

cobrape

PROJETEC



# MACROZEE BHSF

Atualização e Complementação do  
Diagnóstico do Macrozoneamento  
Ecológico-Econômico da Bacia  
Hidrográfica do Rio São Francisco

Relatório da Atualização e  
Complementação do Diagnóstico  
do Meio Físico-Biótico da BHSF  
*Revisão Final - TOMO I*  
Novembro 2016

MINISTÉRIO DO  
MEIO AMBIENTE



ELABORAÇÃO

CONSÓRCIO COBRAPE-PROJETEC



---

## DIRETORIA

**Alceu Guérios Bittencourt**

COBRAPE Cia. Brasileira de Projetos e Empreendimentos

**Luiz Alberto Teixeira**

PROJETEC – Projetos Técnicos Ltda

---

## EQUIPE CHAVE

---

**Carlos Eduardo Curi Gallego**

Coordenador Geral

---

**Rafael Fernando Tozzi**

Especialista em planejamento e ordenamento territorial e zoneamento ecológico-econômico

---

**Ederson Augusto Zanetti**

Especialista em análise da paisagem

---

**Rodolpho Humberto Ramina**

Especialista em socioeconomia

---

**Eliete Tedeschi**

Especialista em aspectos políticos e institucionais

---

**Gustavo Grillo Teixeira**

Especialista em geoprocessamento

## **EQUIPE DE APOIO**

### **Luis Gustavo Christoff**

Engenheiro Civil - Especialista em gestão ambiental e sustentabilidade

### **Leonardo Fontes Amorim**

Engenheiro de Pesca

### **Alerson Falieri Suarez**

Geógrafo

### **Bruno Marcionilo Silva**

Engenheiro Civil

### **Christian Taschelmayer**

Engenheiro Cartógrafo - Especialista em geoprocessamento

### **Daniel Thá**

Economista - Especialista em economia ambiental

### **Fábio Chaffin Barbosa**

Engenheiro Agrônomo

### **Fernando Gomes Monteiro Neto**

Engenheiro Agrícola e Ambiental

### **Luciano D. F. Magalhães**

Engenheiro Ambiental

### **Luiza Boechat**

Geógrafa

### **Robson Klisiowicz**

Engenheiro Ambiental

### **Andreia Schypula Cons de Souza**

Estagiária de Engenharia Civil

### **Giovanna Reinehr Tiboni**

Estagiária de Engenharia Civil

---

## **DIAGRAMAÇÃO, EDITORAÇÃO E ARTE FINAL**

### **Cristine de Noronha**

Designer gráfica

### **Alessandra Gava**

Designer gráfica

## APRESENTAÇÃO

O presente documento corresponde ao “*Produto 101 – Atualização e complementação do diagnóstico do meio físico-biótico da BHSF – Revisão Final – TOMO I*” relativo ao Contrato nº 01/2015 – SRHU/MMA celebrado entre a Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente (SRHU/MMA) e o Consórcio Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos (COBRAPE) e PROJETEC Projetos Técnicos Ltda. A contratação faz parte do Programa de Desenvolvimento do Setor Água – INTERÁGUAS, concebido para buscar uma melhor articulação e coordenação de ações no setor água.

O contrato visa à elaboração da Atualização e Complementação do Diagnóstico do Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. O Termo de Referência, parte integrante do contrato, estabelece os seguintes produtos a serem desenvolvidos:

Produto 001 – Planejamento detalhado do trabalho e mobilização da CONTRATADA;

**Produto 101 – Atualização e complementação do diagnóstico do meio físico-biótico da BHSF;**

Produto 102 – Atualização e complementação do diagnóstico do meio socioeconômico da BHSF;

Produto 103 – Atualização e complementação do diagnóstico do meio jurídico-institucional da BHSF;

Produto 104 – Análise integrada e crítica sobre a situação atual da BHSF;

Produto 201 – Sistematização, estruturação e documentação do Banco de Dados Geográficos (BDG) do diagnóstico do MacroZEE da BHSF;

Produto 301 – Resumo executivo referente ao diagnóstico do MacroZEE da BHSF;

Produto 302 – Apresentação dos resultados do trabalho realizado em seminário.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Temperatura máxima mensal por região fisiográfica (1961 a 1990).....	16
Figura 2- Temperatura mínima mensal por região fisiográfica (1961 a 1990). ....	17
Figura 3- Temperatura média mensal por região fisiográfica (1961 a 1990). ....	18
Figura 4- Temperatura máxima mensal para o período de 1961 a 1990.....	19
Figura 5- Temperatura mínima mensal para o período de 1961 a 1990.....	20
Figura 6- Temperatura média anual para o período de 1961 a 1990. ....	21
Figura 7- Evaporação total por região fisiográfica, para o período de 1961 a 1990.....	22
Figura 8- Evaporação total para o período de 1961 a 1990. ....	23
Figura 9- Umidade relativa por região fisiográfica, para o período de 1961 a 1990.....	24
Figura 10- Umidade relativa para o período de 1961 a 1990. ....	25
Figura 11- Insolação total por região fisiográfica, para o período de 1961 a 1990. ....	26
Figura 12- Insolação média anual para o período de 1961 a 1990.....	27
Figura 13- Intensidade do vento por região fisiográfica para o período de 1961 a 1990. ....	28
Figura 14- Intensidade do vento para o período de 1961 a 1990. ....	29
Figura 15- Precipitação acumulada por região fisiográfica, para o período de 1961 a 1990. ....	30
Figura 16- Precipitação acumulada para o período de 1961 a 1990. ....	31
Figura 17- Eventos de cheias por municípios na BHSF de 2003 a 2015.....	34
Figura 18- Vulnerabilidade a inundações na BHSF.....	35
Figura 19- Eventos de secas por municípios na BHSF de 2003 a 2015.....	38
Figura 20- Precipitação acumulada anual na região do Alto SF.....	41
Figura 21- Precipitação acumulada anual na região do Médio SF. ....	42
Figura 22- Precipitação acumulada anual na região do Submédio SF. ....	43
Figura 23- Precipitação acumulada anual na região do Baixo SF. ....	44
Figura 24- Temperatura média anual na região do Alto SF.....	45
Figura 25- Temperatura média anual na região do Médio SF. ....	46
Figura 26- Temperatura média anual na região do Submédio SF.....	47
Figura 27- Temperatura média anual na região do Baixo SF. ....	48
Figura 28- Evaporação total média anual na região do Alto SF. ....	49
Figura 29- Evaporação total média anual na região do Médio SF.....	50
Figura 30- Evaporação total média anual na região do Submédio SF.....	51
Figura 31- Evaporação total média anual na região do Baixo SF.....	52
Figura 32- Umidade relativa média anual na região do Alto SF. ....	53
Figura 33- Umidade relativa média anual na região do Médio SF.....	54

Figura 34- Umidade relativa média anual na região do Submédio SF.....	55
Figura 35- Umidade relativa média anual na região do Baixo SF.....	56
Figura 36- Insolação total média anual na região do Alto SF. ....	57
Figura 37- Insolação total média anual na região do Médio SF.....	58
Figura 38- Insolação total média anual na região do Submédio SF. ....	59
Figura 39- Insolação total média anual na região do Baixo SF. ....	60
Figura 40 - Recursos Minerais por toda extensão da BHSF.....	69
Figura 41 - Recursos Minerais no Alto SF.....	70
Figura 42- Recursos Minerais no Médio SF. ....	71
Figura 43- Recursos Minerais no Submédio SF.....	72
Figura 44 - Recursos Minerais no Baixo SF.....	73
Figura 45 - Barragem de mineração no Submédio SF. ....	76
Figura 46 - Barragens de Mineração no Médio SF.....	77
Figura 47 - Barragens de Mineração no Alto SF. ....	78
Figura 48 - Aquíferos Bambuí e Salitre na Região do Médio SF. ....	86
Figura 49- Sistema Aquífero Urucua .....	89
Figura 50- Domínios morfoestruturais na BHSF.....	95
Figura 51- Regiões Geomorfológicas da BHSF .....	96
Figura 52- Unidades Geomorfológicas na BHSF .....	98
Figura 53- Declividades na BHSF .....	100
Figura 54- Geomorfologia na região fisiográfica do Alto SF. ....	103
Figura 55- Declividades na região fisiográfica do Alto SF. ....	105
Figura 56- Geomorfologia da região fisiográfica - Médio SF. ....	107
Figura 57- Declividades da região fisiográfica do Médio SF.....	108
Figura 58- Geomorfologia da região fisiográfica do Submédio SF. ....	110
Figura 59- Declividades da região fisiográfica do Submédio SF. ....	111
Figura 60- Geomorfologia da região fisiográfica do Baixo SF. ....	113
Figura 61- Declividades da região fisiográfica do Baixo SF.....	114
Figura 62- Pedologia da Bacia do Rio SF. ....	117
Figura 63- Pedologia do Alto SF. ....	122
Figura 64- Pedologia do Médio SF.....	125
Figura 65- Pedologia do Submédio SF. ....	128
Figura 66- Pedologia do Baixo SF. ....	131
Figura 67- Aptidão Agrícola da Bacia do Rio SF. ....	134
Figura 68- Aptidão Agrícola do Alto SF.....	136

Figura 69- Aptidão Agrícola do Médio SF. ....	137
Figura 70- Aptidão Agrícola do Submédio SF. ....	139
Figura 71- Aptidão Agrícola do Baixo SF. ....	140
Figura 72- Risco de Salinização dos Solos na BHSF.....	144
Figura 73- Risco de salinização dos solos no Alto SF.....	148
Figura 74- Risco de salinização dos solos no Médio SF. ....	149
Figura 75- Risco de salinização dos solos no Submédio SF.....	150
Figura 76- Risco de salinização dos solos no Baixo SF.....	151
Figura 77- Classes de Terras para Irrigação na Bacia do Rio SF.....	154
Figura 78- Classes de Terras para Irrigação no Alto SF. ....	156
Figura 79- Classes de Terras para Irrigação no Médio SF.....	157
Figura 80- Classes de Terras para Irrigação no Submédio SF.....	159
Figura 81- Classes de Terras para Irrigação no Baixo SF.....	160
Figura 82- Localização dos Pivôs Centrais na Bacia do Rio SF.....	163
Figura 83- Localização dos Pivôs Centrais no Alto SF.....	164
Figura 84- Localização dos Pivôs Centrais no Médio SF. ....	165
Figura 85- Localização dos Pivôs Centrais no Submédio SF.....	166
Figura 86- Localização dos Pivôs Centrais no Baixo SF.....	167
Figura 87- Identificação das 34 sub-bacias.....	169
Figura 88- Estações Fluviométrica e Pluviométricas utilizadas. ....	172
Figura 89- Vazão média (1931-2013). ....	175
Figura 90- Vazão Q50 (1931-2013). ....	176
Figura 91- Vazão Q90 (1931-2013). ....	177
Figura 92- Vazão Q95 (1931-2013). ....	178
Figura 93- Vazão Q7,10 (1931-2013). ....	179
Figura 94- Disponibilidade hídrica subterrânea.....	183
Figura 95- Distribuição das disponibilidades hídricas subterrâneas por região fisiográfica. ....	184
Figura 96- Demandas Hídricas Totais.....	186
Figura 97- Vazões de retirada e de consumo distribuídas nas regiões fisiográficas.....	187
Figura 98- Demandas para abastecimento urbano. ....	190
Figura 99- Demandas para abastecimento rural. ....	191
Figura 100- Demandas para irrigação.....	192
Figura 101- Demandas para criação animal. ....	193
Figura 102- Demandas para abastecimento industrial.....	194
Figura 103- Balanço hídrico superficial por sub-bacia.....	203

Figura 104- Balanço hídrico subterrâneo por sub-bacia.....	204
Figura 105- Estações de monitoramento de qualidade das águas superficiais. ....	206
Figura 106- Índice de qualidade de água superficial na BHSF.....	208
Figura 107- Índice do estado trófico médio na BHSF.....	209
Figura 108- Percentual de Classes de IQA no Alto SF.....	210
Figura 109- Percentual de Classes de IET no Alto SF.....	210
Figura 110- Índice de qualidade das águas médio no Alto SF. ....	211
Figura 111- Índice do estado trófico médio no Alto SF.....	212
Figura 112- Percentual de Classes de IQA no Médio SF.....	213
Figura 113- Percentual de Classes de IET no Médio SF.....	213
Figura 114- Índice de Qualidade das águas médio no Médio SF.....	214
Figura 115- Índice do estado trófico médio no Médio SF. ....	215
Figura 116- Percentual de Classes de IET no Submédio SF. ....	216
Figura 117- Índice de qualidade das águas médio no Submédio SF.....	217
Figura 118- Índice do estado trófico médio no Submédio SF.....	218
Figura 119- Índice do estado trófico médio no Baixo SF. ....	219
Figura 120- Poços do SIAGAS na BHSF.....	220
Figura 121- Fácies hidroquímicas na BHSF.....	222
Figura 122- Qualidade da água subterrânea para consumo humano na BHSF. ....	223
Figura 123- Qualidade da água subterrânea para irrigação na BHSF.....	224
Figura 124- Condutividade elétrica no Alto SF.....	225
Figura 125- Principais fontes contaminantes da BHSF.....	226
Figura 126- Áreas no Alto SF com águas subterrâneas comprometidas.....	227
Figura 127- Condutividade elétrica no Médio SF. ....	228
Figura 128- Concentração de nitrato e cloreto na região de Irecê.....	229
Figura 129- Áreas no Médio SF com águas subterrâneas comprometidas. ....	230
Figura 130- Condutividade elétrica no Submédio SF.....	231
Figura 131- Condutividade elétrica no Baixo SF. ....	232
Figura 132- Distribuição espacial das barragens cadastradas na região do Alto SF. ....	234
Figura 133- Distribuição espacial das barragens cadastradas na região do Médio SF.....	235
Figura 134- Distribuição espacial das barragens cadastradas existentes na região do Submédio SF. ....	236
Figura 135- Distribuição espacial das barragens cadastradas na região do Baixo SF. ....	237
Figura 136- Hidrelétricas e Hidrovias na BHSF.....	241
Figura 137- Perfil longitudinal da hidrovia do SF.....	242

Figura 138- Número de usinas hidroelétricas na BHSF. .... 245  
Figura 139 - Localização dos empreendimentos hidrelétricos em operação. .... 249  
Figura 140- Produção de energia hidrelétrica na BHSF. .... 250

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Estações meteorológicas e variáveis climatológicas disponíveis .....	15
Quadro 2- Resumo das áreas dos domínios morfoestruturais por região fisiográfica.....	93
Quadro 3- Resumo das áreas das regiões geomorfológicas por região fisiográfica .....	94
Quadro 4- Resumo das áreas das unidades geomorfológicas por Região Fisiográfica.....	97
Quadro 5- Classes de Declividade Utilizadas .....	100
Quadro 6- Principais aspectos de suscetibilidade ao risco geológico na BHSF .....	101
Quadro 7- Solos Presentes na Bacia do Rio SF. ....	116
Quadro 8- Solos Presentes na Região fisiográfica do Alto SF. ....	120
Quadro 9- Solos Presentes na Região fisiográfica do Médio SF. ....	123
Quadro 10- Solos Presentes na região fisiográfica do Médio SF. ....	126
Quadro 11- Solos Presentes na Região fisiográfica do Baixo SF.....	129
Quadro 12- Classes de Aptidão Agrícola e Níveis de Manejo .....	133
Quadro 13- Aptidão Agrícola da Bacia do Rio SF. ....	133
Quadro 14- Aptidão Agrícola na Região fisiográfica do Alto SF. ....	135
Quadro 15- Aptidão Agrícola na Região fisiográfica do Médio SF.....	135
Quadro 16- Aptidão Agrícola na Região fisiográfica do Submédio SF. ....	138
Quadro 17- Aptidão Agrícola na Região fisiográfica do Baixo SF.....	138
Quadro 18- Risco de Salinização dos Solos da BHSF .....	143
Quadro 19- Risco de salinização dos solos na região fisiográfica do Alto SF.....	145
Quadro 20- Risco de salinização dos solos na região fisiográfica do Médio SF.....	145
Quadro 21- Risco de salinização dos solos na região fisiográfica do Submédio SF.....	146
Quadro 22- Risco de salinização dos solos na região fisiográfica do Médio SF.....	146
Quadro 23- Classe de Terras para Irrigação na BHSF.....	153
Quadro 24- Classe de Terras para Irrigação no Alto SF. ....	155
Quadro 25- Classe de Terras para Irrigação no Médio SF. ....	155
Quadro 26- Classe de Terras para Irrigação no Submédio SF.....	158
Quadro 27- Classe de Terras para Irrigação no Baixo SF.....	161
Quadro 28- Caracterização das 34 sub-bacias. ....	170
Quadro 29- Estações de monitoramento disponíveis no Hidroweb, por região fisiográfica.	171
Quadro 30- Vazões médias por sub-bacia para o período de 1931 a 2013.....	174
Quadro 31- Taxas de recarga consideradas para a estimativa de disponibilidade subterrânea.....	180

Quadro 32- Disponibilidades hídricas subterrâneas por região fisiográfica e por sub-bacia. .....	181
Quadro 33- Vazões retiradas, consumidas e de retorno por sub-bacia.....	185
Quadro 34- Vazões de retirada dos diferentes usos consultivos por sub-bacia.....	187
Quadro 35- Vazões de consumo dos diferentes usos consultivos por sub-bacia. ....	188
Quadro 36- Vazão retirada e de consumo nas sub-bacias.....	196
Quadro 37- Resultado do balanço hídrico superficial para as sub-bacias. ....	198
Quadro 38- Resultado do balanço hídrico subterrâneo para as sub-bacias. ....	200
Quadro 39- Síntese do balanço hídrico para as sub-bacias.....	201
Quadro 40- Classes do Índice de Qualidade da Água e seu significado .....	207
Quadro 41- Classes do Índice de Qualidade da Água e seu significado .....	207
Quadro 42- Distribuição dos espelhos de água por região fisiográfica.....	238
Quadro 43- Densidade de espelhos (nº de espelhos de água /10.000 km²) de água por região fisiográfica.....	238
Quadro 44- Território (m² de espelhos de água/km²) ocupado pelos espelhos de água naturais e artificiais .....	238
Quadro 45- Somatório de áreas inundadas em cada região fisiográfica. ....	239
Quadro 46- Usinas hidrelétricas instaladas na BHSF.....	246
Quadro 47- Potência instalada nas usinas hidroelétricas das BHSF integradas no SIN em 2014.....	251

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Climatologia</b> .....	<b>14</b>
2.1.1	Variabilidade climatológica e classificação climática .....	14
2.1.2	Variáveis climatológicas .....	15
2.1.3	Eventos extremos.....	32
2.1.4	Oferta hídrica.....	39
2.1.5	Produção de alimentos.....	40
<b>2.2</b>	<b>Geologia</b> .....	<b>61</b>
2.2.1	Análise geral da geologia na BHSF .....	62
2.2.2	Geologia do Alto São Francisco .....	80
2.2.3	Geologia do Médio São Francisco.....	80
2.2.4	Geologia do Submédio São Francisco .....	80
2.2.5	Geologia do Baixo São Francisco .....	81
<b>2.3</b>	<b>Hidrogeologia</b> .....	<b>81</b>
2.3.1	Sistema Aquífero Bambuí.....	82
2.3.2	Sistema Aquífero Salitre .....	84
2.3.3	Sistema Aquífero Urucuia.....	87
<b>2.4</b>	<b>Geomorfologia</b> .....	<b>90</b>
2.4.1	Taxonomia do mapeamento geomorfológico da BHSF .....	91
2.4.2	Análise geral da geomorfologia da BHSF.....	92
2.4.3	Geomorfologia do Alto São Francisco .....	102
2.4.4	Geomorfologia do Médio São Francisco .....	106
2.4.5	Geomorfologia do Submédio São Francisco .....	109
2.4.6	Geomorfologia do Baixo São Francisco .....	112
<b>2.5</b>	<b>Pedologia</b> .....	<b>115</b>
2.5.1	Classes de solos .....	115
2.5.2	Aptidão Agrícola .....	132
2.5.3	Risco de salinização para os solos.....	141
2.5.4	Classes de terras para irrigação.....	152
2.5.5	Suscetibilidade dos solos à erosão .....	161
2.5.6	Irrigação .....	162
<b>2.6</b>	<b>Hidrologia</b> .....	<b>168</b>

2.6.1 Aspectos quantitativos.....	171
2.6.2 Aspectos qualitativos.....	205
2.6.3 Identificação de reservatórios.....	232
2.6.4 Levantamento de águas navegáveis.....	239
2.6.5 Informações sobre a produção de energia hidrelétrica.....	244
<b>3 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>252</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>258</b>
<b>Anexo I – Estações Fluviométricos.....</b>	<b>259</b>
<b>Anexo II – Estações Pluviométricos.....</b>	<b>263</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Este produto apresenta a Atualização e Complementação do Macrozoneamento Ecológico Econômico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco no tangente à sua faceta físico-biótica.

Busca-se atender aos termos de referência no quesito da produção de sínteses de potencialidades e vulnerabilidades ao tornar um conjunto de dados de grande volume e complexidade em base estruturada para auxiliar a tomada de decisão e a continuidade de seu zoneamento ecológico-econômico.

Ao analisar o Diagnóstico do Macrozoneamento Ecológico-Econômico da BHSF (2011) e outros estudos realizados na mesma área, nota-se que os dados relacionados ao Meio Físico-Biótico da BHSF já estão bem definidos, descartando a necessidade da elaboração de uma atualização dos parâmetros apresentados no primeiro diagnóstico que, inevitavelmente, conteria as mesmas informações, com nova redação, das já oferecidas no documento apresentado no ano de 2011.

Diante do exposto, a atualização do Diagnóstico do Meio Físico-Biótico do Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco teve suas temáticas abordadas focadas nos usos múltiplos da BHSF e seus respectivos conflitos, na ótica dos serviços ecossistêmicos, ou seja, segundo os “benefícios que a população humana obtém, direta ou indiretamente das funções dos ecossistemas” (CONSTANZA *et al*,1997).

A apresentação das informações obtidas foi feita por categoria, conforme a regionalização espacial definida pelo Ministério do Meio Ambiente no termo de referência publicado para elaboração desta atualização, em que são consideradas 04 (quatro) regiões fisiográficas da BHSF, sendo elas: Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco.

Devido ao grande volume de informações geradas durante a elaboração deste relatório, optou-se pela sua subdivisão em 2 tomos, a saber: **Tomo 1 – Diagnóstico do Meio Físico**; Tomo 2 – Diagnóstico do Meio Biótico, Sínteses Intertemáticas, Serviços Ecossistêmicos e Potencialidades e Fragilidades Naturais Identificadas na BHSF.

## 2 DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO

### 2.1 Climatologia

A climatologia é a ciência que estuda o clima, dedicando-se ao estudo dos fenômenos atmosféricos a médio e longo prazo. Esse estudo visa caracterizar o clima em função da localização geográfica, estação do ano, hora do dia, e etc.

Devido a sua extensão a região da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHSF) possui uma complexidade climática. Fatores como latitude e longitude, cobertura vegetal, proximidade ao mar, continentalidade e sistemas atmosféricos associados influenciam numa variação interanual e espacial do clima na região. Esta variação é avaliada nesta seção, juntamente com a classificação climática por região fisiográfica e com a caracterização climática de variáveis meteorológicas.

Tal caracterização tem como finalidade estabelecer condições de referência para outras análises que também integram esta seção, tais como os eventos extremos, a oferta hídrica, a produção de alimentos e a geração de energia elétrica. Com os valores da temperatura, umidade relativa, vento, radiação solar e precipitação apanhados e examinados nesta seção, será possível integrá-los com as temáticas citadas.

Os resultados provenientes do cálculo das médias mensais para as variáveis mencionadas confirmarão a variabilidade espaço-temporal que ocorre ao longo da BHSF. Estes são exibidos a seguir.

#### 2.1.1 Variabilidade climatológica e classificação climática

A variabilidade climatológica interanual é uma característica marcante da BHSF. A região recebe influências de diversos sistemas atmosféricos associados, dentre eles, segundo o Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2016-2025 (PRH-SF 2016-2025), pode-se destacar como mecanismos de grande escala os sistemas frontais (KOUSKY, 1979), a Zona de Convergência da América do Sul, os bloqueios atmosféricos, os vórtices ciclônicos em Altos Níveis (KOUSKY; GAN, 1981) e a Zona de Convergência Intertropical (UVO, 1989). Como mecanismos de mesoescala, Molion e Bernardo (2002) destacam as perturbações Ondulatórias no Campo de Alísios, os complexos convectivos de mesoescala e as brisas marinha e terrestre, e quanto à microescala, indicam as circulações orográficas e pequenas células convectivas.

Dos sistemas atmosféricos, destacam-se a influência da Zona de Convergência da América do Sul, no campo da precipitação, e os vórtices ciclônicos em Alto níveis. O primeiro fenômeno transporta chuvas que podem ser intensas devido a uma banda de nebulosidade semi-estacionária, que passa pela Região Sudeste e Centro-Oeste e prolonga-se para o Oceano Atlântico. Já o segundo fenômeno atua na Região Nordeste do Brasil, é de origem tropical e em geral persistente, deslocando-se lentamente do oceano para o continente e vice-versa, provocando céu limpo na região sul e central do Nordeste e chuvas no setor norte do Nordeste.

Para caracterizar o clima da bacia hidrográfica do rio São Francisco, o PRH-SF 2016-2025 utilizou a Classificação Climática de Köppen (KÖPPEN, 1936) que se baseia no conceito de que a vegetação nativa é a melhor expressão do clima. Desta forma, as zonas climáticas são delimitadas de acordo com a vegetação. A classificação de

Köppen também combina as temperaturas médias e precipitação anual e mensal, e a sazonalidade da precipitação. A bacia apresenta diversos tipos de clima na classificação de Köppen, que são apresentados para as quatro regiões fisiográficas: Alto São Francisco, Médio São Francisco, Submédio São Francisco e Baixo São Francisco.

No Alto São Francisco (Alto SF), predomina o clima tipo Aw, quente e úmido com chuvas de verão. O Médio São Francisco (Médio SF) possui um clima predominante Aw, apresentando também o clima BShw, semiárido. O Submédio São Francisco (Submédio SF) apresenta o clima BShw, semiárido e no Baixo São Francisco (Baixo SF), predomina o clima As (quente e úmido, com chuvas de inverno), apresentando zonas com características climáticas BSh, semiárido com curta estação chuvosa no outono/inverno.

### 2.1.2 Variáveis climatológicas

Para a caracterização do clima de cada região fisiográfica foram utilizadas as informações das Normais Climatológicas do Brasil de 1961-1990, possibilitando uma análise de dados meteorológicos como temperatura, umidade relativa, intensidade do vento, insolação total diária, evaporação e precipitação, com essas informações se obteve uma média mensal por dado. Foram utilizadas 37 estações meteorológicas (as mesmas utilizadas no PRH-SF 2016-2025), apresentados no Quadro 1 abaixo, indicando a região fisiográfica a qual pertence cada estação, bem como os dados meteorológicos disponíveis.

**Quadro 1- Estações meteorológicas e variáveis climatológicas disponíveis**

Código	Nome da Estação	Região	Tmáx	Tmín	Vento	Umid.	Ins.	Evap.	Pcp.
83582	Bambuí	Alto SF	X	X	X	X	X	X	X
83587	Belo Horizonte	Alto SF	X	X	X	X	X	X	X
83536	Curvelo	Alto SF	X	X	X	X	X	X	X
83581	Florestal	Alto SF	X	X	X	X	X	X	X
83632	Ibirité	Alto SF	X	X	X	X	X	X	X
83483	Pirapora	Alto SF	X	X	X	X	X	X	X
83570	Pompeu	Alto SF	X	X	X	X	X	X	X
83586	Sete Lagoas	Alto SF	X	X	X	X	X	X	X
82990	Pão de Açúcar	Baixo SF						X	
82892	Pesqueira	Baixo SF	X	X	X	X		X	X
83097	Propriá	Baixo SF	X	X	X	X	X	X	X
83179	Barra	Médio SF						X	
83236	Barreiras	Médio SF	X	X	X	X	X	X	X
83288	Bom Jesus da Lapa	Médio SF	X	X		X	X	X	X
83286	Correntina	Médio SF						X	
83182	Irecê	Médio SF			X		X	X	X
82979	Remanso	Médio SF	X	X	X	X		X	X
83076	Santa Rita de Cássia (Ibipetuba)	Médio SF	X	X	X	X		X	X
83379	Formosa	Médio SF	X	X	X		X	X	X
83384	Arinos	Médio SF				X	X	X	X
83338	Espinosa	Médio SF	X	X	X	X	X	X	X
83334	Formoso	Médio SF				X	X	X	X

Código	Nome da Estação	Região	Tmáx	Tmín	Vento	Umid.	Ins.	Evap.	Pcp.
83386	Januária	Médio SF	X	X	X	X	X	X	X
83481	João Pinheiro	Médio SF	X	X	X	X	X	X	X
83389	Mocaminho	Médio SF		X			X	X	X
83388	Monte Azul	Médio SF	X	X	X		X	X	X
83437	Montes Claros	Médio SF	X	X	X	X	X	X	X
83479	Paracatu	Médio SF			X	X	X	X	X
83385	São Francisco	Médio SF	X	X	X	X		X	X
83428	Unaí	Médio SF		X	X		X	X	X
83184	Morro do Chapéu	Submédio SF	X	X	X	X		X	X
82986	Paulo Afonso	Submédio SF	X	X	X	X	X	X	X
82890	Arcoverde	Submédio SF	X	X		X	X	X	X
82886	Cabrobó	Submédio SF	X	X	X	X	X	X	X
82887	Floresta	Submédio SF	X	X	X	X	X	X	X
82753	Ouricuri	Submédio SF						X	
82983	Petrolina	Submédio SF	X	X	X	X	X	X	X

FONTE: Adaptado do PRH-SF (2016-2025).

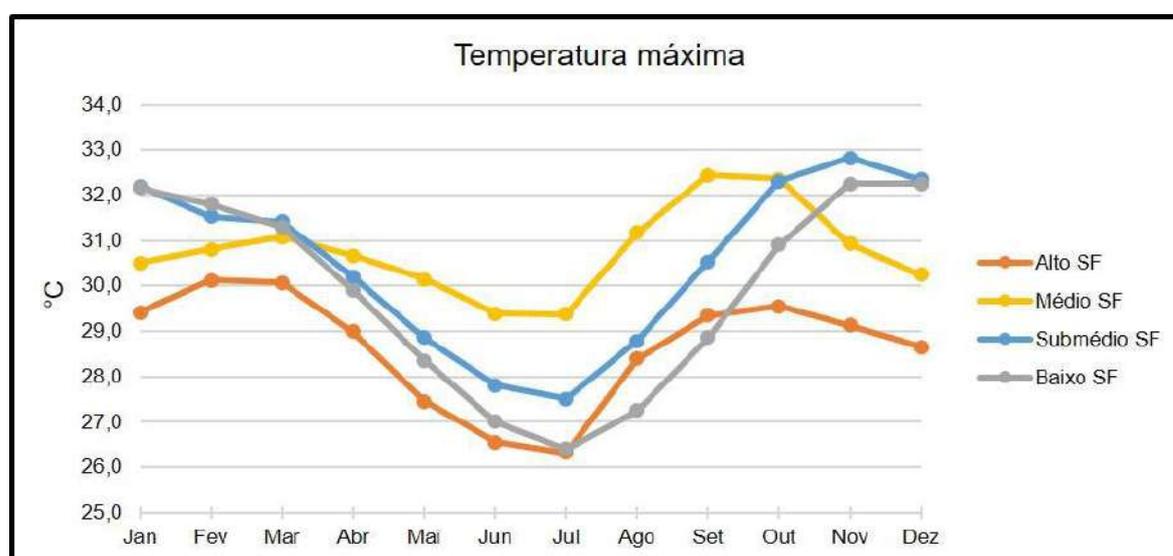
As variáveis climatológicas e seus ciclos interanuais são apresentados a seguir:

### a) Temperatura

A temperatura é a grandeza que caracteriza o estado térmico de um corpo ou sistema, ou seja, indica o grau de calor ou frio do ambiente. Este parâmetro influencia diretamente a evaporação, a umidade relativa e a intensidade do vento.

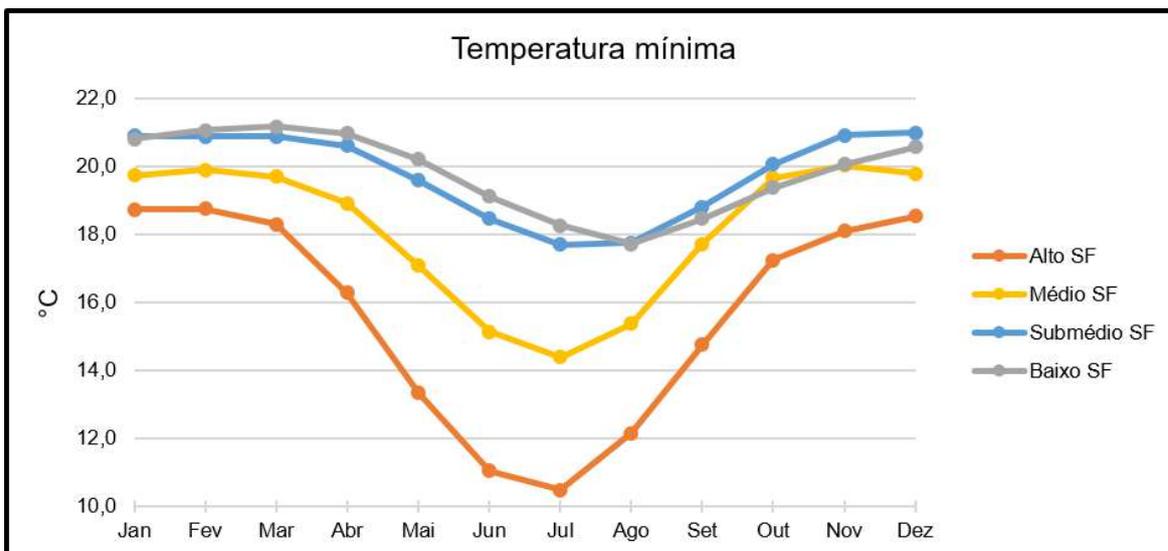
A variável climática de temperatura foi analisada para a região em termos de valores máximos, mínimos e médio anual para estações climatológicas referidas no Quadro 1, as quais se situam na área estudo. A Figura 1 e a Figura 2 a seguir, apresentam as médias mensais da temperatura máxima e mínima, respectivamente, as quais foram calculadas por região fisiográfica a partir da média mensal de cada estação.

Figura 1- Temperatura máxima mensal por região fisiográfica (1961 a 1990).



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

**Figura 2- Temperatura mínima mensal por região fisiográfica (1961 a 1990).**



**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

A partir dos gráficos mostrados nas Figura 1 e Figura 2, percebe-se que as regiões do Alto SF e Médio SF são mais frias e que a diferença entre a temperatura máxima e mínima é grande, chegando a 16°C no Alto SF e 15°C no Médio SF. As regiões do Submédio SF e Baixo SF apresentam uma menor amplitude entre as temperaturas máxima e mínima (aproximadamente 10°C, constante ao longo do ano), ou seja um clima mais ameno pela influência do oceano.

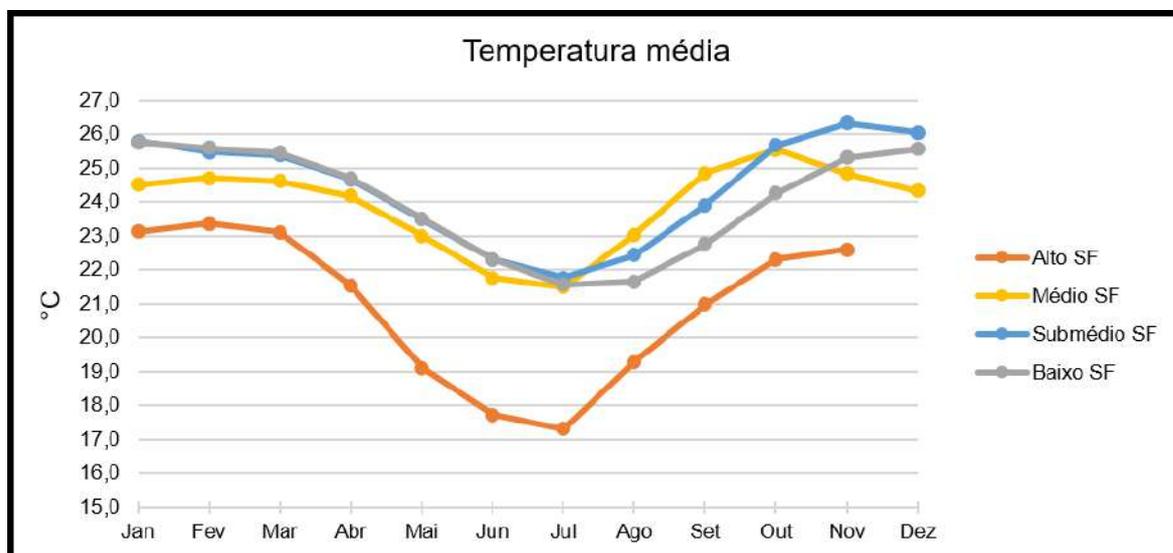
No Alto SF os meses com temperaturas mais baixas são entre maio e agosto, com mínimas entre 10 – 12°C e máximas entre 26 – 28°C, enquanto os meses com temperaturas mais altas são entre setembro e março, com mínimas entre 17 – 18°C e máximas entre 29 – 30°C. Na região do Médio SF os meses com temperaturas mais baixas são entre junho e agosto, com mínimas entre 14 – 15°C e máximas entre 29 – 31°C, enquanto os meses com temperaturas mais altas são entre setembro e maio, com mínimas entre 17 – 20°C e máximas entre 30 – 32°C. Aqui vale ressaltar que, para a região do Médio SF, os meses entre maio e setembro apresentaram temperaturas máximas mais elevadas quando comparado com as outras regiões fisiográficas, como pode ser observado na Figura 1.

No Submédio SF os meses com temperaturas mais baixas são entre junho e agosto, com mínimas entre 17 – 18°C e máximas entre 27 – 28°C, enquanto os meses com temperaturas mais altas são entre setembro e maio, com mínimas entre 18 – 20°C e máximas entre 28 – 33°C. Na região do Baixo SF os meses com temperaturas mais baixas são entre junho e setembro, com mínimas entre 17 – 19°C e máximas entre 26 – 28°C, enquanto os meses com temperaturas mais altas são entre outubro e maio, com mínimas entre 19 – 21°C e máximas entre 28 – 32°C.

A Figura 3 exibe um gráfico para variação da temperatura média ao longo do ano para as quatro regiões fisiográficas da BHSF. É perceptível que o ciclo interanual das regiões do Médio, Submédio e Baixo SF são semelhantes, com temperaturas médias mais altas em relação ao Alto SF, este apresenta temperaturas médias mais amenas. Isto se confirma pelo cartograma apresentado na FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 6, mostrando que a região do Alto SF é mais fria ao longo do ano do que as outras regiões fisiográficas.

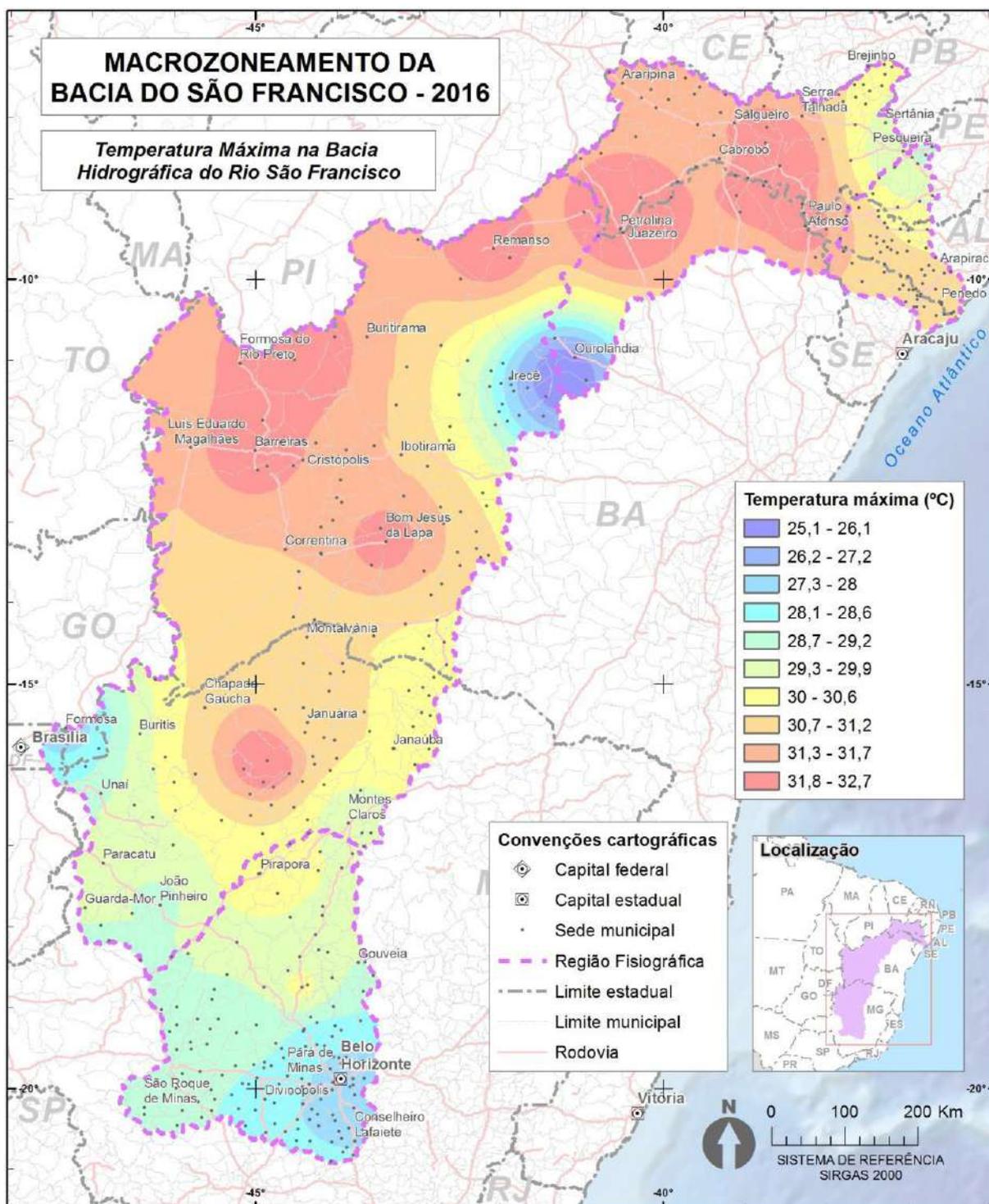
Figura 3- Temperatura média mensal por região fisiográfica (1961 a 1990).



