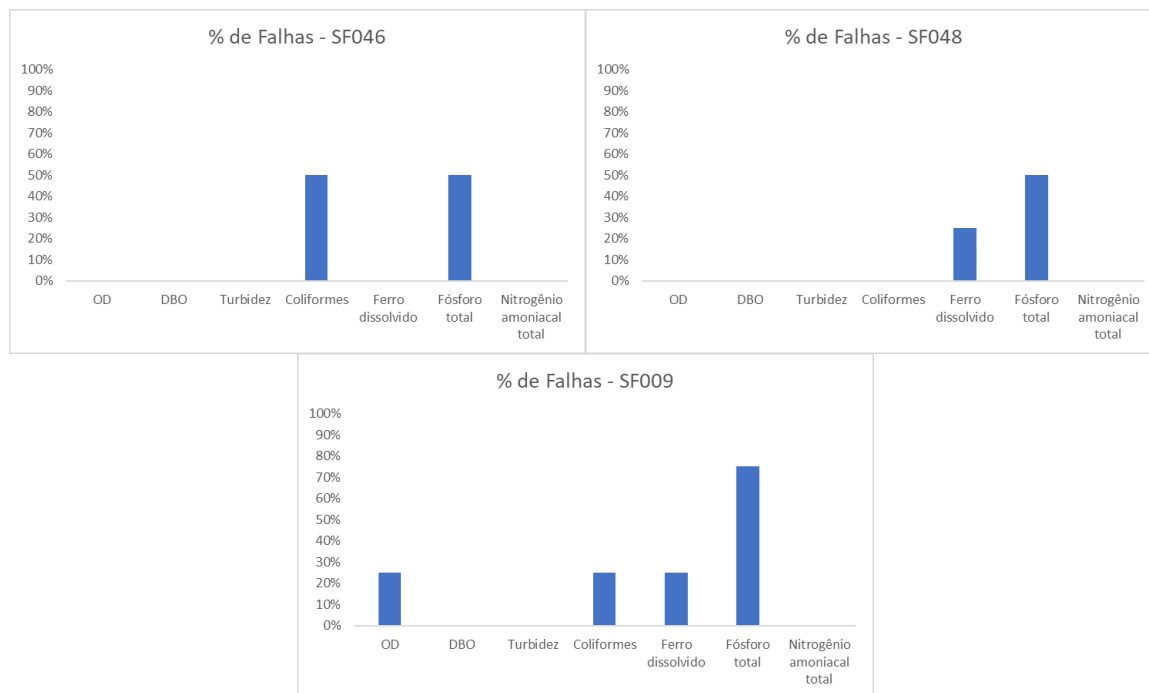
A correlação entre as atividades exercidas na região e os poluentes apontados no ICE mostra que as prováveis fontes de Fósforo Total são as áreas de agricultura e pastagem desta região, as de Oxigênio Dissolvido a mancha urbana de município de São Gotardo e o Ferro Dissolvido, possivelmente de fontes naturais (Figura 8.45).



**Figura 8.45 – Avaliação da porcentagem de falhas por parâmetro no cálculo do ICE para as estações 40950000, SF052 e SF013.**

Para a sub-bacia do rio Indaiá a classificação também mostra condições de qualidade da água ruins para o período avaliado, em toda a sua extensão, com falhas nos ICes referentes aos parâmetros de Oxigênio Dissolvido, Fósforo Total, *E. coli* e Ferro Dissolvido (Figura 8.46).

Esta região é tem uma distribuição de uso do solo homogênea, sendo que 99% do território está dividido somente em três classes de uso, sendo: pastagem (58%), floresta (19%) e savana (22%), as quais são predominante fonte de excremento de animais e fertilizantes.



**Figura 8.46 – Avaliação da porcentagem de falhas por parâmetro no cálculo do ICE para as estações SF046, SF048 e SF009.**

### 8.3.3 Considerações

Com esta avaliação demonstra-se que a CH SF04 possui características rurais, com predominância de áreas de pastagens, acompanhada pela agricultura e florestas. Algumas manchas urbanas estão presentes na região, influenciando parâmetros ao longo dos cursos d'água, especialmente o Oxigênio Dissolvido, a Demanda Bioquímica de Oxigênio e o Nitrogênio Amoniacal.

O Ferro Dissolvido apresentou algumas falhas ao enquadramento, especialmente nas bacias dos rios Abaeté e Borrachudo, possivelmente em função de contribuição natural.

De maneira geral a bacia hidrográfica apresenta poluição por Fósforo e *E. coli*, ambos com registros de desconformidade durante o período todo e na maioria das estações da bacia hidrográfica. Sabendo que suas principais fontes estão associadas com fertilizantes de solo e excremento de animais, esses resultados acompanham as principais atividades executadas na região.



## **9. ANÁLISE DO ARCABOUÇO LEGAL E INSTITUCIONAL PERTINENTE**

### **9.1 ANÁLISE DO ARCABOUÇO LEGAL DE ABRANGÊNCIA NACIONAL E ESTADUAL QUE TENHA RELAÇÃO COM OS ESTUDOS ORA EM CURSO**

A Política Nacional de Recursos Hídricos foi instituída por meio da Lei Federal nº 9.433/1997, que apresentou o enquadramento de corpos de água em classes como um dos instrumentos de gestão de recursos hídricos. Da mesma forma, foram criados os outros instrumentos de gestão como a outorga de direitos de uso de recursos hídricos, o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH, a cobrança pelo uso de recursos hídricos e os planos de recursos hídricos, sendo que estes últimos podem ser elaborados para áreas de abrangência nacional, estadual ou de bacia hidrográfica.

O presente estudo trata especificamente do enquadramento de corpos de água em classes, que tem os objetivos de assegurar qualidade das águas compatível com os usos mais exigentes para os quais são destinadas as águas de determinado corpo hídrico e diminuir os custos de combate à poluição das águas, com base em ações preventivas. Trata-se de um instrumento de planejamento em que são avaliadas as condições atuais da bacia e são construídos cenários futuros possíveis, a partir dos quais deve ser definido um cenário de planejamento com ações futuras e que devem ser executadas na bacia para que todos os corpos hídricos tenham qualidade compatível com os usos da água. A CH SF4 – Região do Entorno da Represa de Três Marias não possui, ainda, enquadramento aprovado, sendo o presente estudo visando a apresentação de primeira proposta de enquadramento para a bacia.

O enquadramento de corpos de água em classes tem impacto em todos os outros instrumentos, mas também pode ser influenciado por eles. O primeiro deles a ser considerado nesta análise trata do SNIRH, que é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão. Nesse sentido, se mostra como uma base fundamental à busca de informações para o presente estudo, como pode ser identificado nas análises diagnósticas que vêm sendo realizadas no presente documento. De forma complementar, os resultados e análises desenvolvidos neste estudo gerarão base



importante de informações para disponibilização no próprio SNIRH ou atualização de bases existentes.

A outorga de direito de uso de recursos hídricos deve ser emitida para todos os empreendimentos que realizem alterem a qualidade, quantidade ou regime dos corpos hídricos. Nesse sentido, envolvem captações de águas superficiais ou subterrâneas, lançamento de efluentes em corpos hídricos ou intervenções que levem a alterações no regime hídrico dos corpos de água como é o caso de barragens para geração de energia hidrelétricas, amortecimento de cheias ou regularização de vazões, por exemplo. Dessa forma, para diversas análises de pedidos de outorga, é importante consultar ou verificar a compatibilidade dos usos pretendidos com a qualidade resultante dos corpos de água. Como principal exemplo, pode ser citado o lançamento de efluentes em que deve ser avaliado se o corpo hídrico irá manter a qualidade em que encontra-se enquadrado, mesmo após a realização do referido uso para a diluição. Outros exemplos podem ser citados, como é o caso de outorgas que tratam da formação de reservatórios para aproveitamentos hidrelétricos, em que devem ser avaliadas suas condições em termos de manutenção da qualidade de enquadramento de suas águas. De forma inversa, ao avaliar um uso para captação de água, é importante verificar se a finalidade do empreendimento é compatível com aqueles usos previstos daquela água de acordo com o respectivo enquadramento.

Também dentre os instrumentos de gestão, podem ser citados os planos de recursos hídricos, que fundamentam e orientam a política de recursos hídricos em sua área de atuação, que pode ser a bacia hidrográfica, o Estado ou o País. Nesse sentido, constam de etapas de diagnóstico, prognóstico e plano de ações, em moldes semelhantes ao do enquadramento. Além disso, diversos estudos previstos nas etapas de diagnóstico e prognóstico dos planos de recursos hídricos são também compatíveis com os estudos de enquadramento, sendo, inclusive, recomendado que a proposta de enquadramento seja elaborada em conformidade com o plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica, preferencialmente durante sua elaboração, de acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH nº 91/2008 que dispõe sobre os procedimentos gerais para enquadramento. Nesse sentido, é fundamental que as ações previstas nos planos de recursos hídricos e nos planos de ações das propostas de enquadramento estejam compatíveis, o que irá

otimizar investimentos em ações em prol das bacias hidrográficas. No caso da CH SF4, já possui o seu Plano Diretor de Recursos Hídricos – PDRH elaborado e aprovado pelo seu respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica – CBH por meio da DN – Deliberação CBH Entorno da Represa de Três Marias nº 10, de 10 de julho de 2015. Tal plano será mais bem abordado no capítulo de levantamento de políticas, planos e programas. Dessa forma, os planos e enquadramentos devem trabalhar de forma integrada, na medida do possível com objetivos e metas comuns e com ações sinérgicas e otimização do dispêndio de recursos.

Seguindo pelos instrumentos de gestão, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos visa reconhecer a água como bem econômico, dar ao usuário indicação de seu valor, incentivar a racionalização de uso e obter recursos financeiros para o investimento em ações dos planos de recursos hídricos. Nesse sentido, considerando o comentário já apresentado anteriormente em que os planos de recursos hídricos e os enquadramentos devem atuar de forma integrada, é possível que as ações previstas nos planos de ações do enquadramento sejam financiadas com recursos da cobrança, caso também estejam previstas no contexto daquele outro instrumento. Outro aspecto de integração direta entre o instrumento enquadramento e a cobrança pelo uso de recursos hídricos trata da formulação de cálculo aplicada nas metodologias usualmente aprovadas para pagamento pelos usuários. Apesar da CH SF4 não ter ainda aprovado seu início de cobrança, cabe destacar metodologia aprovada para bacia vizinha, como exemplo, como é o caso da bacia hidrográfica do rio Pará. Nesse caso, a própria metodologia aprovada para a bacia hidrográfica do rio Pará pela DN nº 24/2013 de seu CBH, um dos fatores adotados na fórmula de cobrança trata do  $K_{\text{cap classe}}$ , que é um coeficiente que considera a classe de enquadramento do corpo de água em que se faz a captação. Assim, de acordo com a respectiva classe de enquadramento, o valor pago pelo usuário pode ser majorado (classe especial ou 1) ou minorado (classes 3 ou 4).

A futura cobrança pelo uso da água a ser implantada na bacia poderá gerar potencial importante de arrecadação para os próximos anos e cujos recursos poderão ser utilizados como fontes de recursos para o financiamento de ações do enquadramento, desde que estejam compatíveis com o respectivo PDRH do Entorno da Represa de Três Marias.

Dessa forma, apresenta-se de forma direta que todos os instrumentos de gestão apresentam relação direta com o enquadramento dos corpos hídricos, sendo influenciados ou influenciando suas informações e estudos desenvolvidos. Esse aspecto é fundamental, uma vez que no contexto do plano de ações deste enquadramento deverão ser avaliadas e, caso necessário, ser previstas ações para serem desenvolvidas no contexto do aperfeiçoamento ou adequação dos outros instrumentos de gestão.

A Política Estadual de Recursos Hídricos em Minas Gerais foi criada por meio de Lei Estadual nº 13.199/1999 e previu os mesmos instrumentos considerados na legislação federal, acrescentando a compensação a municípios pela exploração e restrição de uso de recursos hídricos, o rateio de custos das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo e as penalidades. Apesar da política estadual já ter sido regulamentada por meio de alguns decretos, esses apenas o instrumento penalidades vem sendo aplicado, faltando ainda melhor disciplinamento para que os outros dois instrumentos sejam efetivamente aplicados no estado. Quanto ao instrumento enquadramento, na lei estadual apresenta os mesmos objetivos previstos na Lei Federal nº 9.433/1997. O decreto estadual nº 41.578/2001 regulamentou a Política Estadual de Recursos Hídricos e não apresentou maior detalhamento para o instrumento enquadramento, determinando que o CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos e o COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental, sob a coordenação da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD, estabelecessem, mediante deliberação normativa conjunta, o disciplinamento. Tal deliberação será apresentada mais adiante neste subitem.

Tratando do disciplinamento específico do instrumento enquadramento, foi formalizado em nível nacional pela já citada Resolução CNRH nº 91/2008, que definiu as quatro etapas previstas de estudos, sendo elas o diagnóstico, prognóstico, propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento e o programa de efetivação. Além disso, o documento indica os aspectos que devem ser abordados em cada uma dessas quatro etapas do estudo de enquadramento e que são seguidas de acordo com o termo de referência previsto para a elaboração do presente estudo.

Cabe destacar da Resolução CNRH nº 91/2008 em seu artigo 15, o estabelecimento das regras transitórias para a implementação das ações de gestão de recursos hídricos, mais especificamente a aplicação de instrumentos como a outorga e a cobrança, bem como o licenciamento ambiental. Nesses casos, enquanto não estiverem enquadrados os corpos de água, cabe à autoridade outorgante, em articulação com o órgão de meio ambiente, a definição da classe a ser adotada para a implementação dos instrumentos de gestão, em função dos usos preponderantes mais restritivos existentes no respectivo corpo de água. Também de forma transitória, até que o órgão outorgante tenha informações para a definição em questão e estabeleça a classe correspondente para a aplicação dos instrumentos de gestão, poderá ser adotada, para as águas doces superficiais, a classe 2.

De abrangência estadual em Minas Gerais, cabe destacar a Deliberação Normativa Conjunta do COPAM e CERH nº 06/2017, que dispõe sobre os procedimentos gerais para enquadramento de corpos de água superficiais. Nesse sentido, a DN em questão define que o enquadramento deve se dar por meio do estabelecimento de classes de qualidade para cada corpo hídrico tendo como referência seus usos preponderantes mais restritivos e a bacia hidrográfica como unidade de gestão. Por esse motivo, o capítulo sobre os usos da água deste documento já avançou na identificação e exposição dos usos preponderantes mais restritivos de cada sub-bacia. O DN mineira segue as mesmas etapas de estudos previstas na Resolução do CNRH, assim como o que deve constar em cada etapa de estudos. Além disso, apresenta regra transitória semelhante à já disposta na Resolução do CNRH, sendo definido que, enquanto não forem aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces devem ser consideradas como classe 2, exceto se apresentarem condições de qualidade atuais melhores, situação em que deverá ser aplicada classe mais rigorosa.

De abrangência nacional, cabe citar, ainda, alguns atos específicos sobre o tema e formalizados pelo CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente, como é o caso da Resolução nº 357/2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para seu enquadramento. Nesse caso, estabelece cinco classes de águas doces e suas finalidades mais restritivas de usos, a saber:

- Classe especial: águas destinadas:

- Ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e
- À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
- Classe 1: águas que podem ser destinadas:
  - Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
  - À proteção das comunidades aquáticas;
  - À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000;
  - À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
  - À proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
- Classe 2: águas que podem ser destinadas:
  - Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
  - À proteção das comunidades aquáticas;
  - À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000;
  - À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
  - À aquicultura e à atividade de pesca.
- Classe 3: águas que podem ser destinadas:
  - Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;

- À irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
  - À pesca amadora;
  - À recreação de contato secundário; e
  - À dessedentação de animais.
- Classe 4: águas que podem ser destinadas:
    - À navegação; e
    - À harmonia paisagística.

Dessa forma, quando da avaliação das propostas de enquadramento, serão consideradas questões relacionadas aos usos preponderantes mais restritivos para cada corpo hídrico. A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece, ainda, as condições e os padrões de qualidade que devem ser seguidos para atendimento aos usos estabelecidos para cada trecho e corpo de água, tanto em termos de parâmetros como seus limites máximos que devem ser observados. Na sequência, a Resolução CONAMA nº 430/2011 complementa a Resolução CONAMA nº 357/2005, em termos de condições e padrões de lançamento de efluentes.

Especificamente para as águas subterrâneas, tendo em vista a necessidade de promover a proteção da qualidade natural, a prevenção e o controle da poluição, em consonância com a legislação de recursos hídricos vigente, o CONAMA aprovou a Resolução 396/2008, que fixou as diretrizes ambientais para a classificação e enquadramento das águas subterrâneas.

A Resolução CONAMA 396/2008 classifica as águas subterrâneas em seis classes com base na qualidade hidrogeoquímica natural, possíveis alterações promovidas por atividades antrópicas e exigência ou não de tratamento para os usos preponderantes. Estabeleceu, ainda, as condições e padrões de qualidade a partir dos Valores Máximos Permitidos – VMP para sua utilização, e dos Valores de Referência de Qualidade – VRQ, determinados pelos órgãos gestores responsáveis, para cada uso preponderante, e definiu as diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.



De abrangência estadual, importante citar a DN Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. No que se refere aos usos previstos para cada classe de enquadramento, a DN estadual se mostra bastante parecida com a nacional, com a única diferença referindo-se à classe especial, que destina ao abastecimento para consumo humano, com filtração e desinfecção, sendo sublinhado o item acrescido na legislação estadual.

## **9.2 LEVANTAMENTO DAS INSTITUIÇÕES COM ATUAÇÃO NA BACIA E QUE FAZEM PARTE Do SINGREH.**

Como já disposto no subitem anterior, a Política Nacional de Recursos Hídricos foi criada por meio da Lei Federal nº 9.433/1997. A mesma lei instituiu o SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, estabelecendo as entidades responsáveis pelo processo de gestão de recursos hídricos no âmbito nacional. No âmbito estadual, a já supracitada Lei Estadual nº 13.199/1999 dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SEGRH.

Para a presente análise, são, a seguir, destacadas as entidades que apresentam responsabilidades no processo de estudo e aprovação dos enquadramentos de corpos de água em classes.

A primeira delas trata do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, órgão consultivo, normativo e deliberativo, que é responsável pela aprovação final do enquadramento encaminhado pelo respectivo CBH – Comitê de Bacia Hidrográfica, no caso de bacias hidrográficas de rios de domínio da União. No caso do estado de Minas Gerais, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH tem funções semelhantes, tendo sido criado pelo Decreto Estadual nº 26.961/1987 e sendo representado por conselheiros dos poderes público estadual e municipal de forma paritária, além de usuários e entidades da sociedade civil ligadas aos recursos hídricos, também de forma paritária. Sua estrutura é estabelecida por meio do Decreto Estadual nº 48.209/2021

Também de abrangência nacional, cabe citar a ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, instituída pela Lei Federal nº 9.984/2000 como órgão gestor de recursos hídricos nacional e com o nome original de Agência Nacional de Águas e cuja denominação foi alterada pela Lei Federal nº 14.026/2020, assumindo também as funções de agência reguladora do setor saneamento. Dentre outras funções, a ANA é responsável pela emissão das outorgas para usos de águas de domínio da União, implementar a cobrança em cursos de água de domínio da União e pelo desenvolvimento de estudos de enquadramento na ausência da agência de bacia ou entidade delegatária.

De abrangência estadual o órgão gestor de recursos hídricos é o IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas, criado por meio da Lei Estadual nº 12.584/1997, que alterou a denominação do antigo DRH – Departamento de Recursos Hídricos. O IGAM é uma autarquia vinculada à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD e que tem atribuições de análise e emissão de outorgas, desenvolvimento de estudos de cobrança e enquadramento, na ausência da respectiva agência de bacia ou entidade delegatária.

Outra instituição de grande relevância nos processos relacionados ao enquadramento trata do Comitê de Bacia Hidrográfica – CBH, que tem a responsabilidade de participar das discussões durante o período de elaboração dos estudos e de aprovar a proposta de enquadramento para deliberação final do respectivo Conselho de Recursos Hídricos. De abrangência interestadual, o CBH São Francisco foi criado por meio de decreto presidencial sem número de 5 de junho de 2001 e vem atuando desde então no processo de gestão de toda a bacia, sendo um dos mais participativos no país.

Especificamente para a CH SF4, o CBH Entorno da Represa de Três Marias foi criado por meio do Decreto Estadual nº 43.798/2004 e tem 48 representantes distribuídos de forma paritária entre o poder público estadual, municipal, usuários e entidades da sociedade civil. O CBH Pará tem sido bastante atuante, já tendo aprovado seu PDRH em 2015, mas ainda carece avançar em critérios e normas de cobrança pelo uso dos recursos hídricos na discussão e definição da Entidade Delegatária das funções de Agência de Bacia.

De toda forma, considerando como bacia hidrográfica do rio São Francisco, cabe citar a Agência Peixe Vivo como ator de importante atuação na bacia, como Entidade Delegatária das funções de Agência de Bacia e que, com isso, vem recebendo os recursos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos na bacia, contratando e gerindo os estudos com os recursos arrecadados, sendo o braço executivo do CBH São Francisco.

Por fim, cabe destacar a já citada Resolução CNRH nº 91/2008, que apresenta as responsabilidades de elaboração dos estudos de enquadramento em seu artigo 8º, sendo que em caso como o da CH SF4 – Entorno da Represa de Três Marias, a entidade delegatária, em articulação com os órgãos gestores de recursos hídricos e os órgãos de meio ambiente, deverá elaborar os estudos de enquadramento e encaminhar as propostas de alternativas ao CBH para discussão, aprovação e posterior encaminhamento, para deliberação do CERH. Atribuições semelhantes são previstas na também já citada DN Conjunta COPAM-CERH nº 06/2017.

## **10. LEVANTAMENTO DE POLÍTICAS, PLANOS E PROGRAMAS LOCAIS E REGIONAIS EXISTENTES E CAPACIDADE DE INVESTIMENTO**

Esta análise foi realizada para cada um dos municípios que fazem parte da CH SF4 e tratou da verificação daqueles que possuem Planos Municipais de Saneamento Básico ou Planos Diretores e que poderiam de alguma forma nortear o uso do solo e da água na região. Nesse sentido, foi construído o Quadro 10.1, com a relação dos planos identificados. Como se verifica pelo quadro em questão, apenas 9 municípios já possuem seus PMSBs elaborados e 6 possuem Planos Diretores. Vale lembrar que a elaboração de PMSBs é obrigatória de acordo com a Política Nacional de Saneamento Básico – Lei Federal nº 11.445/2007, modificada pela Lei 14.026/2020, que estipula os seguintes prazos para sua elaboração e aprovação:

- Até 2 de agosto de 2020 para municípios com mais de 100.000 habitantes (apenas Patos de Minas na bacia); e
- 2 de agosto de 2024 para municípios com menos de 50.000 habitantes (na Bacia, todos os demais).

**Quadro 10.1 – PMSBs e Planos Diretores dos municípios da bacia**

Município	PMSB	Ano	Plano Diretor	Ano
Abaeté	Sim	2014	Sim	2007
Arapuá	Não	-	Não	-
Biquinhas	Não	-	Não	-
Carmo do Paranaíba	Sim	2016	Sim	2006
Cedro do Abaeté	Sim	2019	Sim	1974
Córrego Danta	Não	-	Não	-
Estrela do Indaiá	Não	-	Não	-
Felixlândia	Sim	2019	Sim	-
Lagoa Formosa	Não	-	Sim	-
Matutina	Não	-	Não	-
Morada Nova de Minas	Sim	2019	Não	-
Paineiras	Não	-	Não	-
Patos de Minas	Sim	2020	Sim	2006
Pompéu	Sim	2014	Sim	2007
Quartel Geral	Não	-	Não	-
Rio Paranaíba	Sim	2014	Não	-
Santa Rosa da Serra	Não	-	Não	-
São Gonçalo do Abaeté	Não	-	Não	-
São Gotardo	Não	-	Sim	2008
Serra da Saudade	Sim	2019	Não	-
Tiros	Não	-	Não	-
Três Marias	Sim	2014	Sim	2008
Varjão de Minas	Não	-	Não	-

Fonte: Pesquisa realizada nos sites das Prefeituras e/ou Câmara Municipal de cada município.  
Elaboração: Engecorps, 2021

Para estimar a capacidade de investimento dos municípios da CH SF4, foram abordadas algumas informações. Em primeiro lugar, foram buscadas informações sobre a capacidade de pagamento, que é calculada e divulgada pela Secretaria do Tesouro Nacional através do CAPAG – Capacidade de Pagamento, espécie de *rating* cuja metodologia classifica a capacidade de pagamento dos entes subnacionais em níveis (“A”, “B”, “C” ou “D”), os quais são determinados por critérios técnicos que definem se é possível, a este ente, pleitear financiamento ou garantia por parte da União.

O Quadro 10.2 apresenta o CAPAG para os municípios da bacia conforme informações disponíveis no sistema do Tesouro Nacional. De uma forma geral,

observa-se que a predominância de CAPAG C, que mostra baixo índice possível de pagamento e que poderia ser utilizado para dar suporte a solicitações de financiamento de ações nos municípios da bacia, considerando, inclusive, ações voltadas aos recursos hídricos.