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

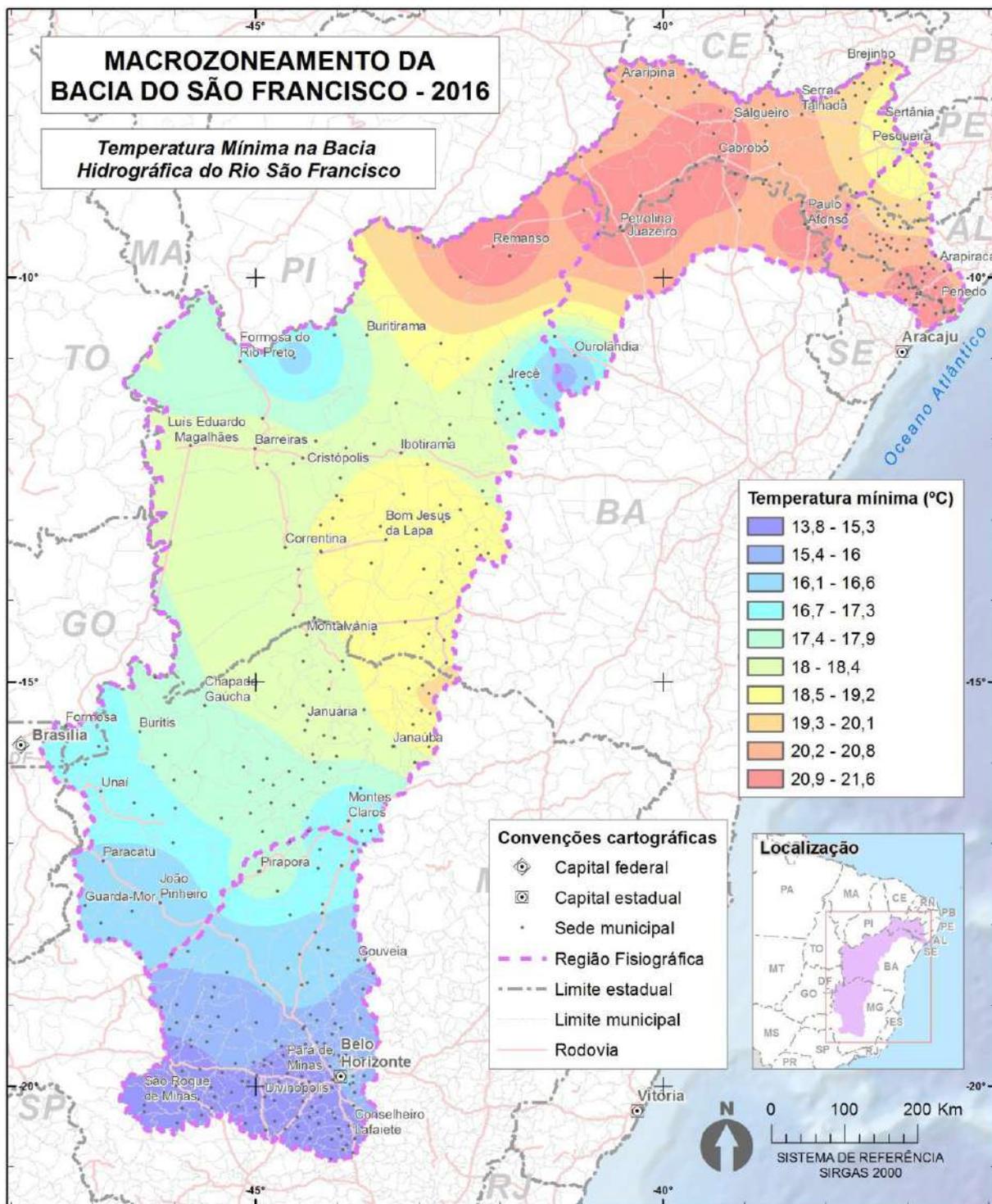
As Figura 4 e Figura 5 exibidas a seguir mostram uma distribuição espacial da média anual das temperaturas máxima e mínima, respectivamente. Foram feitas as isolinhas na região da BHSF a partir dos dados disponíveis nas Normais Climatológicas do Brasil de 1961-1990. Nota-se a semelhança entre o Submédio e Baixo SF, estes ao longo do ano se mantem com temperaturas mais altas em relação às outras regiões fisiográficas. As regiões de Bom Jesus da Lapa-BA, Barreiras-BA, Remanso-BA, Petrolina-PE, sertão pernambucano e o norte de Minas Gerais são aquelas que apresentam os maiores valores de temperatura máxima. Por outro lado, as localidades próximas a Região Metropolitana de Belo Horizonte (a região que apresenta as maiores altitudes) são as a tem o menor valor de temperatura mínima.

Figura 4- Temperatura máxima mensal para o período de 1961 a 1990



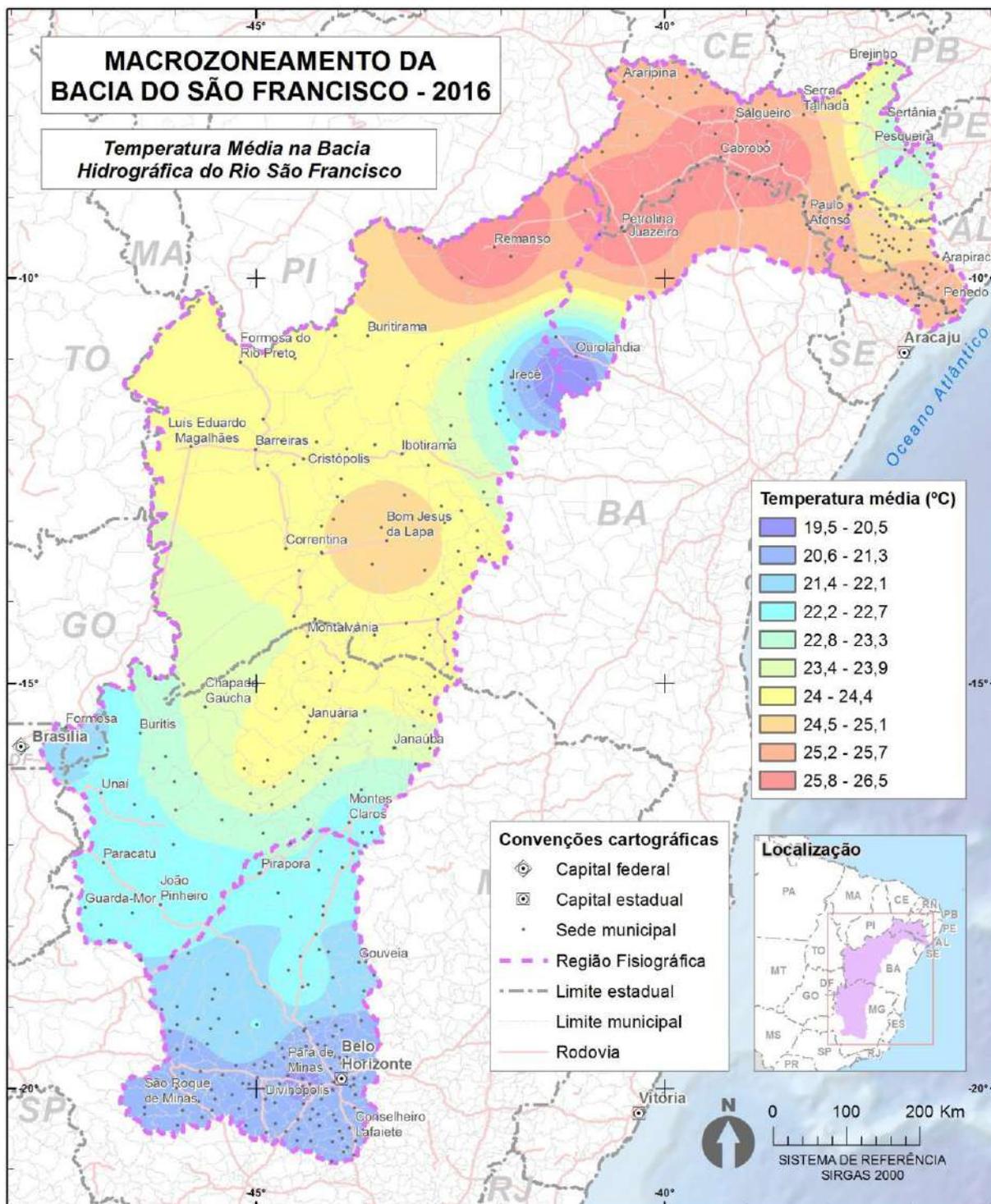
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 5- Temperatura mínima mensal para o período de 1961 a 1990.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 6- Temperatura média anual para o período de 1961 a 1990.



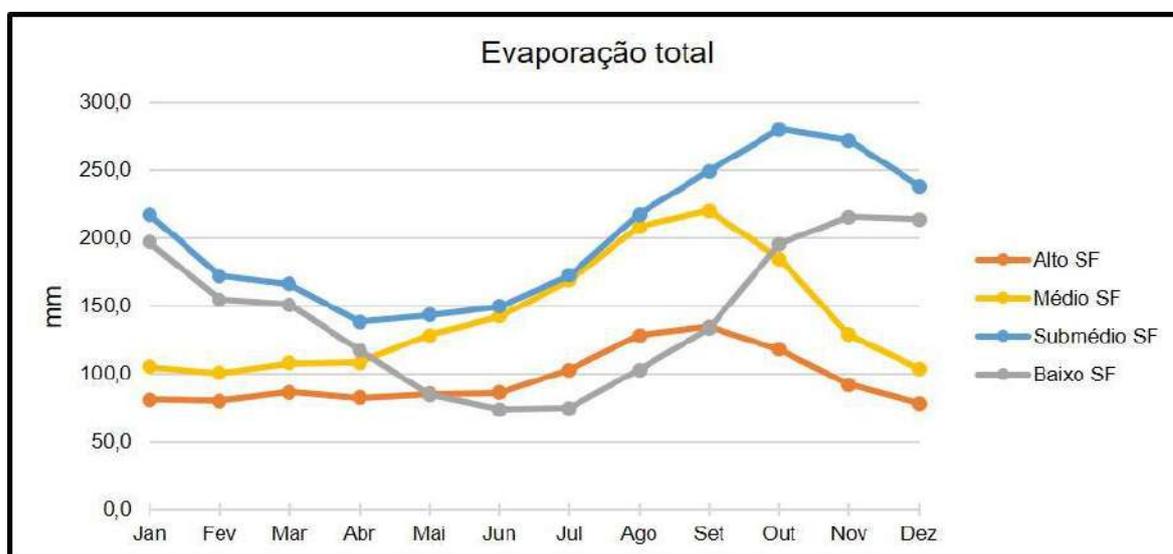
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

## b) Evaporação

A evaporação ocorre quando se inicia um processo de aquecimento da água, em função da incidência de calor, até que seja atingido seu ponto de ebulição. Prosseguindo a cessão de calor, este não mais atua na elevação da temperatura, mas como calor latente de vaporização, convertendo a água do estado líquido para o gasoso. Este vapor d'água se liberta da massa líquida e passa a compor a atmosfera, situando-se nas camadas mais próximas da superfície.

Os dados de evaporação são provenientes de observações diárias colhidas em evaporímetro de Piché, disponíveis nas Normais Climatológicas de 1961-1990, operadas pelo INMET. Os resultados obtidos para a evaporação são apresentados na Figura 7 abaixo. Estes dados foram obtidos através do cálculo da média mensal por estação e exibidos por região fisiográfica.

Figura 7- Evaporação total por região fisiográfica, para o período de 1961 a 1990.

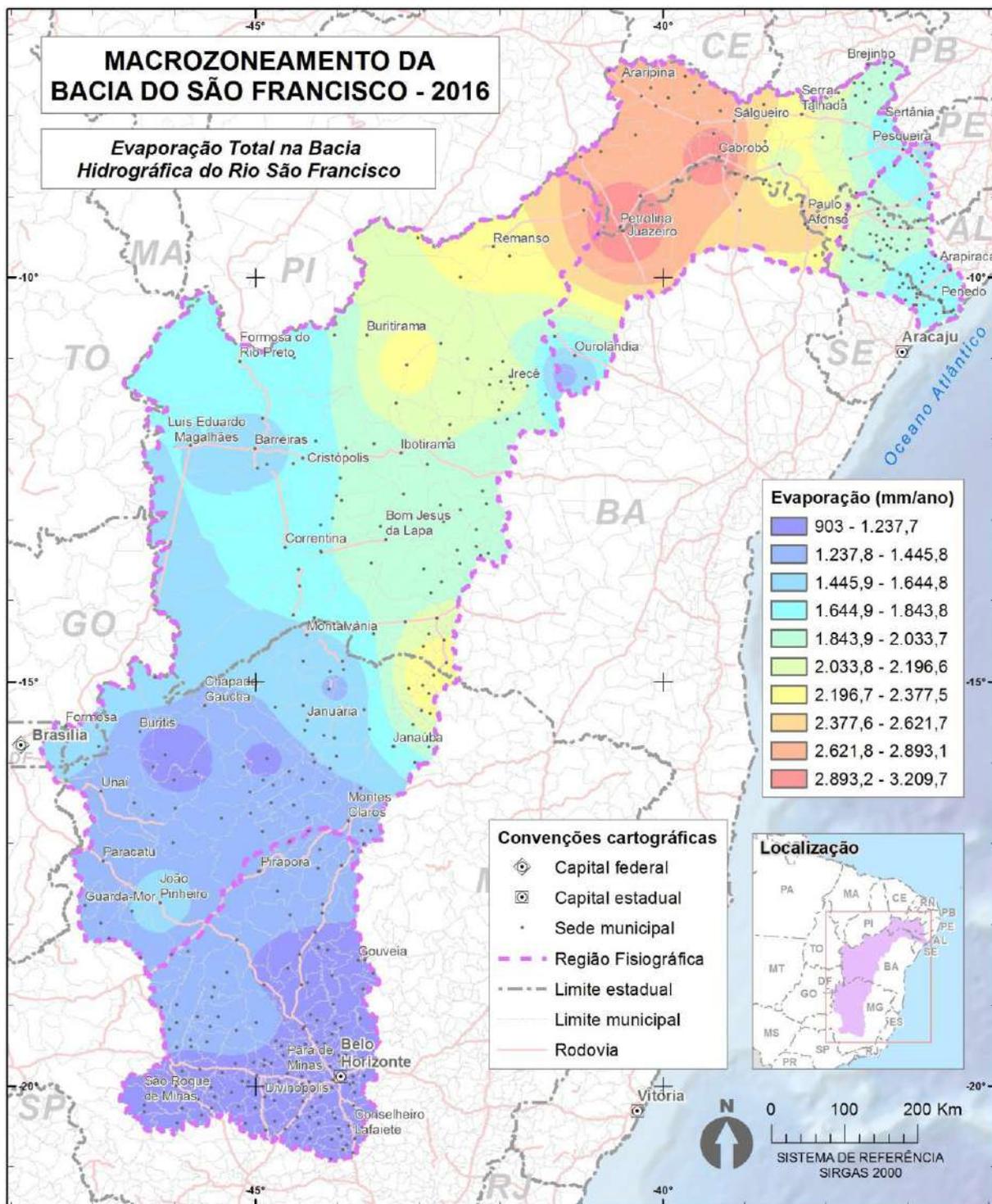


FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Observando o resultado obtido, pode-se notar que os valores máximos de evaporação acontecem entre os meses de agosto e outubro para o Alto SF e Médio SF, entre setembro e dezembro no Submédio SF, e entre outubro e janeiro no Baixo SF. Estes registros máximos coincidem com os meses em que a temperatura do ar é mais elevada, como verificado no item anterior.

A Figura 8 exibida a seguir mostra uma distribuição espacial da média anual da evaporação total. Foram feitas as isolinhas na região da BHSF a partir dos dados disponíveis nas Normais Climatológicas do Brasil de 1961-1990. O mapa mostra que a região fisiográfica do Alto SF possui uma menor evaporação ao longo do ano em relação às regiões do Submédio e Baixo SF. O Médio SF apresenta uma variação da média de evaporação ao longo de sua extensão, começando com baixa evaporação próximo à região do Alto SF aumentando gradativamente até atingir o máximo de evaporação total na divisa dos estados da Bahia e Pernambuco. Vale ressaltar que as maiores taxas de evaporação ocorrem na região do semiárido.

Figura 8- Evaporação total para o período de 1961 a 1990.



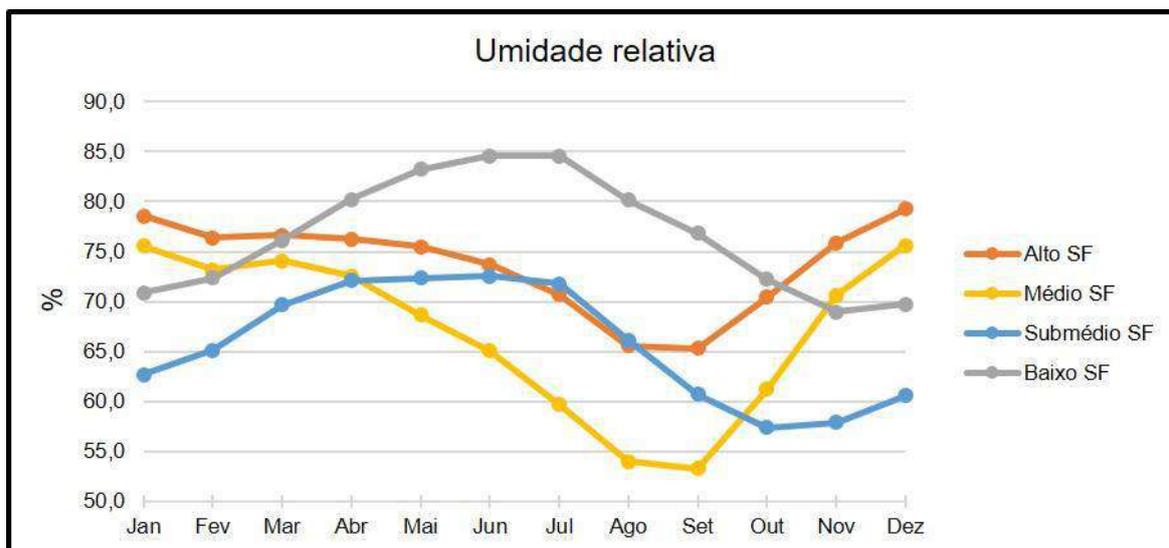
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

### c) Umidade relativa

A umidade relativa do ar é uma variável climatológica que ajuda a compreender o comportamento evaporimétrico de uma região, apresentando relações também, com o período das chuvas. Além disso, ela apresenta grande relevância na tomada de decisão em várias áreas do setor agrícola, principalmente em estudos que consideram a escala macroclimática, como é o caso dos zoneamentos climáticos.

A Figura 9 mostra os resultados obtidos para as médias mensais, referente a umidade relativa. Estas médias foram calculadas por estação e em seguida por região fisiográfica.

Figura 9- Umidade relativa por região fisiográfica, para o período de 1961 a 1990.

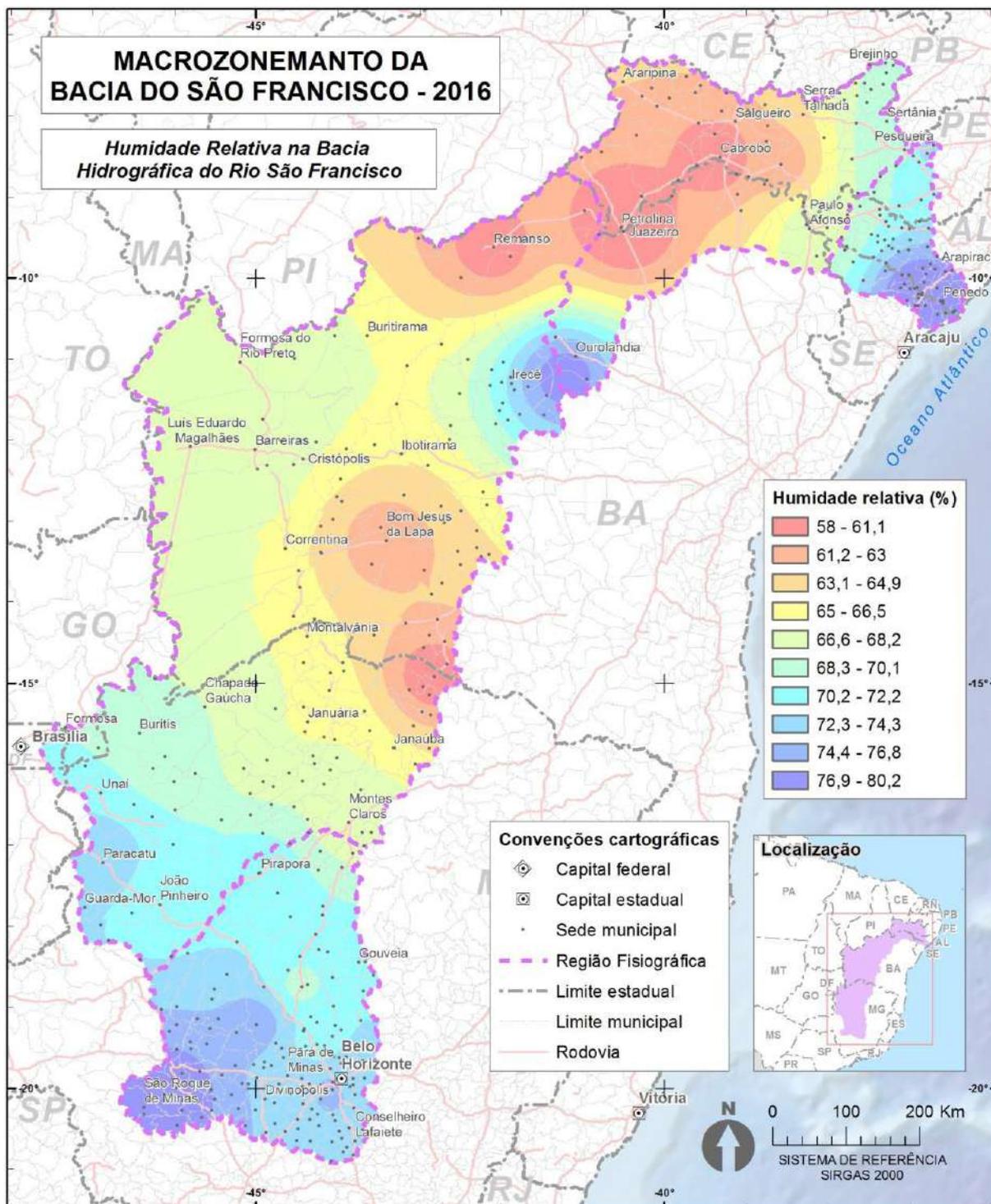


FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Observa-se que a região do Baixo SF é a mais úmida, o que pode ser explicado por ser uma região costeira, e atinge os valores máximos nos meses de inverno (80-85%). O mesmo padrão é notado na região do Submédio SF, porém menos úmido que o Baixo SF, com valores máximos entre maio e julho (71-72%). As regiões do Alto e Médio SF mostram-se com ciclo interanual semelhante, porém a região do Alto SF apresenta maior umidade com máximo de 75-79% entre novembro e fevereiro, enquanto o Médio SF atinge um máximo de 70-75% entre novembro e março.

A Figura 10 mostra uma distribuição espacial da média anual da umidade relativa. Foram feitas as isolinhas na região da BHSF a partir dos dados disponíveis nas Normais Climatológicas do Brasil de 1961-1990. O mapa mostra que as regiões fisiográficas do Alto e Baixo SF são mais úmidas em relação às regiões do Médio e Submédio SF. As localidades próximas a São Roque de Minas-MG, Ourolândia-BA e região litorânea da bacia são aquelas que apresentam maior umidade relativa. Já a região próxima a Remanso-BA e o sertão pernambucano tem o menor valor médio deste parâmetro.

Figura 10- Umidade relativa para o período de 1961 a 1990.



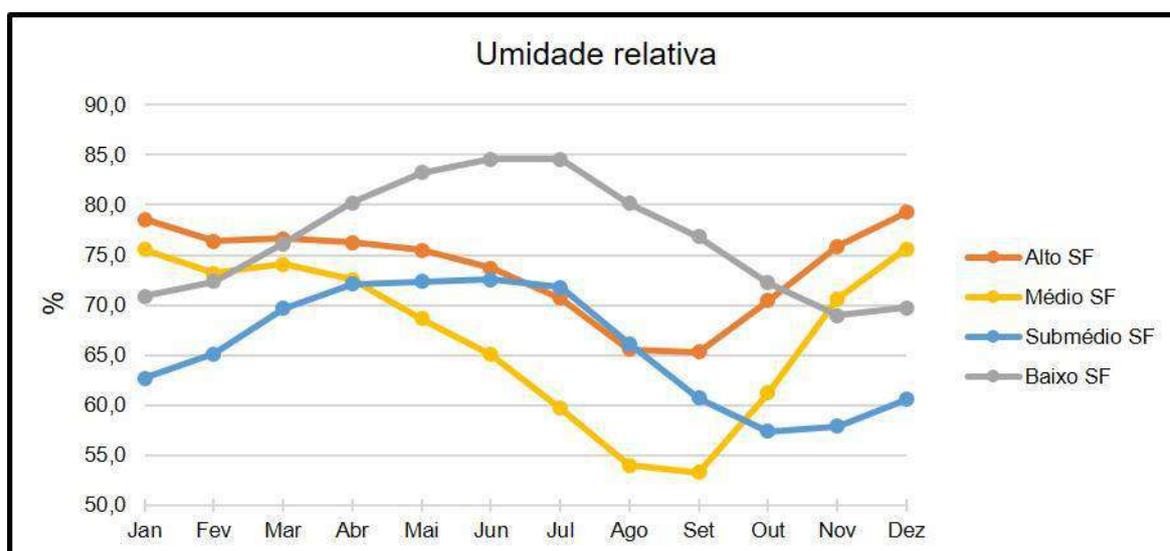
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

#### d) Insolação

A energia proveniente do Sol, que atinge a superfície da Terra é o fator mais importante no desenvolvimento dos processos físicos que geram o tempo meteorológico e o clima. O fenômeno chamado insolação é caracterizado como o número de horas em que a luz do sol chega até a superfície da Terra sem interferência de nuvens, acrescida da radiação difundida pelas partículas e gases da atmosfera. A quantidade de radiação solar recebida num dado lugar, varia com a latitude e a inclinação do eixo da Terra em relação ao plano de órbita. É devido a esta inclinação que se dá a diferença entre os dias e as noites, e entre as estações do ano. Ela também é um dado importante para determinar áreas propícias à implantação de placas fotovoltaicas para geração de energia solar.

A partir das médias mensais disponibilizadas pelas Normais Climatológicas de 1961-1990 por estação, foram calculadas as médias mensais por região fisiográfica e os resultados são apresentados na Figura 11. Com o ciclo interanual obtido é possível verificar que as regiões do Alto e Médio SF apresentam maior insolação entre os meses maio e agosto, atingindo 239-242 horas/mês e 239-260 horas/mês, respectivamente. Já às regiões do Submédio e Baixo SF atingem valores de insolação máximos entre outubro e janeiro, com 246-276 horas /mês e 222-229 horas/mês, respectivamente.

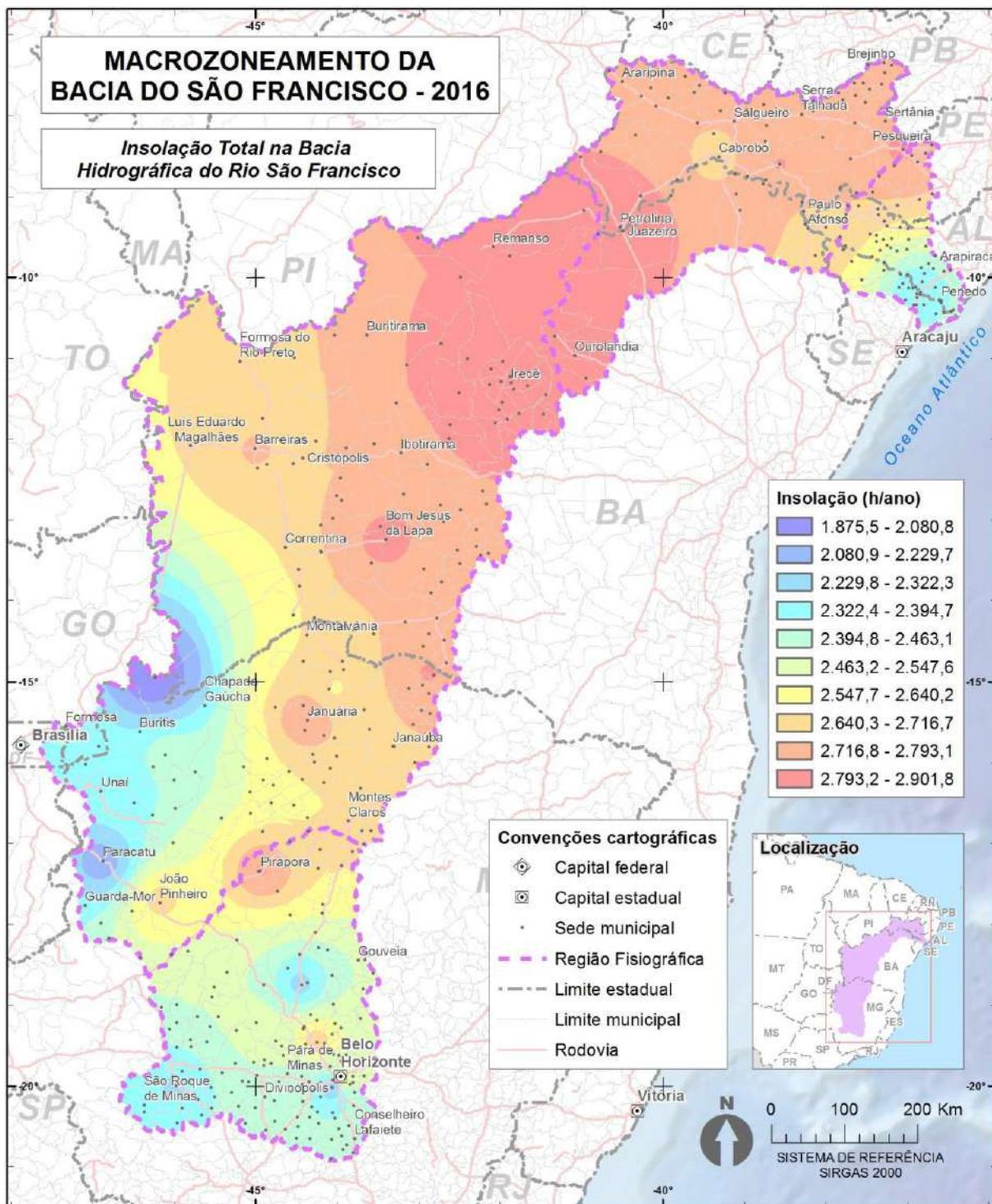
Figura 11- Insolação total por região fisiográfica, para o período de 1961 a 1990.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

A Figura 12 mostra uma distribuição espacial da insolação média anual. Foram feitas as isolinhas na região da BHSF a partir dos dados disponíveis nas Normais Climatológicas do Brasil de 1961-1990. A partir do mapa nota-se que partes das regiões fisiográficas do Médio e Submédio SF, inseridas nos estados da Bahia e Pernambuco, possuem maior índice de insolação anual, enquanto a região costeira do Baixo SF, o Alto SF e áreas próximas a Paracatu, Guarda-Mor, Unaí, Buritis e Chapada Gaúcha, todas estas em Minas Gerais, na região do Médio SF, possuem índices menores de insolação anual.

Figura 12- Insolação média anual para o período de 1961 a 1990.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

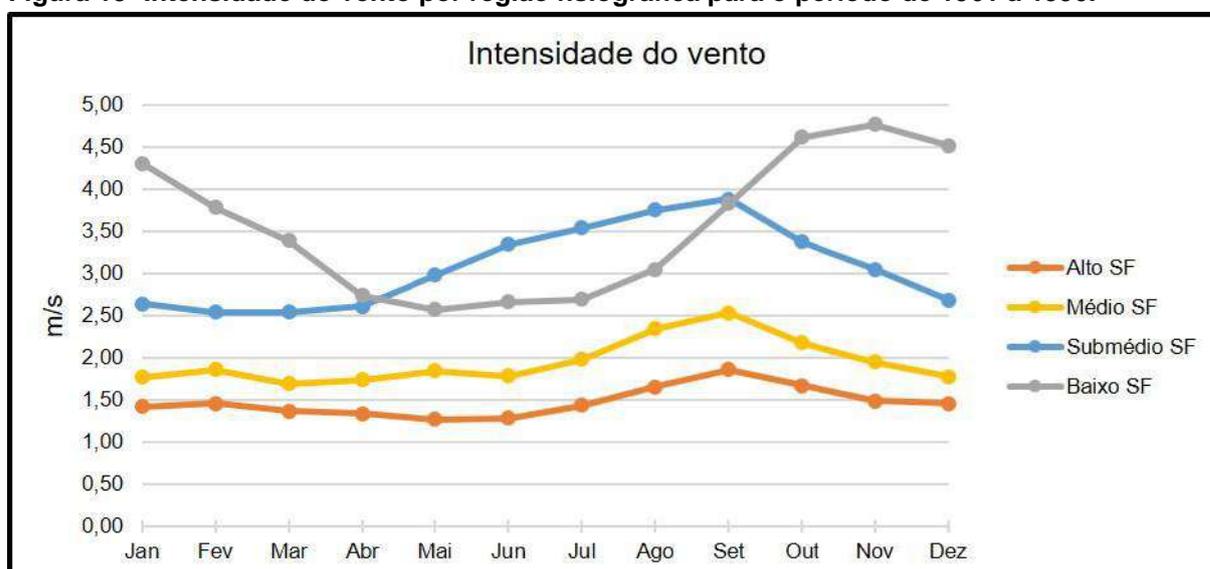
### e) Vento

O vento é o ar atmosférico em movimento devido às diferenças de pressão e temperatura. A direção do vento é determinada por meio de aparelhos denominados cata-ventos e a sua velocidade através de anemômetros, que podem ser substituídos hoje em dia por anemógrafos, os quais registram intensidade e direção do vento simultaneamente.

A intensidade do vento pode ser classificada em fraco (inferior a 4 m/s), moderado (entre 4 e 7 m/s), fresco (entre 7 e 11 m/s), forte (entre 11 e 17 m/s) e violento (entre 17 e 28 m/s).

A Figura 13 apresenta os resultados obtidos para as médias mensais de intensidade do vento. Assim como nos itens anteriores, a partir dos dados mensais disponibilizados pelas Normais Climatológicas de 1961-1990 foi calculado a média mensal por região fisiográfica.

**Figura 13- Intensidade do vento por região fisiográfica para o período de 1961 a 1990.**



**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

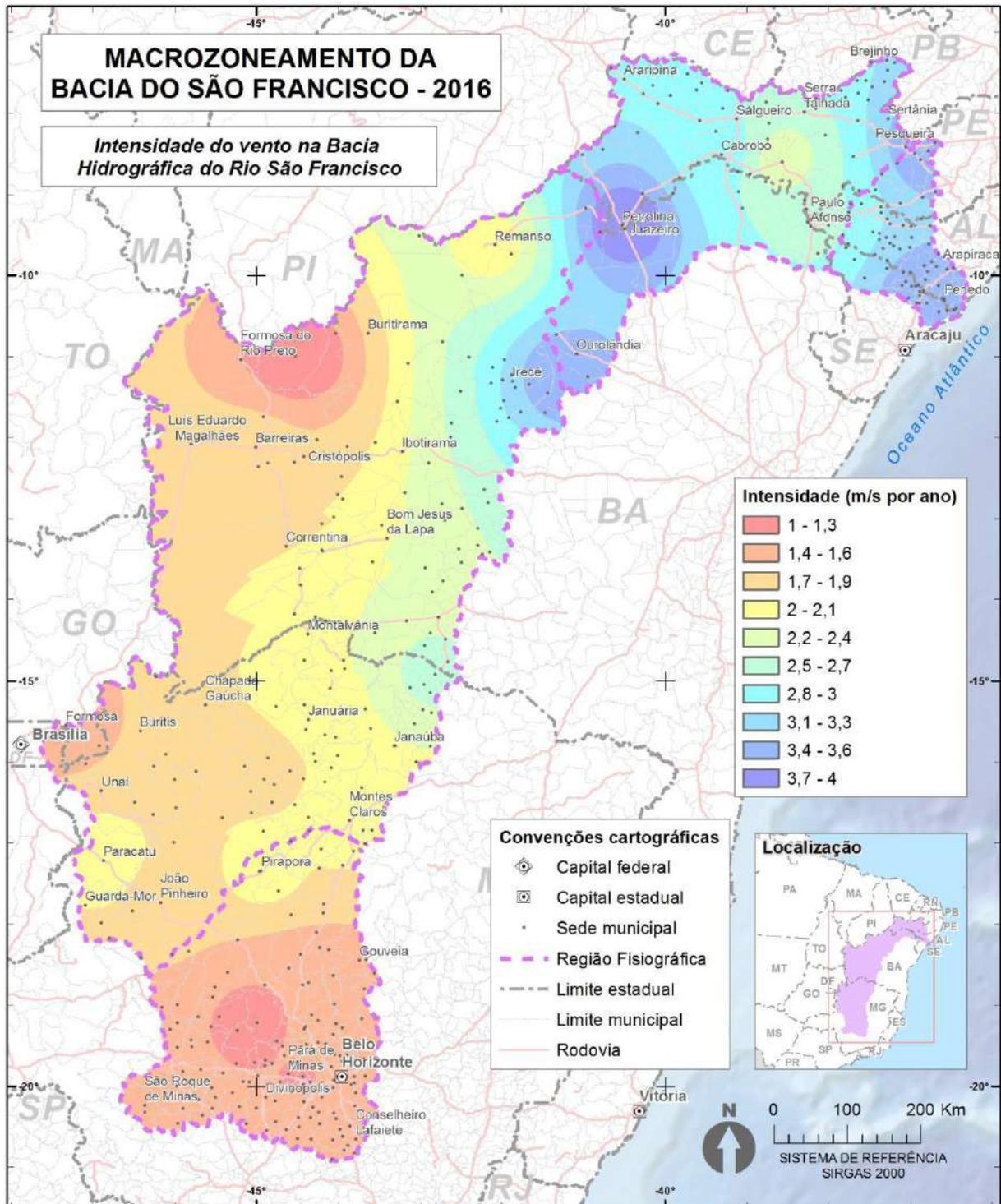
Analisando o gráfico da Figura 13 verifica-se um padrão sazonal semelhante entre as regiões do Alto e Médio SF, diferente das regiões do Submédio e Baixo SF. As regiões do Alto e Médio SF possuem baixa intensidade do vento, com médias anuais de 1,4 e 1,9 m/s, respectivamente. A variação sazonal nestas regiões é baixa, com uma maior intensidade entre os meses de agosto e outubro.

No que se refere às regiões do Submédio e Baixo SF, a variação interanual e a intensidade média anual do vento são superiores em relação às regiões anteriormente citadas, com médias anuais de 3,0 e 3,5 m/s, respectivamente. A região do Baixo SF, região mais costeira, possui uma intensidade do vento mais elevada entre outubro e janeiro (entre 4,3 e 4,7 m/s) e intensidade mais baixa entre maio e agosto (3,0 a 2,57 m/s). No Submédio SF a intensidade do vento é mais elevada entre os meses de julho e setembro (3,5 a 3,8 m/s) e intensidade mais baixa entre dezembro e abril (2,6 m/s).

A Figura 14 mostra uma distribuição espacial da média anual da intensidade do vento. Foram feitas as isolinhas na região da BHSF a partir dos dados disponíveis nas Normais Climatológicas do Brasil de 1961-1990. A partir da dessa figura nota-se que

as localidades próximas a Irecê-BA, Petrolina-PE, Pesqueira-PE e a região litorânea são as que apresentam maior intensidade de vento.

Figura 14- Intensidade do vento para o período de 1961 a 1990.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

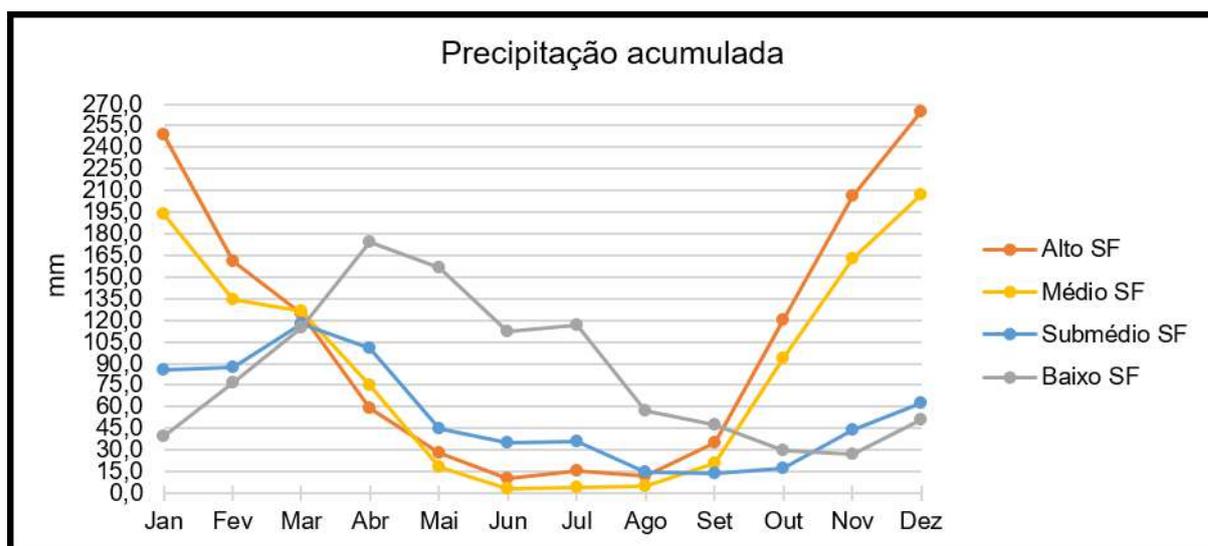
### f) Precipitação acumulada

A precipitação é entendida em hidrologia como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. Portanto, a quantidade de água

precipitada numa bacia durante o ano é o fator determinante para quantificar, entre outros, a necessidade de irrigação de culturas e o abastecimento humano. A intensidade da precipitação é importante para o controle de erosão de solo e inundação, e sua escassez causa impactos na sociedade, ocasionando secas extremas.

Os resultados mensais para a precipitação foram obtidos a partir dos dados disponibilizados pelas Normais Climatológicas de 1961-1990, calculou-se assim a média mensal por região fisiográfica apresentada na Figura 15.

**Figura 15- Precipitação acumulada por região fisiográfica, para o período de 1961 a 1990.**

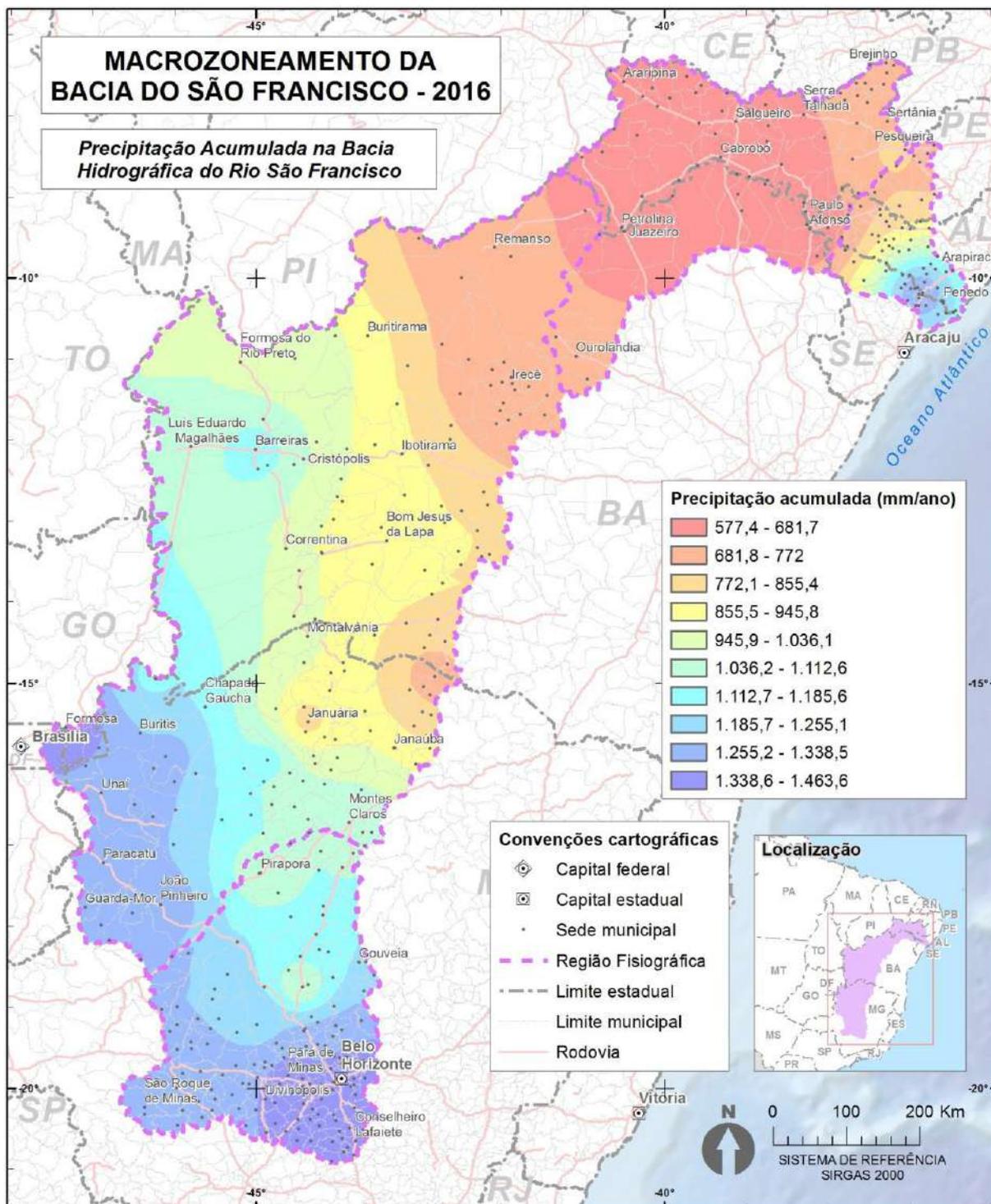


**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

O ciclo anual da precipitação mostra uma significativa diferença entre as regiões do Submédio e Baixo SF em relação às regiões do Alto e Médio SF. O Submédio e Baixo SF apresentam uma precipitação média com máximas em março e abril e entre abril e julho, respectivamente. Enquanto a climatologia do Alto e Médio SF mostra que os meses chuvosos ocorrem entre novembro e fevereiro, e os meses secos ocorrem entre maio e setembro.

A Figura 16 apresenta uma distribuição espacial da média anual da precipitação acumulada. Foram feitas as isolinhas na região da BHSF a partir dos dados disponíveis nas Normais Climatológicas do Brasil de 1961-1990. O cartograma mostra uma variação ao longo da BHSF, com alto índice pluviométrico na região do Alto SF, diminuindo gradativamente ao longo do Médio SF até o menor índice pluviométrico na região do Submédio SF, no sertão pernambucano. A região do Baixo SF tem índice de pluviometria variado ao longo do ano, com índices altos na parte mais costeira, que diminuem em direção ao sertão alagoano.

Figura 16- Precipitação acumulada para o período de 1961 a 1990.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

### **g) Considerações sobre as variáveis climatológicas analisadas**

O ciclo interanual apresentado para todas as variáveis meteorológicas e os índices calculados a partir destes dados, permitiu identificar padrões semelhantes entre o Alto e Médio SF, bem como entre o Submédio e Baixo SF.

No Alto e Médio SF os meses chuvosos ocorrem de novembro a março e os meses secos de maio a agosto, sendo estes últimos os de temperaturas mais baixas. O máximo da evaporação ocorre no final dos meses de inverno, que coincide com o mês de maior intensidade do vento e de menor umidade relativa.

As climatologias obtidas para o Submédio e Baixo SF, permitiu concluir que são regiões mais amenas, maior intensidade de vento e menor intensidade de precipitação, em relação ao Alto e Médio SF. Ao longo do ano mostrou-se que os meses com precipitações mais elevadas são de março a abril, para o Submédio SF, e de abril a julho, para o Baixo SF.

Logo, o Alto e Médio SF são regiões mais propícias para a implantação de usinas hidroelétricas, devido ao maior índice pluviométrico da bacia e aos menores índices de evaporação da BHSF, o que minimizará as perdas por evaporação dos lagos. Estas características também proporcionam para estas regiões um potencial de desenvolvimento para o setor da agricultura, devido ao maior potencial hídrico oriundo da pluviometria.

Vale ressaltar que o desenvolvimento de atividades agropecuárias nas regiões onde há a predominância de elevados índices de evaporação e baixos índices pluviométricos é precário, necessitando de irrigação. Tais regiões estão localizadas em parte do Médio e Baixo SF e em quase a totalidade do Submédio SF. Porém este não é um limitante, uma vez que se tem exemplos de polos de produção de alimentos nestas áreas, através de perímetros irrigados, como aqueles localizados nos municípios de Petrolina-PE e Juazeiro-BA.

O Médio SF se destaca para o potencial de geração de energia elétrica de fonte solar, devido as elevadas taxas de insolação e as elevadas temperaturas ao longo do ano. Tais características são encontradas na região do Submédio SF.

Há também na bacia localidades que se destacam para o provimento de energia elétrica de fonte eólica. O Submédio e Baixo SF apresentam condições favoráveis para investimento neste tipo de geração de energia.

Assim, fica evidente que as variáveis climatológicas são muito importantes para assegurar o funcionamento dos serviços de provisão de água (oferta hídrica), alimentos, energia elétrica, entre outros. Tal relação pode ser verificada através das variáveis climatológicas apresentadas e das conclusões sintetizadas nesta seção. Logo, as regiões fisiográficas da BHSF apresentam às suas respectivas populações serviços de provisão distintos, cabendo a cada um, características particulares que vêm as atividades adequadas.

#### **2.1.3 Eventos extremos**

Neste item apresenta-se uma breve descrição da ocorrência dos eventos críticos de cheias e secas na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHSF), através de dados obtidos do panorama geral de frequência dos eventos de cheias e secas, ocorridos

nos municípios brasileiros nos últimos anos, apresentado pela ANA a partir de informações da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC).

#### **a) Cheias**

As inundações e enchentes são ocasionadas pela elevação repentina do nível da água de rios, lagos e açudes, devido a uma contribuição do escoamento superficial, ocasionando transbordamento em áreas não habitualmente submersas. As enxurradas são caracterizadas por um volume de água que escoar na superfície do terreno, com grande velocidade e são resultantes de fortes chuvas.

De acordo com a análise de eventos críticos, realizada entre 2003 e 2015, ocorreram 301 eventos de cheia, onde foram atingidos 178 dos 507 municípios da bacia hidrográfica do Rio São Francisco. Destes municípios, 78 apresentaram acima de dois eventos de cheia.

A Figura 17 exibe a quantidade de eventos de cheia na BHSF no período de 2003 a 2015. Com base na figura, a região do Alto SF exibe municípios com recorrência de eventos de cheia próximos à capital Belo Horizonte e outros na região mais central do estado de Minas Gerais, como os municípios Jequitai e Raposos, que apresentaram cinco eventos de cheia nos últimos 12 anos, os municípios Crucilândia, Jaceaba, Formiga, Montes Claros e Vespasiano que tiveram quatro eventos de cheia, em outros 11 municípios houveram três eventos críticos de cheia sendo eles Congonhas, Divinópolis, Esmeraldas, Florestal, Igarapé, Itaguara, Itaúna, Juatuba, Pará de Minas, Pirapora e Santana de Pirapama. Além destes, ainda 22 municípios do Alto SF apresentaram dois eventos de cheia, como por exemplo Claro dos Poções e Entre Rios de Minas, e mostra também 26 municípios com incidência de um evento e o restante dos municípios do Alto SF com nenhum evento crítico no mesmo período.

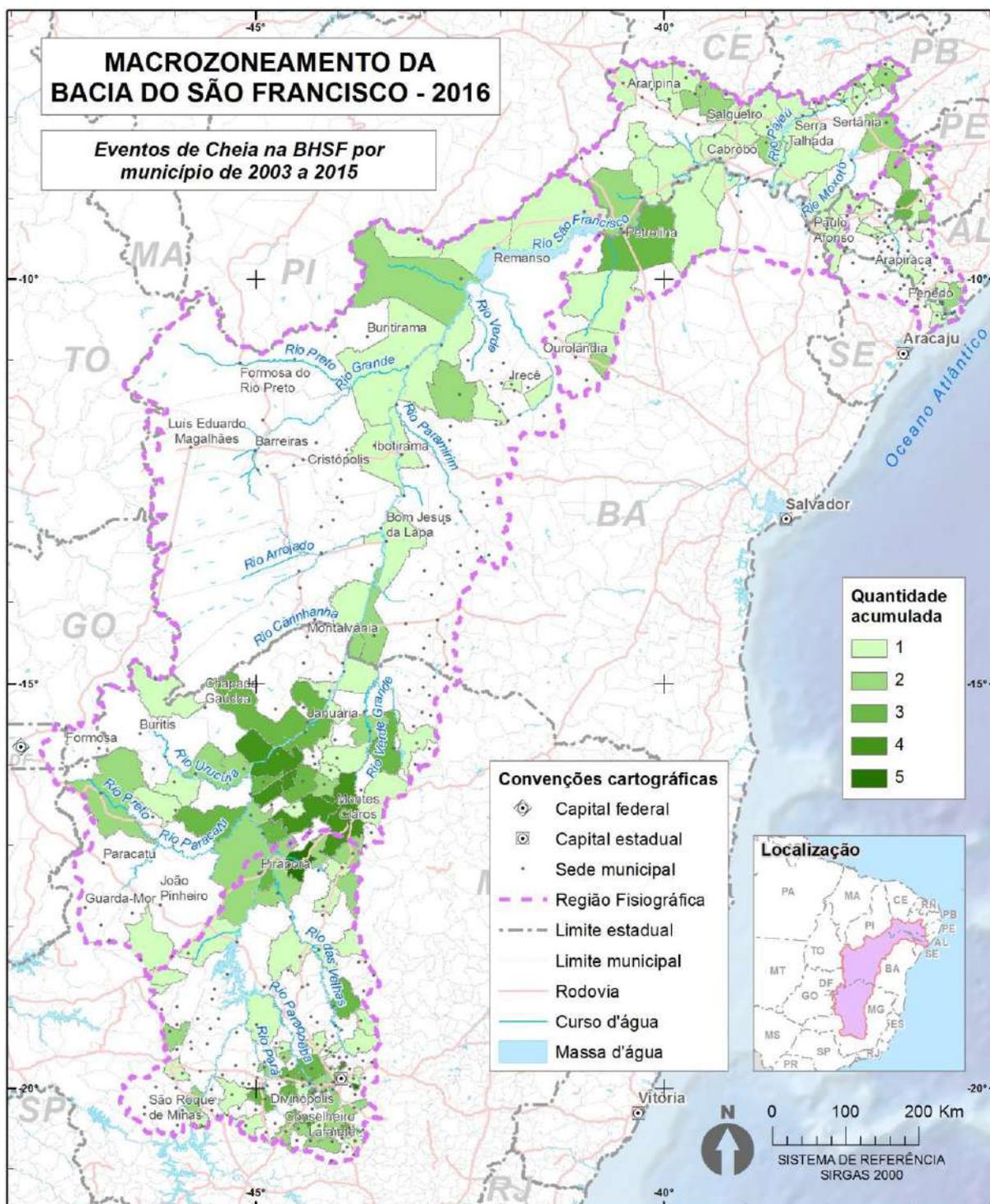
A área do Médio SF exibe em maioria municípios com mais de duas ocorrências de eventos críticos de cheia. Os municípios Coração de Jesus-MG, Luislândia-MG, São Francisco-MG e Ubaí-MG apresentam quatro ocorrências de cheias entre 2003 e 2015, os municípios Brasília de Minas-MG, Ibiaí-MG, Icaraí de Minas-MG, Janaúba-MG, Januária-MG, Pedras de Maria da Cruz-MG e Santa Fé de Minas-MG apresentaram três eventos de cheia. Com um acumulado de duas cheias neste período estão os municípios Gentio do Ouro-BA, Iuiú-BA, Malhada-BA, Mirabela-MG, Pilão Arcado-BA, Pintópolis-MG, Ponto Chique-MG, Unaí-MG, Urucuia-MG e Verdelândia-MG, totalizando 22 municípios com mais de duas ocorrências de eventos críticos, destes 22 municípios, 17 pertencem ao estado de Minas Gerais. O restante dos municípios que compõem o Médio SF acumularam apenas um ou nenhum evento crítico de cheia.

O Submédio SF apresenta poucos eventos de cheias em sua extensão. Apenas o município de Juazeiro-BA acumulou três eventos de cheias entre 2003 e 2015. Em nove municípios ocorreram dois eventos de cheias, sendo eles Carnaubeira da Penha-PE, Granito-PE, Jacobina-BA, Moreilândia-PE, São José do Egito-PE, Serrita-PE, Sertânia-PE, Solidão-PE e Uauá-BA. No restante dos municípios ocorreu, em maioria, apenas uma ou nenhuma incidência no período de 2003 a 2015.

Na região do Baixo SF nenhum município apresentou acima de três eventos acumulados de cheias, e apenas os municípios de Águas Belas-PE e Caetés-PE apresentaram três eventos críticos de cheia no período de 2003 a 2015. Quatro municípios tiveram dois eventos de cheia, sendo eles Bom Conselho-PE, Buíque-PE,

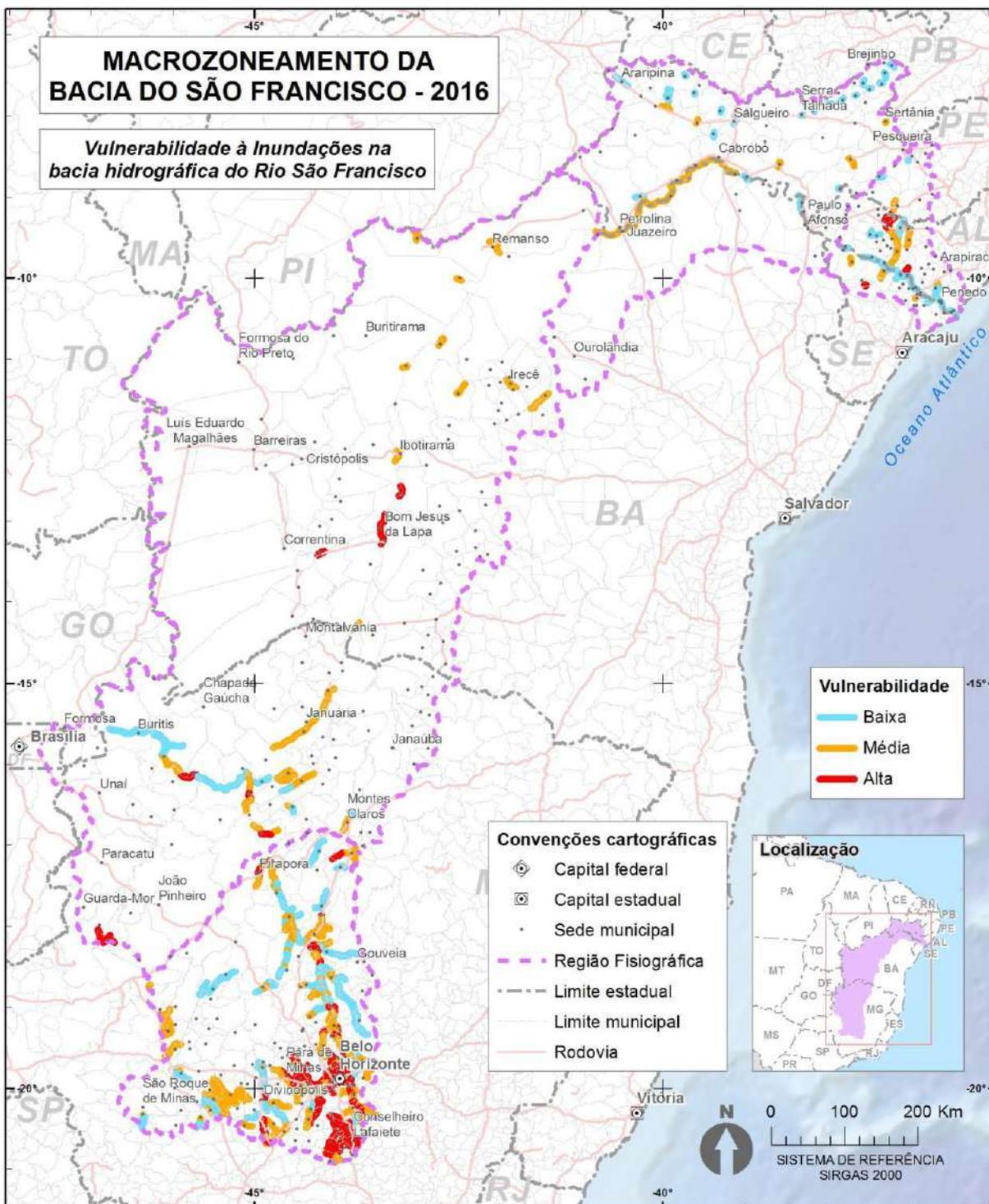
Penedo-AL e Pesqueira-PE. Nos outros municípios do Submédio SF ocorreu apenas um ou, em maioria, nenhum evento crítico de cheia nos últimos 12 anos.

Figura 17- Eventos de cheias por municípios na BHSF de 2003 a 2015.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 18- Vulnerabilidade a inundações na BHSF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

A Figura 18 apresenta a vulnerabilidade a inundações na BHSF, dado obtido a partir do mapa de Vulnerabilidade a Inundações no Brasil, disponibilizado pela ANA em 2014. Baseado nestes dados, é notório que a região do Alto SF possui maior susceptibilidade para ocorrência de inundações em trechos de rios, com alta vulnerabilidade na área mais urbanizada de Minas Gerais, em torno de Belo Horizonte, capital do estado. Isso ocorre devido a esta região fisiográfica apresentar os maiores índices de precipitação da bacia, como já apresentados neste documento.

No Médio SF a maioria dos trechos com maior vulnerabilidade também estão inseridos no estado de Minas Gerais, na área do estado da Bahia há pequenos trechos com vulnerabilidade média, e outros com vulnerabilidade alta na região de Correntina e Bom Jesus da Lapa, nas margens dos rios Correntes e São Francisco, respectivamente. Junto com o Alto SF, o Médio SF apresenta os maiores índices pluviométricos da bacia, deixando assim esta área mais vulnerável aos eventos de cheias e inundações.

No Submédio SF a maioria dos trechos possui vulnerabilidade baixa, exceto alguns pequenos trechos isolados e no trecho do Rio São Francisco que passa por Petrolina-PE/Juazeiro-BA e segue até Cabrobó-PE, que possuem vulnerabilidade média. A região do Baixo SF possui poucos trechos com vulnerabilidade a inundações, em sua maioria com índice baixo ou médio. Estas duas últimas regiões fisiográficas além de terem índices pluviométricos reduzidos, por estarem em boa parte na região do semiárido, apresentam tais condições devido ao Rio São Francisco estar sujeito a regularização da vazão realizada nas UHE Sobradinho e Itaparica. Logo, só em eventos extremos históricos, como os ocorridos nos anos de 1979, 1982, 1992 e 2004, onde as localidades desta região sofreram danos sujeitos as inundações, pois as barragens regularizadoras não conseguiram amortizar as cheias. Fica evidente o benefício que a regularização da vazão trouxe para esta região.

Pode-se dizer que a região do Alto SF é aquela que apresenta a maior vulnerabilidade e maior incidência de eventos de cheias, abrangendo aproximadamente 51% do total dos municípios da BHSF com mais de dois eventos críticos entre 2003 e 2015. A partir do Submédio SF os eventos de cheias ficam praticamente reduzidos às margens do Rio São Francisco, onde poucos afluentes deste apresentam a vulnerabilidade a este fenômeno.

Os principais agravantes das enchentes nos municípios na BHSF se devem pela urbanização, principalmente no Alto SF, e devido a ocupação inadequada de áreas de inundação dos rios, sendo este tipo de problema agravado devido à intermitência de rios que compõem as sub-bacias do Rio São Francisco. Portanto, essa área necessita primordialmente de ações de planejamento e gestão do uso e ocupação do solo. Estas medidas não estruturais tem um caráter imprescindível para reduzir os prejuízos econômicos e sociais causados pelos eventos de cheias e inundações.

Constata-se a necessidade de implementação de controles de cheias nos centros urbanos, através de sistemas de drenagem adequados, associados as medidas não estruturais mencionadas, principalmente nas cidades que apresentaram mais de um evento de cheia.

#### **a) Secas**

A seca é definida como um período de persistência anômala do tempo seco, ou seja, uma insuficiência de precipitação associada a outros fatores como altas temperaturas, baixa umidade e altos índices de evaporação.

A Figura 19 apresenta a quantidade de eventos de seca por municípios na BHSF de 2003 a 2015. Analisando os dados de eventos críticos na região da BHSF, contabiliza-se 326 municípios apresentando eventos de seca nos últimos 12 anos, e 243 destes possuem registros de seca no ano de 2015. A partir dessa figura nota-se que os eventos críticos ocorrem principalmente nas regiões do Médio, Submédio e Baixo SF, isso se deve pelo fato de estarem inseridas predominantemente no semiárido

brasileiro, o que torna este tipo de evento recorrente e comum. Segundo o PRH-SF 2016-2015, o semiárido brasileiro abrange 377 municípios pertencentes à bacia hidrográfica do Rio São Francisco, correspondendo a uma área de 343.105 km<sup>2</sup> (54% da bacia hidrográfica). Na região do semiárido as secas incidem com intensidade variada e caráter cíclico, podendo as secas mais acentuadas ocorrer em intervalos de 10 a 11 anos e as de menor intensidade entre cinco a seis anos.

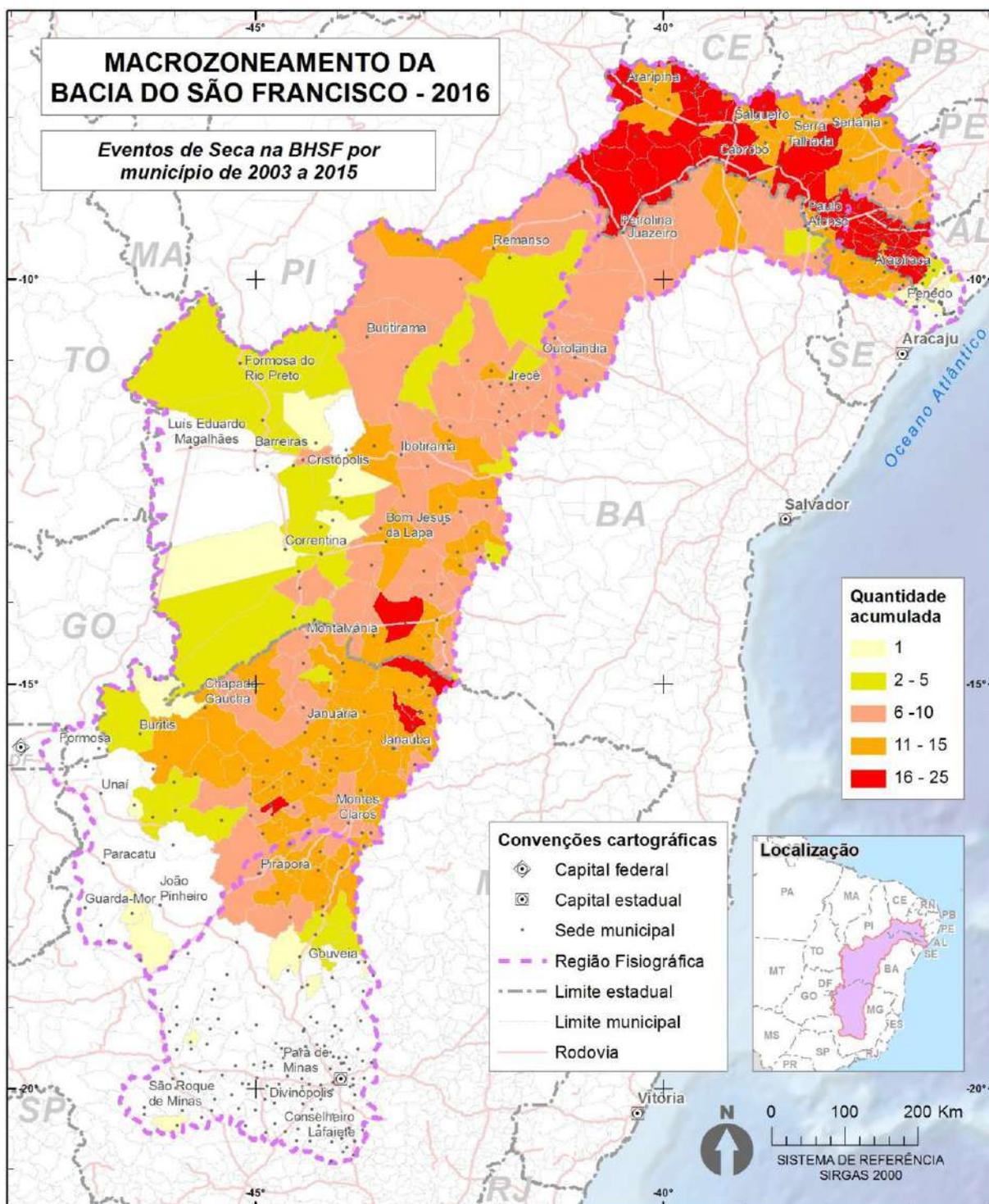
Na região do Alto SF há incidência de seca em alguns municípios na porção central de Minas Gerais, apresentando mais de 11 eventos, como, por exemplo, os municípios de Bocaiúva, Claro dos Poções, Engenheiro Navarro, Francisco Dumont, Jequitaí, Joaquim Felício, Lagoa dos Patos e Várzea da Palma, alguns deles chegando a 14 eventos críticos entre 2003 e 2015. Outros municípios apresentam incidência de seca variando entre 3 e 10 eventos acumulados, como em Buenópolis, Diamantina, Lassance, Montes Claros e Pirapora, entre outros, mas a maioria dos municípios do Alto SF apresentaram apenas um evento crítico de seca ou nenhum nos últimos 12 anos.

Em quase toda sua extensão o Médio SF exhibe municípios com incidência de eventos críticos de seca, onde a maioria destes contém mais de seis eventos desde 2003 até 2015, destacando-se os municípios de Campo Azul-MG, Espinosa-MG, Gameleiras-MG, Monte Azul-MG, Pai Pedro-MG e Palmas de Monte Alto-BA, com mais de 15 eventos de secas acumuladas. Dos municípios do Médio SF apenas 18 não apresentaram eventos de secas nos últimos 12 anos, foram eles: Barreiras-BA, Brasilândia de Minas-MG, Brasília-DF, Cabeceira Grande-MG, Cabeceiras-GO, Catolândia-BA, Cristalina-GO, Formosa-GO, Guarda-Mor-MG, Lagamar-MG, Luís Eduardo Magalhães-BA, Paracatu-MG, São Desidério-BA, São Francisco-MG, Unaí-MG, Uruana de Minas-MG, Vazante-MG e Wanderley-BA.

As secas são ainda mais incidentes no Submédio SF, onde todos os municípios apresentaram ao menos três eventos críticos de seca entre 2003 e 2015, com a maioria dos municípios retratando mais de seis eventos de seca e estiagem, além disso, muitos municípios do sertão pernambucano inseridos na região apresentam mais de 16 eventos críticos. Apenas os municípios de Paulo Afonso-BA e Sento Sé-BA apresentaram menos de seis eventos críticos de seca.

A área do Baixo SF com ocorrência de eventos de seca e estiagem pertence aos sertões sergipano e alagoano e do agreste pernambucano. Quatorze municípios da região não apresentaram eventos críticos de seca no período analisado, foram eles: Amparo de São Francisco-SE, Brejo Grande-SE, Coruripe-AL, Feliz Deserto-AL, Ilha das Flores-AL, Japarutuba-SE, Japoatã-SE, Malhada dos Bois-SE, Pacatuba-SE, Penedo-AL, Piaçabuçu-AL, Pirambu-SE, Porto Real do Colégio-AL e Santana do São Francisco-SE. Em sua maioria os municípios possuem ocorrência de mais de seis eventos críticos, podendo-se destacar os municípios Major Izidoro-AL, Maravilha-AL, Ouro Branco-AL, Pão de Açúcar-AL e Santana do Ipanema-AL que chegam a ocorrência de 19 eventos críticos de seca nos últimos 12 anos.

Figura 19- Eventos de secas por municípios na BHSF de 2003 a 2015.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Em suma, muitos municípios da BHSF sofreram com secas nos últimos 12 anos (64% dos municípios), e em 2015 cerca 48% dos municípios foram atingidos pela seca, onde a maioria pertence às regiões do Médio ao Baixo SF. Essas regiões são mais vulneráveis às secas devido à irregularidade das chuvas, que estão a cada ano mais escassas, provocando longos períodos de estiagem, onde as mudanças climáticas que vem acontecendo podem agravar este cenário na região da BHSF.

Devido a este fato, o conflito pelos usos da água vem se intensificando principalmente nestas regiões com constantes fenômenos de secas. Pode-se citar, por exemplo, que a seca afeta principalmente a agricultura de subsistência na região, castigando ainda mais a população que depende desta atividade. Assim, a gestão dos recursos hídricos é uma ação indispensável para o desenvolvimento social da população destas áreas, para que tais conflitos sejam reduzidos.

Estudos recentes apontam para a ocorrência de mudanças climáticas que podem reduzir a disponibilidade hídrica da BHSF. Diante deste horizonte, a vulnerabilidade da população localizada nas áreas que apresentaram reincidentes eventos de seca tende a aumentar. Então, o planejamento de recursos hídricos irá subsidiar medidas estruturais na BHSF, tais como reservatórios, adutoras, canais, entre outras, que aumentarão a disponibilidade hídrica para os diversos usos da bacia.

Diante do exposto, a ocorrência de eventos extremos (Secas e Cheias) vem afetando diversos municípios da BHSF, onde a vulnerabilidade para os fenômenos na BHSF varia de acordo com as características climáticas de cada região. As medidas de gerenciamento dos recursos hídricos são essenciais para a minimização dos impactos socioeconômicos que estes fenômenos naturais causam a população.

#### **2.1.4 Oferta hídrica**

Como apresentado no item anterior, eventos críticos de seca e inundações são identificados ao longo da BHSF impactando a oferta hídrica. Os eventos de secas são comuns e recorrentes no Submédio e Baixo SF, principalmente por estarem em grande parte inseridos no semiárido brasileiro, região caracterizada pela intermitência das chuvas, que levam a decretação de estado de emergência ou de calamidade pública em grande parte dos municípios desta região.

Os usos múltiplos da água na BHSF, estão intimamente ligados à oferta hídrica que é responsável por garantir a produção de energia elétrica, a irrigação, a navegação, a indústria, o abastecimento humano e animal, a pesca, o turismo e lazer e, em alguns trechos da bacia, o controle de cheias. A oferta hídrica, por outro lado, depende das variáveis climatológicas da bacia, podendo-se destacar a precipitação e a evaporação dentre estas variáveis como principal responsável por esse serviço ecossistêmico de provisão.

Como analisado anteriormente, a pluviometria varia na BHSF apresentando índices maiores nas regiões do Alto e Médio SF do que nas regiões do Submédio e Baixo SF, ao passo que os índices de insolação e evaporação são menores nas regiões do Alto e Médio SF e maiores nas regiões do Submédio e Baixo SF. Essas climatologias associadas representam um fator crítico para a oferta hídrica nas regiões do Submédio e Baixo SF, sendo elas as mais castigadas ultimamente com longos períodos de seca.

O abastecimento hídrico dos municípios das regiões fisiográficas da BHSF vem sendo comumente garantido por sistemas adutores integrados que tem como principal manancial o Rio São Francisco. Para se garantir a segurança hídrica e o abastecimento no semiárido nordestino, é comum o emprego dos sistemas integrados, que atendem a mais de uma cidade. Este é o sistema mais utilizado no Submédio e Baixo SF. Entre os sistemas integrados destacam-se: as adutoras Guanambi e Feijão, na Bahia; Oeste e Pajeú, em Pernambuco; Alto Sertão, Agreste e Bacia Leiteira, em Alagoas, e Alto Sertão e Sertaneja, em Sergipe. Todos esses

sistemas têm como principal manancial o Rio São Francisco, e alguns atendem a cidades externas à BHSF.

O Rio São Francisco também é responsável pelo atendimento de várias sedes localizadas próximo às suas margens ao longo do seu curso. O sistema integrado é empregado na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), que está inserida na BHSF. Esta região é composta por 34 municípios e concentra cerca de 30% da população do Estado de Minas Gerais.

Na RMBH destacam-se os sistemas integrados Paraopeba e o Rio das Velhas. O primeiro resulta da reunião de três sistemas produtores, com captações nas barragens dos rios Vargem das Flores, Serra Azul e Manso. Os sistemas isolados utilizam captações a fio d'água ou mananciais subterrâneos, e são responsáveis pelo restante do atendimento.

Atualmente, a principal obra de abrangência regional em andamento é o projeto de Integração do Rio São Francisco com bacias hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF –, que prevê captação de água em dois pontos do Rio, em Cabrobó-PE, dando início ao eixo Norte e a barragem de Itaparica, e no município de Floresta-PE, dando origem ao eixo Leste. Nos estados que serão beneficiados por esta infraestrutura (CE, PB, PE e RN), estão em andamentos obras complementares decorrentes da implantação da transposição, que permitirão interligações diretas de sistemas adutoras aos previstos eixos e promoverão maior segurança hídrica aos rios e açudes utilizados como mananciais para abastecimento urbano, além dos usos múltiplos.

A oferta hídrica na BHSF é limitada e fica evidente a necessidade do aperfeiçoamento da infraestrutura hídrica existente e do sistema de gestão dos recursos hídricos da bacia, uma vez que a oferta hídrica deve ser garantida para a população ao longo dos anos futuros.

### **2.1.5 Produção de alimentos**

Assim como a oferta hídrica, a produção de alimentos também se trata de um serviço ecossistêmico de provisão, que depende, dentre outros fatores (como nível de urbanização e condições do solo), da climatologia. Os fatores climáticos são fundamentais para o desenvolvimento da produção de alimentos, como a luz solar, que mantém a fotossíntese de toda planta, e como a chuva, a qual fornece água ao solo, à vegetação, aos animais e ao homem. Sabe-se que cada espécie possui necessidades diferentes, portanto cada região fisiográfica da BHSF possui características para culturas específicas.

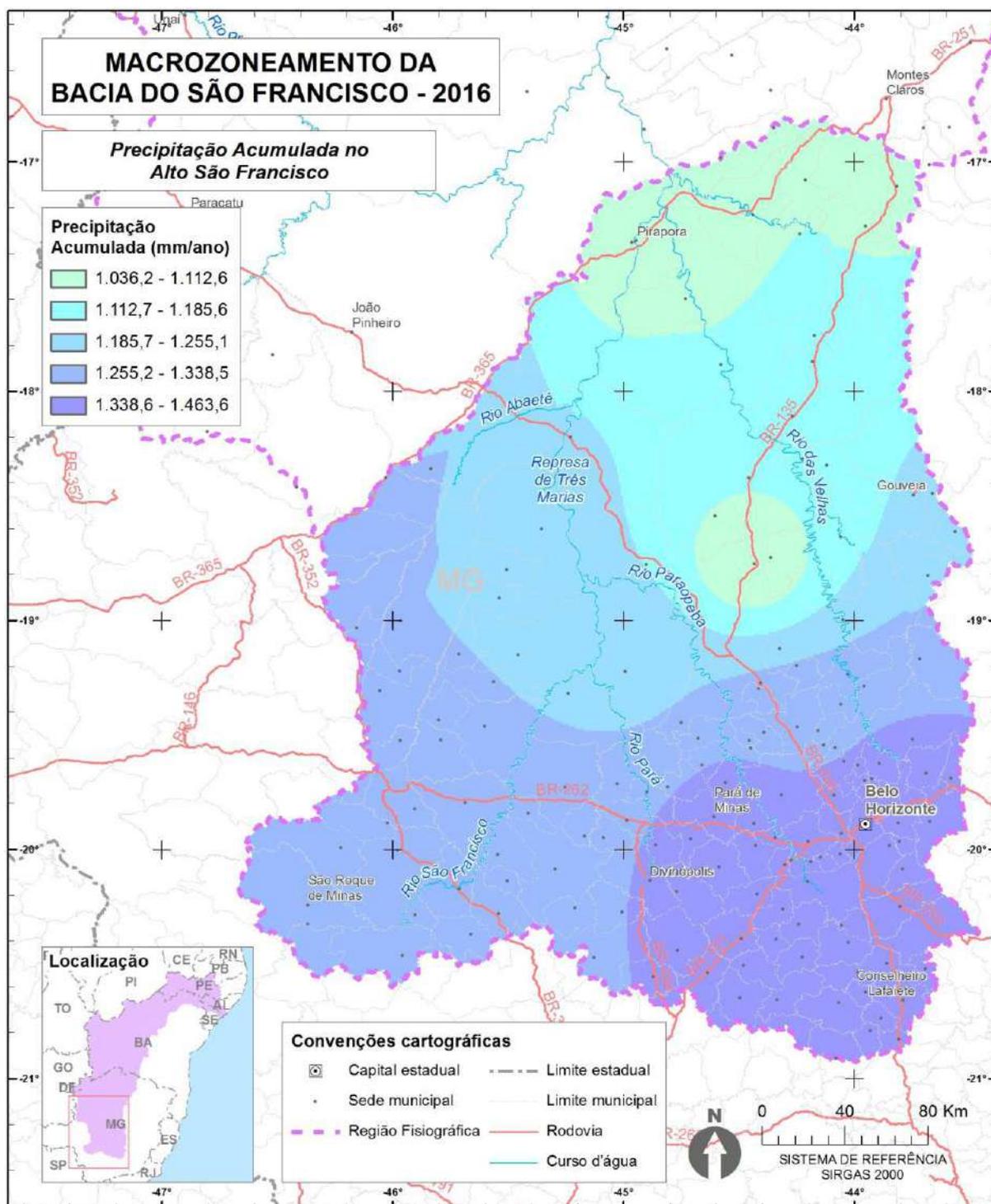
Além de fatores que ajudam a produção, existem aqueles que afetam a mesma, como chuvas torrenciais, seca, que dificulta tanto a agricultura quanto a agropecuária, ou o vento, que pode causar danos como a proliferação de fungos e bactérias, friagem, desidratação e tombamento das plantas.

A região do Médio, Submédio e Baixo São Francisco estão predominantemente inseridas no semiárido brasileiro, isso significa que estas regiões possuem clima seco, baixa pluviometria (menor que 1.000 mm por ano), temperaturas médias mais elevadas (de 24 a 26°C), baixa umidade relativa do ar (menor que 65%) e elevados índices de evaporação e insolação (acima de 1450 mm e 2300 horas por ano, respectivamente).

A região do Alto SF, a parte do Médio SF localizada no noroeste de Minas Gerais e a área costeira do Baixo SF se caracterizam como áreas com clima mais ameno, devido aos índices pluviométricos maiores (acima de 1.100 mm por ano), temperaturas médias mais amenas (de 19 a 22°C), baixo índice de evaporação, maior umidade relativa do ar e menores índices de insolação.

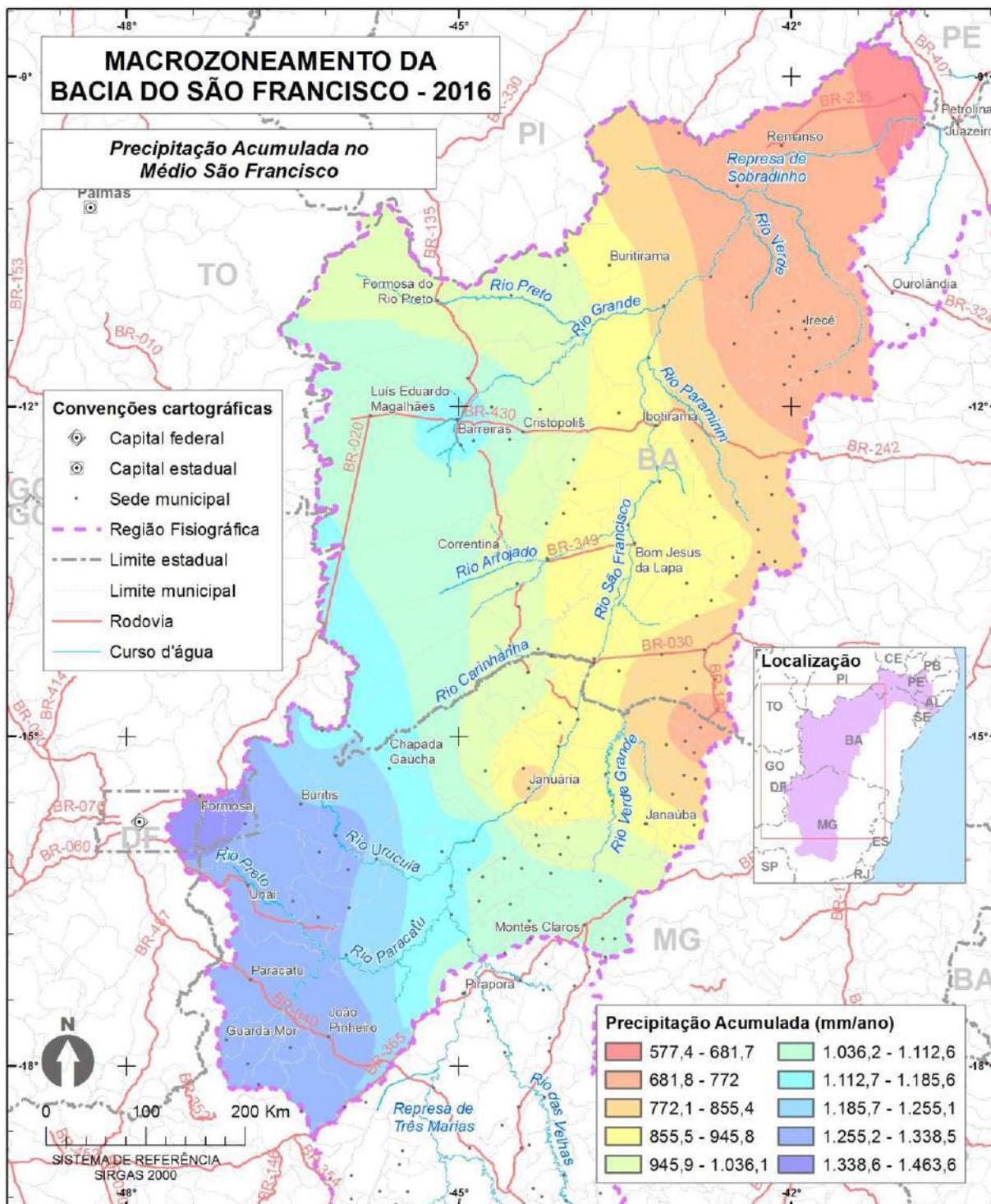
As climatologias pluviometria, temperatura média, evaporação, umidade relativa do ar e insolação são apresentadas abaixo por região fisiográfica nas Figura 20 a Figura 39.

Figura 20- Precipitação acumulada anual na região do Alto SF.