Verifica-se que somente os municípios de Cedro do Abaeté, Pompéu, Quartel Geral e Rio Paranaíba alcançaram o conceito A em 2020. Ainda assim esse não é o único critério a definir a capacidade de endividamento municipal com a finalidade de investimento. Dentre outros diplomas legais, é preciso considerar, também, a Lei de Responsabilidade Fiscal (Lei Complementar 101/2000) que determina que os estados e municípios não podem contrair dívidas superiores a 60% da sua Receita Corrente Líquida bem como estão impedidos de comprometer mais de 95% das suas receitas com despesas de pessoal. O endividamento consolidado dos municípios também não pode superar 120% das receitas correntes líquidas anuais.

**Quadro 10.2 – CAPAG para os municípios da bacia.**

Município	Indicador de Endividamento (%)	Classificação Endividamento	Indicador de Poupança Corrente (%)	Classificação Poupança	Indicador de Liquidez (%)	Classificação Liquidez	Classificação CAPAG
Abaeté	0,31	A	0,90	B	0,13	A	B
Arapuá	0,28	A	0,95	C	0,58	A	C
Biquinhas	0,11	A	1,04	C	85,21	C	C
Carmo do Paranaíba	0,08	A	0,91	B	0,57	A	B
Cedro do Abaeté	0,05	A	0,88	A	0,03	A	A
Córrego Danta	0,04	A	0,94	B	5,72	C	C
Estrela do Indaiá	0,11	A	0,91	B	3,11	C	C
Felixlândia	0,38	A	0,94	B	-0,14	C	C
Lagoa Formosa	0,02	A	0,94	B	0,24	A	B
Matutina	0,05	A	0,91	B	0,13	A	B
Morada Nova de Minas	0,25	A	1,01	C	3,26	C	C
Patos de Minas	0,07	A	0,86	A	1,17	C	C
Pompéu	0,33	A	0,89	A	0,41	A	A
Quartel Geral	0,28	A	0,89	A	0,07	A	A
Rio Paranaíba	0,23	A	0,78	A	0,08	A	A
Santa Rosa da Serra	0,11	A	0,89	A	3,34	C	C
São Gonçalo do Abaeté	0,13	A	0,94	B	1,94	C	C
São Gotardo	0,05	A	0,89	A	1,04	C	C
Serra da Saudade	0,00	n.d.	0,98	C	0,00	n.d.	n.d.
Tiros	0,01	A	0,97	C	0,25	A	C
Três Marias	0,21	A	0,94	B	24,13	C	C
Varjão de Minas	0,16	A	1,15	C	0,98	A	C

Fonte: CAPAG. Capacidade de Pagamento dos Municípios. Tesouro Nacional Transparente. Economia e Finanças. Brasília, 2020.



Um segundo parâmetro a ser considerado é a relação entre receitas e despesas dos municípios da bacia, sendo suas informações sistematizadas no Quadro 10.3 para o ano de 2019. Conforme pode ser constatado no quadro em questão, apenas Cedro do Abaeté e Onça do Pitangui apresentaram superávit em 2019. Para os demais municípios, essa relação negativa variou de -1,26% (em Arapuá) a -44,43% (Varjão de Minas). Destaca-se de forma negativa, o fato dos municípios da bacia apresentarem balanço financeiro deficitário, o que prejudica que adquiram novos financiamentos ou o potencial para investirem em novas ações positivas para a bacia.

**Quadro 10.3 – Finanças Municipais na CH SF4.**

Município	Receitas (R\$)	Despesas (R\$)	Relação (R-D)	%
Abaeté	127.272.246,14	135.034.075,98	-7.761.829,84	-6,10
Arapuá	44.384.738,28	44.946.193,38	-561.455,10	-1,26
Biquinhas	38.863.379,70	43.574.667,91	-4.711.288,21	-12,12
Carmo do Paranaíba	224.089.501,60	256.724.228,40	-32.634.726,80	-14,56
Cedro do Abaeté	32.991.626,52	32.960.841,98	30.784,54	0,09
Córrego Danta	45.332.743,56	49.962.830,17	-4.630.086,61	-10,21
Estrela do Indaiá	38.969.852,32	43.027.939,58	-4.058.087,26	-10,41
Felixlândia	108.952.438,42	133.735.311,05	-24.782.872,63	-22,75
Lagoa Formosa	147.687.797,38	175.474.717,07	-27.786.919,69	-18,81
Matutina	40.420.914,02	43.103.137,62	-2.682.223,60	-6,64
Morada Nova de Minas	88.962.838,24	98.290.877,84	-9.328.039,60	-10,49
Patos de Minas	1.226.649.672,46	1.313.334.986,24	-86.685.313,78	-7,07
Pompéu	223.299.600,36	256.243.447,82	-32.943.847,46	-14,75
Quartel Geral	49.976.774,64	48.274.952,92	1.701.821,72	3,41
Rio Paranaíba	149.784.550,26	159.012.355,04	-9.227.804,78	-6,16
Santa Rosa da Serra	44.763.667,90	47.778.542,38	-3.014.874,48	-6,74
São Gonçalo do Abaeté	68.425.028,28	74.300.665,33	-5.875.637,05	-8,59
São Gotardo	215.826.323,30	235.627.703,88	-19.801.380,58	-9,17
Serra da Saudade	34.920.835,38	37.862.911,71	-2.942.076,33	-8,42
Tiros	68.998.994,92	80.197.531,83	-11.198.536,91	-16,23
Três Marias	297.493.911,64	338.409.391,84	-40.915.480,20	-13,75
Varjão de Minas	45.346.386,52	65.494.093,53	-20.147.707,01	-44,43
<b>TOTAL</b>	<b>3.363.413.821,84</b>	<b>3.713.371.403,50</b>	<b>-349.957.581,66</b>	

Fonte: Tesouro Nacional – Siconfi/ Engecorps

Destaca-se que a Lei Federal nº 11.445/2007 estabelece que os serviços públicos de saneamento básico tenham a sustentabilidade econômico-financeira assegurada, sempre que possível, mediante remuneração pela cobrança dos serviços. A mesma

Lei indica, ainda, que podem ser adotados subsídios tarifários e não tarifários para os usuários e localidades que não tenham capacidade de pagamento ou escala econômica suficiente para cobrir o custo integral dos serviços. Neste sentido, para planejar o acesso aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário é importante conhecer não só a capacidade financeira dos municípios, mas também a renda média da população e a situação de trabalho da população local, conforme Quadro 3.25 exposto na análise socioeconômica dos municípios da bacia. Com rendimento assalariado médio em torno de dois salários mínimos, há que se considerar a existência de parcela significativa da população em situação de informalidade e rendimentos inferiores a esse patamar.

Dentre as políticas e planos existentes e com abrangência na bacia, cabe destacar o Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco – PRHSF 2016-2025 e os recursos advindos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos na bacia do rio São Francisco como um todo, bem como o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias.

O PRHSF foi aprovado pelo CBHSF por meio de sua Deliberação nº 91/2016 e tem vigência decenal, pelo período de 2016 a 2025 e foi elaborado seguindo as etapas de diagnóstico, prognóstico e plano de ações. Seu plano de ações foi estruturado em seis eixos de atuação, como exposto a seguir:

- Eixo I – Governança e mobilização social;
- Eixo II – Qualidade da água e saneamento;
- Eixo III – Quantidade de água e usos múltiplos;
- Eixo IV – Sustentabilidade hídrica do semiárido;
- Eixo V – Biodiversidade e requalificação ambiental;
- Eixo VI – Uso da terra e segurança de barragens.

Para cada um dos eixos foram definidas metas para serem atingidas até o ano de 2025, atividades, indicadores e foi previsto um investimento a ser dispendido com recursos advindos da cobrança, dentre outras fontes possíveis de serem obtidas na bacia. O presente estudo está, inclusive, sendo desenvolvido no contexto do Eixo I,

atividade I.1.a que se refere à implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos na bacia, sendo que um dos indicadores estabelecidos é o número de corpos de água superficial com enquadramento aprovado e outro é o número de aquíferos com proposta de enquadramento. Além dessas ações previstas, há uma série de outras no contexto do PRHSF e que serão avaliadas mais a fundo quando da etapa de proposição do programa de efetivação do enquadramento, de forma a verificar a compatibilidade e possibilidade de sinergia e otimização do dispêndio de recursos na bacia.

O PDRH da Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias foi aprovado por meio da Deliberação nº 10/2015 de seu CBH e tem seu plano de ações estruturado em cinco componentes e ações de acordo com o Quadro 10.4. Apesar do documento do PDRH em questão apresentar uma estimativa de custo por ação, não apresenta seu detalhamento com justificativas ou como deverá ser executada cada uma delas.

Além disso, cabe destacar que os custos estimados não foram associados a fontes de recursos disponíveis, o que dificulta o processo de implementação do respectivo plano. Assim como no caso do PRHSF, o plano de ações do PDRH da Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias será revisitado quando da proposição do programa de efetivação do enquadramento, de forma a verificar potencial sinergia entre ações e de otimização dos recursos disponíveis, de forma a levar a melhores benefícios para a bacia.

**Quadro 10.4 – Componentes e ações do PDRH da Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias.**

Componente	Ação
Componente I – Informações para a Gestão	AP1 – Cadastro de usuários de águas
	AP2 – Cadastro de obras hídricas
	AP3 – Adensamento da rede de monitoramento fluviométrica
	AP4 – Atualização da base de disponibilidades hídricas para emissão de outorga
	AP5 – Estudo de inventário de locais para construção de barramentos para incremento da disponibilidade hídrica
	AP6 – Implementação de um sistema de monitoramento diário das aflúências em pontos de entrega para fins de gerenciamento em períodos de escassez hídrica
	AP7 – Adensamento de uma rede de monitoramento da qualidade de água
	AP8 – Recalibração do modelo de qualidade de água
Componente II – Instrumentos de Gestão	AP 17 - Implementação do Sistema de Informações em Gestão de Recursos Hídricos

Componente	Ação
	AP 19 - Implementação do Sistema de Controle de Outorgas
	AP 20 - Implementação da cobrança pelo uso da água e mecanismos de adesão voluntária
Componente III – Articulação entre Setores	AP 9 - Monitoramento e adequação dos processos de tratamento efluentes industriais, às classes de Enquadramento.
	AP 10 - Elaborar os Planos Municipais de Saneamento Básico Alinhados com o Enquadramento.
	AP 11 - Elaborar e adequar processos de tratamento do SES projetados e em operação com vistas à adequação à proposta de Enquadramento
Componente IV – Recuperação Hidroambiental	AP 12 - Inserir a recuperação de nascentes e áreas degradadas no contexto da educação ambiental
	AP 13 - Elaborar e implementar um programa de proteção e recuperação de áreas degradadas
	AP 14 - Realizar um inventário das áreas degradadas na bacia
	AP 15 - Realizar um inventário das nascentes e APP's a serem preservadas e recuperadas na bacia
	AP 16 - Elaborar e implementar um programa de proteção e recuperação de mananciais e nascentes
Componente V – Governança	AP 18 - Implementação do Sistema de acompanhamento das ações e metas do plano
	AP 21 - Formatação de estrutura organizacional e estabelecimento de requisitos para celebração de contrato de gestão com a Agência.
	AP 22 - Promover a capacitação continuada em Gestão para os membros do CBH
	AP 23 - Implementar Programa de Comunicação Social

Fonte: Gama (2015)

## 11. CONSULTA PÚBLICA

### 11.1 CONVITES E MOBILIZAÇÃO

O processo de mobilização para a Consulta Pública de validação do Diagnóstico foi feito por meio de contato telefônico e por e-mail aos membros dos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHSF e CBH do Entorno da Represa de Três Marias), às secretarias de meio ambiente dos municípios pertencentes à bacia, aos membros do Grupo de Acompanhamento Técnico – GAT e a federações e entidades representativas de usuários, tais como a Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais – FIEMG e a Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais – FAEMG.

Os convites enviados são mostrados na Figura 11.1 e Figura 11.2 a seguir.

**CONSULTAS PÚBLICAS**

O Comitê de Bacia Hidrográfica SF convida para a Consulta Pública de apresentação dos resultados do diagnóstico do estudo de Enquadramento de Corpos de Água em Classes.