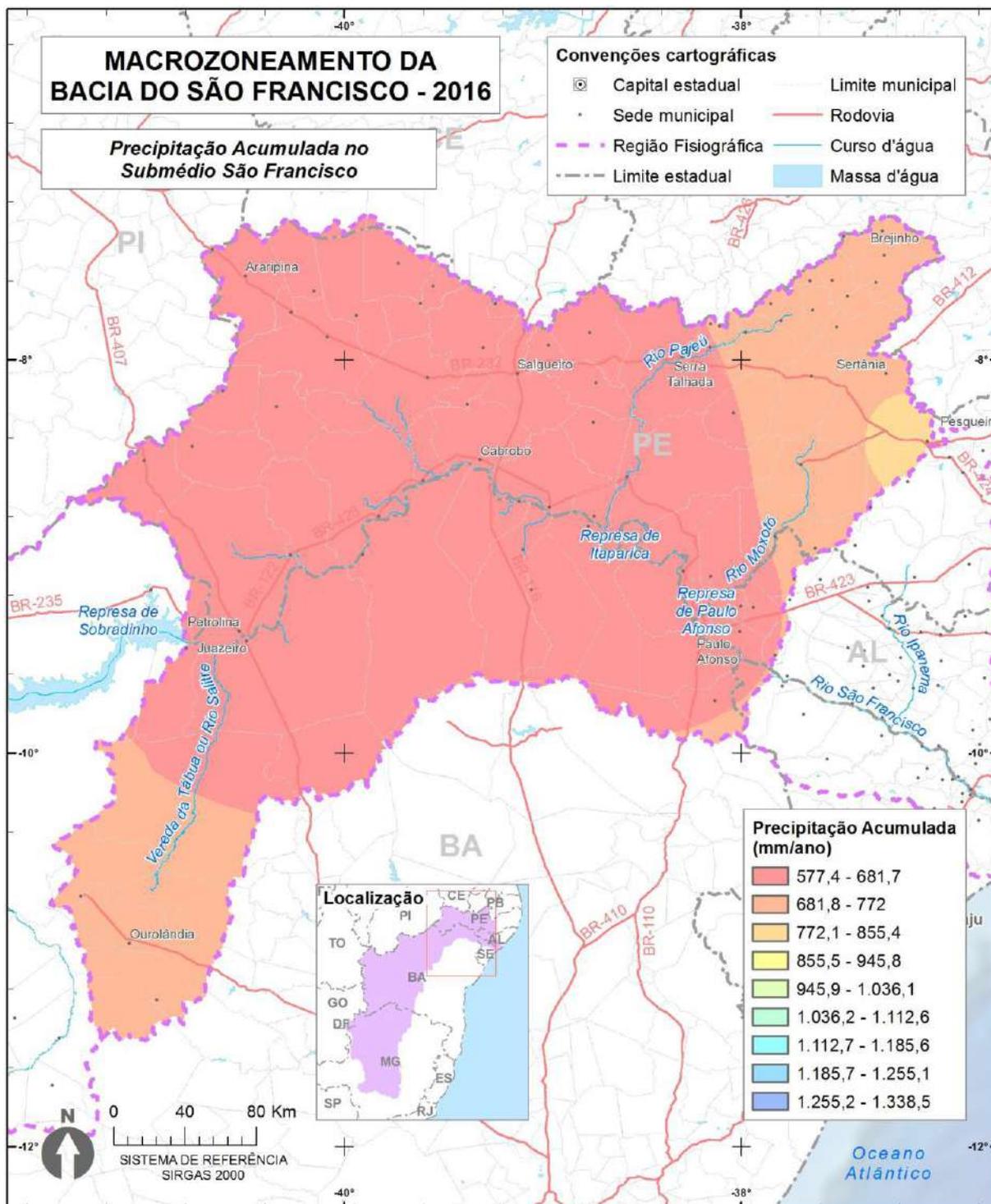
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 21- Precipitação acumulada anual na região do Médio SF.



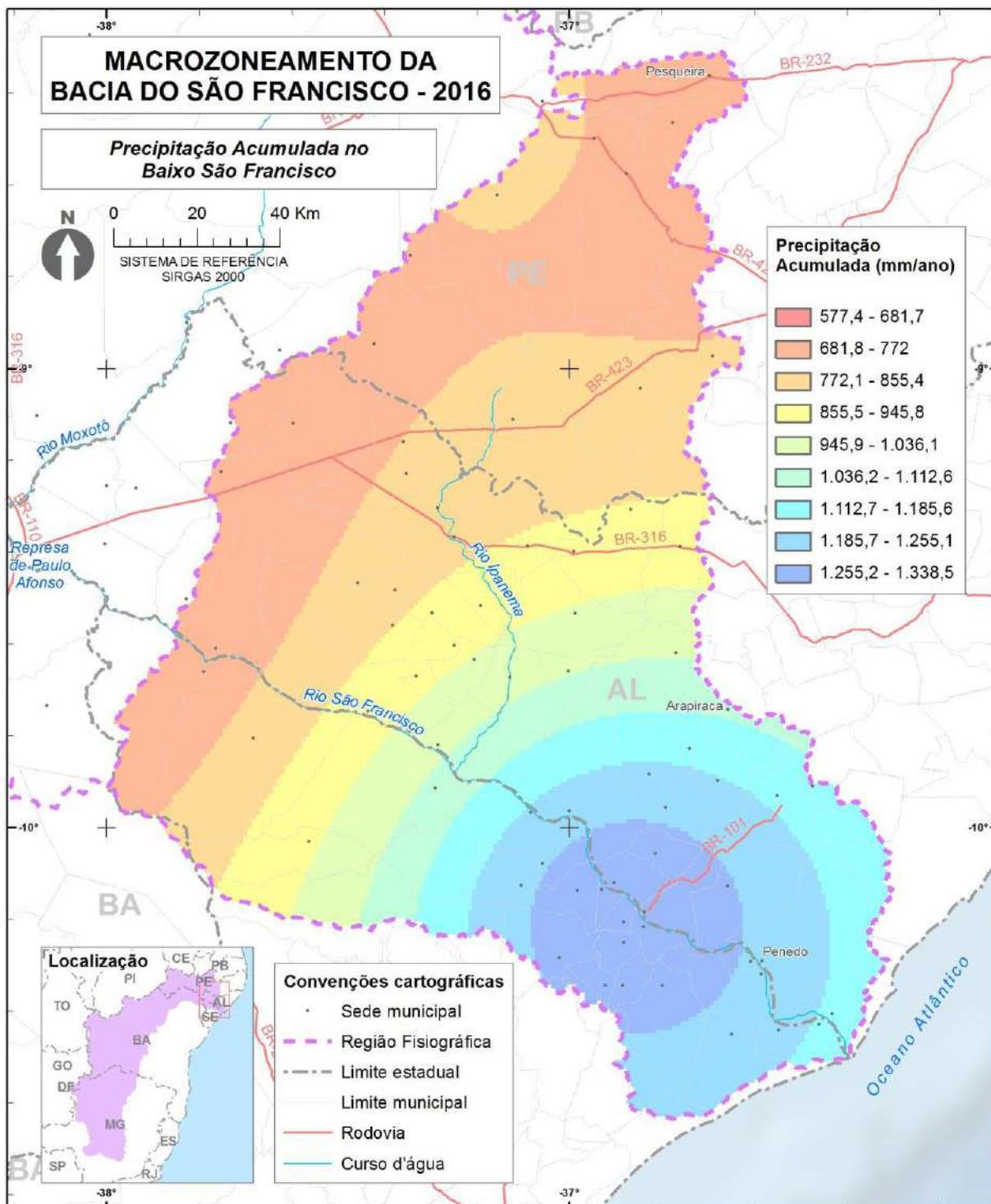
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 22- Precipitação acumulada anual na região do Submédio SF.



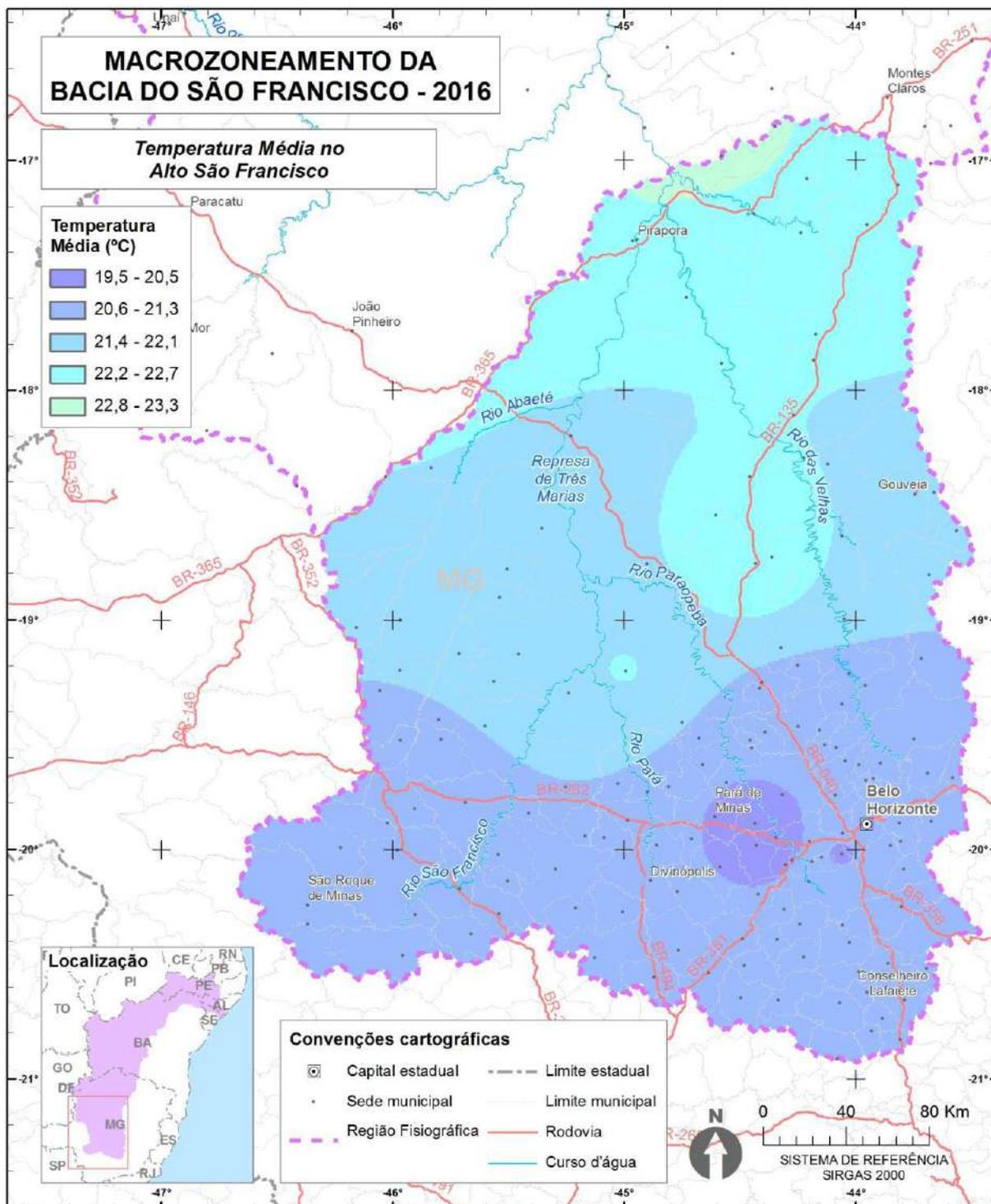
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 23- Precipitação acumulada anual na região do Baixo SF.



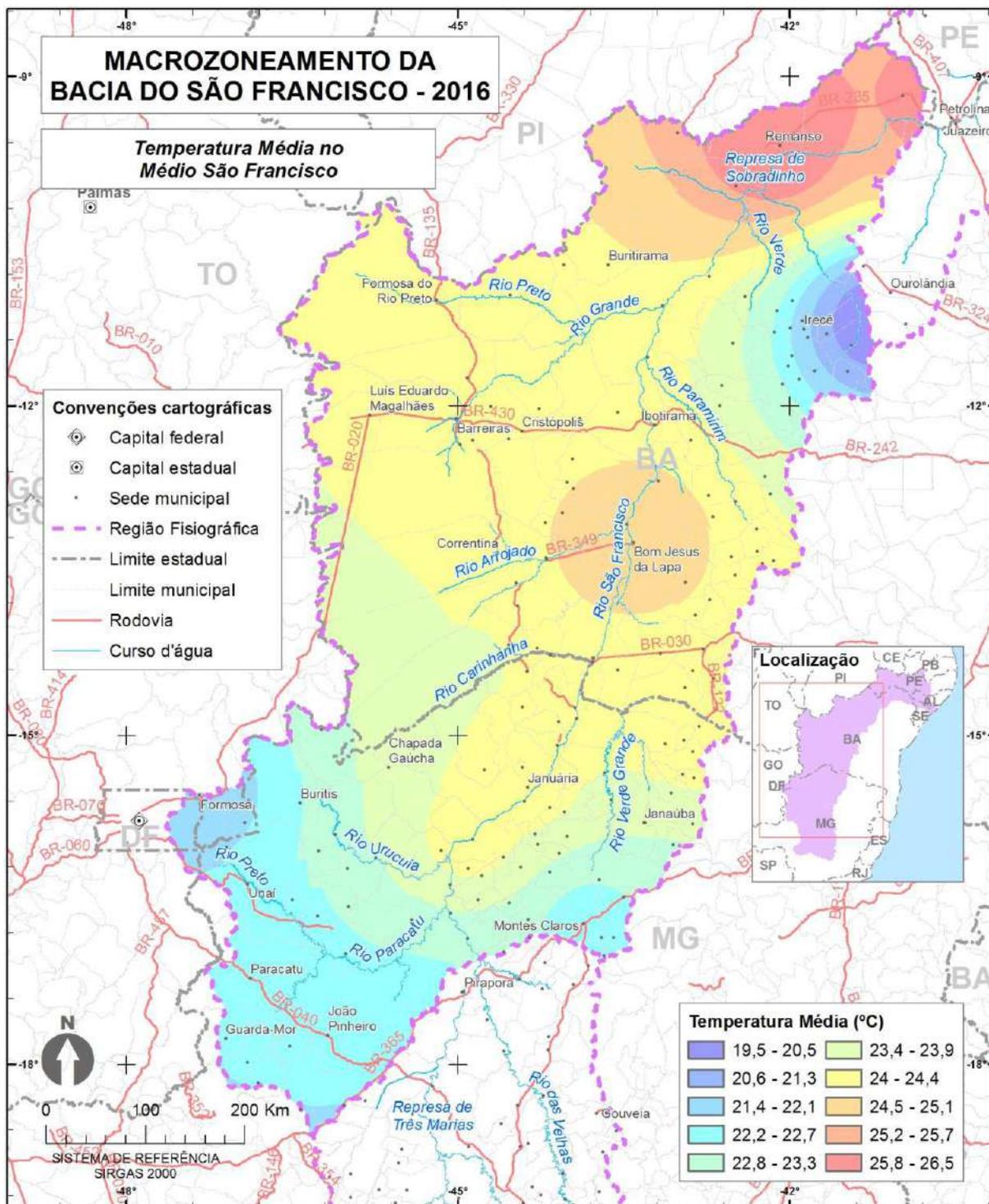
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 24- Temperatura média anual na região do Alto SF.



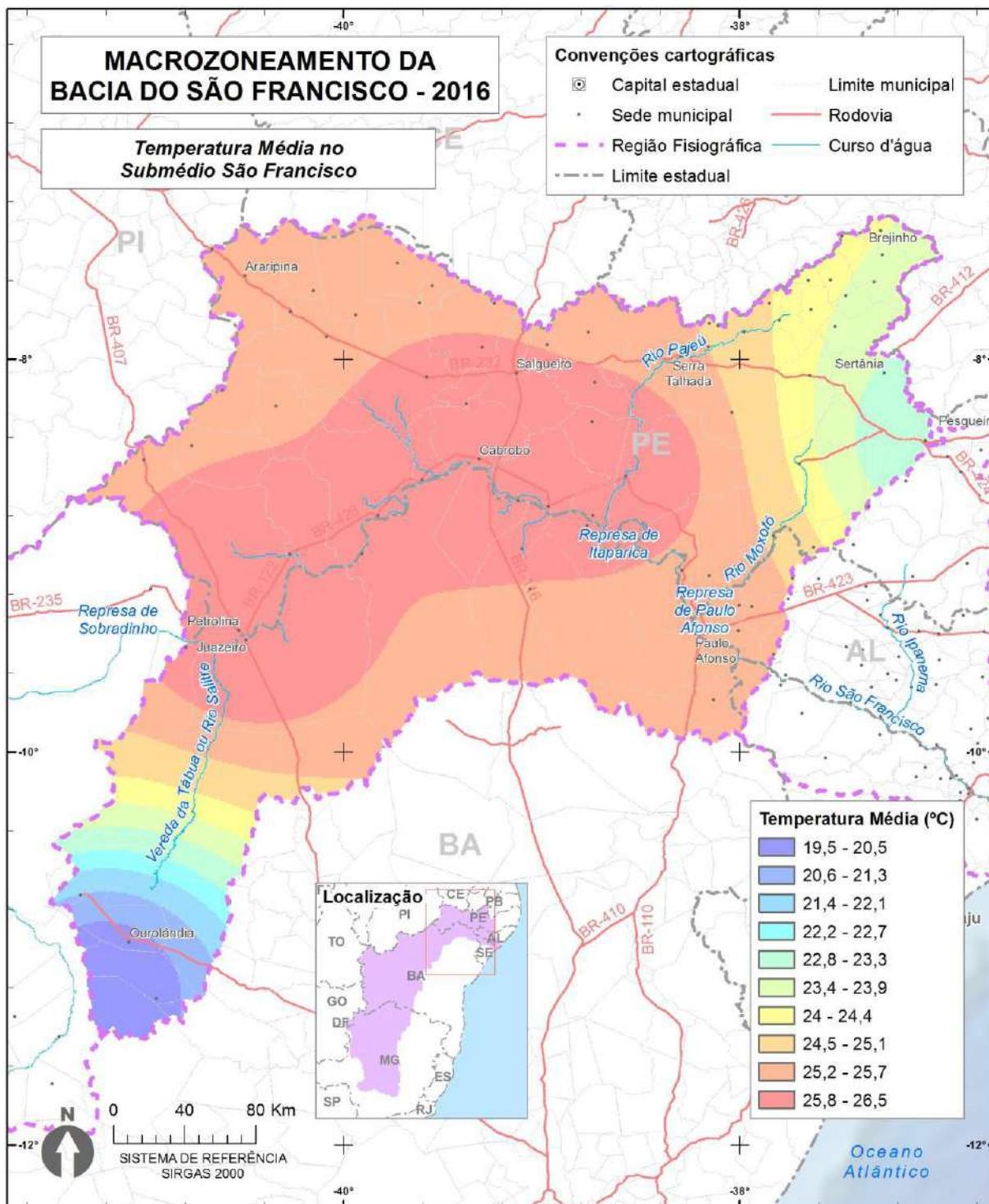
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 25- Temperatura média anual na região do Médio SF.



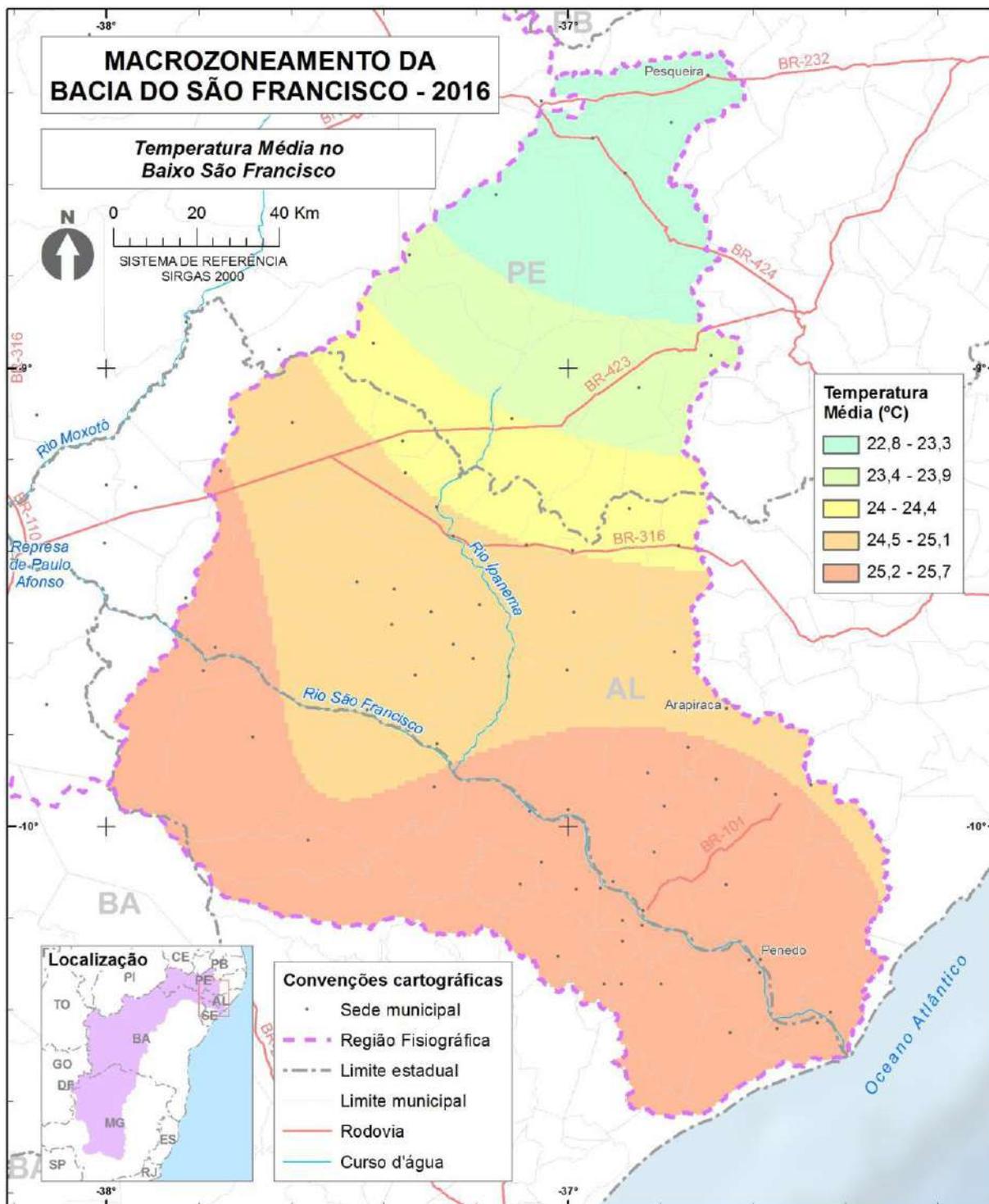
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 26- Temperatura média anual na região do Submédio SF.



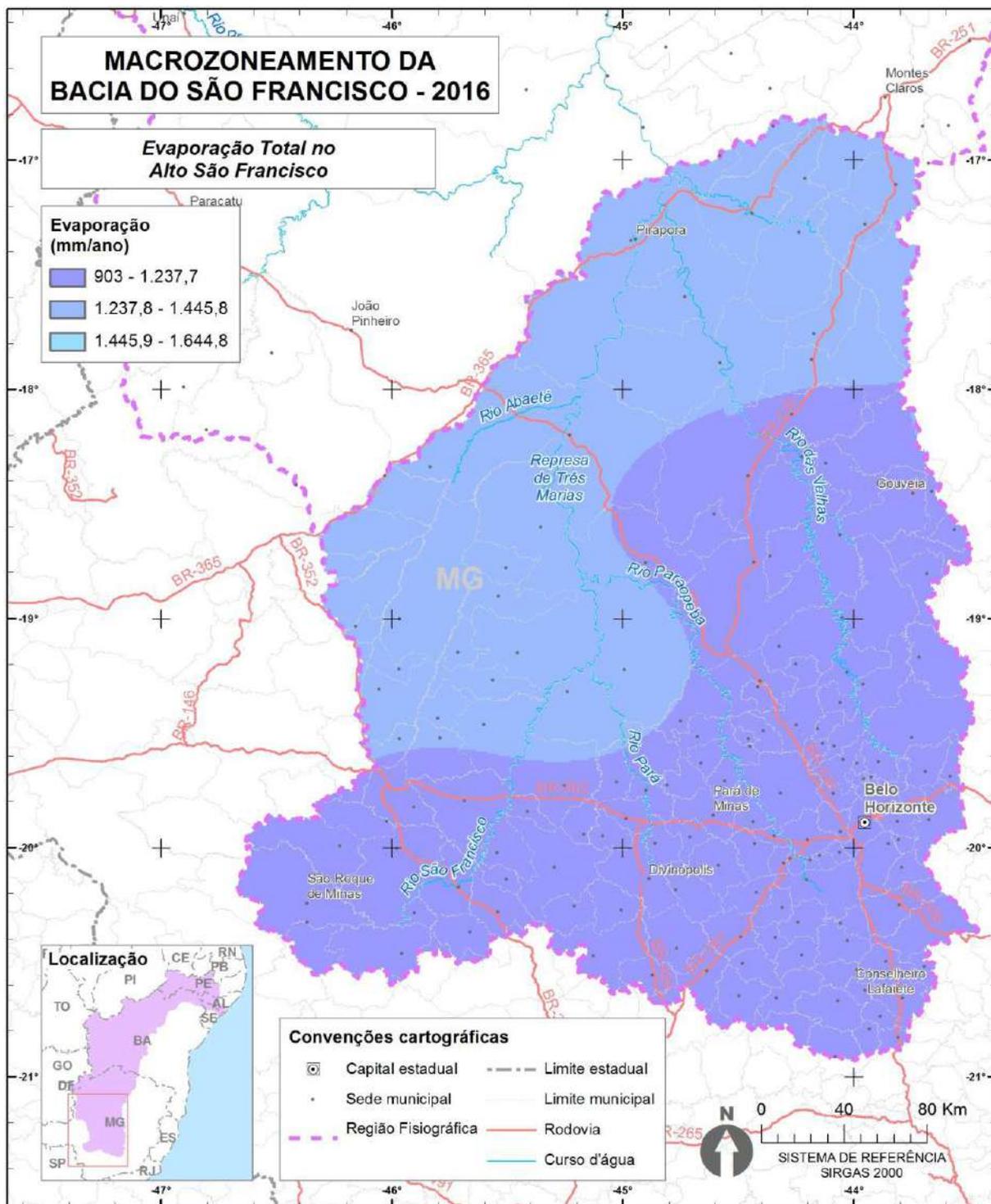
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 27- Temperatura média anual na região do Baixo SF.



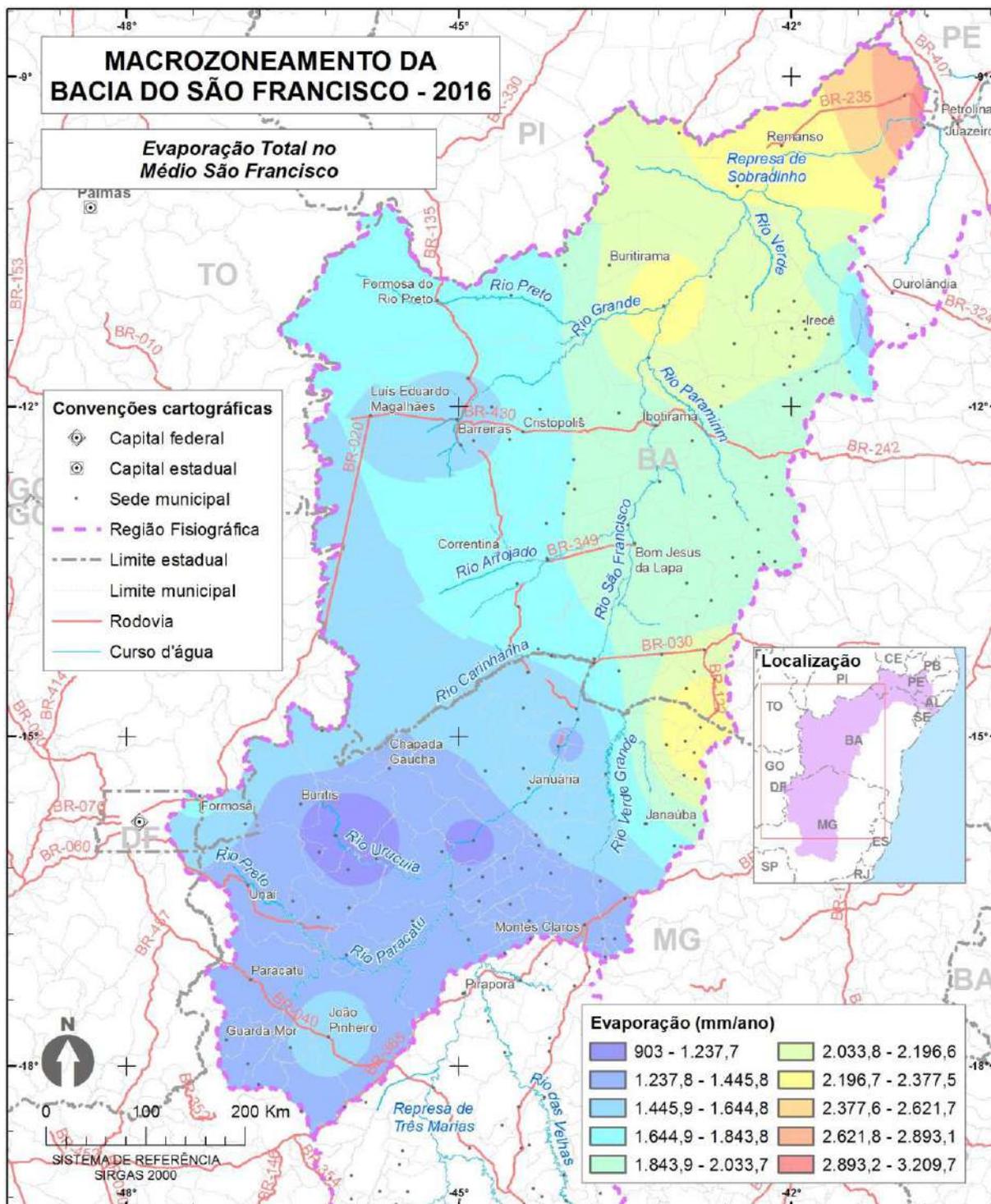
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 28- Evaporação total média anual na região do Alto SF.



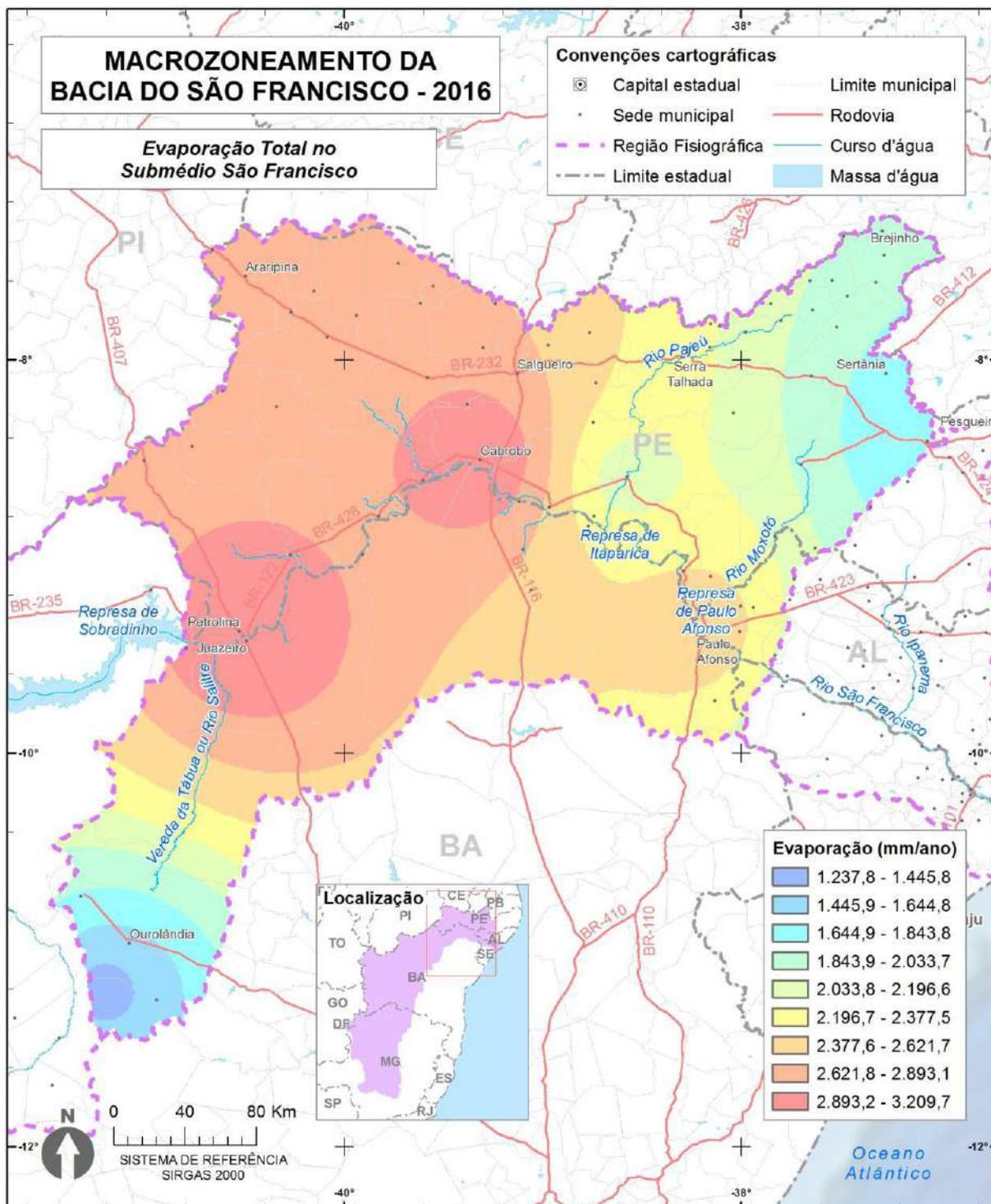
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 29- Evaporação total média anual na região do Médio SF.



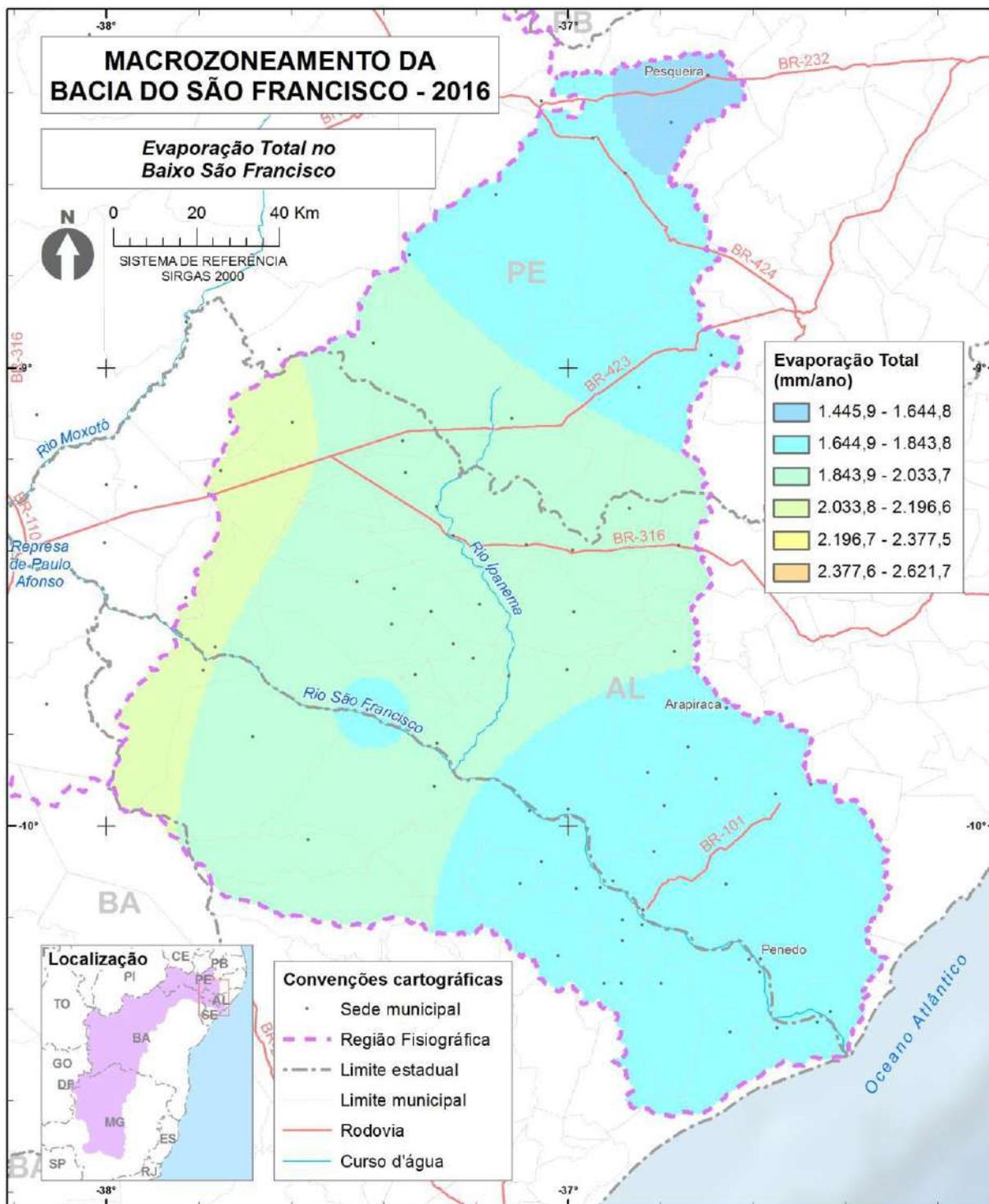
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 30- Evaporação total média anual na região do Submédio SF.



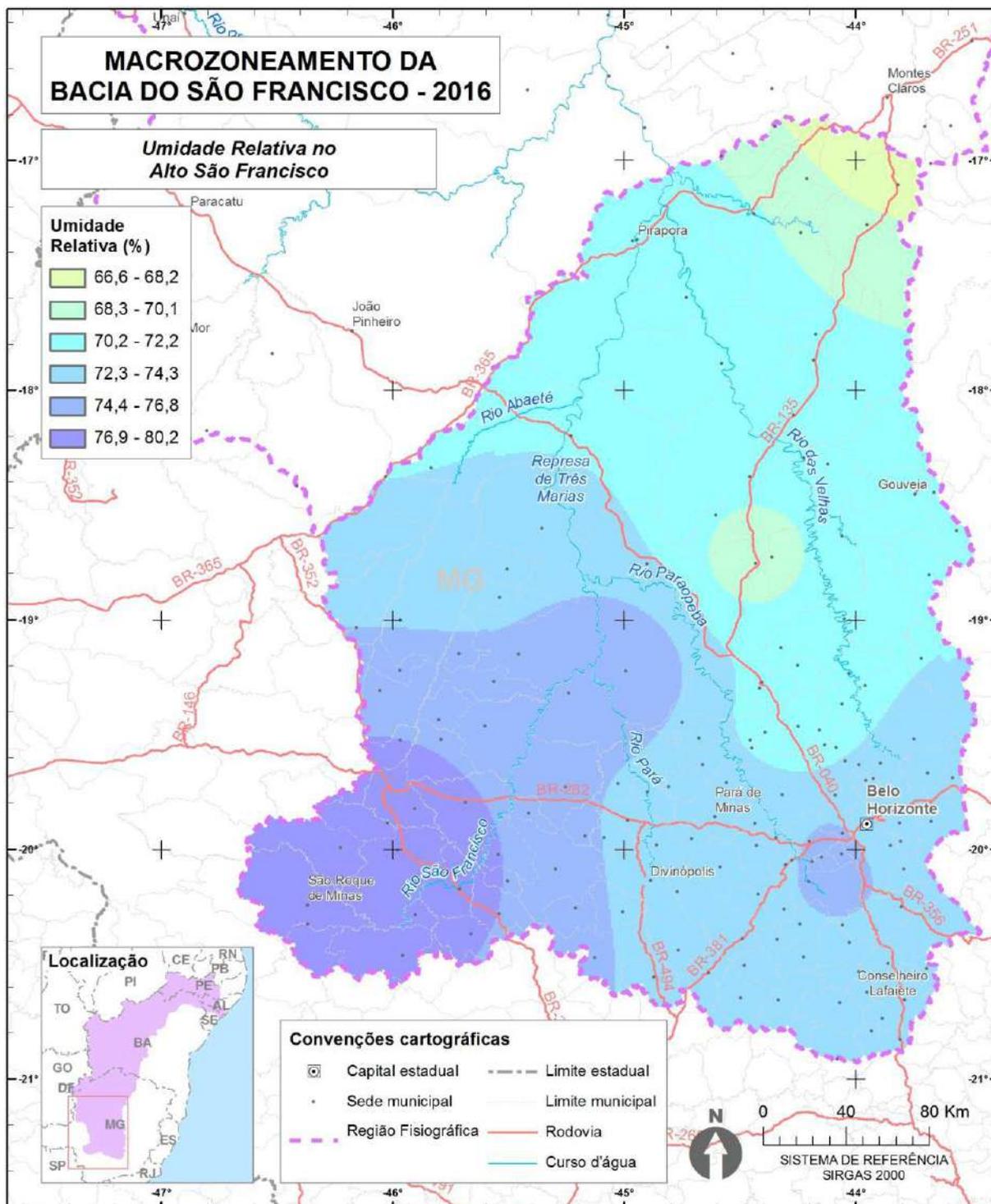
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 31- Evaporação total média anual na região do Baixo SF.



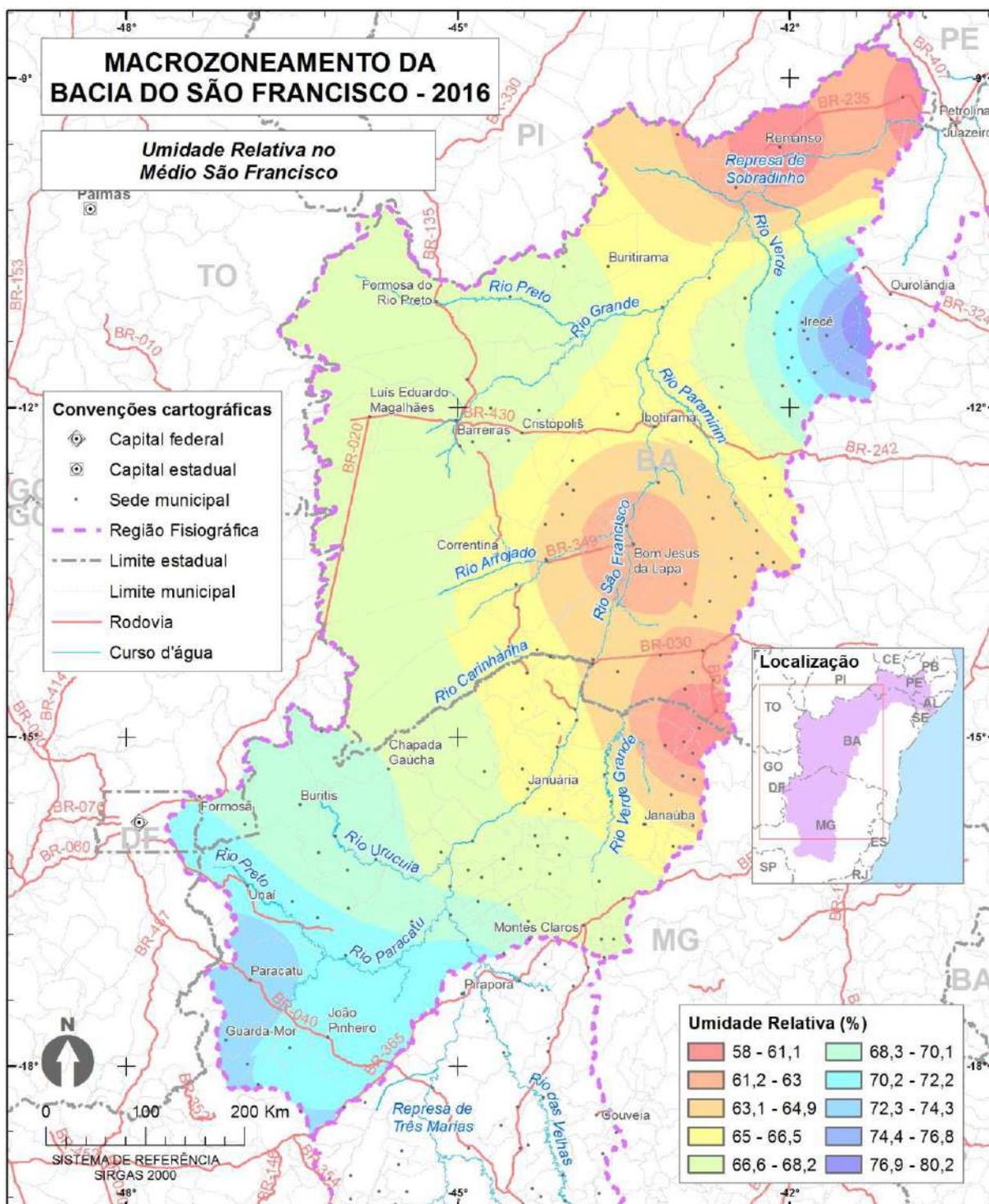
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 32- Umidade relativa média anual na região do Alto SF.