08/09/2021 - 14H30 MIN  
**Circunscrição Hidrográfica SF 2 – Bacia Hidrográfica do Rio Pará**  
[Link de Acesso](#)


09/09/2021 - 08H30 MIN  
**Circunscrição Hidrográfica SF 3 – Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba**  
[Link de Acesso](#)

09/09/2021 – 14h  
**Circunscrição Hidrográfica SF 4 – Entorno da Represa de Três Marias**  
[Link de Acesso](#)

**REALIZAÇÃO**

**APOIO**

**EXECUÇÃO**



**Figura 11.1 – Convite à Consulta Pública de Validação do Diagnóstico das 3 bacias hidrográficas em estudo**

**CONSULTA PÚBLICA**

Consulta Pública do Diagnóstico do Estudo de Enquadramento de Corpos de Água em Classes para a Circunscrição Hidrográfica SF 4 – Entorno da Represa de Três Marias

**Objetivo da Consulta Pública**

Validar o diagnóstico do “rio que temos” em termos de qualidade e usos da água atuais

[LINK: ACESSAR REUNIÃO](#)

09/09/2021 – 14h

**PROGRAMAÇÃO**

14h30 – 14h45: Abertura – CBH SF, Agência Peixe Vivo, IGAM e CBH Estadual  
 14h45 – 15h15: Apresentação do conteúdo do diagnóstico pela Engecorps  
 15h15 – 15h45: Abertura para comentários sobre a apresentação – 30 minutos  
 15h45: Discussão por curso de água – Validação do “rio que temos” – usos atuais

**Público Alvo**


- Representantes do Comitê de Bacia Hidrográfica
- Órgãos gestores de recursos hídricos e outros atores atuantes no processo de gerenciamento de recursos hídricos, como usuários, sociedade civil e prefeituras.

**MARQUE NA SUA AGENDA!**

**REALIZAÇÃO**

**APOIO**

**EXECUÇÃO**



**Figura 11.2 – Convite à Consulta Pública de Validação do Diagnóstico da CH SF4**

Um exemplo de e-mail enviado aos convidados está apresentado no Anexo I do presente relatório.

Previamente à realização da consulta foi realizada uma reunião com os membros do GAT para apresentação prévia do relatório, cuja ata está apresentada no Anexo II do presente relatório.

## **11.2 REALIZAÇÃO DO EVENTO**

O evento ocorreu de forma virtual, na plataforma Microsoft Teams, no dia 09 de Setembro de 2021, das 14:00 às 16:30 e contou com a participação de 24 pessoas, dentre membros de CBHs, de setores usuários e de representantes do poder público municipal, dentre outros.

O evento teve sua abertura com as palavras de representantes do CBHSF, do CBH do Entorno de Três Marias, do IGAM e da Agência Peixe Vivo. Em seguida, foi feita uma apresentação do conteúdo do Diagnóstico, com exposição da estrutura do relatório e abordagem dos principais pontos, acompanhando-se uma apresentação em formato Microsoft PowerPoint, o qual se encontra anexado (Anexo III) no presente relatório. Finalizada a apresentação, a fala foi passada ao público participante, para que pudesse tirar dúvidas e tecer comentários acerca do conteúdo do relatório.

Em seguida, procedeu-se para a segunda parte da Consulta Pública, objetivando-se a discussão e validação do “rio que temos”, ou seja, do Diagnóstico das águas superficiais da bacia. Para tanto, utilizou-se da metodologia do “Mapa Falado”, onde foi compartilhado um mapa contendo a localização espacial da bacia e as principais intervenções nela presentes, separadas em diferentes layers, para discussão e validação item a item. Considerando-se o porte da bacia e o tamanho limitado da tela de computador, a bacia foi dividida em partes, para facilitar a visualização detalhada das intervenções. Assim, a discussão foi dividida em: i) região da margem direita da Represa de Três Marias, englobando a Interbacia Margem Direita e as sub-bacias SB8 a SB16; ii) região da margem esquerda da Represa de Três Marias, englobando a Interbacia Margem Esquerda e as sub-bacias SB4 a SB7 e SB17; iii) sub-bacia do Rio Abaeté – SB1; iv) sub-bacia do Rio Borrachudo – SB2; e v) sub-bacia do Rio Indaiá – SB3. Assim, para cada uma das regiões, foram discutidas e validadas as seguintes intervenções: a) presença de Unidades de Conservação de Proteção Integral; b) presença de fontes de poluição pontual de ETEs e de empreendimentos; e c)



principais usos da água na região, materializados pelas outorgas e cadastros de usos insignificantes.

### **11.3 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES**

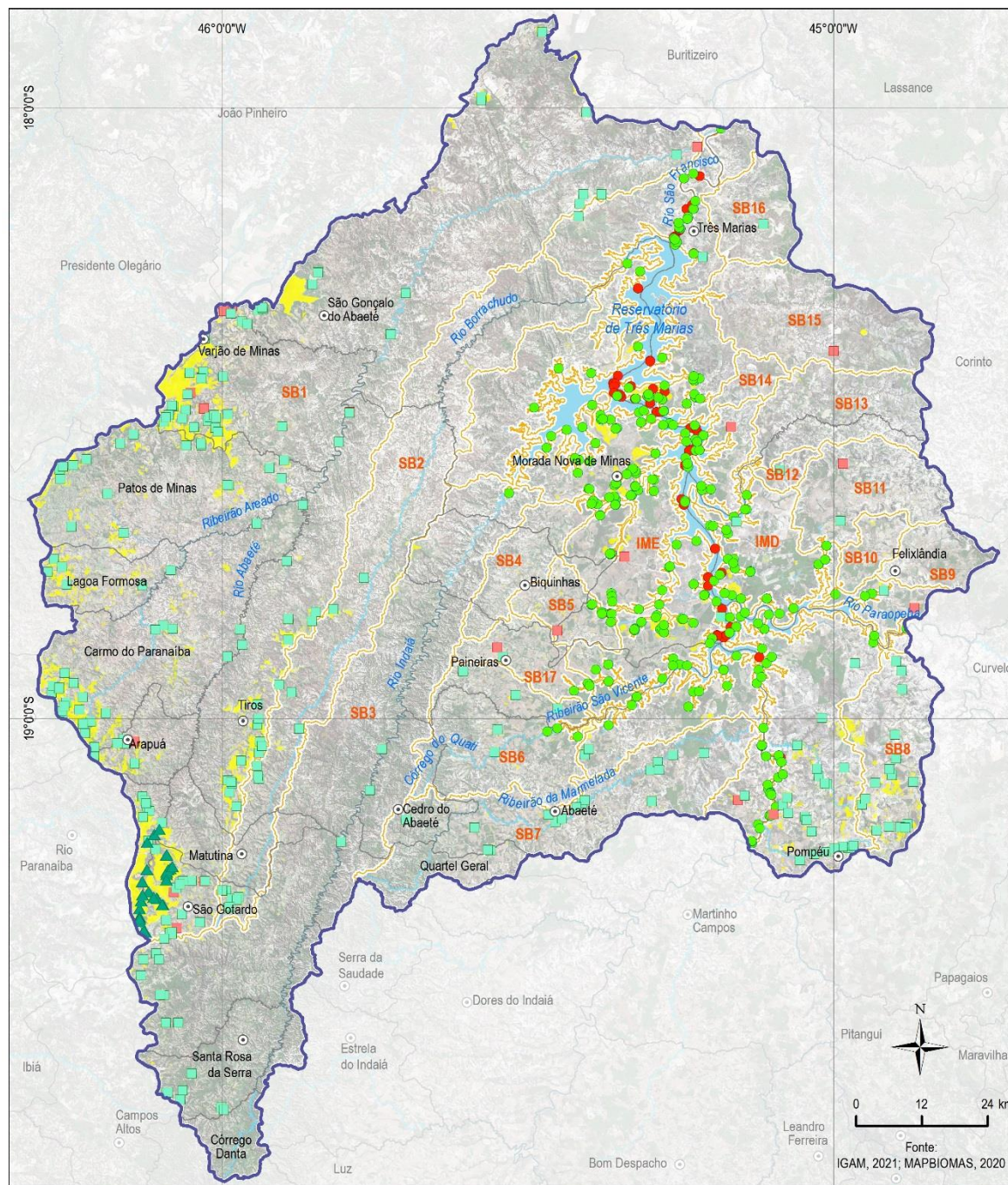
---

As principais contribuições e comentários dos participantes da Consulta estão a seguir itemizados:

Os participantes notaram poucos usos nas sub-bacias da margem direita e esquerda, como as sub-bacias SB9 a SB16 e SB4 a SB7 e pediram verificação das outorgas concedidas e dos usos insignificantes registrados.

O levantamento de outorgas foi feito junto à base da ANA, para outorgas federais e do IGAM para outorgas estaduais e cadastros de usos insignificantes. Foi aplicado um filtro no registro de outorgas de modo a considerar apenas as outorgas cujo vencimento se dava a partir do ano de 2020, ou seja, foram desconsideradas as outorgas cujo ano de validade era de 2019 ou mais antigo.

Diante do comentário, foi feita nova análise considerando também as outorgas vencidas, para proceder à verificação de possíveis outorgas antigas nestas regiões com baixa densidade de outorgas. Porém, a análise mostrou que há de fato poucas outorgas, tanto válidas, como vencidas, nessas regiões. A Figura 11.3 a seguir mostra as outorgas vigentes e vencidas na bacia CH SF4. O mapa mostra também as áreas agrícolas na bacia. Pode-se observar que as regiões com maior densidade de outorgas estão associadas às principais áreas agrícolas da bacia e que nas regiões citadas na Consulta Pública observa-se pouca concentração de áreas agrícolas, o que pode justificar a baixa densidade de outorgas.



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- ⬭ CH SF4 - Região do Entorno do Reservatório de Três Marias
- ⬭ Sub-bacias
- Áreas agrícolas
- Outorgas**
- ▲ Coletiva Vigente
- Estadual Vencida
- Estadual Vigente
- Federal Vencida
- Federal Vigente

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**



**Figura 11.3 – Distribuição das outorgas vigentes e vencidas e áreas agrícolas na CH SF4**

- Os participantes teceram comentários, apenas a título de observação e atenção para os órgãos fiscalizadores do Estado, de que muitos usos no Rio Abaeté não constam na base de outorgas.
- Os participantes comentaram, também a título de observação, que as outorgas concedidas nos rios Abaeté, Borrachudo e Indaiá são majoritariamente de mineração de diamante.

## 12. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este documento trata do diagnóstico dos recursos hídricos para a bacia hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias (CH SF4). Nesse sentido, apresentou a análise das informações disponíveis na bacia, com o foco na condição de qualidade da bacia hidrográfica e nos estudos de caracterização dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, bem como os usos preponderantes existentes na bacia e em suas sub-bacias, com base em dados de outorgas e de usos consuntivos estimados para a bacia.

Assim, apresentou inicialmente uma caracterização dos meios físico, biótico e socioeconômico da bacia e seus principais aspectos relevantes ao estudo de enquadramento. Na sequência, apresentou as informações das vazões de referência e estações fluviométricas cujas séries históricas serão utilizadas nos estudos de modelagem de qualidade das águas na bacia, pensando já nas fases seguintes de prognóstico e proposição do enquadramento dos corpos hídricos da bacia.

A identificação dos usos existentes e aqueles preponderantes e mais restritivos em cada bacia sub-bacia foi apresentada na sequência, mostrando que parte importante da bacia tem usos para consumo humano e dessedentação animal. Vale destacar que, por meio das bases de dados disponíveis, não foi possível conhecer as informações sobre tipos de tratamento das águas utilizadas para consumo humano, o que permitiria dar suporte a uma melhor consideração dentre as finalidades possíveis de acordo com os normativos nacional e estadual de classificação das águas.

Na sequência, foram apresentadas informações sobre a caracterização hidrogeológica e a disponibilidade de águas subterrâneas de acordo com a base de

dados disponível. Nesse caso, o destaque é dado para a grande dificuldade para a obtenção de informações que pudessem dar suporte ao desenvolvimento de estudos mais acurados, principalmente no que se refere à qualidade das águas subterrâneas. Apesar de demandadas informações de qualidade dos poços cujas águas são utilizadas para abastecimento humano ou mesmo de outros poços perfurados e disponíveis na bacia, tais informações são bastante escassas e não foram obtidas.

O documento seguiu para análises voltadas às condições de qualidade, com estimativas de cargas poluidoras pontuais e difusas e sobre a condição atual das águas dos corpos hídricos da bacia. Nesse caso, pode ser ressaltado aqui o grande número de parâmetros e pontos em que o ICE mostrou desconformidade ao longo de parte importante da bacia, o que deverá ser tratado mais adiante, com o processo de modelagem e análise das condições futuras da bacia e ações que deverão ser executadas.

Por fim, foi apresentada análise do arcabouço legal e institucional e políticas, planos e programas existentes na bacia, o que dará suporte importante para as etapas seguintes do estudo, mais notadamente no que se refere ao programa de efetivação do enquadramento e as ações que serão propostas para a execução na bacia. Nesse sentido, cabe destacar que no momento de proposição das ações elas serão verificadas quanto à compatibilidade com planos já existentes, mais especificamente o PDRH da Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias e o PRHSF, o que fará com que tenham potencializados seus resultados na bacia.

Assim, considera-se que foi realizada uma caracterização adequada das condições atuais da bacia em termos de diagnóstico com as informações relevantes para dar suporte à continuidade dos estudos de enquadramento para a próxima etapa, em que serão desenvolvidos cenários possíveis de ocorrer na bacia.