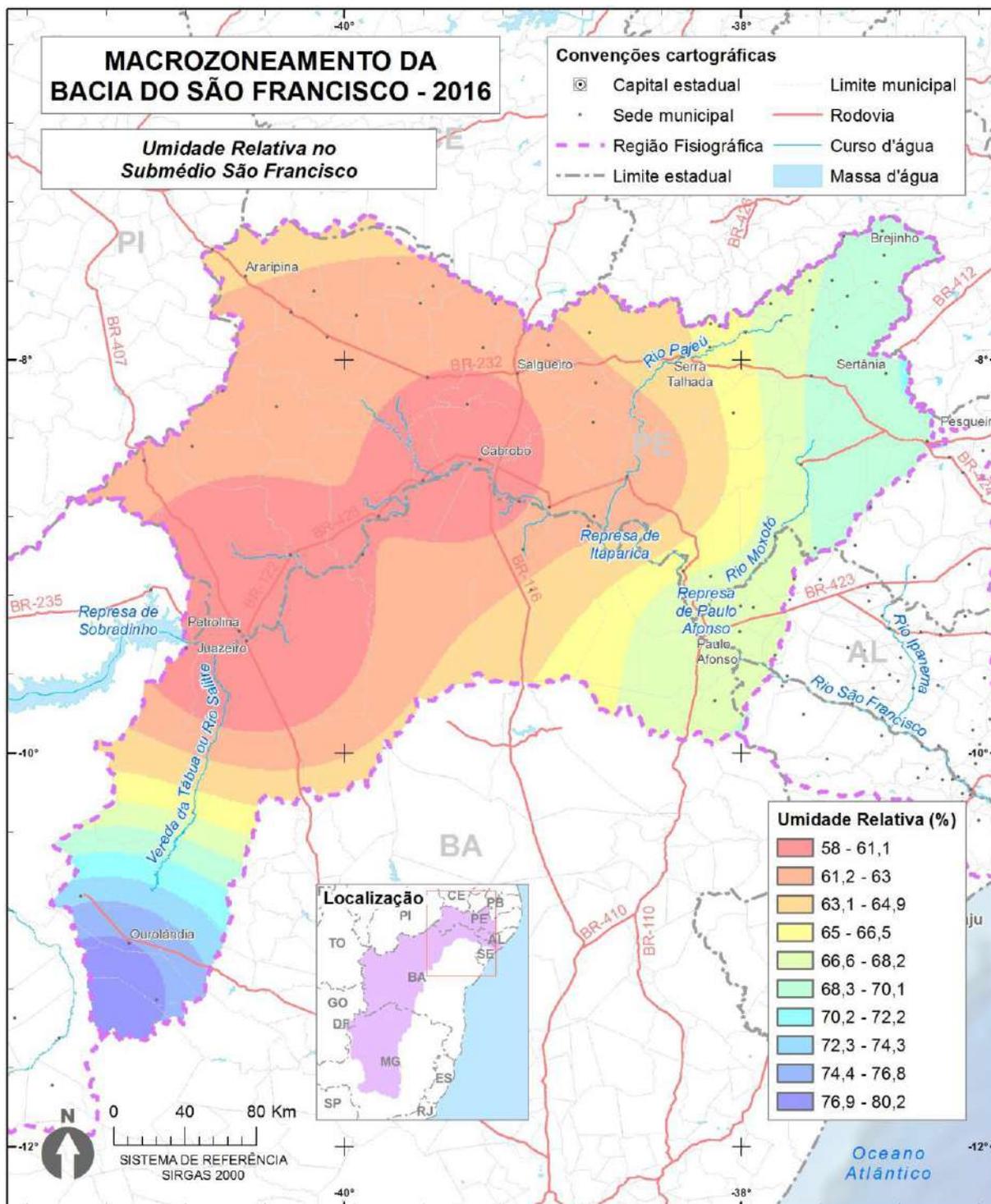
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 33- Umidade relativa média anual na região do Médio SF.



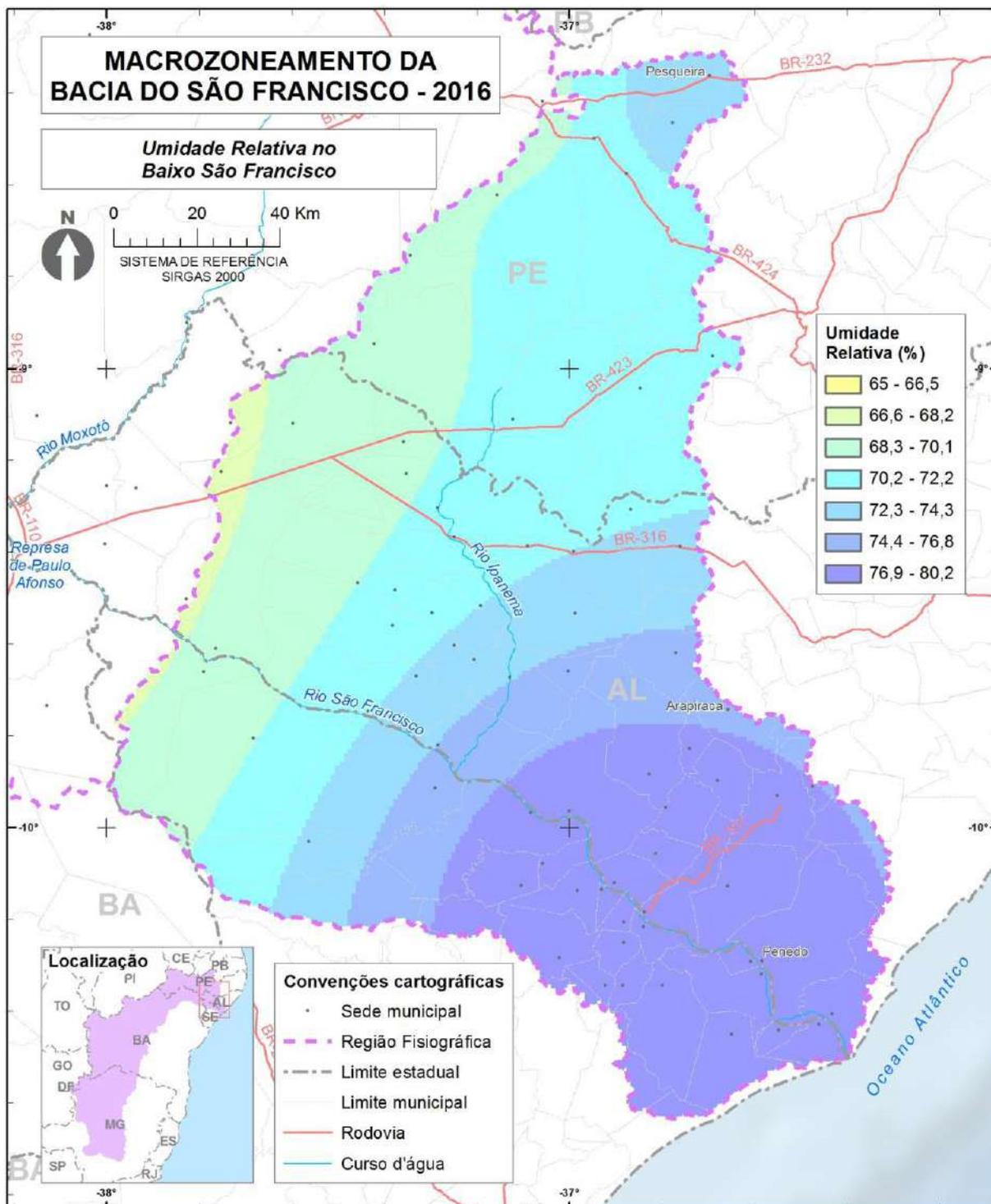
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 34- Umidade relativa média anual na região do Submédio SF.



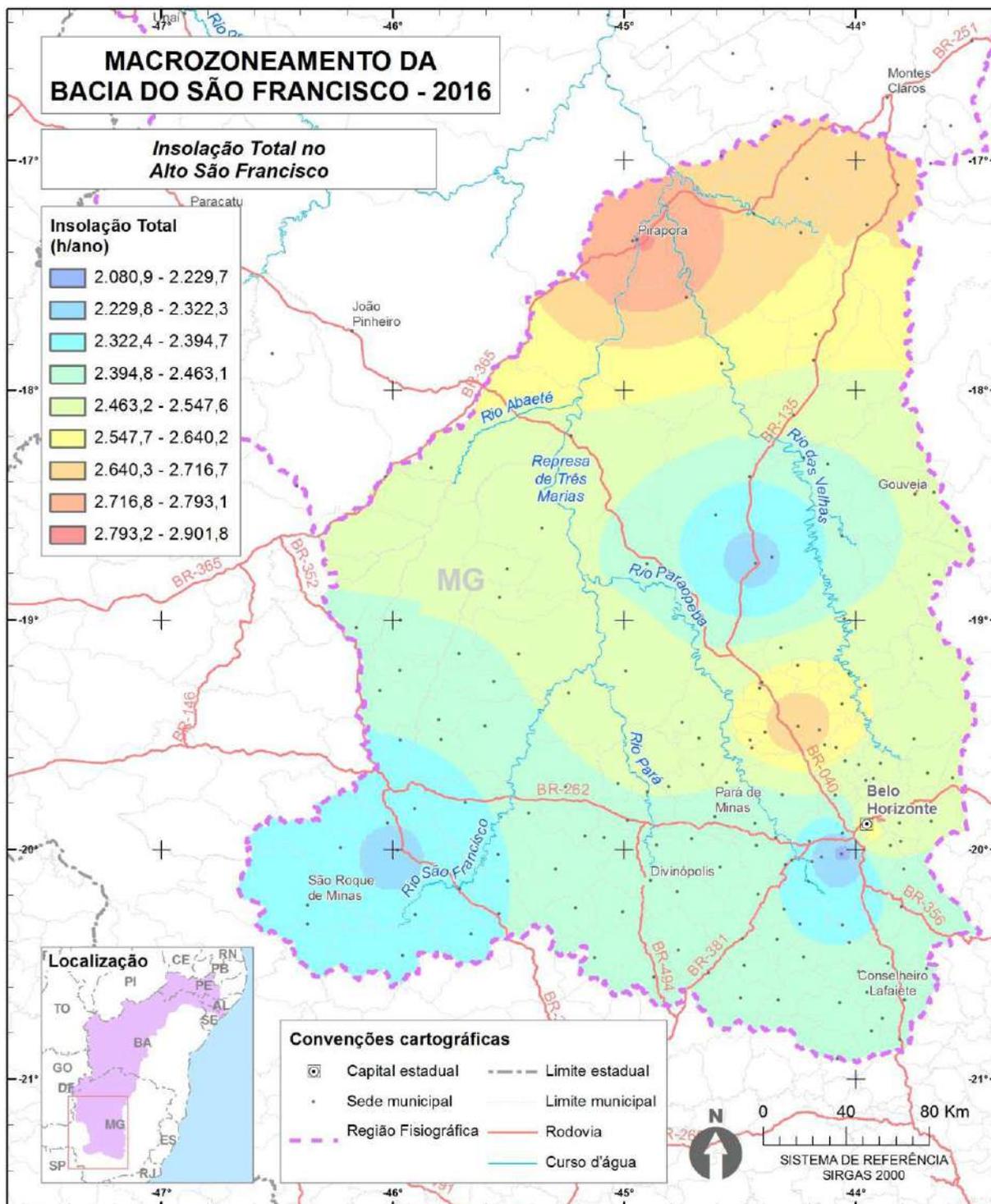
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 35- Umidade relativa média anual na região do Baixo SF.



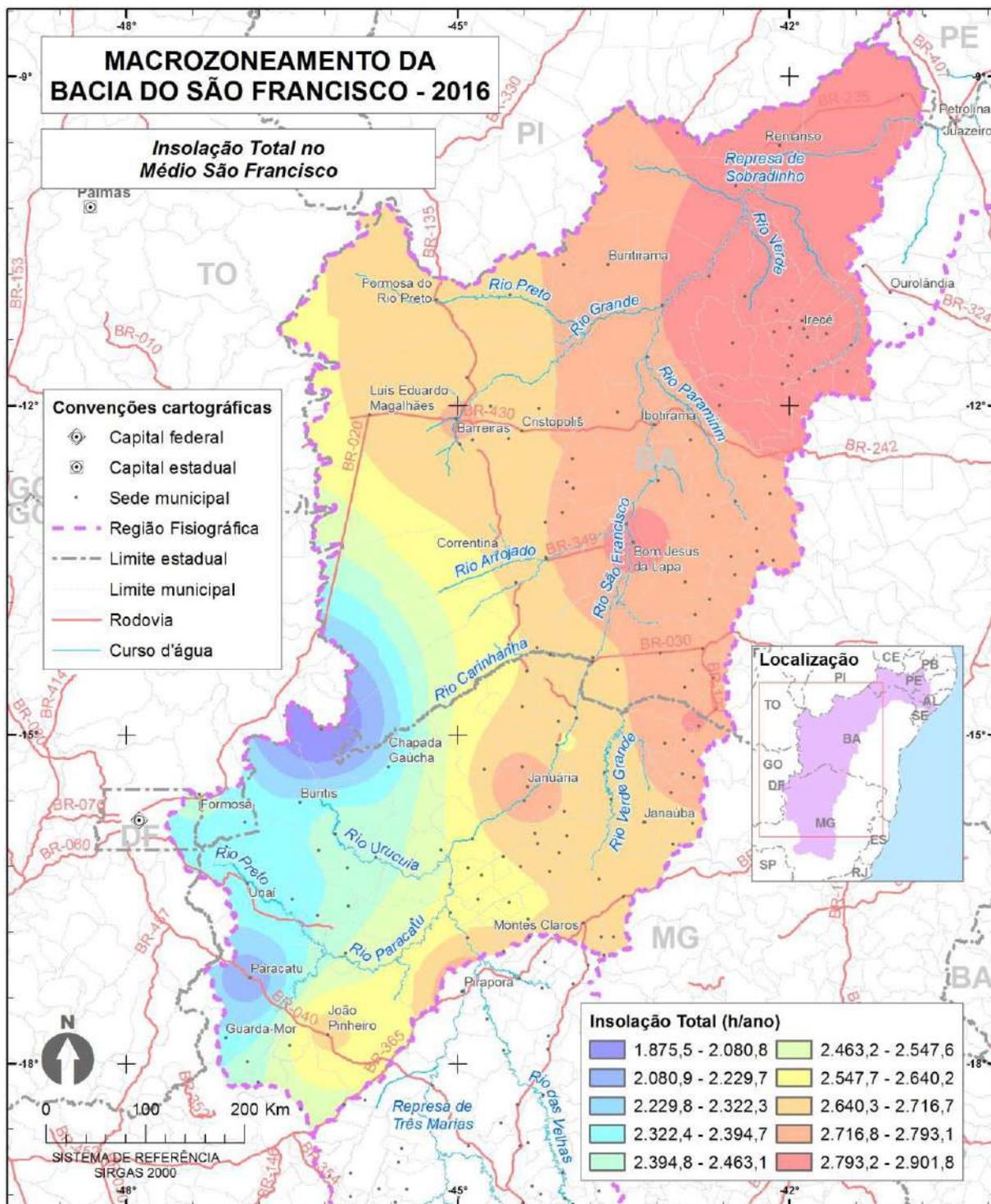
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 36- Insolação total média anual na região do Alto SF.



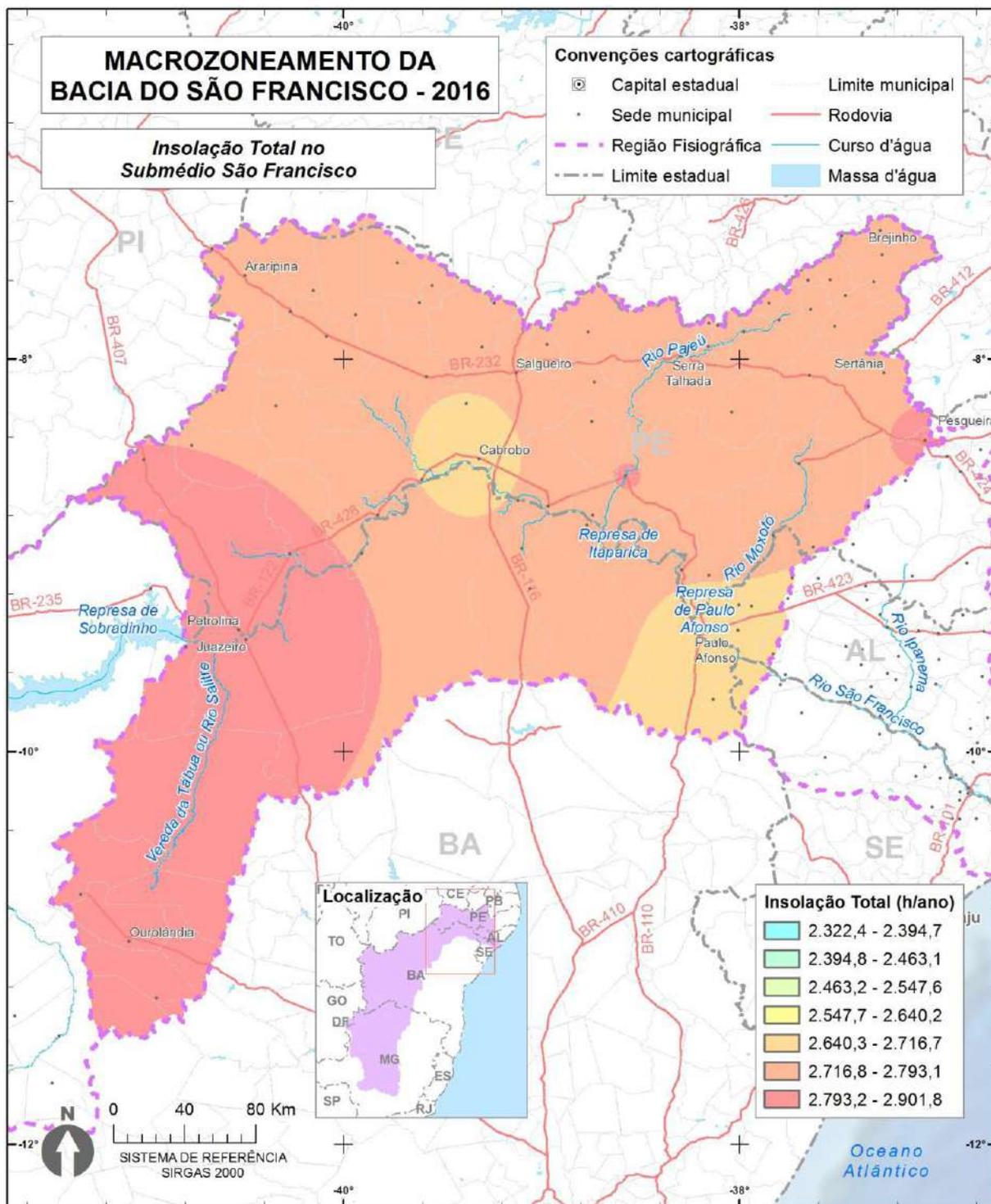
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 37- Insolação total média anual na região do Médio SF.



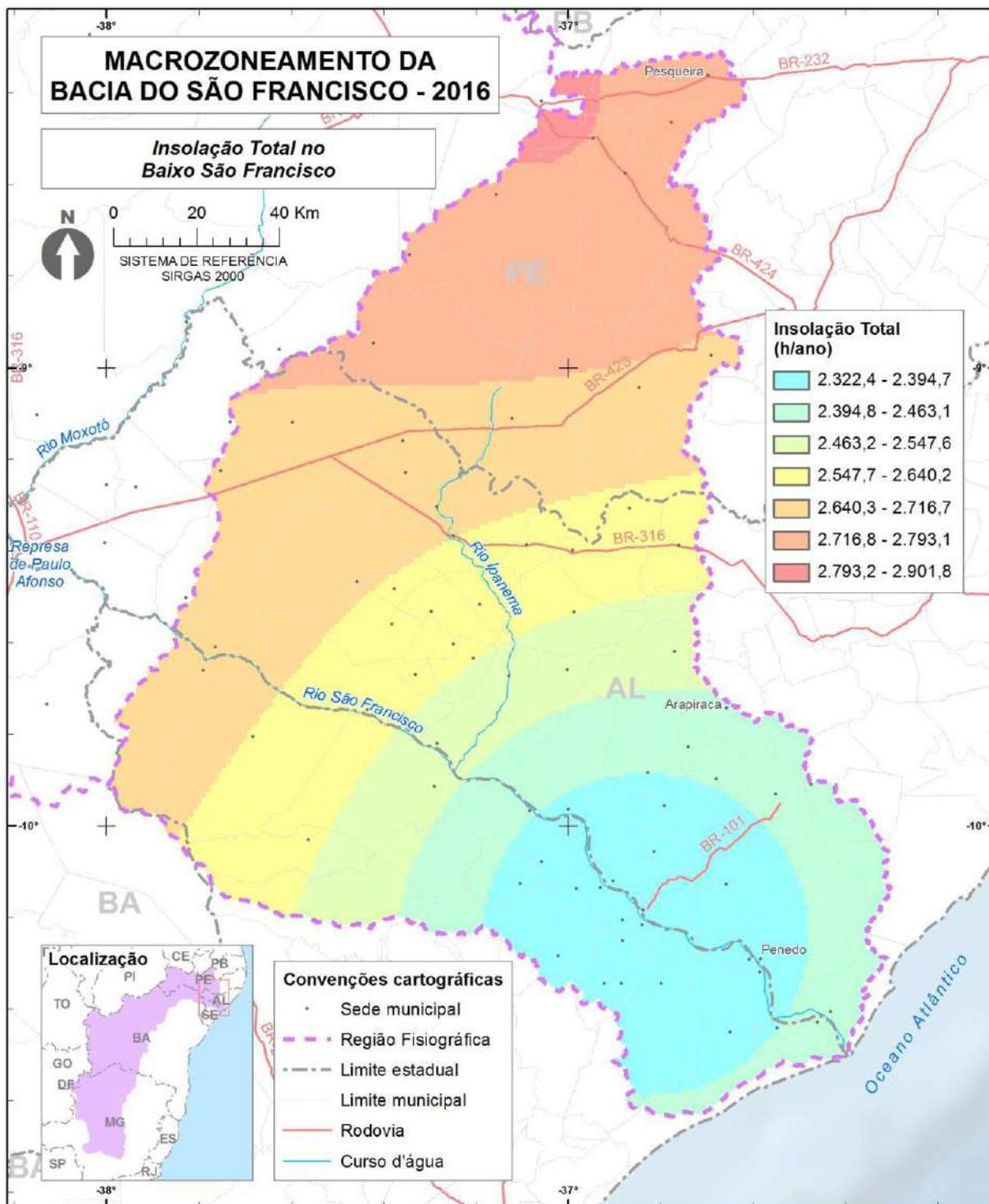
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 38- Insolação total média anual na região do Submédio SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 39- Insolação total média anual na região do Baixo SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Como expressado anteriormente, os índices pluviométricos são maiores na região do Alto SF, Médio SF (parte localizada do estado de Minas Gerais) e na região costeira do Baixo SF, sendo essas as que mais sofreram com eventos críticos de cheias nos últimos doze anos. Em contrapartida os menores índices pluviométricos pertencem às regiões do Médio (parte localizada no estado da Bahia), principalmente, Submédio SF, e sertão do Baixo SF, regiões estas que foram e ainda são intensamente

castigadas por longos períodos de secas nos últimos anos. Tanto as secas quanto as cheias levam à redução da produtividade das culturas.

A temperatura do ar é um fator climatológico que pode afetar o crescimento e o desenvolvimento de algumas culturas, além de afetar também a oferta hídrica em consequência do aumento da evaporação superficial. As climatologias apresentadas mostram que as regiões com maiores temperaturas médias possuem também os maiores índices de evaporação total, e o contrário também é verdadeiro. Sendo assim a região do Alto SF, parte do Médio SF e a região costeira do Baixo SF possuem as menores temperaturas e menores índices de evaporação total, enquanto que a região do Médio SF, Submédio SF e Baixo SF, inseridas no semiárido brasileiro são aquelas que possuem maiores temperaturas e maiores índices de evaporação total.

A umidade do ar é uma variável que atua de diversas formas indiretas sobre as culturas, ela também influencia na evaporação total de uma região que é um fator condicionante para a transpiração das plantas. A umidade muito baixa pode aumentar excessivamente a taxa de transpiração das plantas, e quando muito alta pode reduzir a absorção dos nutrientes, causada pela diminuição da transpiração. Além disso, a umidade pode afetar negativamente algumas culturas, por condicionar e favorecer a ocorrência de contaminação por fungos e bactérias. Em toda a BHSF, nenhuma região fisiográfica apresenta uma umidade relativa alta prejudicial às culturas, com máximo de 80% presente em todas as regiões fisiográficas. Porém a região do Submédio SF e algumas áreas do Médio SF apresentaram índices baixos de umidade relativa do ar, chegando a 58%, que podem ser preocupantes para o desenvolvimento de algumas espécies.

A insolação possui uma importância vital para a produção de alimentos, pois ela que determina as características térmicas de uma região e é responsável pelo processo básico da produção de alimentos na natureza, a fotossíntese. Em toda a BHSF os maiores índices de insolação ocorrem principalmente na região do Médio e Submédio SF, chegando a aproximadamente 3000 horas por ano, e o menor valor atingido pelas regiões do Baixo e Alto SF é de aproximadamente 2000 horas por ano.

Estes dados indicam a necessidade de irrigação para a produção de alimentos na maior parte da BHSF, principalmente no Baixo, Submédio e Médio SF (parte localizada no estado da Bahia). Tal sistema já é muito utilizado na região, onde são captadas águas no Rio São Francisco e conduzidas até as áreas que apresentam solos agricultáveis. Porém, esta iniciativa necessita que a BHSF disponha da quantidade de água demandada, a qual deve ser solicitada através das outorgas do uso da água aos órgãos competentes.

## 2.2 Geologia

Geologia é a ciência que investiga o meio natural do planeta, que permite conhecer o nosso habitat e, por consequência, agir de modo responsável nas atividades humanas de ocupar, utilizar e controlar os materiais e os fenômenos naturais.

Embora tenha permanecido distante dos conhecimentos gerais da população na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHSF), a Geologia tem um papel marcante e decisivo na qualidade da ocupação e aproveitamento dos recursos naturais, que compreendem desde os solos onde se planta e se constrói, até os recursos energéticos e matérias primas industriais. O desconhecimento quantitativo e

qualitativo da dinâmica terrestre tem resultado em prejuízos muitas vezes irreparáveis para a natureza em geral e para a espécie humana em particular.

A análise da geologia na BHSF foi realizada através de um levantamento geral, voltado para identificação do potencial de extração de minerais metálicos e não-metálicos das rochas, potenciais feições naturais associadas à geologia para atrativos turísticos e potencial hidrogeológico, de forma a identificar as potencialidades e fragilidades de forma a oferecer subsídios que auxiliem na gestão da BHSF.

## **2.2.1 Análise geral da geologia na BHSF**

A bacia do Rio São Francisco integra quase que na totalidade na Província Estrutural do São Francisco, a norte e a oeste abrangem os terrenos das Províncias da Borborema e do Tocantins.

### **2.2.1.1 Cráton do São Francisco**

Os Crátons são porções remanescentes da crosta original que não sofrem ações diretas de tectonismo ou vulcanismo há pelo menos 100 Ma. Trata-se de porções da crosta original da terra datada da era Arqueana com mais de 2 Ga.

Os Crátons são constituídos por rochas magmáticas e metamórficas, possuem certa estabilidade, mas podem sofrer algum tipo de transformação, essas podem ser dadas por fatores externos erosivos, como ação das águas das chuvas, ventos e agentes climáticos em geral.

Os Crátons também são conhecidos como escudos cristalinos aflorantes. Estes afloram em 36% da superfície do Brasil, onde três grandes escudos fazem parte deste conjunto de rochas cristalinas aflorantes, O Escudo das Guianas, O Escudo do Brasil Central e o Escudo do Atlântico, ao qual pertence o Cráton de São Francisco. O Cráton de São Francisco aflora no limite leste da bacia Sanfranciscana com o limite da Bacia do Tucano.

O Cráton de São Francisco é a unidade tectônica mais bem estudada na plataforma Sul-americana, e abrange principalmente os estados da Bahia e de Minas Gerais. Ficou estável durante todo o evento Brasileiro e suas rochas cristalinas serviram como detritos para a formação das bacias marginais, essa sedimentação foi dada entre o Mesoproterozóico e Neoproterozóico (900-1100 Ma). As bacias marginais sofreram dobramentos no Neoproterozóico (SCHOBENHAUS FILHO *et al.*, 1984), formando as faixas de dobramento, logo o Cráton de São Francisco está ligado a Faixa Brasília a oeste, Faixa Araçuaí a norte, Faixas Rio Preto e Riacho do Pontal a noroeste.

Segundo Barbosa *et al* (2003), o Cráton de São Francisco abrange dois supergrupos, o Espinhaço (Mesoproterozóico) e o São Francisco (Neoproterozóico). Os supergrupos citados são um Aulacógeno que foi truncado no Cráton de São Francisco, que também é conhecido como Aulacógeno Parnamirim, de acordo com Alkmim *et al* (2007).

O Aulacógeno Parnamirim teve sua sedimentação iniciada no final do Paleoproterozóico (1,7 Ga), depositando as rochas siliciclásticas do Supergrupo Espinhaço. Dando procedimento a sedimentação do Aulacógeno, no Neoproterozoico, foram depositados os diamictitos, carbonatos, pelitos e arenitos do Supergrupo São Francisco (700 Ma).

### 2.2.1.2 Província Borborema

A Província Borborema (PB), tem uma extensão aproximada de 450.000 km<sup>2</sup> e está localizada no Nordeste brasileiro.

Almeida *et al.* (1977) definiram a PB como uma entidade geotectônica de idade Brasileira e que é limitada pelos Crátons de São Luís a norte e São Francisco a sul.

Santos & Brito Neves (1984) afirmaram que o único limite realmente bem definido seria o limite sudeste com a Província São Francisco, e que o limite com o Cráton de São Francisco seria subjetivo. Também fazem parte dessa área a Província Parnaíba e a Província Costeira. Geologicamente a parte oeste é formada pela convergência dos Crátons de São Luís, Amazônico e São Francisco.

Domínios pré-cambrianos estão inseridos na PB formando um conjunto de terrenos gnáissicos-migmatíticos-graníticos, e são chamados de maciços e terrenos metassedimentares, faixas moveis proterozoicas ou sistemas de dobramentos.

### 2.2.1.3 Mineração na BHSF

No que diz respeito à mineração na Bacia do Rio São Francisco, os estados da Bahia e Minas Gerais são os que mais contribuem com o potencial Mineral-Metálico e Não-Metálico na bacia, porém há registro de recursos minerais e energéticos por toda extensão da bacia (Figura 40).

As rochas que compõe o embasamento da Bacia do Rio São Francisco contêm depósitos de ferro, titânio, vanádio, magnesita, ouro, manganês, cromo, chumbo, zinco, cobre, talco, esmeralda, fosfato, além de outros importantes depósitos (MASCARENHAS, 1990). Estão depositadas acima do embasamento, sequências metassedimentares de grau variado que foram depositadas em ambientes plataformais e de riftes abortados. Essa cobertura cratônica que se estende do Proterozoico ao Paleozoico (1.8 Ga a 450 Ma) tem em sua composição ocorrências de ouro, manganês, cobre, chumbo, zinco, diamante, ametista, além de outras substâncias minerais.

As formações das bacias sedimentares, tanto as interiores quanto as costeiras se deram entre os períodos Jurássico e Cretáceo. Os depósitos de evaporitos e o petróleo das bacias estão atreladas ao mesmo período e isso foi devido a separação dos continentes da América do Sul e África.

No Cenozoico houve um período de intenso intemperismo sobre as rochas aflorantes do embasamento, que deu origem aos depósitos aluvionares, eluvionares e coluvionares de diamante, ouro, rutilo e outras substâncias.

Os minerais economicamente explorados estão agrupados por classes minerais: Gemas, Minerais Metálicos, Minerais Não-Metálicos e Recursos Energéticos.

#### a) Gemas

Branco (2008) define gema como uma substância geralmente natural e inorgânica que, por sua raridade, beleza e durabilidade, é usada para adorno pessoal. Na sua grande maioria são minerais, de modo que gema e pedra preciosa são quase sinônimos. Mas existem gemas importantes que têm outra origem, como a pérola e o marfim, que são substâncias orgânicas. Essas não podem ser chamadas de pedras preciosas, simplesmente porque não são pedras.

### **a. Gemas no Alto São Francisco**

Na Região do Alto São Francisco destaca-se o município de Ouro Preto, com a produção de topázio e diamante, e em sua grande maioria por garimpos (Figura 41). A região nordeste do estado é conhecida como uma das regiões mais gemífera do mundo (DELANEY, 1996).

Segundo o DNPM (2013), quase metade das minas de pedras preciosas existentes no país se localizam no nordeste mineiro.

A exploração na região se dá de forma desordenada a mais de cinco décadas, e ainda não se tem um conhecimento preciso da geologia da área. Sendo assim, alguns garimpos são abandonados devido a não existência de um plano de trabalho adequado, o que representa um desperdício e baixa produção.

Muitas vezes, vários tipos de gemas diferentes são extraídos de uma única jazida. Existem quatro tipos diferentes de processos extrativistas: Cata, Vagão, Túnel e Câmara Americana.

O processo de extração pelo método de Cata é o processo menos arriscado para os trabalhadores do garimpo, porém é o que mais afeta o meio ambiente, pois necessita de uma clareira maior que os outros métodos.

### **b. Gemas do Médio São Francisco**

O estado de Minas Gerais possui ocorrências de gemas na região do Médio São Francisco, principalmente no município de João Pinheiro com a produção de diamante. A produção é obtida principalmente na forma de garimpo e como não existe um conhecimento amplo da geologia por parte dos garimpeiros, faz com que haja mais prejuízo na exploração do diamante no local.

No médio São Francisco a maior ocorrência de gemas fica por conta do estado da Bahia, com ocorrência de diamante, quartzo, esmeralda, ágata, turmalina e turquesa.

As maiores ocorrências com extração de diamante ocorrem no município de Gentil do Ouro, mineralizado em veio de quartzo (Figura 42).

### **c. Gemas no Submédio São Francisco**

Na área do Submédio São Francisco (Figura 43), as maiores ocorrências de gemas na região estão nos estados de Pernambuco e Bahia, sendo que a grande maioria está localizada no estado baiano.

Na Bahia as principais Gemas exploradas são: diamante; ametista; esmeralda; turmalina e quartzo. A esmeralda tem como destaque os garimpos de Socotó e Carnaíba nos municípios de Campo Formoso e Pindobaçu respectivamente.

O Complexo de Campo Formoso é de idade paleoproterozoica e foi afetado pelo evento Trasamazônico (2.0 Ga). Já os depósitos de Carnaíba estão associados ao granito peraluminos em flogopitos, plagioclasitos e pegmatitos do Complexo Campo Formoso (BIONDI, 2003).

Os depósitos de Socotó foram descobertos nos anos 80, e em uma década produziu mais de 30 toneladas de esmeralda.

Já os depósitos de Carnaíba, foram descobertos nos anos 60 e foi produzido mais de 250 t de esmeralda e 150 t de molibdenita (DARDENNE e SCHOBENHAUS, 2001).

#### **d. Gemas no Baixo São Francisco**

Na região do Baixo São Francisco as ocorrências de gemas ficam restritas aos estados de Pernambuco e Alagoas, nos municípios de Santana, Venturosa e Pedra.

No município de Santana-AL e Pedra-PE, existem garimpos que exploram ametista, que é muito utilizada para produção de ornamentos. Já no município de Venturosa-PE, a exploração de quartzo hialino, usado para confecção de joias, fabricação de chips, osciladores de relógio, entre outras funções (Figura 44).

#### **b) Minerais metálicos**

Os recursos minerais metálicos são recursos não renováveis, e são encontrados em rochas da era pré-cambriana. Os minerais metálicos estão presentes nos escudos cristalinos que ocupam 36% da superfície do Brasil, porém os minerais metálicos só ocupam 4% dessa área.

A bacia do Rio São Francisco tem uma extensão muito grande abrangendo alguns estados, logo possui uma diversidade geológica muito complexa, o que acarreta numa ampla diversidade de recursos minerais.

Na Bacia do Rio São Francisco existe uma ampla área de exploração de minerais metálicos. Alguns minerais como cobre, cromo, ferro, tálio, prata, ouro e etc., são exemplos da grande produção de minerais metálicos por toda a extensão da bacia.

Na região do Baixo São Francisco as principais ocorrências estão nos estados de Pernambuco, Alagoas e Sergipe, mineralizados geralmente nas rochas cristalinas que são pertencentes à Província da Borborema (Figura 44/Figura 40). A maior ocorrência na área do Baixo São Francisco é no estado de Alagoas, nos municípios de Igaci e Campo Grande.

Foi produzido um mapa com as ocorrências de todos os recursos minerais para a região do Baixo São Francisco (Figura 44).

No Submédio São Francisco Pernambuco e a Bahia são estados onde ocorrem as grandes mineralizações de mineral metálico da região (Figura 43).

No município de Serrita-PE existe uma grande ocorrência de ouro, que são extraídos por garimpo em veio de quartzo.

Na Bahia existem grandes depósitos de cromo e estão no município de Campo Formoso no Vale do Rio Jacurici, associados a complexos ultramáficos. Os depósitos de Ipueiras e Medrado, são os mais estudados e foram associados a complexo ultramáfico com 7 km de extensão e 300 m de largura, intrudindo no cinturão Salvador-Curaçá e interpretado como um *sill* estratificado (DARDENNE e SCHOBENHAUS, 2001).

No estado da Bahia as jazidas de maior relevância de cobre são as Minas Caraíba e Barauna-Imburana, no município de Jaguarari (DARDENNE e SCHOBENHAUS, 2001). A mina tem exploração desde os anos 70 e já produziu mais de 600 Mt de minério (DARDENNE e SCHOBENHAUS, 2001).

A região do médio São Francisco tem grandes ocorrências de minerais metálicos, principalmente nos estados da Bahia e Pernambuco (Figura 42).

No que se refere a Ferro-Titânio-Vanádio, no estado da Bahia estão mineralizados no *sill* do rio do Jacaré e de Campos Alegres de Lourdes.

Os depósitos de Campo Alegre de Lourdes ocorrem em morros alongados na direção N-S, os corpos dos minérios são lenticulares e a rocha hospedeira são metagabros e metanortositos.

No município de Barreiras-BA, região oeste do estado, na comunidade do Val da Boa esperança, foi descoberta em 2011 uma jazida de Tálíio associada a Manganês e Cobalto, o que se trata da primeira descoberta mundial em ambiente geológico continental. O Tálíio associado a Manganês só é observado em depósitos oceânicos.

O Tálíio é considerado como “terra rara”, onde os elementos químicos estão presentes em tablets, aparelhos celulares, lasers, turbinas de energia eólica, aparelhos de ressonância magnética, mísseis teleguiados e carros híbridos (movidos a gasolina e eletricidade), entre outras invenções.

O Tálíio será extraído junto com 300 mil toneladas de manganês, próprio para a produção de sulfato (uso na agricultura) e eletrolítico (para ligas especiais).

Essa jazida na Bahia é a terceira encontrada no mundo. Só existem dois grandes produtores mundiais, que são o Cazaquistão e a China.

A reserva de apenas uma das áreas de pesquisa feitas pela empresa ITAOESTE, seria suficiente para abastecer o mundo por aproximadamente seis anos, onde a demanda mundial hoje é de 10 toneladas anuais. A empresa ITAOESTE detém mais 23 áreas de extensão da jazida. Trata-se de um negócio de aproximadamente R\$ 360 milhões.

Pesquisadores afirmam que o principal risco é que o metal atinja o lençol freático, pois assim pode contaminar as águas do aquífero Urucuia e os rios que servem como abastecimento para todo o oeste baiano, que são grandes afluentes do Rio São Francisco. É sabido que a parte de lavra do minério não oferece risco de contato do metal com o meio ambiente, porém a parte de beneficiamento deve ser realizada longe de qualquer drenagem da região.

A mineralização de ouro na Bacia do Rio São Francisco fica na maioria nos estados de Minas Gerais e Bahia. O estado de Minas Gerais é o maior produtor de ouro do país, e a grande produção é registrada em forma de jazidas e aluviões (rios), no Médio São Francisco o município que tem maior ocorrência de ouro é Paracatu.

No estado da Bahia as principais jazidas estão registradas nos municípios de Gentil do Ouro e Rio de Contas, onde as minerações ocorrem geralmente em veios de quartzo encaixados em rochas vulcânicas.

No estado de Minas Gerais a produção de ferro é a maior no Brasil, no tocante a Bacia do Rio São Francisco a maior produção do estado está localizada no Alto São Francisco (Figura 41), nos municípios de Itabirito, Ouro Preto, Sabará e Brumadinho. No que se refere à produção de ouro o Estado também tem uma ampla produção, principalmente extraídos de veios de quartzo.

### **c) Minerais não-metálicos**

O minerais não-metálicos não tem tanta notoriedade no Brasil, no que diz respeito a produção mineral no país. Porém isso não se justifica, pois tanto no volume quanto no valor de produção os minerais não-metálicos são quase iguais aos dos minerais metálicos e os recursos energéticos (Figura 40), na economia e na necessidade de consumo da população.

No ano de 2010 o anuário minerário do DNPM, mostra que o valor da produção de mineral não-metálico chegou a R\$ 15.974.472.609, somando toda substância bruta e beneficiada.

Os minerais não-metálicos podem ser divididos em algumas classes: materiais de construção civil; minerais industriais e matéria prima para fertilizante para uso na agricultura.

Os materiais de construção são utilizados sem que precise ser industrializado, apenas com o beneficiamento feito na mina ou podem ser usados como agregados para concreto. No entanto existem minerais que passam por um processo de industrialização, como os calcários para a produção de cimento e algumas argilas para produção de cerâmicas.

Na região do Baixo São Francisco os estados de Alagoas, Pernambuco e Sergipe tem a maior produção de minerais não-metálicos e na sua grande maioria de materiais para construção civil e ou rocha ornamental.

Em Penedo-Al é comum a extração de areia e argila de material aluvionar para uso de minerais industriais.

Em Venturosa-PE utilizam muito os granitos que estão inseridos na Província da Borborema, tanto como rocha ornamental como para áreas de empréstimos para brita para uso na construção civil.

No município de Porto da Folha em Sergipe, é muito explorado o mármore para produção de rocha ornamental para uso na construção civil.

Na região do Submédio assim como na região do Baixo São Francisco há uma grande produção de minerais não-metálicos, principalmente nos estados de Pernambuco, Bahia, Sergipe e Alagoas (Figura 43 e Figura 44).

No município de Petrolina a produção de mármore para material de uso na construção civil, é muito intensa assim como no município de Floresta, ambos no estado de Pernambuco.

Na Bahia no município de Várzea Nova, há a exploração de calcário para uso industrial na produção de cimento, além do travertino para uso ornamental.

Em Sergipe a maior produção de mineral não-metálico é em pedreiras de granito, para uso como rocha ornamental ou como áreas de empréstimo para produção de brita.

Na região do médio São Francisco os maiores produtores de minerais não-metálicos são os estados da Bahia e Minas Gerais (Figura 42).

No estado da Bahia existem alguns municípios onde afloram os calcários do Grupo Bambuí, havendo uma grande exploração dos mesmos para as indústrias de construção civil e para uso de corretivo de solo. Na região oeste da Bahia no Município de São Desidério existem três mineradoras que exploram os calcários da Formação São Desidério (Figura 42), e os mesmos são usados para produção de brita e também como corretor de solo dos produtores da região.

Na região de Irecê também há extração do calcário da Formação Salitre, na unidade nova América, para uso de corretivo de solo pela empresa Galvani.

No município de Tanque Novo – BA há extração de granito para uso de material de construção, tanto para rocha ornamental como para brita.

O município de Montes Claros – MG também é um grande produtor de calcário, e o calcário explorado são os da Formação Lagoa do Jacaré do Grupo Bambuí, (Figura 42) para uso industrial, com uso em três áreas, para produção de brita, cimento e corretor de solo. No município também há exploração de argilas e areias de material aluvionar, para uso na construção civil.

Na região do Alto São Francisco o único estado é o de Minas Gerais, com várias ocorrências de minerais não-metálicos na região (Figura 41). O município de Congonhas tem grande exploração de rocha ornamental para uso na construção civil, já o município de Ouro Preto tem grandes ocorrências de exploração de dolomito para uso como corretivo de solo.

O maior problema enfrentado devido a exploração dos minerais não-metálicos são os impactos ambientais associados a essa atividade, a gravidade é menor que os dos minerais metálicos e os energéticos, por não liberar resíduos tóxicos, porém devido ao grande número de minas no amplo território fica mais difícil o controle dos impactos ambientais. E muitas vezes as minas ficam muito próximas as áreas residenciais, como é o caso da Mineração do Oeste no município de São Desidério, causando grandes transtornos devido às detonações e a quantidade de emissão de poeira para a sede do município.

#### **d) Recursos energéticos**

Os recursos energéticos fósseis são de origem orgânica e podem ser encontrados no subsolo continental ou oceânico. Os principais são os derivados do Hidrocarboneto e o Carvão Mineral.

O petróleo é o derivado do hidrocarboneto com maior procura mundial por ser a maior fonte energética do mundo moderno, foi formado há milhões de anos, pelo acúmulo de matéria orgânica, que foi submetida a grandes pressões e temperaturas, sendo produzidas e armazenadas em Rochas Sedimentares, assim como o gás natural.

O carvão mineral é uma rocha sedimentar de coloração escura com grande potencial energético, também formado pela sedimentação de matérias orgânicas em condições apropriadas. É encontrado em jazidas no subsolo e extraídos por técnicas minerárias.

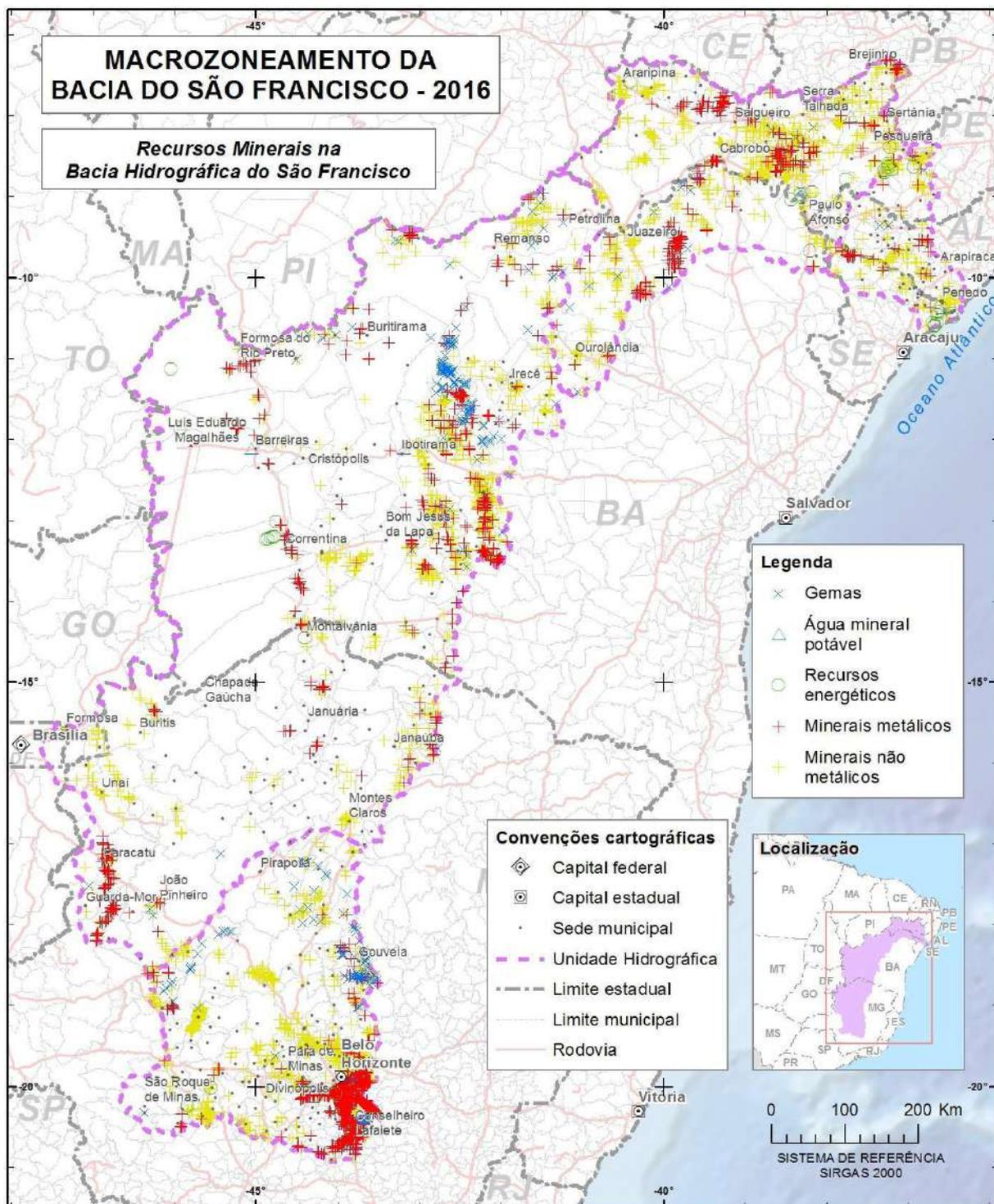
Na região do Baixo São Francisco, o estado de Sergipe é o maior representante da bacia no que diz respeito aos Recursos Energéticos. Nas proximidades do litoral sergipano há as maiores ocorrências de Hidrocarboneto (Petróleo e Gás natural).

No Submédio São Francisco os estados da Bahia e Pernambuco são os maiores exploradores de recursos energéticos, com extração de linhito, turfa e folhelho betuminoso (Figura 43).

No Médio São Francisco a produção fica por conta dos estados da Bahia e Minas Gerais e os principais municípios produtores são Montalvânia-MG e Correntina-BA (Figura 42), com a produção de gás natural armazenada nos calcários do Grupo Bambuí, em Montalvânia e turfa em argilas em Correntina. O município de Caitite tem os principais depósitos de Urânio (recurso energético nuclear) do estado e estão mineralizados em lentes de albitos. O principal mineral é a uraninita.

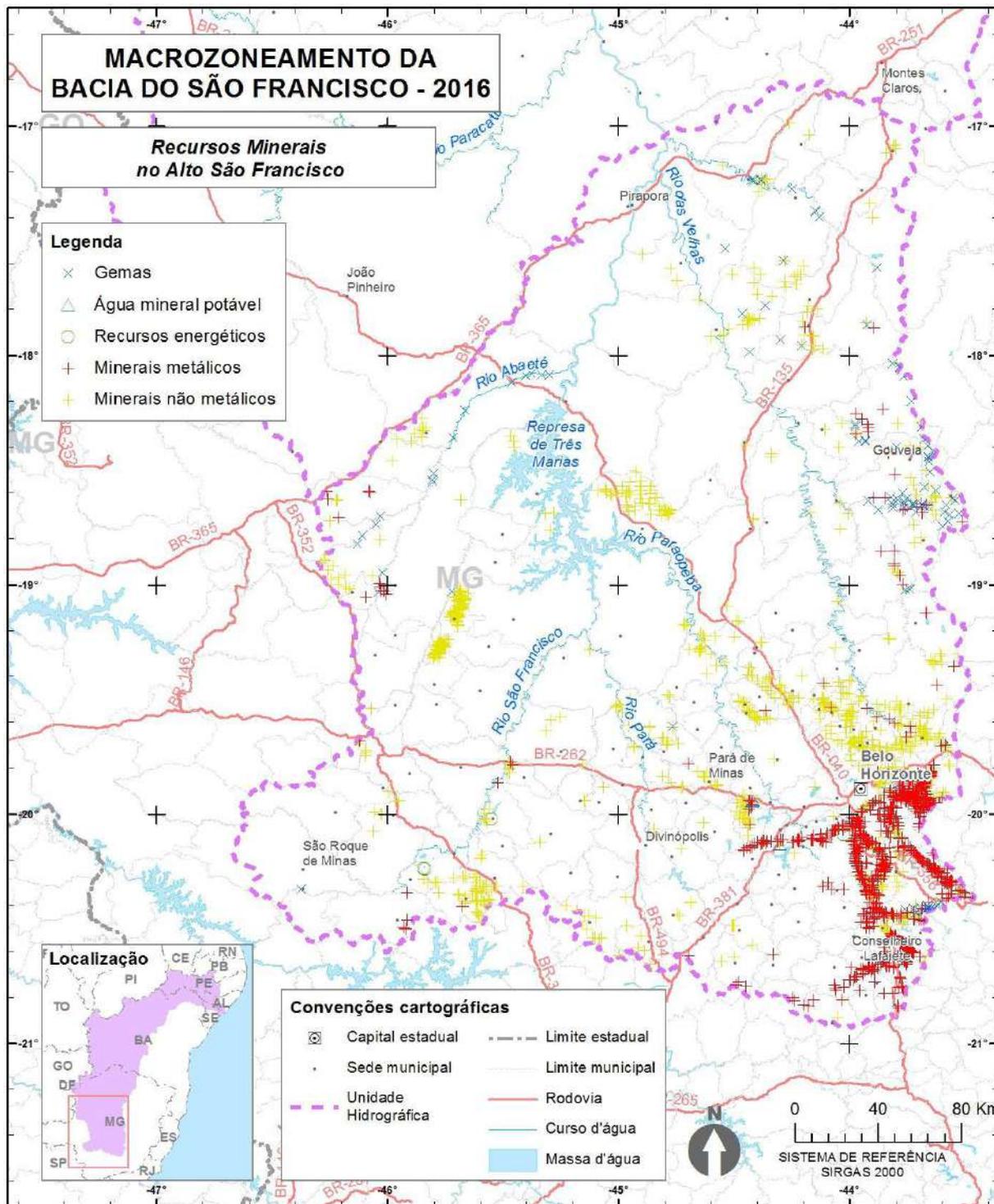
No alto São Francisco a produção de recursos energéticos no estado de Minas Gerais está associada à produção de Turfa e Urânio. A ocorrência de Urânio em Brumadinho está associada a metamorfismo, que estão ligados geoquimicamente ao ouro e sua rocha hospedeira é o metaconglomerado.

Figura 40 - Recursos Minerais por toda extensão da BHSF



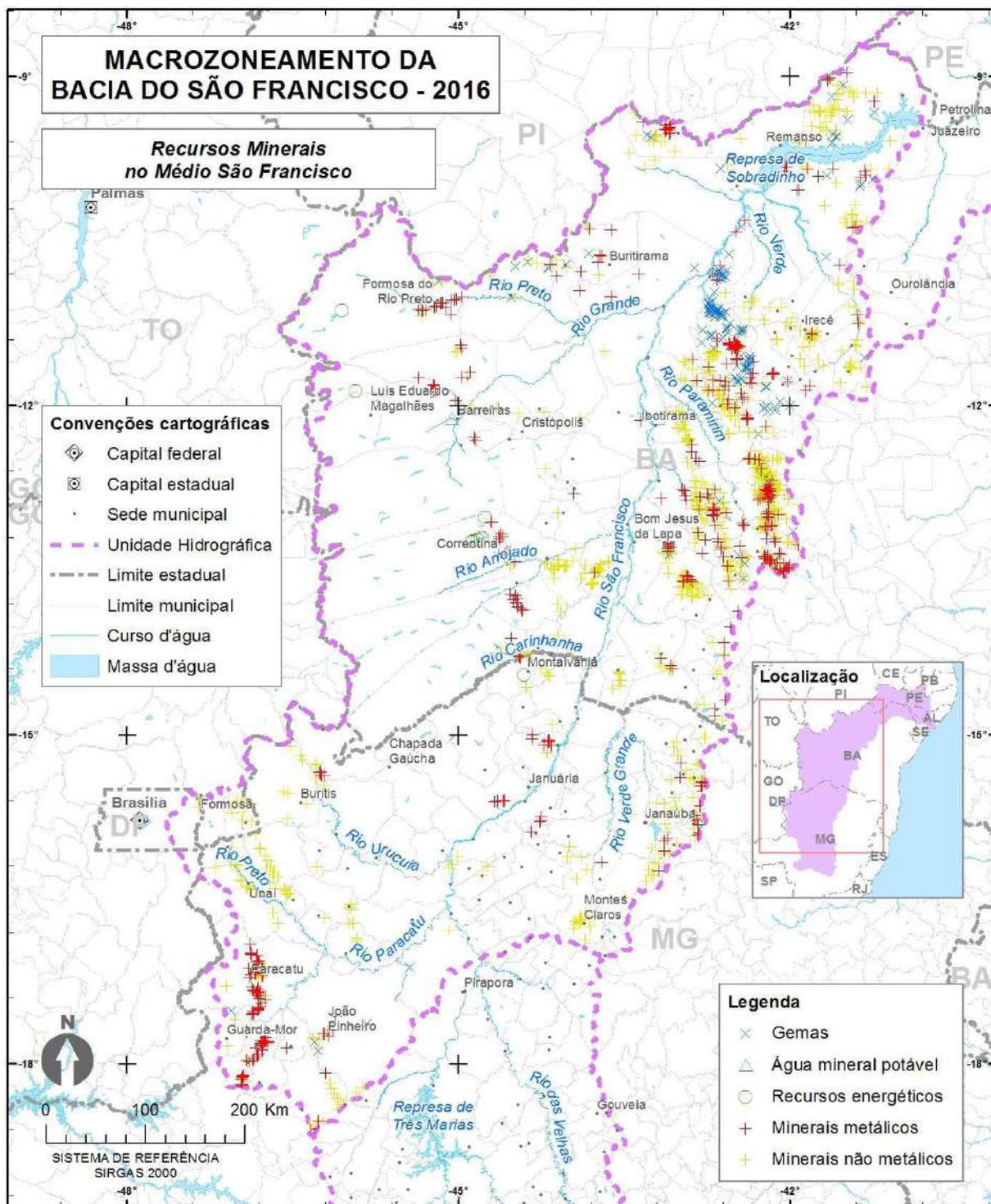
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016)

Figura 41 - Recursos Minerais no Alto SF.



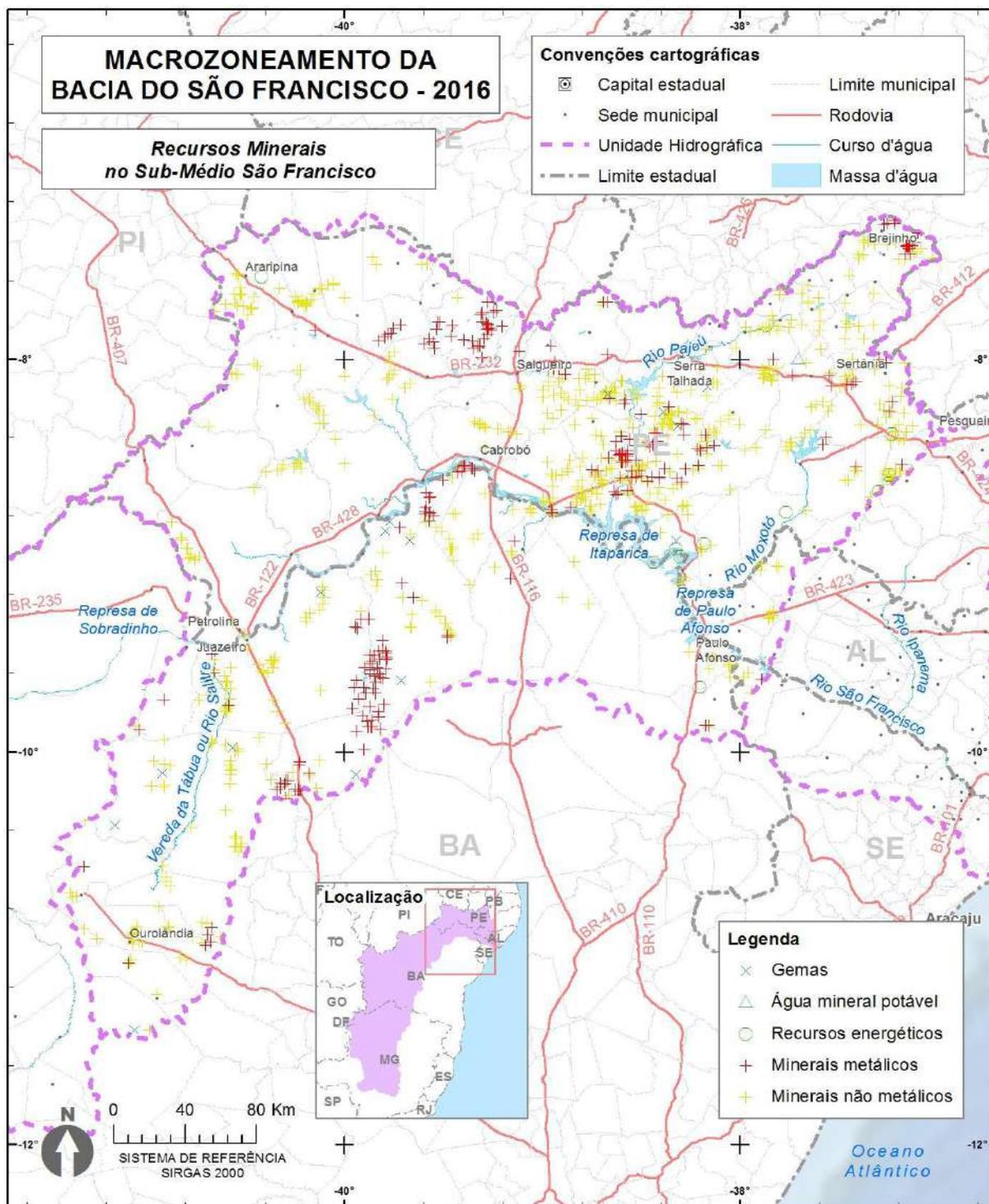
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Figura 42- Recursos Minerais no Médio SF.



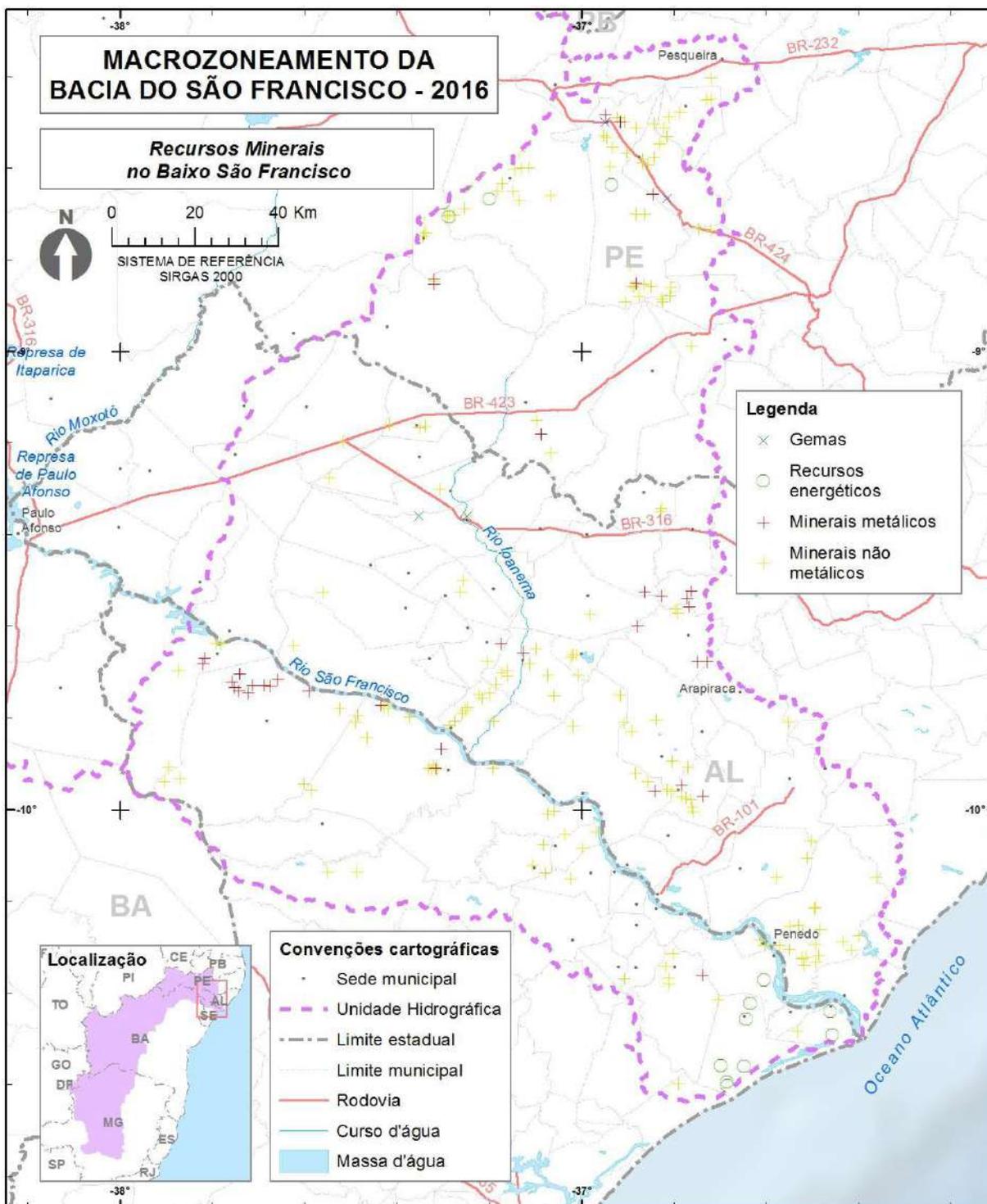
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016)

Figura 43- Recursos Minerais no Submédio SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016)

Figura 44 - Recursos Minerais no Baixo SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016)

#### 2.2.1.4 Barragens de rejeito de mineração e seus riscos

No banco de dados do DNPM existem 129 barragens de rejeitos cadastradas na área da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, sendo que uma barragem está localizada na região do Submédio São Francisco (Figura 45), 12 no Médio São Francisco (Figura 46) e 112 no Alto São Francisco (Figura 47). Não há registro de Barragem de rejeito na região do Baixo São Francisco.

Mais de 98% (126) dessas barragens estão localizadas no estado de Minas Gerais. A Bahia completa a lista na bacia com duas barragens de rejeito nos municípios de Jacobina e Jaguarari.

A barragem de rejeito é simplesmente uma estrutura montada para conter os resíduos de uma mineração, que é conhecido como material estéril, pois não tem viabilidade econômica, porém caso não seja devidamente armazenado pode causar grandes impactos ambientais, vide o caso da ruptura da barragem no município de Mariana-MG. Esse material é produzido pelo beneficiamento do minério, que separa o material bruto em concentrado e rejeito.

Os rejeitos podem ser encontrados de várias formas, isso a depender do tipo de minério e do processo adotado no beneficiamento. Os rejeitos de granulometria muito fina são chamados de lama, já os de granulometria acima de 0,074, são conhecidos como rejeitos granulares (ESPÓSITO, 2000).

Existem vários métodos de armazenamento dos rejeitos, por empilhamento a seco, em minas subterrâneas, em cavas exauridas e barragens de rejeito.

A escolha do método depende de vários fatores, entre eles as condições geológicas e topográficas, o tipo do material e o quanto de impacto ambiental podem trazer para a área do descarte. As barragens de rejeitos são o método mais utilizado pelas mineradoras.

Para a construção dessas barragens podem ser utilizados solos estéreis ou o próprio rejeito. O uso do próprio rejeito gerado traz a diminuição do custo da construção. Porém alguns cuidados devem ser tomados como: separação da fração grossa e fina (as propriedades geotécnicas são diferentes entre as frações), controle dos processos de separação (granulometria), utilização de sistemas de drenagens eficientes, compactação dos rejeitos (aumento da densidade e da resistência), proteção superficial da barragem (DAVIES & MARTIN, 2000).

Na grande maioria das vezes é preciso expandir a volume de armazenamento da barragem de rejeito e para isso são usados os métodos construtivos de alteamentos, que são três: Método a Montante; Método a Jusante; Método de linha de Centro.

O método a montante é o mais antigo e o mais utilizado pelas mineradoras, devido o seu custo reduzido, além da produção ser bem mais simples. A etapa inicial consiste na construção de um dique inicial, produzido com material compactado. O rejeito é lançado em direção a montante formando a “praia de deposição” que será a nova base para a construção do novo alteamento. Isso vai ser repetido várias vezes até que seja atingida a cota máxima do projeto (ARAUJO, 2006).

Mesmo sendo o método mais utilizado pelas mineradoras, o mesmo tem um baixo controle construtivo, o que torna a segurança da barragem menor. Isso se dá, pois os alteamentos são feitos sobre o rejeito depositado e não consolidado, logo esses

rejeitos apresentam baixa resistência à deformação e se tornam muito susceptível à liquefação por carregamentos dinâmicos e estáticos (ARAUJO, 2006). Sendo um método difícil de implantar o sistema de drenagem, para que se possa controlar a quantidade de água dentro da barragem, o que torna o mesmo ainda mais perigoso.

Um caso de rompimento de barragem que utiliza o método de alteamento a montante foi o da Barragem de Fundão, em Mariana – MG, que ficou conhecido como o maior desastre ambiental do país, assim como a Mina Retiro do Sapecado em 2013, da Mineradora Herculano, em Itabirito (MG), e de Rio Verde que se rompeu em Nova Lima (MG), em 2001.

O subsecretário de Regularização Ambiental da Secretaria de Meio Ambiente de Minas Gerais, relatou que as barragens com alteamento a montante não devem mais existir no estado de Minas Gerais e que todas as barragens devem utilizar o método de alteamento a jusante. Países como Chile e Peru já não utilizam esse tipo de método há anos (UOL, 2016).

O método a Jusante tem a mesma etapa inicial que o método a montante, com a construção de um dique de partida compactado, porém os alteamentos seguintes serão feitos a jusante do dique de partida. Segundo Klohn (1981), a principal vantagem desse processo seria a compactação, devido as técnicas de construção.

Ao contrário do método a montante, nada é construído sobre o rejeito que foi depositado e pode ser instalado um sistema de drenagem interna de boa qualidade, podendo ser prolongado ao longo da construção dos alteamentos, o que aumenta a qualidade da barragem.

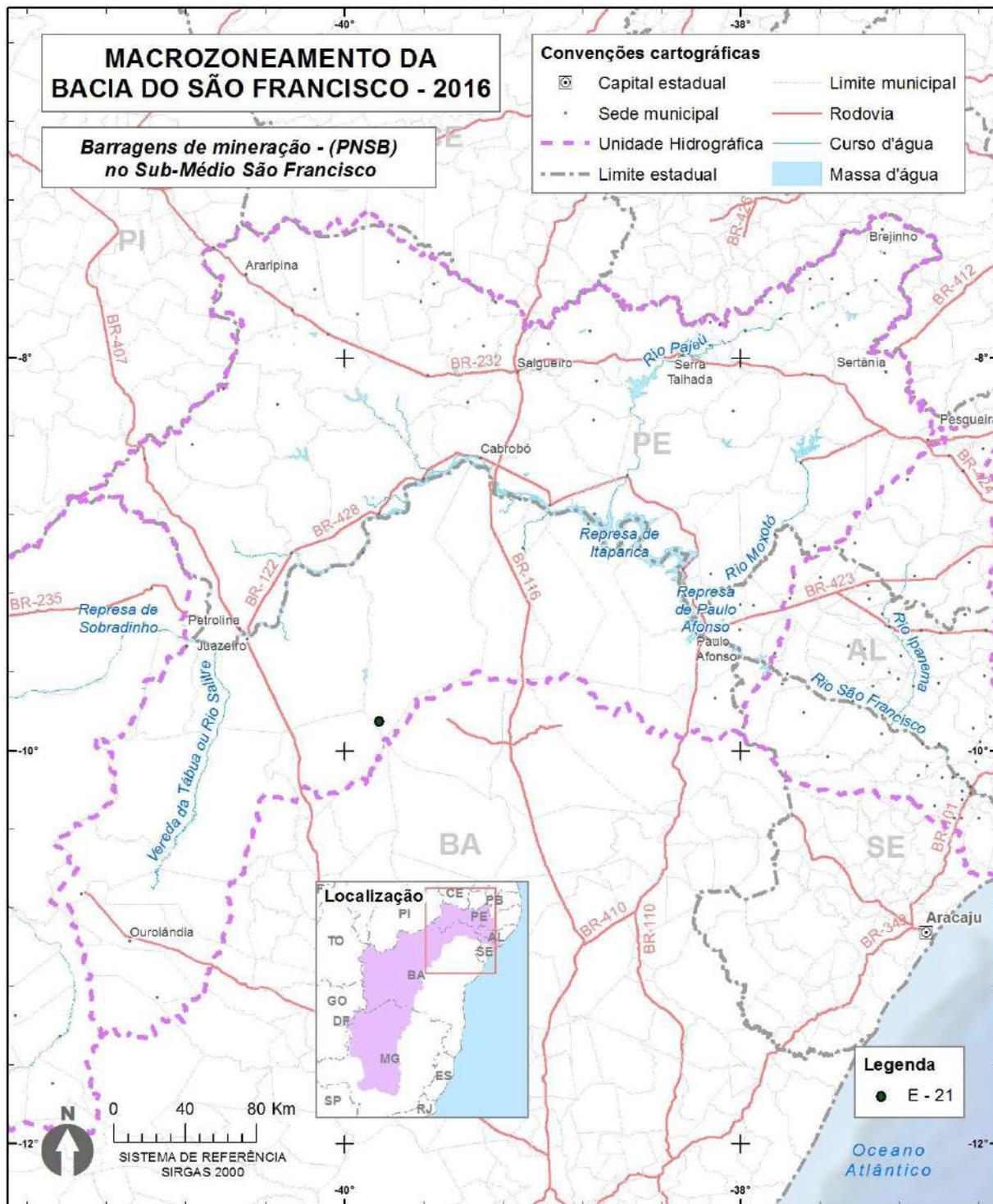
A maior desvantagem no método a jusante é a questão financeira, tendo em vista que o uso de material para a construção é bem maior, o que acarreta um aumento no custo com materiais de empréstimos, para a construção dos alteamentos do dique inicial. Também há a questão da área de uso para contenção do rejeito, que tem que ser bem maior devido à construção dos alteamentos a jusante da barragem (ARAUJO, 2006).

O método de linha de centro é um meio termo dos dois métodos anteriores, com vantagens de ambos os métodos, e com isso tentando minimizar ao máximo as desvantagens, possui uma estabilidade maior que o método de montante e não requer tanto espaço quanto o método a jusante. A construção segue o mesmo sistema dos dois métodos, iniciando com o dique de partida, daí vai fazendo o alteamento, porém no método de linha de centro o eixo de simetria da barragem permanece constante. A maior desvantagem é que podem ocorrer fissuras que causam erosão, caso a parte superior do talude venha a perder confinamento.

A Figura 45 a seguir, mostra a distribuição das barragens de rejeitos por toda a extensão da Bacia Hidrográfica do São Francisco.

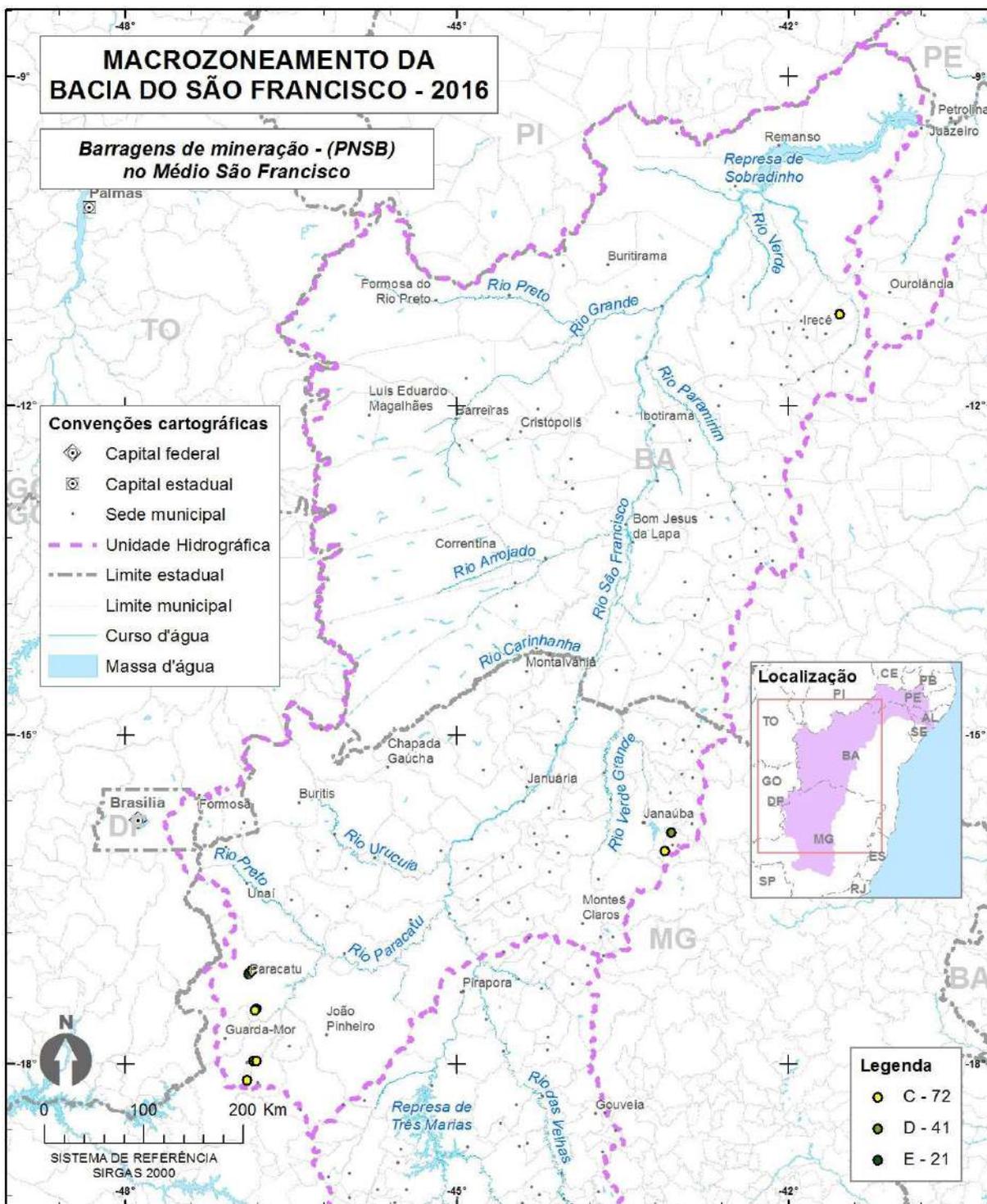
No sudeste de Minas Gerais, próximo dos rios Paraopeba e das Velhas (Figura 47), fica claro o risco de contaminação caso alguma dessas barragens venha a se romper. Devido ao alto número de barragens no local, podendo haver contaminação de grande parte da Bacia do Rio São Francisco, o que seria um desastre equivalente ou pior do que ocorreu na cidade de Mariana-MG no ano de 2016.

Figura 45 - Barragem de mineração no Submédio SF.



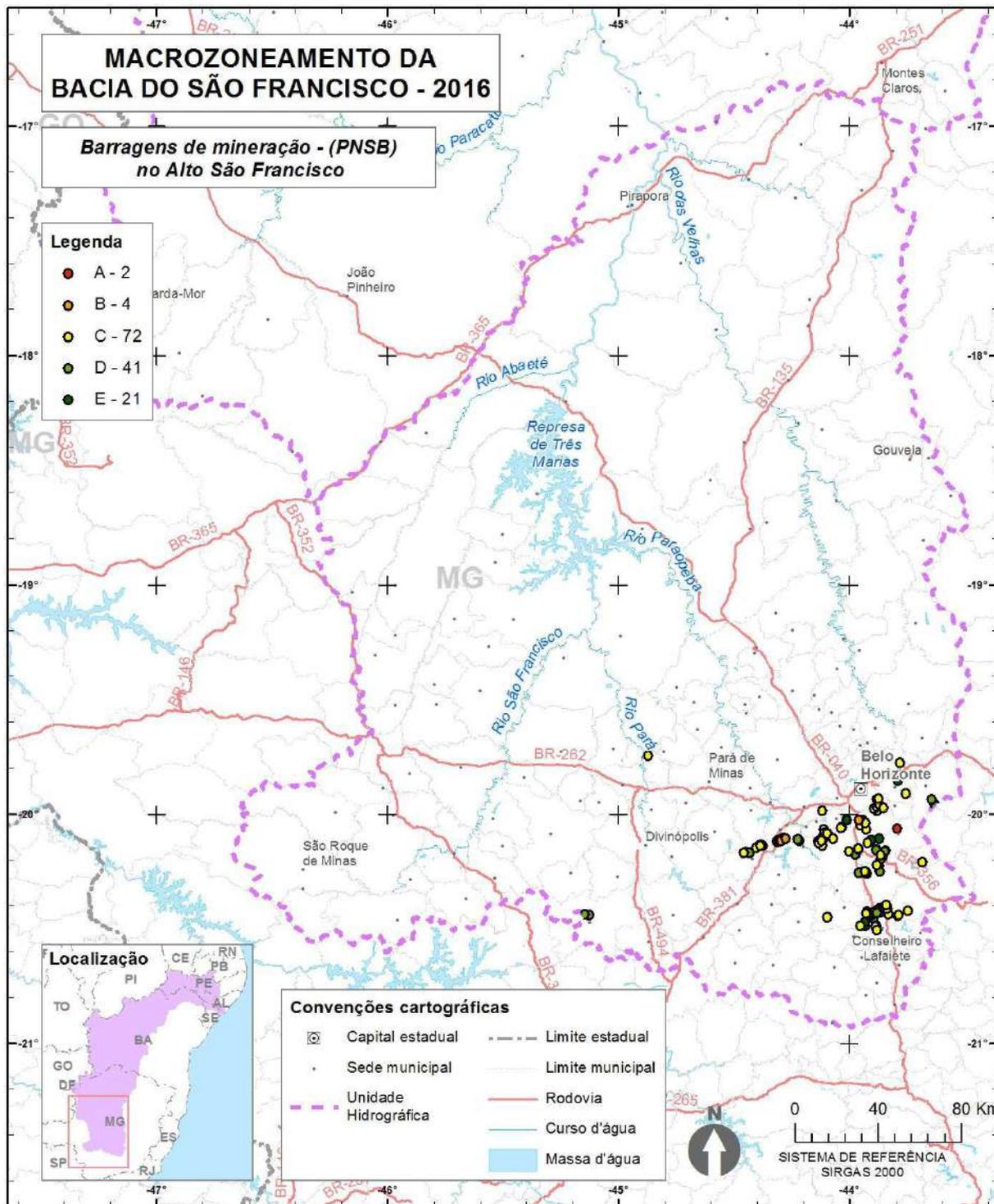
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016)

Figura 46 - Barragens de Mineração no Médio SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016)

Figura 47 - Barragens de Mineração no Alto SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016)

### 2.2.1.5 Sítios para ecoturismo e recreação

Na região do Baixo São Francisco, um dos principais atrativos geoturísticos, se estende da barragem de Paulo Afonso, no estado da Bahia, até a barragem de Xingó, em Sergipe. No percurso de aproximadamente 65 km, o rio passa entre os paredões de arenito, formando os cânions do São Francisco, com aproximadamente 60 milhões de anos.

Segundo Medeiros (2003), na geomorfologia do Baixo São Francisco, destaca-se a planície costeira com altitude inferior a 100 m e os tabuleiros costeiros da Formação Barreiras com altitudes entre 100 e 200 m.

Os cânions de Xingó foram preenchidos pelas águas do Rio São Francisco após a construção da usina de Xingó pela CHESF no ano de 1988, tendo em média 170 m de profundidade e 65 km de extensão.

São comuns os passeios ao longo dos cânions e pelas fendas formadas entre os paredões. A região também é contemplada com o turismo religioso, pois os ribeirinhos fizeram pequenos santuários nas margens, passando a ter um grande atrativo turístico.

No tocante ao geoturismo na região do Médio São Francisco, tem-se a região da Chapada Diamantina como um excelente exemplo. As rochas do Grupo Chapada Diamantina são formadas por quartzitos e arenitos da Formação Morro do Chapéu, que representam o embasamento das rochas carbonáticas da Formação Salitre.

É uma região de grandes serras protegida pelo Parque Nacional da Chapada Diamantina. Em seu entorno encontram vários atrativos geoturísticos como: cachoeiras, cavernas, cânions, montanhas. A principal cidade é Lençóis, que é tombada pelo IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional).

O Município de São Desidério está entre as maiores áreas cársticas do país, tanto superficiais quanto subterrânea. O município tem um acervo de mais de 140 cavernas catalogadas, que atraem as pessoas para o turismo de aventura. A Gruta do Catão, O Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério, o sumidouro do João Baio, a Gruta da Sucupira e o Poço do Surubim são alguns exemplos desse acervo que contêm no município.

Os sedimentos carbonáticos do Grupo Bambuí, Figura 46, apresentam no município homônimo um acervo espeleológico maravilhoso com grande potencial geoturístico, devido às belíssimas feições características dos calcários da região.

No norte de Minas Gerais no município de Montes Claros tem-se o Parque Estadual da Lapa Grande (PELG). O parque foi criado no ano de 2006 com aproximadamente oito mil hectares. Trata-se de uma área cárstica formada pelos carbonatos da Formação Lagoa do Jacaré, e destaca-se pelas feições como dolinas, sumidouros e cavernas (BARBOSA *et al.*, 2005).

Na Região do Alto São Francisco, no sudoeste de Minas Gerais, fica localizado o Parque Nacional da Serra da Canastra, onde há uma grande diversidade litológica, com quartzitos e micaxisto de idade Pré-Cambrianas do Grupo Canastra, e uma pequena ocorrência de micaxistos do Grupo Araxá.

No Parque Nacional da Serra da Canastra, existe uma sequência de cinco quedas d'águas do Rio São Francisco, com um desnível de até 350 m, formando belos locais para mergulho, sendo de grande atrativo turístico.