### 13. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9.897/1987: Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimento. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_. NBR 9.898/1987: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_. NBR 13.969/1997: Tanques Sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ACWORTH, R. I. The development of crystalline basement aquifers in a tropical environment. *Quart. J. Eng. Geol. Hydrogeol.*, 20 (4), pp. 265-272, 1987.

ALKMIM, F.F. História Geológica de Minas Gerais. Disponível em <<http://recursomineralmg.codemge.com.br/wp-content/uploads/2018/10/HistoriaGeologicadeMG.pdf>>. Acesso em: maio de 2021.

ALMEIDA, ELIANE DE PAULA CLEMENTE; SANTOS, HUMBERTO GONÇALVES DOS; ZARONI, MARIA JOSÉ. Latossolos Vermelho-Amarelos. [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000g05ip3qr02wx5ok0q43a0r3t5vjo4.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000g05ip3qr02wx5ok0q43a0r3t5vjo4.html)>. Acessado em 05/2021.

ALVIM, L. A. C. Monitoramento Automático da Qualidade das Águas no Estado de São Paulo. Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo – CETESB, São Paulo, 2013.

AMORIM, L. F. Hydrodynamics and Water Quality Assessment Of Lakes By Thermal Behaviour And Modelling. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da USP. 2020.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil, 2021 disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/e2d38e3f-5e62-41ad-87ab-990490841073>>. Acesso em: maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Atualização do Atlas Águas: Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano. No prelo.

\_\_\_\_\_. Barragens de rejeito de mineração. Disponível em: <<https://www.snisb.gov.br>>. Acesso em junho de 2021.

\_\_\_\_\_. Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br>>. Acesso em maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Caderno de Recursos Hídricos 6: Implementação do Enquadramento em Bacias Hidrográficas no Brasil; Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos – SNIRH: arquitetura computacional e sistêmica no Brasil. Brasília, DF, 2009. Disponível em: <[https://www.ana.gov.br/acoesadministrativas/cdoc/CatalogoPublicacoes\\_2009.asp](https://www.ana.gov.br/acoesadministrativas/cdoc/CatalogoPublicacoes_2009.asp)>. Acesso em junho de 2021.

\_\_\_\_\_. Ciclo Hidrológico e Águas Subterrâneas. 2014. <<https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2014/CicloHidrologico eAguasSubterraneas2014.pdf>> Acesso em Maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Demanda Hídrica Total e Setorial por Microbacia. 2017. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/5146c9ec-5589-4af1-bd64-d34848f484fd>>. Acesso em: junho de 2021.

\_\_\_\_\_. Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários, ano base 2019. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br>>. Acesso em junho de 2021.

\_\_\_\_\_. Estudos hidrogeológicos e de vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucua e proposição de modelo de gestão integrada compartilhada: resumo executivo / Agência Nacional de Águas; Elaboração e Execução: Consórcio Engecorps - Walm. -- Brasília: ANA, 2017.

\_\_\_\_\_. Evaporação Líquida de Reservatórios Artificiais. 2017. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/5146c9ec-5589-4af1-bd64-d34848f484fd>>. Acesso em: junho de 2021.



\_\_\_\_\_. Hidrogeologia dos ambientes cársticos da Bacia do Rio São Francisco para a gestão de recursos hídricos: resumo executivo / Agência Nacional de Águas; Elaboração e execução: TPF – Techne. Brasília: ANA, 2018.

\_\_\_\_\_. Implementação do enquadramento em bacias hidrográficas no Brasil; Sistema nacional de informações sobre recursos hídricos – Snirh no Brasil: arquitetura computacional e sistêmica / Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2009. ISBN 978-85-89629-49-2

\_\_\_\_\_. Portal Hidroweb. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>>. Acesso em: maio de 2021.

ANA/CETESB. Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <<https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/GuiaNacionalDeColeta.pdf>>. Acesso em junho de 2021.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Sistema de Informações de Geração da ANEEL – SIGA. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoibjoiNjc4OGYyYjQyYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2liwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYtctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>>. Acesso em: junho de 2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n 274, de 29 de novembro de 2000. Brasília, DF, 2000. Disponível em: <[http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/Resolu%C3%A7%C3%A3o\\_Conama\\_274\\_Balneariedade.pdf](http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/Resolu%C3%A7%C3%A3o_Conama_274_Balneariedade.pdf)>. Acesso em maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA n 357, de 17 de março de 2005. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <[https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res\\_conama\\_357\\_2005\\_classificacao\\_corpos\\_agua\\_rtfda\\_altrd\\_res\\_393\\_2007\\_397\\_2008\\_410\\_2009\\_430\\_2011.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf)>. Acesso em maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA n 396, de 03 de abril de 2008. Brasília, DF, 2008. Disponível em:

<<http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf>>. Acesso em maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA n 430, de 13 de maio de 2011. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>>. Acesso em maio de 2021.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução CNRH n 91, de 05 de novembro de 2008. Belo Horizonte, MG, 2008. Disponível em: <<https://cnrh.mdr.gov.br/resolucoes?limit=100&limitstart=100>>. Acesso em junho de 2021.

BRASIL. Presidência da República. Decreto de 05 de junho de 2001 – Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Brasília, DF, 2001. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/dnn/2001/Dnn9225.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/dnn/2001/Dnn9225.htm)>. Acesso em maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Lei n 9.433, de 08 de janeiro de 1997 – Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm)>. Acesso em junho de 2021.

\_\_\_\_\_. Lei n 9.984, de 17 de julho de 2000 – Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA. Brasília, DF, 2000. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9984.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9984.htm)>. Acesso em maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Lei n 11.445, de 05 de janeiro de 2007 – Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, DF, 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)>. Acesso em maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Lei Federal n 12.187, de 29 de dezembro de 2009 – Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC. Brasília, DF, 2009. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm)>. Acesso em maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Lei n 14.026, de 15 de julho de 2020 – Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei n 9.984, de 17 de julho de 2000. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm#art2](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm#art2)>. Acesso em maio de 2021.

BUSS, D. F., BAPTISTA, D. F., NESSIMIAN, J. L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios.

CAMPOS, J. E. G.; DARDENNE, M. A. Estratigrafia e sedimentação da bacia Sanfranciscana: Uma Revisão. RBG 27(3):269-282. 1997.

CARVALHO, L. M. T. et al. Monitoramento dos reflorestamentos no estado de Minas Gerais. In: SCOLFORO, J. R.; CARVALHO, L. M. T.; OLIVEIRA, A. D.(Ed.). Inventário Florestal de Minas Gerais: Monitoramento dos reflorestamentos e tendências da produção em volume, peso de matéria seca e carbono. Lavras: UFLA, 2008. cap 1. 90 p. Disponível em: <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/13192>>

Atualização disponível em: <<https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>>CBHSF – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Deliberação CBHSF n 91, de 15 de setembro de 2016. Belo Horizonte, MG, 2016. Disponível em: <<https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/deliberacoes/>>. Acesso em maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2016-2025. Resumo Executivo. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Alagoas, 2016.

\_\_\_\_\_. Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – SIGASF. Disponível em: <<https://siga.cbhsaofrancisco.org.br>>. Acesso em maio de 2021.

CHAPRA, S. C. Surface Water-Quality Modeling. [S.l.]: Waveland Press,

COGO, NEROLI PEDRO; LEVIEN, RENATO; SCHWARZ, RICARDO ALTAIR. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciada por métodos de preparo, classes de

declive e níveis de fertilidade do solo. Revista brasileira de ciência do solo. Campinas. Vol. 27, n. 4 (jul./ago. 2003), p. 743-753, 2003.

COSTA, M.B. Avaliação da Irrigação por Pivô Central na cultura do café (*Coffea caniflora* L.) e na cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no município de Pinheiros – ES. ESALQ – USP, Piracicaba: 2006. Tese de Doutorado.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo: Rio de Janeiro: folha SE.23 – Belo Horizonte: folha SE.23. Brasília: CPRM, 2004. Escala 1: 1.000.000. Programa Geologia do Brasil

\_\_\_\_\_. Mapa de domínios e subdomínios hidrogeológicos do Brasil. Rio de Janeiro. Escala 1:2.500.000 SIG. 2007.

\_\_\_\_\_. Sistema de Informação de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil – SIAGAS. Disponível em: < <http://siagasweb.cprm.gov.br> >. Acesso em junho de 2021.

CREECH, C. T.; SIQUEIRA, R. B.; SELEGEAN, J. P.; MILLER, C. Anthropogenic impacts to the sediment budget of São Francisco River navigation channel using SWAT. International Journal of Agricultural & Biological Engineering, v.8, n.3, p.140-157, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3965/j.ijabe.20150803.1372>. Acesso em maio de 2021.

CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M.R. Hidrologia Subterrânea. Ed. Omega, vols. 1 e 2. 1996.

DAEE/UNESP. Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. Diretrizes de Utilização e Proteção. Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) / Universidade Estadual Paulista (UNESP). São Paulo. 44 p. 2013.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE. Estudo de águas subterrâneas, região administrativa 6: Ribeirão Preto / São Paulo, São Paulo: DAEE. 4v. 1974.

\_\_\_\_\_. Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo. Escala 1:1.000.000. Nota explicativa. São Paulo. São Paulo: DAEE-Departamento de Águas

e Energia Elétrica, IG- Instituto Geológico, IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas, CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 3 v. (mapa e CD-ROM). 2005.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, divisão de Solos. 2020. Mapa de suscetibilidade dos solos à erosão hídrica do Brasil (Primeira aproximação), disponível em <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2916#more>

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. Áreas declaradas contaminadas, ano base 2020. Disponível em: <<http://www.feam.br/-qualidade-do-solo-e-areas-contaminadas/inventario-e-lista-de-areas-contaminadas>>. Acesso em junho de 2021.

\_\_\_\_\_. Declaração de carga poluidora, ano base 2019. Disponível em: <<http://www.feam.br/-declaracao-de-carga-poluidora>>. Acesso em junho de 2021.

\_\_\_\_\_. Estratégia de Adaptação Regional às Mudanças Climáticas para Minas Gerais. Minas Gerais, 2014.

\_\_\_\_\_. Estudo de Vulnerabilidade Regional às Mudanças Climáticas de Minas Gerais. Minas Gerais, 2015.

FETTER, C. W. Applied Hydrogeology. 4ª ed. Prentice-Hall, Inc., USA. 598 p + CD-ROM. 2001.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. São Paulo: Servemar, 2006.

GAMA ENGENHARIA E RECURSOS HÍDRICOS LTDA. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa Três Marias. Resumo Executivo. 2015. Disponível em <<http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/653>>. Acesso em: maio de 2021.

GILBERT, R. O. Statistical methods for environmental pollution monitoring. Pacific Northwest Lab., Richland, WA (USA), 1987.

GOMES, M. A. F. (editor técnico). Uso agrícola das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Brasil: Implicações para a água subterrânea e propostas de gestão com enfoque agroambiental. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília – DF. 477 p. 2008.

HARPER, H. H. Stormwater Chemistry and Water Quality: Estimating Pollutant Loadings and Evaluation of Best Management Practices for Water Quality Improvements. Environmental Research&Design, inc., 1998.

IAC - INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. Solos do Estado de São Paulo. Argissolos. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/solosp/pdf/neossolos.pdf>>. Acessado em 05/2021.

\_\_\_\_\_. Solos do Estado de São Paulo. Latossolos. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/solosp/pdf/Latossolos.pdf>. Acessado em 05/2021.

IBGE– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Censo Agropecuário, 2017. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>. Acesso em: maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa de Informações Básicas Municipais 2011.

\_\_\_\_\_. Divisão regional do Brasil em Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: [https://www.ibge.gov.br/apps/regioes\\_geograficas/](https://www.ibge.gov.br/apps/regioes_geograficas/). Acesso em: maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Estatísticas do Cadastro Central de Empresas – CEMPRE, 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9016-estatisticas-do-cadastro-central-de-empresas.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em outubro de 2021.

\_\_\_\_\_. Manual técnico de geomorfologia / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro : IBGE, 2009. 182 p. – (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598 ; n. 5).



\_\_\_\_\_. Mapeamento de Recursos Naturais do Brasil, escala 1:250.000, Geomorfologia. Rio de Janeiro, 2019.

\_\_\_\_\_. Pesquisa Agropecuária Municipal, 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria.html>>. Acesso em maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Produto Interno Bruto dos Municípios – PIB dos Municípios – referência 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=publicacoes>>. Acesso em maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Regiões de influência das cidades: 2018. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

\_\_\_\_\_. Utilização de fertilizantes por unidade de área (kg/ha.ano). Sistema de Recuperação Automática – Sidra. Rio de Janeiro, 2012.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação de Biodiversidade. Plano de Ação Nacional para a Conservação do Patrimônio Espeleológico nas Áreas Cársticas da Bacia do Rio São Francisco - PAN Cavernas do São Francisco. 2018

\_\_\_\_\_. Plano de Manejo da Estação Ecológica de Pirapitinga. Brasília, 2013.