A nascente do Rio São Francisco também está localizada no parque. Em 2014 o Diretor do Parque Nacional da Serra da Canastra anunciou em entrevista que a principal nascente do Rio São Francisco tinha secado (G1, 2014).

### **2.2.2 Geologia do Alto São Francisco**

Na região do Alto São Francisco tem a maior parte aflorante os sedimentos da Formação Serra de Santa Helena, constituídos por argilitos, com lentes de calcários oolíticos, pretos e níveis de margas. A formação é de idade Neoproterozóica e pertence ao Grupo Bambuí. Na porção sul/sudeste da área afloram as rochas mais antigas do Meso e Neoarqueano. São Rochas Metamórficas (gnaisses, migmatitos, metapelitos) e Rochas Ígneas (granitos e granodioritos). Além das Rochas Paleoproterozoicas dos Grupos Canastra Indiviso.

### **2.2.3 Geologia do Médio São Francisco**

A região do Médio São Francisco tem na maioria do seu terreno afloramentos de rochas sedimentares de idade Mesozoica do Grupo Urucuia, que são constituídos por arenitos de granulometria variada e coloração variegada, além de conglomerados (FERNANDES, 1982). Quanto à deposição, são classificados como ambientes fluviais e eólicos, (LIMA & LEITE, 1978; FERNANDES, 1982). Na literatura, o Grupo Urucuia está subdividido em duas formações, Posse e Serra das Araras.

Os arenitos do Grupo Urucuia na Região Oeste da Bahia e Norte de Minas Gerais geralmente aparecem sobrepostos às rochas Neoproterozoicas do Grupo Bambuí, que são compostos por rochas siliciclásticas e carbonáticas pouco deformadas. As rochas são compostas por folhelhos, argilitos, arcóseos, margas, dolomitos e calcários. O Grupo Bambuí é dividido em seis Formações da base para o topo: Formação Jequié, Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias. No Oeste Baiano, Egydio-Silva *et al.* (1989), subdividiu o Grupo Bambuí em três Formações da base para o topo: Formação São Desidério, Formação Serra da Mamona e Formação Riachão das Neves, porém as três são correlatas respectivamente as Formações Lagoa do Jacaré, Serra de Santa Helena e Três Marias.

As Rochas mais antigas são datadas do Eon Arqueano aflorando no leste da bacia e as rochas metamórficas do Complexo Parnamirim.

### **2.2.4 Geologia do Submédio São Francisco**

As rochas mais antigas na área do Submédio São Francisco são do Eon Arqueano e são praticamente Rochas Metamórficas. Segundo Brasil (1974) nas áreas do cristalino há o predomínio de gnaisses, granitos, migmatitos e xistos. O embasamento cristalino é recoberto por sedimentos arenosos das bacias do Araripe, Tucano e Jatobá. A sedimentação recente é constituída por aglomerados, areia, laterita e argila, e estão assentados na Bacia sedimentar do Tucano-Jatobá.

## 2.2.5 Geologia do Baixo São Francisco

A região do Baixo São Francisco encontra-se inserida na província estrutural da Borborema, que é formada por rochas metamórficas oriundas das colisões das placas tectônicas, ocorrido durante o ciclo Brasileiro e que foi acrescido de materiais de sequências de empurrões de origem pós-orogênicas.

Toda a sedimentação da sub-bacia foi dada nos períodos jurássico e cretáceo, também ocorreram intrusões magmáticas e, por fim, a sedimentação de material terciário e quaternário em locais restritos da sub-bacia.

## 2.3 Hidrogeologia

A Hidrogeologia é o um ramo da Geologia que estuda a água subterrânea, em especial a sua relação com o ambiente geológico. Trata das condições geológicas e hidrológicas, que regem a origem, a distribuição e as interações das águas subterrâneas. Sendo que as intervenções humanas devem basear-se na aplicação de tais conhecimentos: prospecção, captação, proteção, levando sempre em conta a conotação ambiental, que hoje é a mais importante.

No tocante a hidrogeologia da Bacia do Rio São Francisco, quase 50% das rochas possuem um grande potencial hidrogeológico, devido à grande diversidade dos seus terrenos, esse potencial fica mais evidente nas regiões do Alto e Médio São Francisco, onde se encontram os maiores aquíferos da bacia.

Existem vários aquíferos em toda extensão da Bacia do Rio São Francisco, porém os aquíferos Bambuí, Salitre e Urucuia são de grande importância para bacia, visto sua grande extensão.

Na região do Baixo São Francisco, a maioria das rochas são pertencentes à Província da Borborema, rochas metamórficas, que não possuem alto potencial hidrogeológico, tendo em vista que os possíveis aquíferos são fissurais e que a qualidade das águas geralmente não é tão boa. Sendo assim, o uso da água superficial é muito mais apropriado para a região, principalmente nos estados de Sergipe e Alagoas. Porém mais próximo ao litoral há uma grande presença de sedimentos recentes, representados pelos arenitos conglomeráticos do Grupo Barreiras, que possuem um bom potencial hidrogeológico.

Na região há uma maior predominância da agricultura de sequeiro, porém a agricultura irrigada, principalmente a rizicultura nos estados de Alagoas e Sergipe vem tendo um destaque muito grande, dispendo de uma área potencial de mais de 60 mil hectares, destacando-se como produtora de arroz irrigado na região Nordeste, isso com ajuda dos altos financiamentos da Codevasf, com a implantação de cinco projetos públicos de irrigação, possibilitando duas safras de arroz por ano.

Vale salientar que todo esse trabalho é produzido a partir de água superficial, mesmo a região estando inserida no Domínio Hidrogeológico Intersticial, composto por rochas sedimentares, podendo ser dividido em dois subdomínios. O Subdomínio de Formações Tércio-Quaternárias, constituído por rochas da Formação Barreiras, aluviões e sedimentos arenosos, silteosos e argilosos, de idade quaternária, são rochas com bom potencial hidrogeológico, sendo a água subterrânea nessa região irrigada usada para abastecimento doméstico da população.

O Submédio São Francisco também não possui grande potencial hidrogeológico, devido à maioria de o seu território ser composto por rochas metamórficas que não possui um bom potencial de armazenamento, assim como no Baixo São Francisco. A maioria da água utilizada vem de água superficial e de alguns poços perfurados nas fissuras dessas rochas metamórficas.

### **2.3.1 Sistema Aquífero Bambuí**

A região do Médio São Francisco é a região com maior potencial hidrogeológico, tendo em vista que os maiores aquíferos estão contidos em sua área.

O sistema aquífero Bambuí está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, incluindo parte dos estados da Bahia, Goiás, Minas Gerais e Tocantins (Figura 48). É um aquífero do tipo Cárstico/Fissural e está associado a rochas calcárias e metassedimentares. A média da vazão dos seus poços está em torno de 14 m<sup>3</sup>/h e a profundidade cerca de 85 m.

Em geral suas águas são consideradas de boa qualidade, porém havendo restrições em algumas localidades, devido ao alto teor de sólidos totais dissolvidos e da elevada dureza, causado pela dissolução das rochas calcárias.

O aquífero é dividido em duas partes: Zona Cárstica e Zona Cárstica/Fraturada. A zona cárstica apresenta águas bicarbonatadas cálcicas e/ou magnesianas, essa relação é dada pelo pH médio de 7,79. A dureza é bastante alta, com média de 219,7 mg/L, a alcalinidade tem valores médios de 210,4 mg/L e a condutividade elétrica tem média de 463 µS/cm. Esses valores são reflexo da interação das rochas calcárias com a água subterrânea. (PINTO & MARTINS NETO, 2001; RAMOS & PAIXÃO, 2003).

Na região cárstica-fraturada, as águas são bicarbonatadas magnesianas, bicarbonatadas sódicas e mistas, e menos mineralizadas, como indica a condutividade elétrica média de 427 µS/cm e o pH médio é de 8,00 (PINTO & MARTINS NETO, 2001; RAMOS & PAIXÃO, 2003).

#### **a) Bahia**

Ocorre no oeste da Bahia onde há rochas Neoproterozoicas do Grupo Bambuí. Na região da Bahia o Grupo Bambuí apresenta-se da base para o topo com as formações São Desidério, Formação Serra da Mamona e Formação Riachão das Neves.

O Grupo Bambuí no Oeste da Bahia é quase que totalmente recobertas pelas rochas siliciclásticas do Grupo Urucuia, ficando com uma pequena porção exposta nos arredores dos municípios de São Desidério e Catolândia.

O Aquífero Fissuro-Cárstico Bambuí é alimentado pelas precipitações e por contribuições das águas dos arenitos do Grupo Urucuia, onde nascem as principais drenagens da região e em menor quantidade da sedimentação recente. A região é cortada por importantes drenagens que abastecem o Rio São Francisco. Os rios apresentam comportamento de afluência e influência a depender da piezometria da área, em relação as cotas dos mesmos. Quanto aos fluxos subterrâneos, aparentemente são congruentes com aquelas das drenagens superficiais (ANDRADE & CASCAES, 1990).

Segundo o Andrade & Cascaes (1990), o aquífero Bambuí é livre e anisotrópico, heterogêneo e com espessura variável. Segundo os mesmos autores um poço com mais de 300 m na parte sudeste da região, não conseguiu atingir a base da sequência

carbonatada. Para dar ênfase ao estudo feito na região dos oeste baiano os autores fizeram uma análise estatística dos parâmetros dos poços: profundidade, vazões, entradas d'água, resíduo total e dureza.

A análise mostrou que a grande maioria dos poços que captam água do aquífero Bambuí, tem profundidade em torno de 80 m. Em áreas onde a camada de cobertura recente é muito espessa, chega a alcançar até 100 m de profundidade, onde é preciso ultrapassar essa camada para captar as águas do Aquífero.

A grande maioria das entradas d'água situa-se entre 20 e 60 m. Exceções ocorrem já que não são raros, por exemplo, casos de poços em cotas topográficas baixas, com nível estático quase aflorante, mas com entradas d'água principais abaixo de 100 m.

No que diz respeito às vazões, apenas 15% dos poços ultrapassam 20 m<sup>3</sup>/h. A norte da região as vazões variam entre 5 e 10 m<sup>3</sup>/h e no município de Serra do Ramalho, na zona de contato Bambuí/Arqueano são obtidos poços com as vazões mais fracas.

As águas da região são potáveis, pois apresentam um nível de resíduo total entre 300 e 600 mg/l e dureza entre 300 mg/l. As águas de melhores condições são as dos sopés da chapada do Urucuia e as da região ribeirinha do São Francisco.

No contexto geral as águas do Aquífero Bambuí são de melhor qualidade que as águas do aquífero Salitre, porém as vazões são bem menores devido a menor intensidade de carstificação.

Tendo em vista esse potencial subterrâneo no oeste baiano, devido ao armazenamento de água nos calcários do Grupo Bambuí, todos os municípios utilizam das águas do Aquífero Bambuí para abastecimento urbano, onde em alguns casos utilizando dessalinizadores para melhorar a qualidade da água para a população, devido ao grande teor de cálcio contido nas mesmas, o que gera muito problemas renais na população. Nas regiões que possuem irrigação e não contam com águas do Aquífero Urucuia, as águas do Aquífero Bambuí suprem a necessidade dos agricultores na região.

A grande preocupação da região é a questão da contaminação do aquífero, já que se trata de um aquífero cárstico e que os condutos podem ter extensões de dezenas de quilômetros, um pequeno foco de contaminação pode afetar todo o aquífero. Na região de São Desidério, onde há uma zona de carstificação com presença de muitos sumidouros, é preciso se preocupar principalmente com a questão de esgotamento sanitário da região, para que esses efluentes não cheguem a atingir alguma zona de recarga desse aquífero, seja por algum sumidouro ou em algum ponto de recarga por arenitos do Grupo Urucuia, que devido a sua alta porosidade se torna uma fonte fácil de contaminação do aquífero.

## **b) Minas Gerais**

No norte de Minas Gerais mais precisamente no município de Jaíba, Silva *et al* (1981) estudaram o aquífero cárstico chamado informalmente de "Aquífero Jaíba".

A região de Jaíba tem elevado potencial de água subterrânea para irrigação através dos poços que chegam a produzir até 100 m<sup>3</sup>/h.

Não foram detectados graves problemas de poluição. Apenas nos arredores do povoado de Jaíba, pequenos focos de contaminação foram detectados, associados a poluentes urbanos e a fertilizantes (SILVA *et al*, 1981).

O Rio Verde Grande é um dos mais importantes afluentes do Rio São Francisco da margem direita. A área total da sua bacia é de 31.140 km<sup>2</sup>, ocupando dois estados: Bahia (13%) e Minas Gerais (87%) (ANA, 2011).

A respeito da hidrogeologia da Bacia do Rio Verde Grande, é de suma importância às rochas carbonáticas do Grupo Bambuí e as porosas do Grupo Uruçuia.

As rochas de características porosas ocupam 29% da bacia, englobam os aluviões recentes, coberturas detríticas, coberturas detríticas lateríticas, colúvios e os arenitos do Grupo Uruçuia.

O domínio cárstico-fissural inclui as rochas carbonáticas, predominantemente os calcários e as pelito-carbonáticas, pertencentes ao Grupo Bambuí.

Essas litologias se distribuem pelas porções centro e ocidental da bacia do Rio Verde Grande, onde estão os melhores sistemas aquíferos da bacia, especialmente aqueles em que predominam as rochas carbonatadas. A uma intensa exploração das suas águas para irrigação, no município de Sete Lagoas (MG).

Em alguns locais do Aquífero Bambuí foi observado um alto teor de fluoreto nas águas, devido à influência das estruturas geológicas.

No aquífero cárstico/fissural o fluxo da água subterrânea é maior ao longo das fraturas abertas, sendo assim os poços que são perfurados em zonas de fraturas distensivas são os de maiores vazões, logo com menores valores de fluoreto nas águas. Os poços que interceptam as fraturas compressivas têm vazões de menor valor, o que elevam o nível de fluoreto nas águas.

No município de São Francisco no norte de Minas Gerais, o abastecimento municipal é quase que na totalidade de água de poço, e foi registrado uma epidemia de Fluorose dentária, com concentração de fluoreto até 3,9 mg/L (MENEGASSE et al., 2004b).

Além do problema da Fluorose o Sistema Aquífero em Minas Gerais também corre grande risco de contaminação, tendo em vista a área irrigada na região e também por lançamentos de efluentes de alguns municípios mais industrializados, como é o caso de Montes Claros no norte de Minas, que fica sobre as rochas da Formação Lagoa do Jacaré, tanto na fácies calcária quanto na facie metassedimentar. O que preocupa também é a grande massa urbana do município e o efluente doméstico que pode contaminar todo aquífero, pois o mesmo também serve como a principal fonte de abastecimento de água do município.

### **2.3.2 Sistema Aquífero Salitre**

Fica localizado na região centro-norte do Médio São Francisco, mas precisamente na Sub-Bacia do Irecê (Figura 48).

Segundo Ramos *et al.* (2007), assim como todas as grandes áreas cársticas do mundo, a região de Irecê não possui grandes corpos de águas superficiais, sendo a água subterrânea a mais importante fonte para o abastecimento da região, nas áreas agrícolas, consumo humano e o setor industrial.

Como a região teve um alto desenvolvimento da agricultura irrigada essa demanda por água subterrânea cresce cada vez mais na região da Bacia de Irecê, isso pode ser comprovado com o aumento gradativo do número de poços artesianos na região, que ocasionou um rebaixamento no nível do lençol freático.

Dois domínios estruturais cársticos estão vinculados a fases de deformação brasileira (RAMOS *et al.*, 2007). Um desses domínios está localizado na porção sul da sub-bacia de Irecê, fazendo contato na parte leste e oeste com as rochas do Grupo Chapada Diamantina. Trata-se de rochas carbonáticas levemente onduladas com estratificação plano paralelas, dobramentos amplos com eixo N-S, lineamento estrutural associado a transcorrência de direção N-S. Nesse domínio há uma grande quantidade de dolinas de formato arredondado com diâmetro chegando a 200 m.

O outro domínio estrutural encontra-se na região central da sub-bacia de Irecê, caracterizado pela presença de intensos cavalgamentos, com dobramentos e falhamentos de baixo ângulo associados, e vergência para SSE (GUERRA, 1986; BASTOS LEAL *et al.*, 2004; RAMOS, 2005).

O aquífero é do tipo cárstico-fissural, com presença de dolinas de pequeno porte, com diâmetro chegando a no máximo 15 m, alinhadas seguindo a direção dos lineamentos estruturais E-W, além da presença de sumidouros, que servem como recarga para o aquífero, porém também podem ser um grande contribuinte para contaminação do mesmo, além de solos muito rasos a inexistentes.

A porção centro-norte da bacia tem como principais produtos cultivados a cebola, tomate e cenoura. O município de Presidente Dutra tem como maior produção agrícola a pinha com 70% da renda do município. Como toda produção da região é feita por irrigação, exclusivamente por água subterrânea, favorece a produção durante todo o ano, o que beneficia financeiramente os produtores da região.

Cabe destaque o município de Lapão, considerado como o maior produtor de cenoura do Brasil.

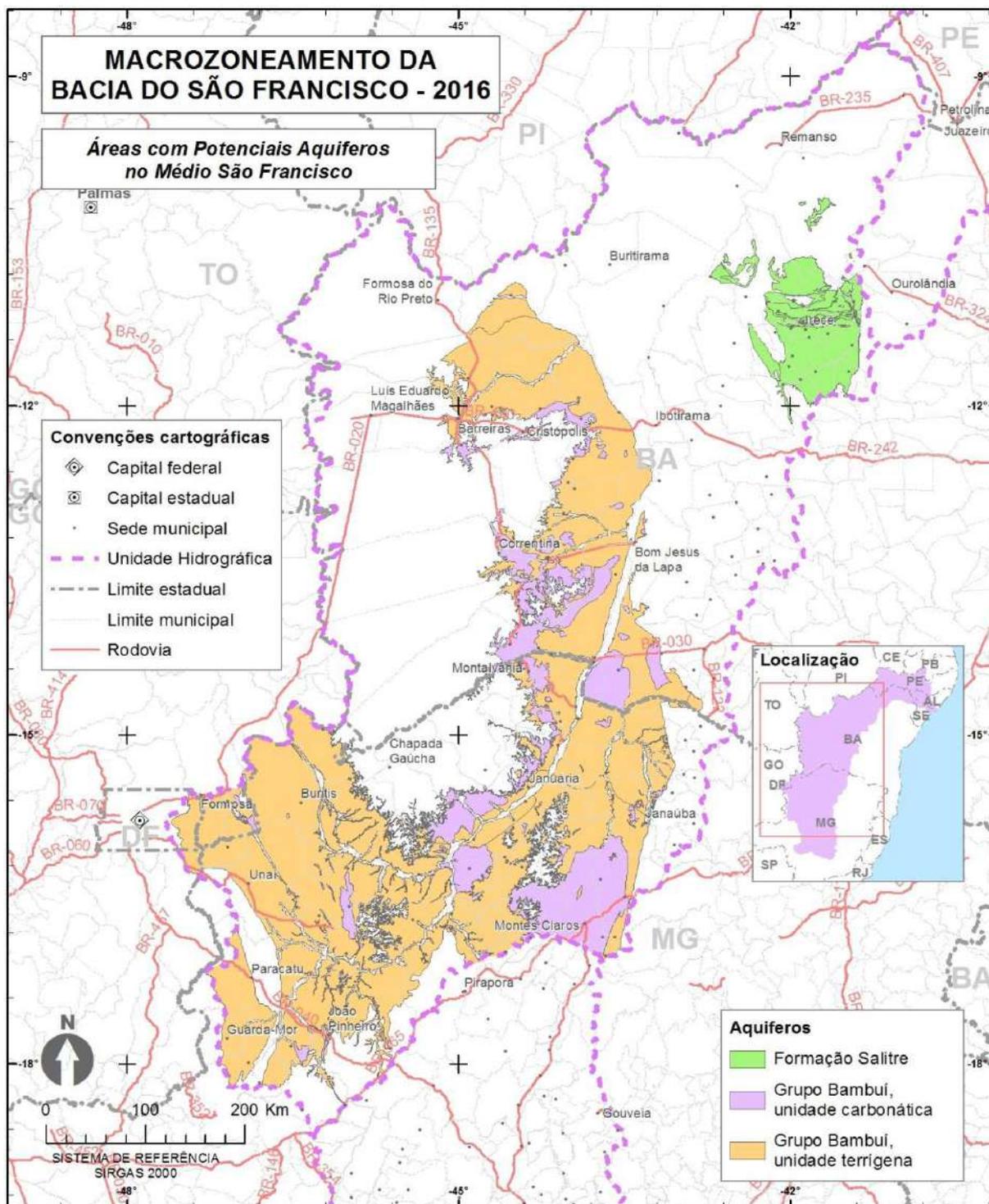
Porém Ramos *et al.* (2007), fez uma relação na região com a existência de aproximadamente 6.000 poços, porém esse número hoje em dia é muito mais elevado, devido ao aumento das culturas irrigadas da região. Nesse trabalho os autores observaram que os poços com as maiores vazões estão próximos aos grandes lineamentos estruturais, as zonas de descarga do aquífero e dos contatos com as Rochas do Grupo Chapada Diamantina nas bordas leste e oeste do aquífero.

Silva (1973) e Ramos (2005) observaram que houve um rebaixamento regional do lençol freático, em cerca de um metro por ano desde 1987 a 2007, e esses números só tendem a piorar devido ao aumento irregular da taxa de exploração das águas do aquífero Salitre, devido ao grande aumento das áreas irrigadas.

Segundo os autores esse rebaixamento reduziu as descargas naturais do aquífero para os rios da região o que caracteriza uma sobre-exploração. Esse processo é mais acentuado na região central do aquífero, onde estão os municípios com as maiores produções agrícolas.

Além da problemática da exploração exagerada das águas do aquífero Salitre, outro grave problema é o uso demasiado de defensivos agrícolas, que podem contaminar boa parte do aquífero, devido os condutos criados pela intensa carstificação das rochas da Formação Salitre.

Figura 48 - Aquíferos Bambuí e Salitre na Região do Médio SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016)

### 2.3.3 Sistema Aquífero Urucuia

O Sistema Aquífero Urucuia (SAU) é uma junção de aquíferos nos arenitos do Grupo Urucuia, que abrange a Sub-Bacia Urucuia, que é a parte setentrional da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, cobertura Fanerozoica do Cráton de São Francisco (CAMPOS & DARDENNE, 1997) (Figura 49).

O SAU é um sistema do tipo intergranular, no formato de um grande tabuleiro, composto por arenitos quartzosos e arenitos feldspáticos, de ambiente sedimentar flúvio-eólicos bem selecionados, com níveis conglomeráticos e níveis apresentando muita silicificação.

O SAU geralmente está sobreposto as rochas calcárias do Grupo Bambuí, nos estados da Bahia, Goiás e Minas Gerais. Na porção norte da bacia está depositado sobre rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba e sobre o embasamento cristalino que compõem os sistemas aquíferos Poti-Piauí/Serra Grande/Cabeças e Cristalino.

A sua área de modo geral é basicamente a mesma que as rochas do Grupo Urucuia na Bacia do Rio São Francisco, correspondendo todas as rochas siliciclásticas ao norte do Rio Carinhonha, tendo em vista que a sul essas rochas são mais dispersas. Esse montante chega a uma área de aproximadamente 86.000 km<sup>2</sup>, porém a área efetiva do Aquífero é de aproximadamente 76.000 km<sup>2</sup> (GASPAR, 2007). O SAU se estende do sul do Piauí até o noroeste de Minas Gerais, onde sua maior área de abrangência é o oeste do estado da Bahia. Uma parte das rochas do Grupo Urucuia se estende para a região do Alto São Francisco, porém não faz parte da área efetiva do aquífero.

Os poços perfurados nas áreas não efetivas do SAU são exploradas águas de outros aquíferos, como o Sistema Aquífero Fissuro-Cárstico Bambuí e os Aquíferos cristalinos. Os arenitos nestas áreas funcionam como uma zona de aeração, agindo como uma espécie de filtro para os sistemas aquíferos sobrepostos. Isso fica bem evidente nos poços entre as sedes municipais de São Desidério e Correntina (GASPAR, 2006). Na sua tese a autora estudou os poços do cadastro da CERB e observou que a espessura do arenito chegava até 50 m, porém as entradas de águas eram todas nos Calcários do Grupo Bambuí, logo os arenitos do Grupo Urucuia estão servindo como ponto de recarga dos aquíferos em questão.

A porção oeste da área efetiva do SAU apresenta um eixo divisor norte-sul que divide o fluxo subterrâneo para oeste e leste. Esse eixo divisor foi definido através de sondagens elétricas verticais (SEVs) e polarização elétrica induzida (IP), por Amorim Jr. (2003) e Amorim Jr. & Lima (2003). Esse eixo divide a bacia hidrológica em duas bacias hidrogeológicas. Logo a bacia hidrogeológica leste contribui para drenagem da Bacia Sanfranciscana e a bacia hidrogeológica oeste para a Bacia do Rio Tocantins. A recarga nas áreas próximas ao eixo alimentam as duas bacias hidrogeológicas (GASPAR, 2006).

A área total de recarga do SAU é de 55.000 km<sup>2</sup> e foi delimitada por Gaspar (2006), através de imagens de Radar e dados digitais de terreno. Nessas áreas são onde estão as grandes regiões agricultáveis.

Do ponto de vista geológico, o Sistema Aquífero Urucuia é um manancial homogêneo, porém com algumas pequenas mudanças faciológicas dos arenitos do Grupo Urucuia. A presença de níveis silicificados e sua posição estratigráfica concedem mudanças hidrodinâmicas que permite subdividir o aquífero em alguns subtipos. Informações de

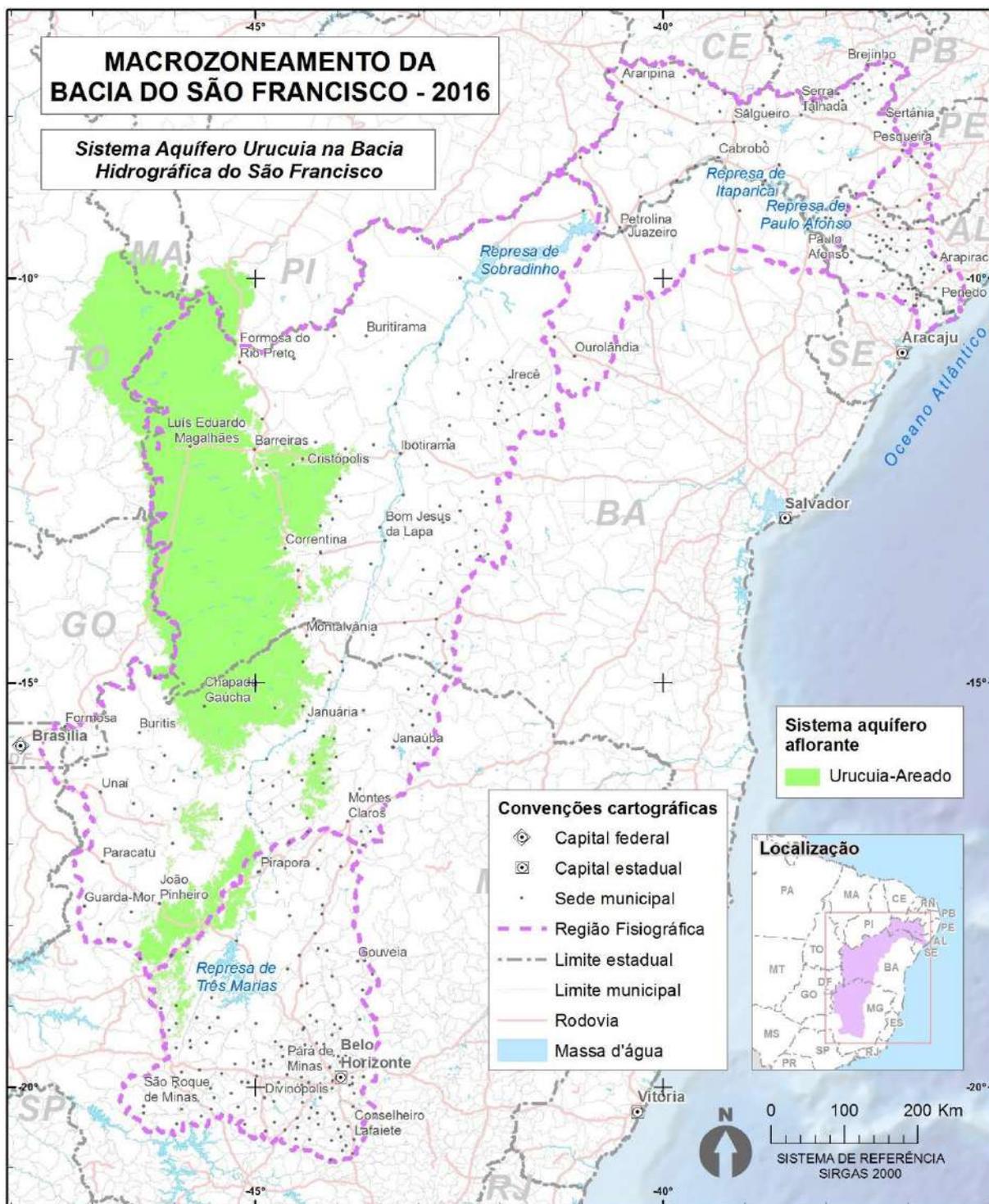
poços na região subsidiaram a subdivisão em quatro subtipos de aquíferos: aquífero livre regional; aquífero suspenso local; aquífero confinado ou semiconfinado e aquífero livre profundo. Esses subtipos de aquíferos estão distribuídos de forma diferenciada na região (GASPAR, 2007).

- **Aquífero Livre Regional** – É a maior unidade hidrogeológica da área do SAU.
- **Aquífero Livre Profundo** – Esse tipo de aquífero só é encontrado na porção oeste da bacia e geralmente seus níveis estáticos estão a profundidades maiores que 100 metros.
- **Aquífero confinado ou Semiconfinado** – Esses níveis funcionam como aquíferos, permitindo uma drenagem vertical lenta de água da camada superior.
- **Aquífero Suspenso Local** – Constitui um subtipo de aquífero desenvolvido em função da presença de níveis silicificados rasos e de extensão limitada.

A produtividade dos poços no SAU no oeste baiano é dada por dois grupos de poços, os de uso doméstico para as sedes das fazendas e pulverização das lavouras, que tem em média 10 m<sup>3</sup>/h com o diâmetro variando entre 4” e 6”. O outro grupo de poços são aqueles usados para abastecimento de pivô de irrigação, que são de alta vazão, variando entre 200 e 300 m<sup>3</sup>/h, com diâmetro variando de 20” a 26”.

Geralmente esses poços que abastecem os pivôs são perfurados com o objetivo de atingir os aquíferos confinados a semiconfinados dentro do SAU.

Figura 49- Sistema Aquífero Urucuia



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016)

Vários estudos já foram realizados na intenção de obter informações técnicas para obtenção de concessão de outorga para irrigação. O exemplo disso é a região oeste da Bahia, a produção agrícola é de grande expressão principalmente nas produções de soja, milho e algodão, onde os principais produtores são os municípios de São Desidério, Barreiras e Luís Eduardo Magalhães, que juntos tem uma das maiores produções de grãos do Norte e Nordeste do Brasil.

As áreas agricultáveis desses municípios estão sobre arenitos do Grupo Urucuia. Esses arenitos nos municípios em questão estão distribuídos por extensas áreas planas conhecidas como chapadões do Urucuia.

O potencial para agricultura dessa região também está diretamente associado ao grande potencial hídrico da mesma, tanto por corpos d'água superficiais e principalmente do Sistema Aquífero Urucuia.

A grande problemática da região é a questão da contaminação do solo e principalmente das águas, devido ao uso indevido dos agrotóxicos para poder manter todo esse potencial agroindustrial na região, podendo contaminar o aquífero Urucuia e os rios de Ondas, das Fêmeas e o Rio Grande, que juntos são responsáveis por boa parte da recarga das águas do Rio São Francisco.

A grande ocupação do oeste baiano para instalação de extensas plantações preocupa a situação do sal, pelo fato do manejo do solo desordenado poder afetar a sustentabilidade das áreas de recarga do aquífero. Outro grande problema na região oeste da Bahia é o uso desordenado de agrotóxico na irrigação das grandes plantações, que pode afetar todo o SAU, assim como os mananciais superficiais.

Na região do Alto São Francisco cerca de 80-90% do potencial hidrogeológico está nas rochas de domínio fraturado, com rochas do embasamento fraturado do Grupo Bambuí, da parte terrígena e as rochas do Grupo Mata da Corda. O domínio Cárstico é responsável por aproximadamente 6% da região, composta pela Formação Gandarela e rochas carbonáticas do Grupo Bambuí. E por último o Domínio Granular composto por rochas do Grupo Areado e depósitos aluvionares.

## 2.4 Geomorfologia

A Geomorfologia é uma geociência que estuda, de forma racional e sistemática, as formas de relevo, tomando por base as leis que determinam a gênese e a evolução dessas formas.

A expansão dos estudos geomorfológicos na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHSF) se deu nos últimos 40 anos, devido à valorização das questões ambientais e por aplicar-se diretamente à análise ambiental.

Diante disso o levantamento dos dados geomorfológicos da BHSF voltou-se para a identificação das áreas propensas ao uso agrícola (agricultura, agricultura irrigada, pecuária e silvicultura), sujeitas ao desenvolvimento de processos erosivos, protegidas de acordo com a legislação pertinente, dentre outras informações relevantes aos serviços ecossistêmicos correlacionados ao tema, principalmente quando associado ao controle de erosão.

Para tanto, foi realizado um diagnóstico das Unidades Geomorfológicas da Bacia a partir das definições apresentadas no Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE

(2009), que apontou as principais formas de relevo presentes na área, com o objetivo de correlacioná-las ao tipo de uso das mesmas.

Em seguida, foi dada prioridade a análise da declividade das regiões fisiográficas da BHSF, obtidas através de dados SRTM disponibilizados pela NASA, para obtenção de informações ligadas às áreas de proteção, em função da inclinação do terreno, análise da declividade do terreno para verificar as áreas propensas à erosão, os baixios com potencial de desenvolvimento de agropecuária, dentre outras informações relevantes ao diagnóstico.

Também foi dada importância ao modelado da superfície do terreno, visto que elas são essenciais para definição das regiões favoráveis e restritas à navegação nas águas do São Francisco.

Para a atualização das informações relativas à geomorfologia da BHSF foram utilizados como fonte de informações os dados oriundos da Atualização do Plano Decenal de Recursos Hídricos da BHSF 2016-2025 (CBHSF, 2015), as definições apresentadas pelo IBGE através da 2ª edição do Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 2009), dentre outras fontes bibliográficas relevantes, conforme citado no texto.

Por fim, cabe ressaltar, que a análise isolada do item de geomorfologia não oferece suporte suficiente para montar um texto conclusivo, isso só será possível após a correlação com os demais itens, abordado posteriormente no volume de análise integrada.

#### **2.4.1 Taxonomia do mapeamento geomorfológico da BHSF**

Segundo o Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (2009), o ordenamento dos fatos geomorfológicos – utilizados neste diagnóstico – foi elaborado de acordo com uma classificação temporal e espacial, na qual se distinguem os modelados como unidade básica e seus grupamentos hierarquicamente relacionados.

Para a individualização destes conjuntos de feições, foram considerados como parâmetros fatores causais, de natureza estrutural, litológica, pedológica, climática e morfodinâmica, responsáveis pela evolução das formas do relevo e pela composição da paisagem no decorrer do tempo geológico.

De acordo com a ordem decrescente de grandeza, a geomorfologia apresentada no levantamento do IBGE foi subdividida em: Domínios Morfoestruturais, Regiões Geomorfológicas, Unidades Geomorfológicas, Modelados e Formas de Relevo Simbolizadas, conforme detalhado a seguir:

Os Domínios Morfoestruturais compreendem os maiores táxons na compartimentação do relevo. Ocorrem em escala regional e organizam os fatos geomorfológicos segundo o arcabouço geológico, marcado pela natureza das rochas e pela tectônica que atua sobre elas. Esses fatores sob efeitos climáticos variáveis ao longo do tempo geológico, geraram amplos conjuntos de relevos com características próprias, cujas feições embora diversas, guardam entre si, as relações comuns com a estrutura geológica a partir da qual se formaram (IBGE, 2009).

As Regiões Geomorfológicas constituem o segundo nível hierárquico da classificação do relevo. Representam compartimentos inseridos nos conjuntos litomorfoestruturais que, sob a ação dos fatores climáticos pretéritos e atuais, lhes conferem

características genéticas comuns, agrupando feições semelhantes, associadas às formações superficiais e às fitofisionomias (IBGE, 2009).

As Unidades Geomorfológicas, utilizadas neste estudo por apresentarem uma escala compatível com a escala de trabalho selecionada, compreendem o terceiro nível taxonômico. Elas são definidas como um arranjo de formas altimétricas e fisionomicamente semelhantes em seus diversos tipos de modelados.

A geomorfogênese e a similitude de formas podem ser explicadas por fatores paleoclimáticos e por condicionantes litológica e estrutural. Cada unidade geomorfológica evidencia seus processos originários, formações superficiais e tipos de modelados diferenciados dos demais. O comportamento da drenagem, seus padrões e anomalias são tomados como referencial à medida que revelam as relações entre os ambientes climáticos atuais ou passados e as condicionantes litológicas ou tectônicas.

Os conjuntos de formas de relevo que compõem as unidades constituem compartimentos identificados como: planícies, depressões, tabuleiros, chapadas, patamares, planaltos e serras, todos presentes na BHSF, conforme observado adiante, nos cartogramas geomorfológicos desenvolvidos para cada região fisiográfica da Bacia.

As duas últimas ordens de grandeza utilizadas pelo IBGE são os Modelados e as Formas de Relevo Simbolizadas, esse último abrange feições que, por sua dimensão espacial, somente podem ser representadas por símbolos lineares ou pontuais, não sendo compatível com a escala de trabalho aqui utilizada.

#### **2.4.2 Análise geral da geomorfologia da BHSF**

Também chamado de rio da Integração Nacional, o Rio São Francisco nasce em Minas Gerais, na Serra da Canastra, e atinge a foz, no Oceano Atlântico, entre Alagoas e Sergipe, percorrendo mais de 2.800 km. O desnível entre as nascentes e a foz é de aproximadamente 1.000 m, com as maiores declividades nas cabeceiras e as menores nas proximidades da foz. Nos primeiros 120 km, há um acentuado desnível de 250 m; nos seguintes 360 km, até Três Marias, outros 180 m. Daí até Sobradinho, ao longo de 1.416 km, as cotas do talvegue caem apenas 176 m. Entre Paulo Afonso e Pão de Açúcar, o rio percorre 113 km com um desnível de mais de 300 m: é o trecho das grandes quedas. Daí em diante, o declive é pequeno até a foz.

Com predominância de uma superfície pediplanizada, o relevo dessa região apresenta grande variedade de formas como serras, chapadas e inselbergues. Segundo o Plano Decenal de Recursos Hídricos da BHSF (2004), a variabilidade da geomorfologia decorre principalmente da ação dos agentes agressivos nos diferentes tipos de rocha presentes na área, os quais possuem níveis de resistência diversos. Como cita o Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (2004), a litologia da região é composta por rochas cristalinas, de idade Paleo-Proterozoica, e por rochas carbonatadas do Neo-Proterozoico, recobertas por solos pouco espessos, aluviais e coluviais. O mesmo projeto ainda afirma que em decorrência das enormes variações climáticas toda a superfície de aplanamento foi retocada, inumada e desnudada, em função dos ciclos alternados de aridez ou semiaridez, com alternância entre maior e menor umidade.

Segundo o Diagnóstico do MEE da BHSF (Brasil/MMA, 2011), a drenagem desta região está centralizada pelo rio que dá nome à Bacia, cortando-a de sul para o norte, até meados de Pilão Arcado/BA, quando inflete para nordeste até Cabrobó/PE, de onde segue para sudeste até sua foz. Todas essas mudanças de direção foram adaptações ao longo do tempo à estrutura do substrato geológico.

Por fim, as características das Unidades Geomorfológicas, que foram utilizadas por apresentarem escala gráfica compatível com a definida para este estudo, serão detalhadas nos tópicos a seguir. Porém, para chegar ao terceiro nível taxonômico, nível hierárquico geomorfológico utilizado, se faz necessário citar as características dos dois níveis que o antecedem, que são eles os domínios morfoestruturais – 1º nível hierárquico de classificação do relevo – e as regiões geomorfológicas – 2º nível hierárquico de classificação do relevo –.

#### a) Domínios Morfoestruturais

Segundo IBGE (2009), no Brasil foram definidos quatro domínios morfoestruturais, ambos encontrados na BHSF, conforme detalhado a seguir (Figura 50):

**Depósitos Sedimentares Quaternários** – Constituídos pelas áreas de acumulação, representadas pelas planícies e terraços de baixa declividade e, eventualmente, depressões modeladas sobre depósitos de sedimentos horizontais a sub-horizontais de ambientes fluviais, marinhos, fluviomarinhas, lagunares e/ou eólicos, dispostos na zona costeira ou no interior do continente.

**Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozoicas** – Planaltos e chapadas desenvolvidos sobre rochas sedimentares horizontais a sub-horizontais, eventualmente dobradas e/ou falhadas, em ambientes de sedimentação diversos, dispostos nas margens continentais e/ou no interior do continente.

**Cinturões Móveis Neoproterozoicos** – Compreendem extensas áreas representadas por planaltos, alinhamentos serranos e depressões interplanálticas, elaborados em terrenos dobrados e falhados, incluindo principalmente metamorfitos e granitóides associados.

**Crátons Neoproterozoicos** – Planaltos residuais, chapadas e depressões interplanálticas, tendo como embasamento metamorfitos e granitóides associados e incluindo como cobertura rochas sedimentares e/ou vulcano-plutonismo, deformados ou não.

A seguir, são apresentados os percentuais de cada domínio morfoestrutural em relação à área da região fisiográfica da BHSF em que o mesmo está inserido e em relação à área total da Bacia (Quadro 2).

**Quadro 2- Resumo das áreas dos domínios morfoestruturais por região fisiográfica**

Domínios Morfoestruturais	Região Fisiográfica				TOTAL
	Alto	Médio	Submédio	Baixo	
Bacias e Coberturas sedimentares Fanerozoicas	12,86%	24,77%	12,11%	9,74%	20,10%
Cinturões Móveis Neoproterozoicos	29,23%	2,95%	43,85%	83,36%	17,40%
Crátons Neoproterozoicos	53,88%	60,46%	39,02%	-	53,27%
Depósitos Sedimentares Quaternários	2,37%	10,38%	2,97%	3,61%	7,56%
Massa d'água	1,66%	1,45%	2,06%	3,29%	1,66%

FONTE: Elaborado pelo consórcio COBRAPE/PROJETEC, 2016.

## b) Regiões Geomorfológicas

Em relação ao segundo nível hierárquico de relevo (regiões geomorfológicas), a BHSF encontra-se presente em nove regiões distintas, número que chama atenção quanto a diversidade de ambientes presente na mesma (Figura 51).

As três regiões geomorfológicas mais expressivas da Bacia são a Nordeste/Sudeste (53,27%), Rio São Francisco (17,38%) e Nordeste Oriental (13,51%) (Quadro 3).