IDE SISEMA – Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>>. Acesso em maio de 2021.

IEDE - Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais. 2021. Disponível em: <<http://iede.fjp.mg.gov.br/> ->. Acesso em: maio de 2021.

IEF-MG – INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS DE MINAS GERAIS. Cobertura Florestal de Minas Gerais (2009). Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <[idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis](http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis)>. Acesso em maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Plano de Manejo do Parque Estadual Serra do Ouro Branco. 2017

IGAM - INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Comitês e Unidades de Planejamento. Belo Horizonte: IGAM, 2010a. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/component/content/83?task=view>. Acesso em: maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Dados e Boletins de Qualidade das Águas em Minas Gerais. 2021. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/home/16-duvidas/2438--acessar-dados-e-boletins-de-qualidade-das-aguas-em-minas-gerais-temporario>. Acesso em: maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica no Entorno da Represa Três Marias. Diagnóstico Estratégico e Cenários de Desenvolvimento. Maceió, 2015.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Normal Climatológica do Brasil (Período: 1981-2010), 2019. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso em maio de 2021.

JACOMINE, PAULO KLINGER TITO. A nova classificação brasileira de solos. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, v. 5, p. 161-179, 2013.

JI, Z.-G. Hydrodynamics and Water Quality: Modeling Rivers, Lakes, and Estuaries. [S.l.]: John Wiley & Sons, Inc., 2008.

JOHNSON, A. I. (1967). Specific Yield—Compilation of Specific Yields for Various Materials. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper, 1662-A.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 5. ed. Rio de Janeiro: Synergia, 2009.

KOBIYAMA, M., MOTA, A. D. A., CORSEUIL, C. W. Recursos hídricos e saneamento. 1ª ed. Curitiba: Organic, 2008.

MACÊDO, Íris Luna. Estudo de modelos em ambiente de geoprocessamento para a previsão de erosão e assoreamento de reservatórios: o caso da bacia do rio Indaiá – UHR Três Marias, MG. Tese de Doutorado apresentada à Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Brasília, 2009.

MACHADO, M. F. & SILVA, S. F. Geodiversidade do estado de Minas Gerais / Organização Marcelly Ferreira Machado & Sandra Fernandes da Silva. — Belo Horizonte: CPRM. 131 p.+ DVD. 2010.

MAPBIOMAS. Disponível em: <<http://mapbiomas.org/>>. Acessado em 01 de abril de 2019.

MARTINS, J. R. S. HIDRODINÂMICA APLICADA À MODELAGEM DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS: Revisão de processos e métodos. Tese de livre docência. ed. São Paulo: USP, 2017.

MENEZES, P. H. B. J. Estudo da Dinâmica Espaço-Temporal do Fluxo de Sedimentos a partir das Propriedades Ópticas das Águas no Reservatório de Três Marias - MG. 2013. 112f. Tese (Doutorado em Geociências Aplicadas) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2013.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa COPAM n 217, de 06 de dezembro de 2017. Belo Horizonte, MG, 2017. Disponível em: <[https://www.udop.com.br/legislacao-arquivos/78/deliberacao\\_normativa\\_n217.pdf](https://www.udop.com.br/legislacao-arquivos/78/deliberacao_normativa_n217.pdf)>. Acesso em junho de 2021.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental e Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n 01, de 05 de maio de 2008. Belo Horizonte, MG, 2008. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>>. Acesso em junho de 2021.

\_\_\_\_\_. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n 06, de 14 de setembro de 2017. Belo Horizonte, MG, 2017. Disponível em: <<https://williamfreire.com.br/publicacoes/artigos/deliberacao-normativa-conjunta-copam-cerhmg-no-06-de-14-09-2017/>>. Acesso em maio de 2021.

MINAS GERAIS. Lei n 13.199, de 29 de janeiro de 1999 - Política Estadual de Recursos Hídricos. Belo Horizonte, MG, 1999. Disponível em: <[https://progestao.ana.gov.br/portal/progestao/panorama-dos-estados/mg/lei-no13-199-99\\_mg.pdf](https://progestao.ana.gov.br/portal/progestao/panorama-dos-estados/mg/lei-no13-199-99_mg.pdf)>. Acesso em maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Lei n 12.584, de 17 de julho de 1997 – Altera a denominação do Departamento de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais – DRH-MG, para Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM. Belo Horizonte, MG, 1997. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2342>>. Acesso em maio de 2021.

MINAS GERAIS. Governo do Estado de Minas Gerais. Decreto n 26.961, de 28 de abril de 1987 – Cria o Conselho Estadual de recursos Hídricos, CERHI. Belo Horizonte, MG, 1987. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=1165>>. Acesso em maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Decreto n 41.578, de 08 de março de 2001 – Regulamenta a Lei n 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos. Belo Horizonte, MG, 2001. Disponível em: <<https://leisestaduais.com.br/mg/decreto-n-41578-2001-minas-gerais-estabelece-o-regulamento-do-instituto-mineiro-de-gestao-das-aguas-igam>>. Acesso em maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Decreto n 43.798, de 30 de abril de 2004 – Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias. Belo Horizonte, MG, 2004. Disponível em: <<https://leisestaduais.com.br/mg/decreto-n-43798-2004-minas-gerais-institui-o-comite-da-bacia-hidrografica-do-entorno-da-represa-de-tres-marias-e-das-outras-providencias>>. Acesso em maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Decreto n 48.209, de 18 de junho de 2021. Belo Horizonte, MG, 2021. Disponível em: <<https://leisestaduais.com.br/mg/decreto-n-48209-2021-minas-gerais-dispoe-sobre-o-conselho-estadual-de-recursos-hidricos-de-minas-gerais>>. Acesso em junho de 2021.

MITCHELL, B. Integrated water resource management, institutional arrangements, and land-use planning. *Environment and Planning A*, v. 37, n. 8, p. 1335-1352, 2005.

MORRIS, D.A. & JOHNSON, A.I. Summary of Hydrologic and Physical Properties of Rock and Soil Materials, as Analyzed by the Hydrologic Laboratory of the U.S. Geological Survey, 1948-1960. USGS Water Supply Paper: 1839-D. 1967.

NETO, G. G. et al. Comparação entre os dados de chuvas observados em pluviômetros automáticos e convencionais: estudo para os eventos ocorridos na sub-bacia 45 entre novembro/2010 e dezembro de 2011. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH, novembro 2013.

OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M. & CALDERANO FILHO, B. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida. Campinas, Instituto Agrônomo/EMBRAPA Solos. Campinas. 1999. 64p.

OLIVEIRA, M. D., ROCHA, C. H., VELEZ, O. G., & SOUZA, L. D. (2018). Qualidade da Água e Índice de Conformidade ao Enquadramento da Represa Dr. João Penido, Juiz de Fora (MG), Brasil. III Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul (pp. 1-8). Juiz de Fora: UFJF.

OMERNIK, J. M. Nonpoint source-stream nutrient level relationships: a nationwide study. U.S. EPA Report nº EPA-600/3-77-105. U. S. Environmental Protection Agency. Corvallis, Oregon, 1977.

PAIVA, E. M. C.; PAIVA, J. B. D.; MOREIRA, A. P.; MAFFINI, G. F.; MELLER, A.; DILL, P. R. J. Evolução de processo erosivo acelerado em trecho do Arroio Vacacai Mirim. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v.6, n.2, p.129-135, 2001.

PASSOS, J.S.A.; BELTRÃO, J.A.; SANTOS, C.A.G.; SILVA, R.M.; Estimativas de Perdas de Solo na Bacia do Alto São Francisco Utilizando Precipitação Estimada por Satélite. XI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2014

PAULA E SILVA, F. Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 184 p. 2003.

PEEL, M. C., FINLAYSON, B. L., AND MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 11, 1633–1644, <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>, 2007.

PINTO, C. E. T. Uso de Imagens de Satélite no Monitoramento Espacial e Temporal do Fluxo de Sedimentos no Braço do Rio Indaiá, Reservatório de Três Marias - MG. 2013. 52f. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2013.

PINTO, C. E. T.; MENEZES, P. H. B. J.; MARTINEZ, J. M.; ROIG, H. L.; VILLAR, R. A. E. Uso de imagens MODIS no monitoramento do fluxo de sedimentos no reservatório de Três Marias. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.5, p.507-516, 2014. Disponível em: <http://www.agriambi.com.br/revista/v18n05/v18n05a07.pdf>. Acesso em: maio de 2021.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. PNUD Brasil, Ipea e FJP, 2020.

RODRIGUES, L. (12 de 02 de 2020). Ibram: produção de minério em 2019 caiu, mas faturamento cresceu. Fonte: Agência Brasil: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-02/ibram-producao-de-minerio-em-2019-caiu-mas-faturamento-cresceu>

ROSMAN, P. C. C. Referencial Técnico do SisBaHiA. Rio de Janeiro: Coppe – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. 241 p.

ROSMAN, L. Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1 ... Washington, DC, EPA/600/R-14/413 (NTIS EPA/600/R-14/413b), 2015.

SANTOS, HUMBERTO GONÇALVES DOS; ZARONI, MARIA JOSÉ; ALMEIDA, ELIANE DE PAULA CLEMENTE. Cambissolos Háplicos. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000gn1sf65m02wx5ok0liq1mqzx3jrec.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn1sf65m02wx5ok0liq1mqzx3jrec.html)>. Acessado em 05/2021.



\_\_\_\_\_. Neossolos Litólicos. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html)>. Acessado em 05/2021.

SANTOS, L.A.C, ET AL. Fitofisionomias do Cerrado: definições e tendências. *Élisée, Rev. Geo. UEG – Goiás*, v.9, n.2, e922022, jul./dez. 2020.

SEMA – Secretaria de Estado e Meio Ambiente. Plano Estadual de Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul – PERH-MS. Campo Grande, MS. Editora UEMS, 2010.

SEMAD – SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE MINAS GERAIS. Atlas de vulnerabilidade às inundações de Minas Gerais - 2015. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Belo Horizonte, 2015.

\_\_\_\_\_. Consulta de Decisões de Processos de Licenciamento Ambiental. Disponível em: <<http://sistemas.meioambiente.mg.gov.br/licenciamento/site/consulta-licenca>>. Acesso em junho de 2021.

\_\_\_\_\_. Panorama de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Minas Gerais. Belo Horizonte: SEMAD, 2020.

SINGH, A. Review article digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, v. 10, n. 6, p. 989-1003, 1989.

SISEMA - Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Vulnerabilidade às mudanças climáticas, 2018. Disponível em: <[idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis](http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis)>. Acesso em maio de 2021.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia. Ciência e Aplicação. UFRGS Editora. 943p. ISBN: ISBN: 978 - 85 - 7025 - 924 - 0. 2020.

TUCCI, C. E. M. Modelos hidrológicos. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. 1. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

ZARONI, MARIA JOSÉ; SANTOS, HUMBERTO GONÇALVES DOS. Cambissolos.  
Disponível em:  
<[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONTAG01\\_8\\_2212200611538.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_8_2212200611538.html)>. Acessado em 05/2021.

# **ANEXO I – EXEMPLO DE E-MAIL CONVITE À CONSULTA PÚBLICA**

---

**RE: Convite Consulta Pública - SF 4 - Entorno da Represa de Três Marias**

Daniel Cortinove &lt;daniel.cortinove@engecorps.com.br&gt;

Qui, 09/09/2021 08:45

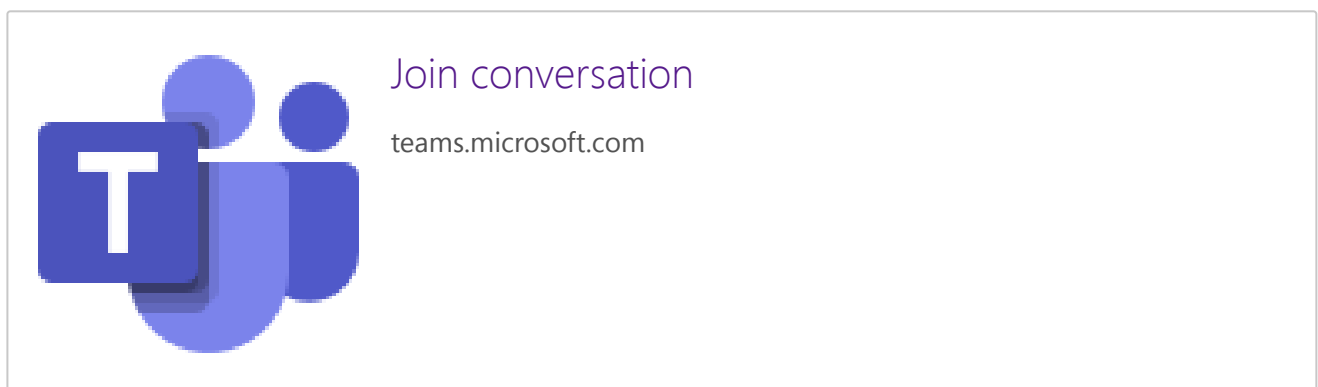
Para: Daniel Cortinove &lt;daniel.cortinove@engecorps.com.br&gt;

Cco: sec.agricultura@biquinhas.mg.gov.br <sec.agricultura@biquinhas.mg.gov.br>; agricultura@corregodanta.mg.gov.br <agricultura@corregodanta.mg.gov.br>; meioambiente@felixlandia.mg.gov.br <meioambiente@felixlandia.mg.gov.br>; meioambiente@lagoaformosa.mg.gov.br <meioambiente@lagoaformosa.mg.gov.br>; administracao@paineiras.mg.gov.br <administracao@paineiras.mg.gov.br>; agricultura@patosdeminas.mg.gov.br <agricultura@patosdeminas.mg.gov.br>; agropecuaria@pompeu.mg.gov.br <agropecuaria@pompeu.mg.gov.br>; meioambiente@rioparanaiba.mg.gov.br <meioambiente@rioparanaiba.mg.gov.br>; agricultura@santarosadaserra.mg.gov.br <agricultura@santarosadaserra.mg.gov.br>; turismoemeioambiente@saogoncalodoabaete.mg.gov.br <turismoemeioambiente@saogoncalodoabaete.mg.gov.br>; meioambiente@saogotardo.mg.gov.br <meioambiente@saogotardo.mg.gov.br>; meioambiente@tiros.mg.gov.br <meioambiente@tiros.mg.gov.br>; agnorosa50@hotmail.com <agnorosa50@hotmail.com>; contato@ilhadez.com.br <contato@ilhadez.com.br>; adrianasilvabh@hotmail.com <adrianasilvabh@hotmail.com>; juninpraxedao@hotmail.com <juninpraxedao@hotmail.com>; roberta.smm@outlook.com <roberta.smm@outlook.com>; turismoemeioambiente@saogoncalodoabaete.mg.gov.br <turismoemeioambiente@saogoncalodoabaete.mg.gov.br>; rcarlos3m@yahoo.com.br <rcarlos3m@yahoo.com.br>; dirmeioambiente@pompeu.mg.gov.br <dirmeioambiente@pompeu.mg.gov.br>

Bom dia,

A Engecorps juntamente com a Agência Peixe Vivo e o Comitê da Bacia do Rio São Francisco (CBHSF) convidam para a Consulta Pública do Diagnóstico do Estudo de Enquadramento de Corpos de Água em Classes para a Circunscrição Hidrográfica SF 4 – Entorno da Represa de Três Marias que acontecerá no dia hoje às 14h00.

Marque em sua agenda e não perca esse encontro.



Att,

**Daniel Cortinove** | Departamento de Hidráulica de Saneamento | **ENGECORPS** | **GrupoTYPESA**Tel. +55 11 21355252 – R 7765 | [daniel.cortinove@engecorps.com.br](mailto:daniel.cortinove@engecorps.com.br)**ENGECORPS** | Al. Tocantins, 125 – 12º andar – cj. 1202 | 06455020 – Barueri | São Paulo | Brasil[www.engecorps.com.br](http://www.engecorps.com.br)

Essa mensagem e seus anexos: (i) contêm informações confidenciais; (ii) são exclusivos para o(s) destinatário(s) desse email; (iii) possuem fins específicos, e (iv) são protegidos em face dos dispositivos das leis brasileiras e mais especificamente da LGPD – Lei Geral de Proteção de Dados, Lei no. 13.709 de 14/09/2018, com as alterações definidas pela lei 13.853 de 08/07/2019. Se você não é o

destinatário dessa mensagem, delete-a e avise ao emitente. || This message and its attachments: (i) contain confidential information; (ii) are intended solely for the recipient(s); (iii) have a specific purpose, and (iv) are protected under the provisions of Brazilian law and more specifically the LGPD - General Data Protection Law, Law no. 13,709 of August 14, 2018, as amended by Law 13,853 of July 8, 2019. If you are not the intended recipient, delete the message and notify the sender.

**De:** Daniel Cortinove

**Enviado:** segunda-feira, 6 de setembro de 2021 09:19

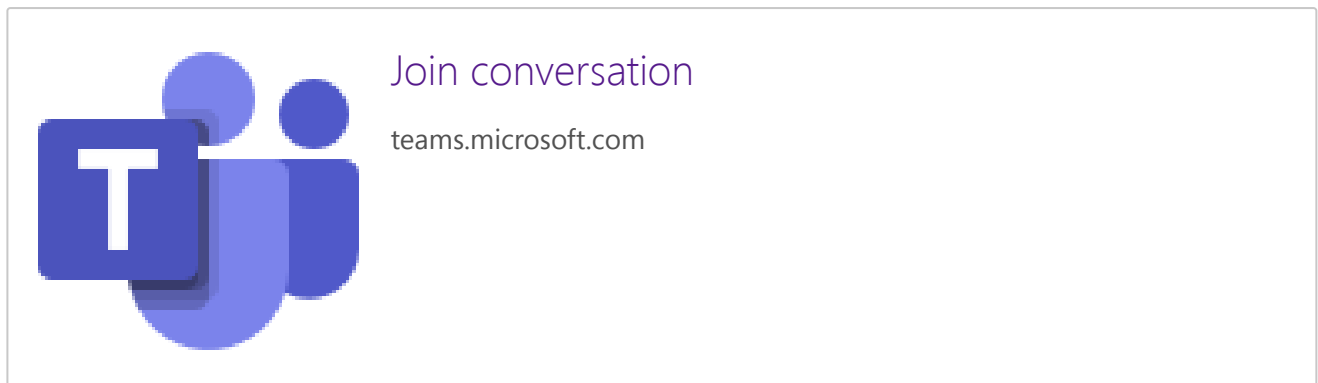
**Para:** Daniel Cortinove <daniel.cortinove@engecorps.com.br>

**Assunto:** Convite Consulta Pública - SF 4 - Entorno da Represa de Três Marias

Bom dia,

A Engecorps juntamente com a Agência Peixe Vivo e o Comitê da Bacia do Rio São Francisco (CBHSF) convidam para a Consulta Pública do Diagnóstico do Estudo de Enquadramento de Corpos de Água em Classes para a Circunscrição Hidrográfica SF 4 – Entorno da Represa de Três Marias que acontecerá no dia 09 de Setembro de 2021 às 14h00.

Marque em sua agenda e não perca esse encontro.



Att,

**Daniel Cortinove** | Departamento de Hidráulica de Saneamento | **ENGECORPS** | **GrupoTYPESA**

**Tel.** +55 11 21355252 – R 7765 | [daniel.cortinove@engecorps.com.br](mailto:daniel.cortinove@engecorps.com.br)

**ENGECORPS** | Al. Tocantins, 125 – 12º andar – cj. 1202 | 06455020 – Barueri | São Paulo | Brasil



[www.engecorps.com.br](http://www.engecorps.com.br)

Essa mensagem e seus anexos: (i) contêm informações confidenciais; (ii) são exclusivos para o(s) destinatário(s) desse email; (iii) possuem fins específicos, e (iv) são protegidos em face dos dispositivos das leis brasileiras e mais especificamente da LGPD – Lei Geral de Proteção de Dados, Lei no. 13.709 de 14/09/2018, com as alterações definidas pela lei 13.853 de 08/07/2019. Se você não é o destinatário dessa mensagem, delete-a e avise ao emitente. || This message and its attachments: (i) contain confidential information; (ii) are intended solely for the recipient(s); (iii) have a specific purpose, and (iv) are protected under the provisions of Brazilian law and more specifically the LGPD - General Data Protection Law, Law no. 13,709 of August 14, 2018, as amended by Law 13,853 of July 8, 2019. If you are not the intended recipient, delete the message and notify the sender.

## **ANEXO II – ATA DA REUNIÃO COM O GAT PRÉ-CONSULTA PÚBLICA**

---



## ATA DE REUNIÃO

**Nº AR-009-01448-APV-21-R0**

**ELABORAÇÃO DE PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA SUPERFICIAIS E ESTUDO PARA O PLANEJAMENTO DE ENQUADRAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ÂMBITO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO – TRECHO ALTO SÃO FRANCISCO**

**REUNIÃO DE ALINHAMENTO – GAT (SF4 – ENTORNO DA REPRESA DE TRÊS MARIAS)**

**Data:** 03/09/2021

**Horário** das 9:00 hs às 11:30 hs

**Local:** Reunião por Videoconferência

**Presentes:**

Jacqueline Evangelista Fonseca	Coordenadora Técnica/Agência Peixe Vivo – APV
André Bonacin	Consultor da APV
Thiago Campos	APV
Victor Sucupira	APV
Leonardo Mitre	ENGEORPS – EGC
Maria Luiza Rizzotti	ENGEORPS – EGC
Flora Abuno	ENGEORPS – EGC
Allan Mota	GEPLAN/IGAM
Maria de Lourdes Amaral Nascimento	IGAM
Jeane Maia	IGAM
Mirian Giselle Andrade Diniz	CBH SF4
Altino Rodrigues Neto	GAT
Gilberto Carneiro da Cunha	GAT
Roberto Carlos	GAT
Marcio Tadeu Pedrosa	GAT?
Yvonilde Medeiros	CTPPP/CBHSE

### Assuntos Tratados:

Abertura da reunião pela coordenadora técnica da APV e gestora do contrato, Jacqueline Fonseca, apresentando a pauta da reunião:

- Apresentação objetiva do conteúdo do Diagnóstico;
- Discussão de eventuais comentários ao Diagnóstico;
- Discussão da metodologia das consultas públicas

Altino-GAT: informou que fez apontamentos sobre o Diagnóstico, mas ainda não enviou. Com a reunião de hoje e a consulta pública, poderá fechar os apontamentos com mais algumas contribuições

Jacqueline-APV: assim como discutido nas reuniões dos dias 01 e 02 de setembro, sugeriu-se para os próximos produtos, fazer uma reunião logo após a entrega do produto, para apresentação do conteúdo, para após isso, os integrantes do GAT fazerem suas análises. E outra sugestão trata da inclusão de mais um integrante (suplente) para cada participante do GAT.

Altino-GAT: representando o GAT, concorda com as duas sugestões.

Leo Mitre-ECC: fez apresentação da estrutura e conteúdo do Diagnóstico

Gilberto-GAT: Muitas informações constantes neste Diagnóstico estão presentes também no Plano Diretor. Alguns itens do Plano de Ações a atender no Plano Diretor estão já presentes no Diagnóstico e poderiam ser aproveitados futuramente.

Yvonilde-CBHSF: os convites às consultas foram enviados também ao CBHSF? Com relação ao acidente na SF03, foi considerada a influência do rompimento na SF04?

Leonardo-ECC: os convites das consultas não foram enviados à CBHSF, mas podemos enviar. Pedimos apoio à APV para envio à CCR Alto.

Com relação ao rompimento, no caso da SF04, pelas informações analisadas, em princípio o impacto não chegou até a represa de Três Marias. Mas se há influência verificada em função dos resultados do monitoramento, isso naturalmente vai ser considerado, quando da modelagem. O mesmo vale para as ações previstas no Plano de Reparação

Yvonilde-CBHSF: sugere inclusão de um representante da CCR Alto no GAT.

Altino-GAT: Ribeirão dos Gomes tem carga de ferro, alumínio e outros metais alta detectados no monitoramento, por conta do rompimento. Outro ponto a considerar, é a qualidade da água nos lagos construídos para piscicultura. Outro ponto é a qualidade dos dados de algumas estações de monitoramento (muito antigas). Além disso, tem a questão das evoluções e desenvolvimento de cenários na região, pois há atualmente muitos empreendimentos agrícolas e de piscicultura.

Leonardo-EGC: Ribeirão dos Gomes é da SF03.

Altino-GAT: Ribeirão dos Gomes é SF03, mas pode influenciar na SF04 pela proximidade.

Leonardo-EGC: a modelagem é feita considerando-se todas as entradas na bacia. Isso incluiria já a influência da SF03 na SF04.

Com relação à piscicultura, já está presente tanto na base da ANA (usos consuntivos) como na do IGAM (outorgas).

Com relação às bases antigas, utilizamos as mais recentes, mas foram analisadas as bases antigas justamente para ver a evolução.

Com relação ao desenvolvimento de cenários e análise das evoluções, isso faz parte do próximo produto.

Altino-GAT: base de dados para piscicultura: dificuldade. Cadastros da ANA e IGAM estão desatualizados com relação ao uso agrícola

Allan-IGAM: a questão da expansão da piscicultura será interessante de ser exposta na consulta da semana que vem. Importante também no aspecto de fiscalização, pelos órgãos ambientais do estado. Com relação aos usos clandestinos, a base de dados do IGAM tem os usos legais, naturalmente, pois tem conhecimento dos empreendimentos que solicitaram a outorga.

Altino-GAT: com relação à fiscalização, destaca o aspecto da fiscalização preventiva e punitiva.

Allan-IGAM: cita exemplo de ação existente que procura as atividades clandestinas e auxilia na regularização.

Leonardo-EGC: procedimento de outorga da ANA no reservatório de Três Marias é muito simples, online e rápido, se for esse o problema na região, com relação aos empreendimentos de piscicultura.

Jacqueline-APV: está sendo contratado o monitoramento a laser no entorno do reservatório.

Importante na consulta a contribuição dos conhecedores da região justamente para incluir no Diagnóstico esse tipo de situação.

Roberto Carlos-GAT: processo de outorgas ou certidão de registo no site da ANA de fato é muito simples. Mas é importante a melhoria no sistema de outorga, tanto na ANA como no IGAM, com relação à disponibilidade hídrica, pois já vemos conflito de uso na região. A qualidade da água é importante, mas a quantidade também precisa ser urgentemente discutida.

Altino-GAT: sugestão de se fazer uma abordagem mais conservadora em cima dos dados, uma vez que eles apresentam grandes imprecisões.

Roberto Carlos-GAT: com relação às outorgas da ANA, precisa-se de um processo mais focado à realidade local.

Jacqueline-APV e Leonardo-EGC: objetivo da consulta pública é justamente captar a experiência local e incorporá-lo no produto

Yvonilde-CBHSF: fragilidade do sistema de informações, um dos instrumentos de gestão. Importantes as reuniões do GAT preparatórias às consultas justamente para nos prepararmos para as contribuições das consultas, que podem trazer dados que não constam nos sistemas de dados disponíveis (justamente por essa questão de empreendimentos não regularizados, etc)

Allan-IGAM: apresentou alguns comentários relacionados necessidade de descrever melhor a parte metodológica de alguns itens do relatório uso dos dados atualizados de monitoramento;

Leonardo-EGC: dificuldade de gerar o mapa do enquadramento atual (para SF02 e SF03), pelas imprecisões das deliberações.

Allan-IGAM: esse tipo de problema (imprecisão na descrição do enquadramento numa deliberação) não deveria existir, mas entende que há problemas na definição atual.

Jacqueline-APV: se há tanta imprecisão no enquadramento atual, talvez seja melhor não apresentá-lo no relatório

Allan-IGAM: para o enquadramento que será feito no presente trabalho, é sim necessário colocar o enquadramento atual no relatório, até porque o enquadramento sugerido não pode ser pior, num mesmo trecho, ao enquadramento vigente.

Roberto Carlos-GAT: trecho enquadrado em classe 1 não pode se revisado para classe pior?

Allan-IGAM: Deliberação nº 6/2017 diz que não, para classe 1 e especial.

Roberto Carlos-GAT: muito do que está no enquadramento vigente não está mais sendo seguido. Necessário olhar para a realidade atual.

Allan-IGAM: necessário sim olhar a realidade atual, mas o enquadramento é instrumento de planejamento, olhando para um horizonte temporal.

Maria de Lourdes-IGAM: reforça que precisamos levar os subsídios técnicos ao CERH para justificar a viabilidade ou não de se manter (ou enquadrar numa classe melhor) os rios.

Yvonilde-CBHSF: a questão não é técnica então, mas legal. Precisaria mudar a legislação então (referindo-se às deliberações da década de 1990, que enquadraram os rios de forma cega).

Bonacin-APV: consulta pública: sugere colocar no mapa da consulta os aquíferos e as outorgas subterrâneas;

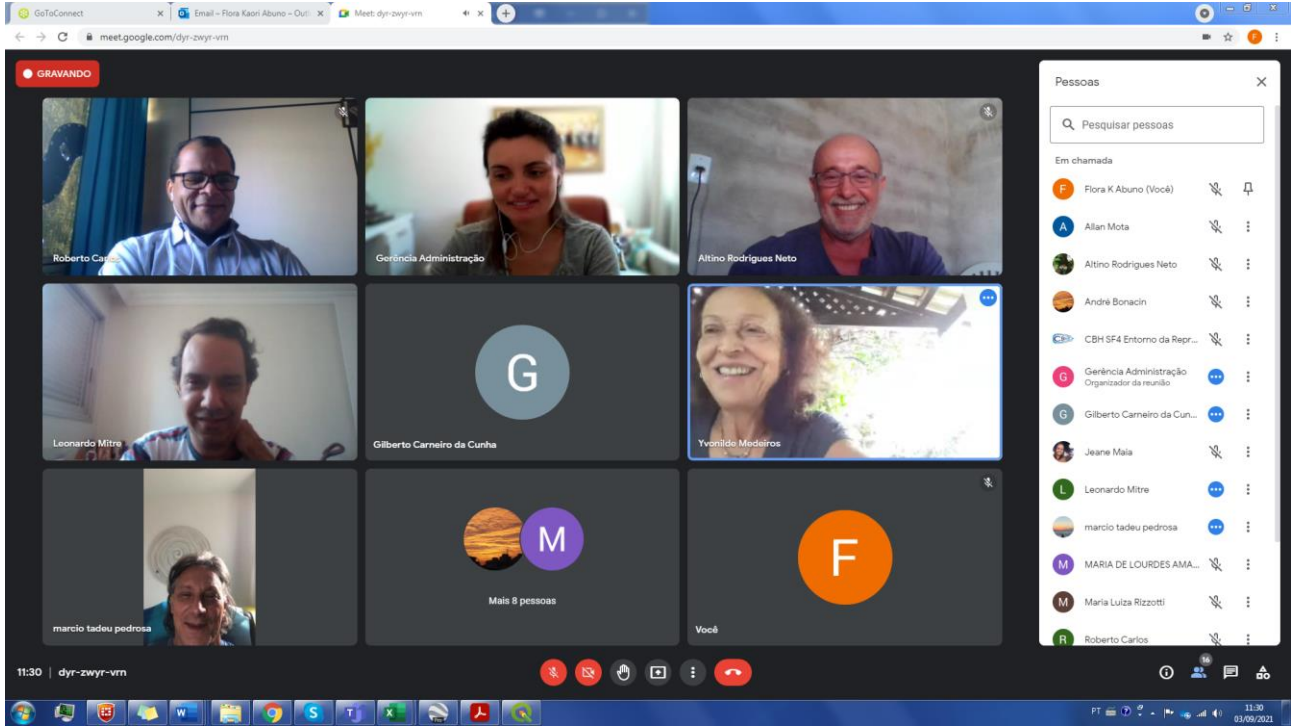
Leonardo-EGC: a consulta pública é do enquadramento de águas superficiais. Colocar no mapa os poços pode confundir os participantes.

Leonardo-EGC: apresenta metodologia a ser utilizada na consulta pública.

Os presentes se mostraram de acordo com a metodologia.

Na sequência, Jacqueline-APV concluiu a reunião.

### Registro Fotográfico:



# **ANEXO III – APRESENTAÇÃO DO CONTEÚDO DO DIAGNÓSTICO NA CONSULTA PÚBLICA**

---

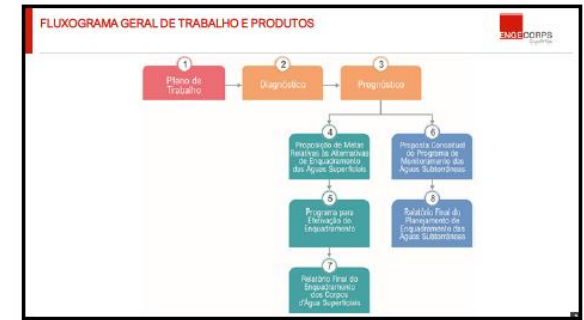




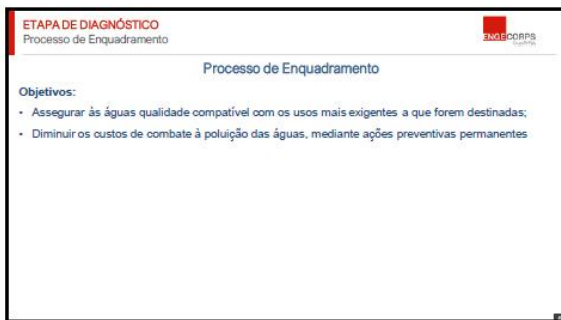
1



2



3



4



5



6





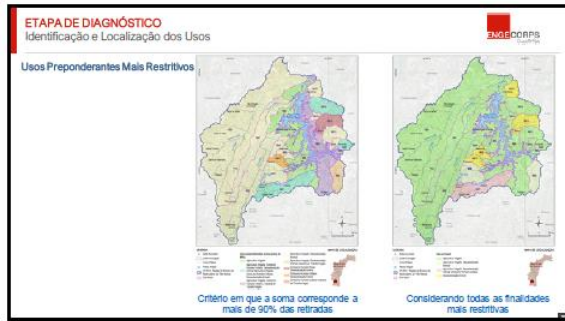




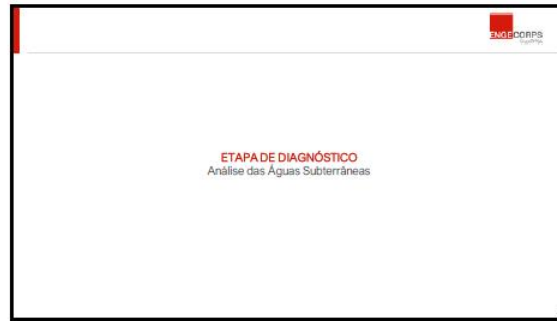




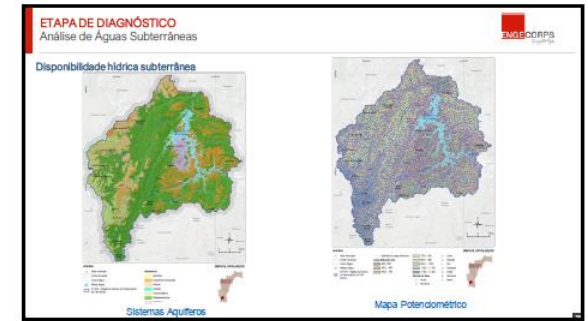




37



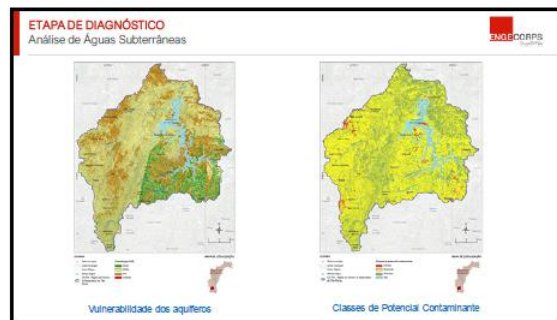
38



39



40

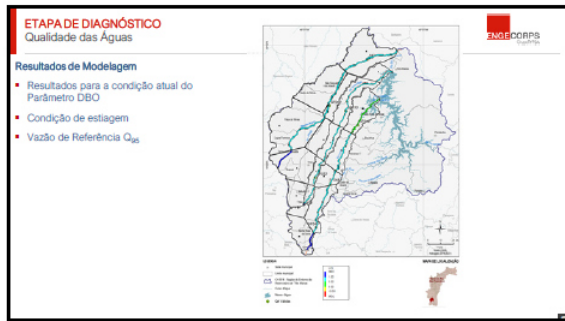


41

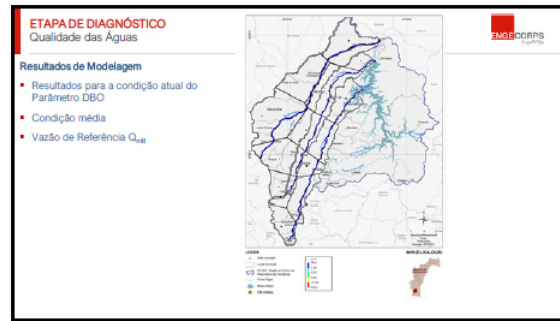


42

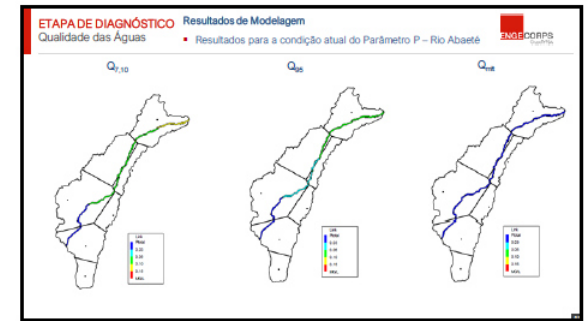




49



50



51



52



53



54