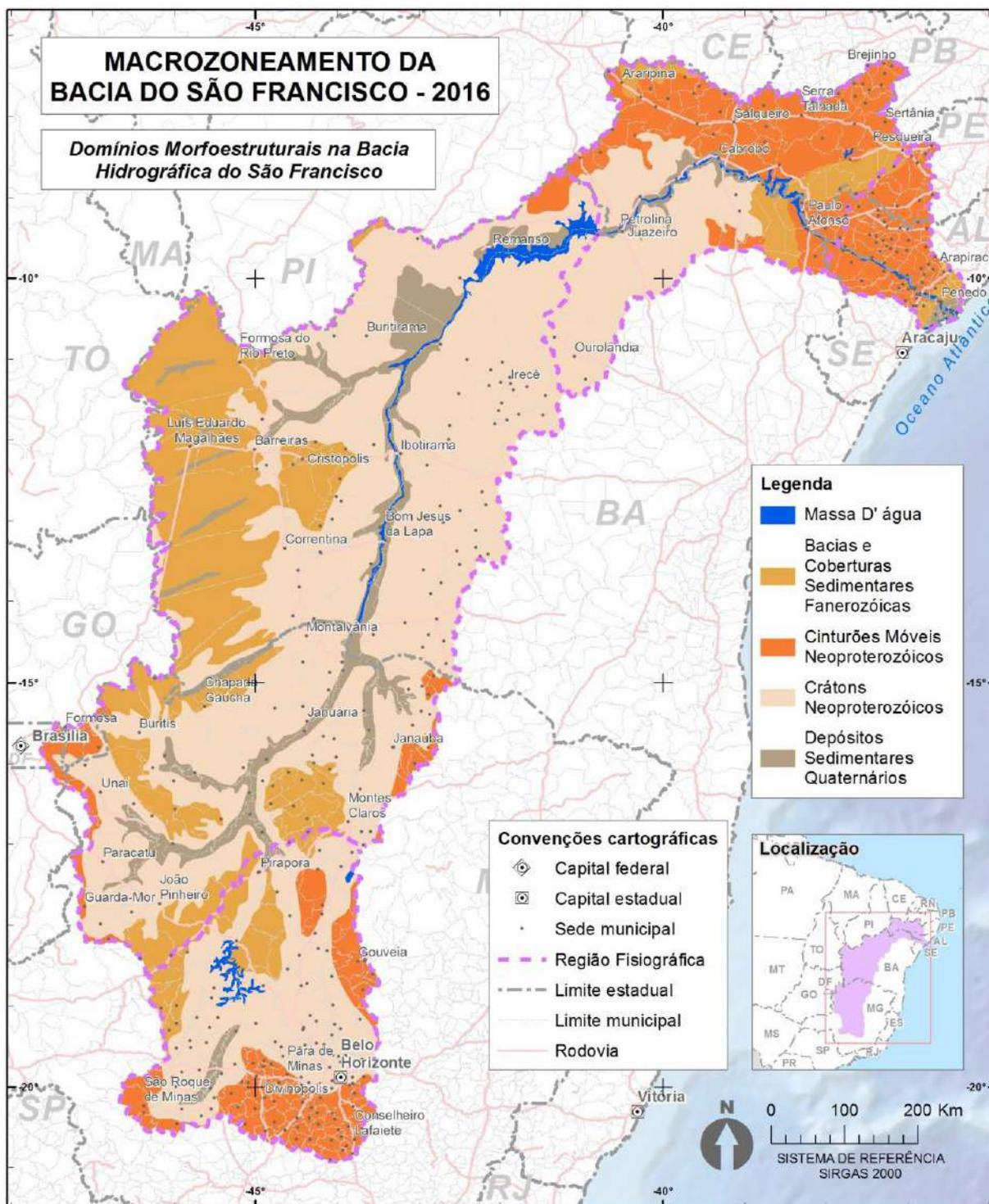
**Quadro 3- Resumo das áreas das regiões geomorfológicas por região fisiográfica**

Domínios Morfoestruturais	Região Fisiográfica				TOTAL
	Alto	Médio	Submédio	Baixo	
Brasil Central	0,00%*	1,51%	-	-	0,95%
Costeiras	-	-	-	8,27%	0,33%
Costeiros	-	-	-	3,61%	0,14%
Interioranos	2,37%	10,38%	2,97%	-	7,42%
Massa d'água	1,66%	1,45%	2,06%	3,29%	1,66%
Nordeste Oriental	-	0,58%	55,96%	84,83%	13,51%
Nordeste/Sudeste	53,88%	60,46%	39,02%	-	53,27%
Rio Parnaíba	-	0,36%	-	-	0,23%
Rio São Francisco	12,86%	24,42%	-	-	17,38%
Sudeste-Sul	29,23%	0,86%	-	-	5,12%

\* Valor muito baixo em relação a área total da região fisiográfica

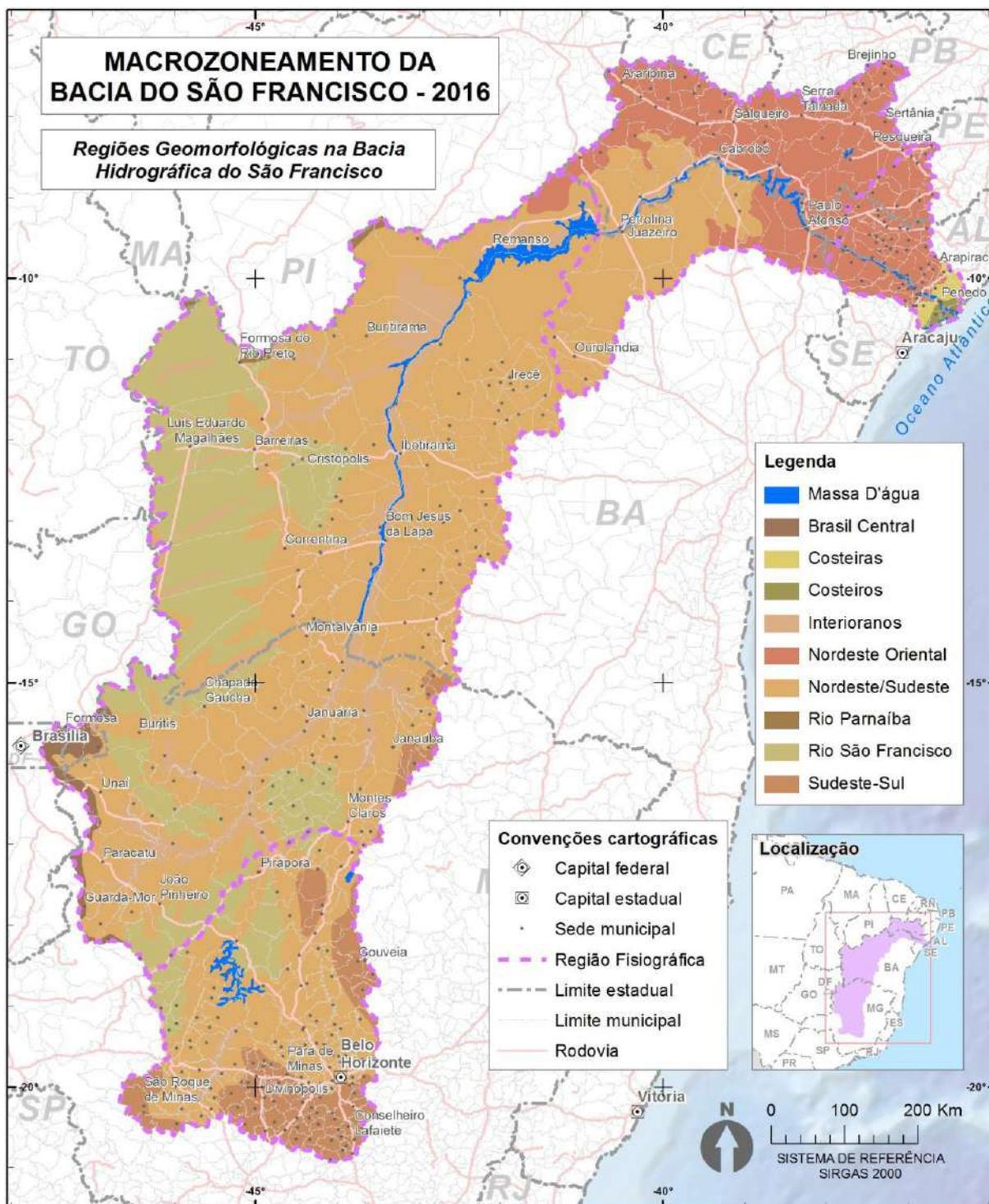
**FONTE:** Elaborado pelo consórcio COBRAPE/PROJETEC, 2016.

Figura 50- Domínios morfoestruturais na BHSF



FONTE: Consórcio COBRAPE/PROJEC (2016)

Figura 51- Regiões Geomorfológicas da BHSF



FONTE: Consórcio COBRAPE/PROJEC (2016)

### c) Unidades Geomorfológicas

Conforme informado anteriormente, por apresentarem uma escala compatível com a escala selecionada para o estudo em questão, o foco deste capítulo foi à descrição das Unidades Geomorfológicas (3º nível hierárquico de relevo).

Todas as Unidades Geomorfológicas classificadas pelo IBGE são encontradas na Bacia, tendo as seguintes definições básicas, segundo classificação apresentada por IBGE (2009).

- **Planícies:** Conjuntos de formas de relevo planas ou suavemente onduladas, em geral posicionadas a baixa altitude, em que os processos de sedimentação superam os de erosão.
- **Tabuleiros e Chapadas:** Conjuntos de formas de relevo de topo plano, elaboradas em rochas sedimentares, em geral limitadas por escarpas; os tabuleiros apresentam altitudes relativamente baixas, enquanto as chapadas situam-se em altitudes mais elevadas.
- **Depressões:** Conjuntos de relevos planos ou ondulados situados abaixo do nível das regiões vizinhas, elaborados em rochas de classes variadas.
- **Patamares:** Relevos planos ou ondulados, elaborados em diferentes classes de rochas, constituindo superfícies intermediárias ou degraus entre áreas de relevos mais elevados e áreas topograficamente mais baixas.
- **Planaltos:** Conjuntos de relevos planos ou dissecados, de altitudes elevadas, limitados, pelo menos em um lado, por superfícies mais baixas, onde os processos de erosão superam os de sedimentação.
- **Serras:** Constituem relevos acidentados, elaborados em rochas diversas, formando cristas e cumeadas ou as bordas escarpadas de planaltos.

O Quadro 4, a seguir, apresenta o percentual das Unidades Geomorfológicas da BHSF em relação à área total de cada Região fisiográfica da referida Bacia.

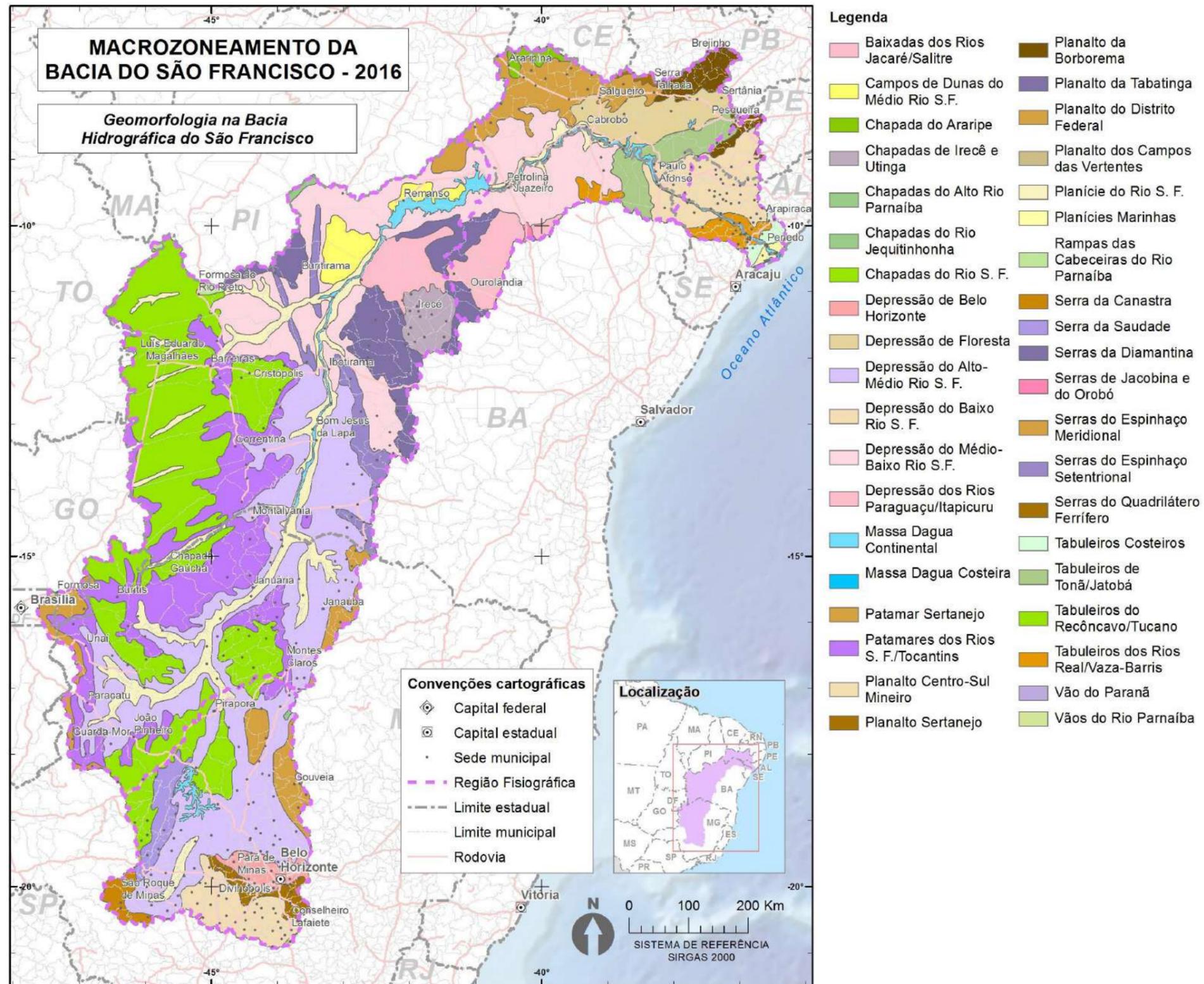
Quadro 4- Resumo das áreas das unidades geomorfológicas por Região Fisiográfica

Unidades Geomorfológicas	Região Fisiográfica				TOTAL
	Alto	Médio	Submédio	Baixo	
Planícies	2.37%	10.38%	2.97%	3.61%	7.56%
Depressões	46.45%	33.17%	53.16%	58.94%	39.76%
Tabuleiros	-	-	11.50%	26.49%	3.06%
Chapadas	13.00%	26.58%	2.17%	-	19.14%
Patamares	0.96%	16.62%	17.07%	-	13.58%
Planaltos	13.42%	2.63%	6.45%	7.67%	5.19%
Serras	22.27%	9.18%	4.63%	-	10.07%
Massa d'água	1.52%	1.45%	2.06%	3.29%	1.64%

FONTE: Elaborado pelo consórcio COBRAPE/PROJETEC, 2016.

Ao analisar os dados apresentados anteriormente, nota-se que as Unidades Geomorfológicas mais expressivas da Bacia são as depressões, com 39,76% da área total da Bacia, seguida pelas chapadas (19,14%), os patamares (13,58%), as serras (10,07%), as planícies (7,56%), os planaltos (5,19%) e, por fim, os tabuleiros que, apesar de ser a Unidade Geomorfológica menos expressiva da Bacia (3,06%), ocupa posição de destaque na região do Baixo São Francisco, sendo a segunda maior Unidade dessa região fisiográfica, com 26,49% da área (Figura 52).

Figura 52- Unidades Geomorfológicas na BHSF



FONTE: Consórcio COBRAPE/PROJEC (2016)

#### d) Cobertura e uso do solo

Em relação aos termos utilizados para a classificação da cobertura e uso da terra serão adotadas as definições utilizadas pelo IBGE (2012), a seguir explicitadas:

- **Área descoberta:** Incluem as áreas de afloramentos rochosos, penhascos, rochas e recifes, áreas com processos de erosão ativos, áreas de extração abandonadas e sem vegetação, áreas onde 75% da superfície terrestre são cobertas por rochas, blocos e detritos. Também inclui as áreas de formação de dunas, interior e lacustres, dunas móveis sem vegetação, dunas estabilizadas ou colonização e campo de dunas continental.
- **Corpo d'água Costeiro:** Incluem todas as águas costeiras ou lagunas, estuários e baías, planícies costeiras e as águas incluídas nas 12 milhas náuticas, conforme Lei nº 8.617/1993.
- **Corpo d'água Continental:** Incluem todas as águas interiores com os cursos d'água e canais (rios, riachos, canais e outros corpos d'água lineares), corpos d'água naturalmente fechados, sem movimento (lagos naturais regulados) e reservatórios artificiais (represamentos artificiais d'água construídos para irrigação, controle de enchentes, fornecimento de água e geração de energia elétrica).
- **Mosaico de vegetação campestre com área agrícola:** Polígono que contenha mais de 50% e menos de 75% ocupado com vegetação campestre e o restante do polígono com mosaicos de lavouras temporárias, irrigadas ou não, lavouras permanentes, pastagem e/ou silvicultura.
- **Pastagem natural:** Área ocupada por vegetação campestre (natural) sujeita a pastoreio e outras interferências antrópicas de baixa intensidade.
- **Vegetação campestre alagada:** Área ocupada por vegetação natural herbácea (cobertura de 10% ou mais), permanente ou periodicamente inundada por água doce ou salobra (estuários, pântanos, etc.). Inclui as áreas de charcos, pântanos, campos úmidos, etc. O período de inundação deve ser no mínimo de dois meses por ano. Nestas áreas pode haver vegetação arbustiva ou arbórea, desde que estas ocupem área inferior a 10% do total.
- **Vegetação campestre:** Área em que mais de 75% do polígono é ocupada com formações não arbóreas. Entendem-se como áreas campestres as diferentes categorias de vegetação fisionomicamente bem diversa da florestal, ou seja, aquelas que se caracterizam por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso. Incluem-se nessa categoria as Savanas, Estepes, Savanas-Estépicas, Formações Pioneiras e Refúgios Ecológicos. Encontram-se disseminadas por diferentes regiões fitogeográficas, compreendendo diferentes tipologias primárias: estepes planaltinas, campos rupestres das serras costeiras e campos hidro arenosos litorâneos (restinga), de acordo com o Manual Técnico de Uso da Terra (2013).
- **Mosaicos de vegetação florestal com áreas agrícolas:** Considera-se vegetação florestal com atividade agrícola a área que contenha mais de 50% a 75% do polígono ocupado com vegetação florestal e o restante com área agrícola.

#### e) Declividade

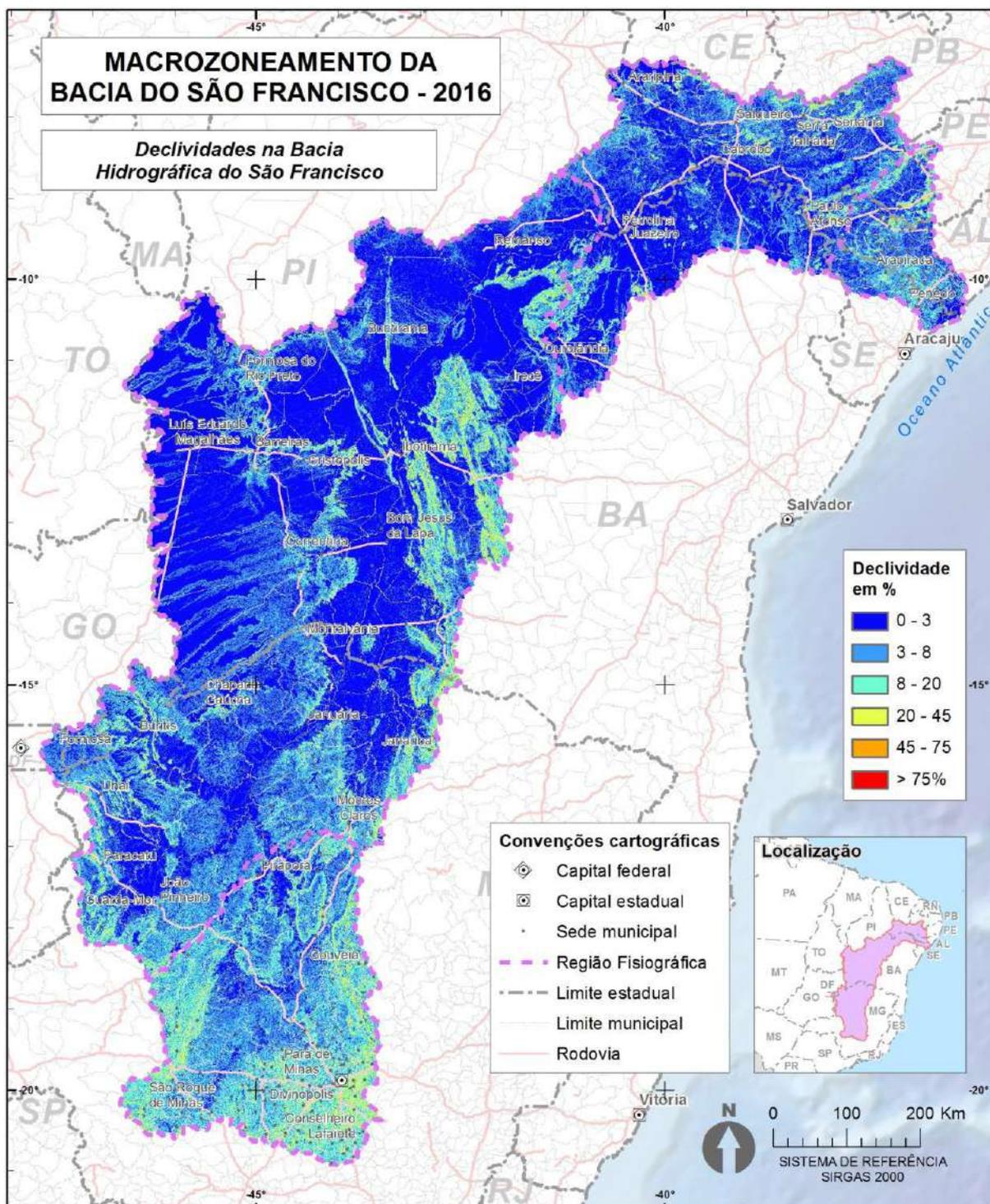
Os dados relacionados à declividade da bacia, utilizados para verificar as áreas propensas à erosão, os baixios com potencial de desenvolvimento de agropecuária etc., seguiram as seguintes especificações (Quadro 5 e Figura 53):

**Quadro 5- Classes de Declividade Utilizadas**

Declividade (%)	Relevo
0 – 3	Plano
3 – 8	Suave-ondulado
8 – 20	Ondulado
20 – 45	Forte-Ondulado
45 – 75	Montanhoso
>75	Forte-montanhoso

FONTE: Adaptado de EMBRAPA (1979).

**Figura 53- Declividades na BHSF**



FONTE: Consórcio COBRAPE/PROJEC (2016)

### f) Riscos Geomorfológicos

Segundo PRH-SF 2016-2025, os riscos geomorfológicos levantados na BHSF estão associados à geologia da área, conforme distribuição apresentada no Quadro 6.

**Quadro 6- Principais aspectos de suscetibilidade ao risco geológico na BHSF**

Região Fisiográfica	Principais aspectos de suscetibilidade ao risco geológico
Alto	Movimentos de massa de vertente, subsidência cárstica
Médio	Subsidência cárstica, movimentos de massa de vertente
Submédio	Movimentos de massa de vertente, subsidência cárstica, instabilidade de terrenos de fundação, enchentes e alagamentos
Baixo	Movimentos de massa de vertente, processos erosivos, instabilidade de terrenos de fundação, enchentes e alagamentos, avanço de dunas

FONTE: Elaborado pelo consórcio COBRAPE/PROJETEC, 2016.

No Alto São Francisco, os movimentos de massa de vertente ocorrem com maior frequência em áreas com maior declividade, principalmente em época chuvosa, estando correlacionada com afloramento de rochas cristalinas metamórficas e ígneas do Mesoarqueano.

Já no Baixo e Submédio São Francisco, este fenômeno está associado às rochas metamórficas, nas áreas de transição das zonas de Tabuleiro e as de Depressão.

Segundo o PRH-SF 2016-2025, apesar de estarem presentes em todas as regiões fisiográficas, os movimentos de massa de vertente estão cada vez mais evidentes no estado de Minas Gerais, principalmente nos municípios de Belo Horizonte, Betim, Contagem, Ibireté, Nova Lima, Ouro Preto, Ribeirão das Neves, Sabará, Santa Luzia, Vespasiano, Caeté, Belo Vale, Brumadinho, Congonhas, Itaúna e Raposos.

A suscetibilidade à subsidência cárstica está associada às zonas de depressão (como a Depressão do Alto-Médio Rio São Francisco, Minas Gerais e Bahia), às Chapadas de Irecê e Utinga e às Baixadas dos Rios Jacaré/Salitre (Bahia).

Nota-se que nessas regiões, a forte exploração das águas subterrâneas são a causa do rebaixamento dos terrenos, devido ao rebaixamento do nível de água no subsolo, numa demanda superior as recargas dos mesmos nas suas referidas regiões.

A suscetibilidade à instabilidade de terrenos de fundação ocorre de forma isolada nos estados de Sergipe e Alagoas (Baixo e Submédio São Francisco). Estas áreas estão relacionadas com terrenos do Neoproterozoico e do Cenozoico em que escavações podem alcançar materiais portadores de argilominerais expansivos ou portadores de descontinuidades estruturais que comprometem obras (PRH-SH 2016-2025).

A suscetibilidade a enchentes e alagamentos tem reduzida expressão ao longo da bacia, sendo as zonas com fatores de maior preponderância à sua ocorrência as zonas baixas, de transição entre os ambientes marinho e continental e de dependência do Rio São Francisco e afluentes, dos estados de Alagoas e Sergipe (Baixo e Submédio São Francisco) (PRH-SH 2016-2025).

A suscetibilidade a processos erosivos, um dos problemas cada vez mais evidente na Bacia, normalmente está correlacionada às áreas com a presença de afloramento de terrenos do Neoproterozoico, em particular no estado de Goiás (Médio São

Francisco), devido à homogeneidade geomecânica lateral e ao espesso manto de alteração das rochas.

Já nos estados de Sergipe, Alagoas e Pernambuco os processos erosivos ocorrem associados aos terrenos sedimentares do Cenozoico (Baixo e Submédio São Francisco).

Tais processos estão se intensificando cada vez mais pelo uso indiscriminado da terra, principalmente pela prática de agricultura e pecuária, mais detalhada nos próximos capítulos.

Segundo o Georioemar, os processos erosivos marginais e a intensa formação de barras arenosas no leito fluvial (assoreamento) estão associados às grandes barragens instaladas no leito do Rio São Francisco.

Diante desta problemática, os serviços ecossistêmicos de regulação relacionados ao controle de erosão, que consiste basicamente na retenção do solo em um ecossistema, surgem como uma ótima alternativa para minimização dos impactos relacionados ao tema.

O último aspecto de suscetibilidade encontrado na Bacia está relacionado ao avanço das dunas. Segundo o PRH-SF 2016-2025, este tipo de evento não tem muita expressão na bacia do São Francisco, estando associado aos depósitos litorâneos cenozoicos do Baixo São Francisco, no estado de Sergipe (margem Sul do Rio São Francisco, Sub-bacia do Baixo São Francisco, em Sergipe).

### **2.4.3 Geomorfologia do Alto São Francisco**

Conforme observado adiante (Figura 54), a Região Fisiográfica do Alto São Francisco é composta por seis Unidades Geomorfológicas, a saber: Depressões, Serras, Planaltos, Chapadas, Planícies e Patamares.

Aproximadamente 46% da área são formadas pelas Depressões, onde se destaca o desenvolvimento de atividades voltadas para produção animal, evidenciada pela presença de pastagens naturais e plantadas em aproximadamente 75% da área.

Em seguida, ocupando cerca de 8% das áreas de Depressão, pode ser evidenciada a presença de atividades voltadas para a produção agropecuária com presença nas áreas de remanescentes florestais.

As Serras ocupam cerca de 22% da área, destacando-se, assim como nas áreas de Depressão, o desenvolvimento de atividades relacionadas a criação extensiva de animais por meio da ocupação de aproximadamente 61% da área, por pastagens naturais e plantadas.

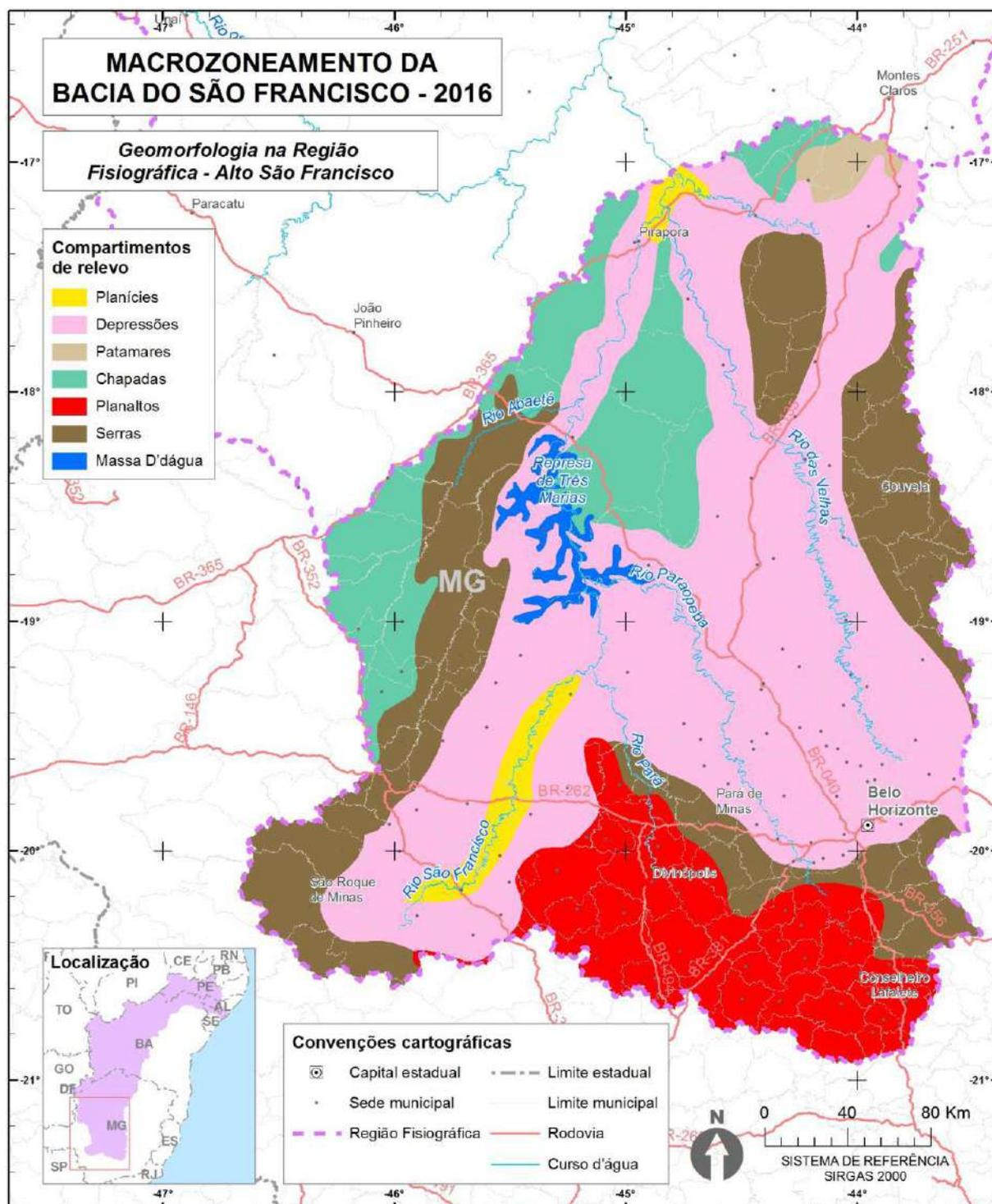
Nos Planaltos do Alto São Francisco, encontra-se um mosaico de usos da terra, que inclui o desenvolvimento da agropecuária, com a presença de remanescentes florestais, responsável por aproximadamente 56% da ocupação da área. Também merece destaque a ocupação por pastagens naturais e plantadas.

Nas Chapadas e Planícies, a exemplo das demais áreas, existe predominância na ocupação por pastagens naturais e plantadas. Nos Planaltos o maior percentual de pastagens refere-se às naturais, aproximadamente 59%, enquanto nas Planícies, destacam-se as plantadas (43%), seguidas pelo desenvolvimento de atividades de silvicultura, ou seja, cultivo de florestas plantadas com espécies exóticas (10,51%), no

caso das Chapadas e ocupação com áreas agrícolas (lavouras) (10,55%), nas Planícies.

Nos Patamares (0,96% da área do Alto São Francisco), a área é predominantemente ocupada por pastagem natural, aproximadamente 69%, sujeita ao desenvolvimento de atividades como pastoreio e outras interferências antrópicas de baixa intensidade. Destaca-se também a ocupação por mosaico de vegetação campestre (natural) com áreas agrícolas (25%).

Figura 54- Geomorfologia na região fisiográfica do Alto SF.



FONTE: Consórcio COBRAPE/PROJEC (2016)

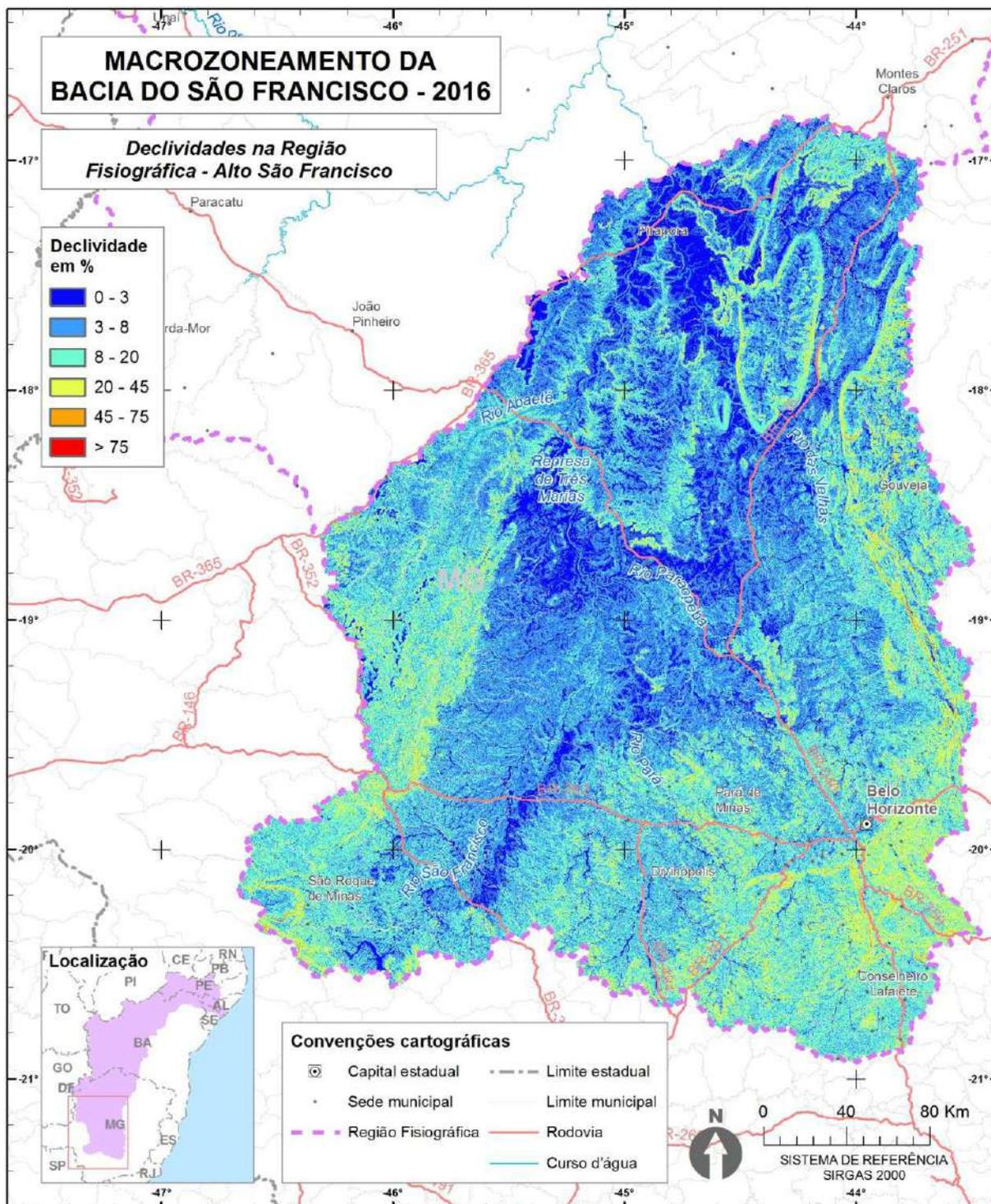
O relevo da Região do Alto São Francisco apresenta diferentes declividades (Figura 55), predominando as classes de relevo suave-ondulado (3-8% de declive) e ondulado (8-20% de declividade), ocupando 74% da área. Os solos das partes mais altas da paisagem, como nas onduladas, apresentam moderadas limitações à motomecanização, sendo recomendados para utilização com agricultura semi-intensiva.

A principal limitação destes solos é a sua moderada fragilidade ambiental, condicionada basicamente pelo maior comprimento de rampa, que os torna moderadamente suscetíveis à erosão, além disso, apresentam menor retenção de umidade, sendo mais recomendados para utilização com lavouras, embora também seja possível sua utilização com pastagens.

Áreas planas (<3% de declive) somam aproximadamente 16% do total. Essas áreas são mais favoráveis ao desenvolvimento de atividades agrícolas mecanizadas, como também favorecem a produção animal.

Na região do Alto São Francisco também são encontrados relevos forte-ondulados (20-45% de declive) e em menor proporção os montanhosos (45-75% de declive).

Figura 55- Declividades na região fisiográfica do Alto SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

#### 2.4.4 Geomorfologia do Médio São Francisco

A Região Fisiográfica do Médio São Francisco (Figura 56) é composta por seis Unidades de Relevo: Depressões, Serras, Planaltos, Chapadas, Planícies e Patamares.

As Depressões representam cerca de 33% da área do Médio São Francisco. É ocupada predominantemente por pastagem natural, aproximadamente 50% do total, onde são desenvolvidas atividades voltadas ao pastoreio e atividades antrópicas de baixa intensidade. Outra ocupação que merece destaque nessa área, refere-se às representadas por mosaicos de vegetação campestre com área agrícola (31%).

As Chapadas ocupam a segunda posição em relação à área total da Região Fisiográfica do Médio São Francisco (27%). Nessa área, a exemplo das Depressões, as atividades inerentes ao pastoreio e atividades antrópicas de baixa intensidade se destacam, pois, grande parte da área, aproximadamente 55% é ocupada por pastagem natural, seguida pela ocupação de áreas agrícolas, cerca de 25%.

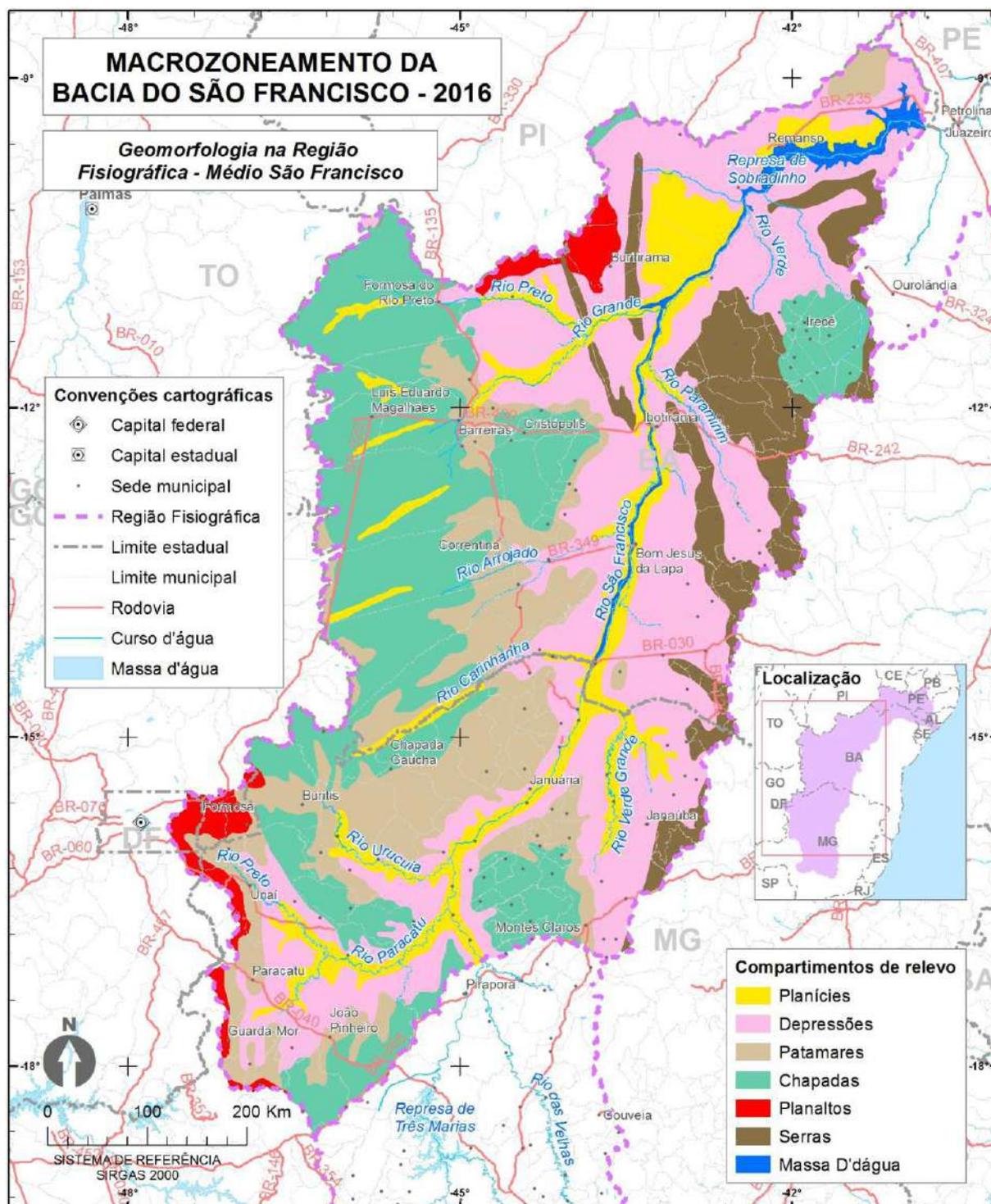
Os Patamares correspondem a aproximadamente 17% da área total. Assemelhando-se as áreas ocupadas nas Depressões, o maior percentual também é ocupado por pastagem natural (63%), seguido por mosaico de vegetação campestre com área agrícola, ou seja, presença de vegetação natural e cultivo de lavouras.

As Planícies representam 10,38% da área do Médio São Francisco. São ocupadas, em grande parte, por pastagens naturais (60%), onde são desenvolvidas atividades de pastoreio e atividades de baixo impacto, seguidas por mosaicos de vegetação campestre com áreas agrícolas (16%), onde são cultivadas de lavouras e 8,39% da área é ocupada por pastagens plantadas destinadas ao pastoreio de gados e de outros animais.

As Serras ocupam cerca de 9% da área, destacando-se, a ocupação por pastagem natural, aproximadamente 63%, seguida por mosaico de vegetação campestre com áreas agrícolas, onde se desenvolvem atividades de pastoreio e cultivo de lavouras.

Os planaltos ocupam uma menor fração da área, aproximadamente 3% da Região Fisiográfica do Médio São Francisco. Nessa área, a ocupação por pastagens naturais se destaca (33%) sendo acompanhada pela ocupação por áreas agrícolas (29%). Nos Planaltos também se destaca a ocupação por vegetação florestal, formando mosaico de vegetação com áreas agrícolas (21%).

Figura 56- Geomorfologia da região fisiográfica - Médio SF.

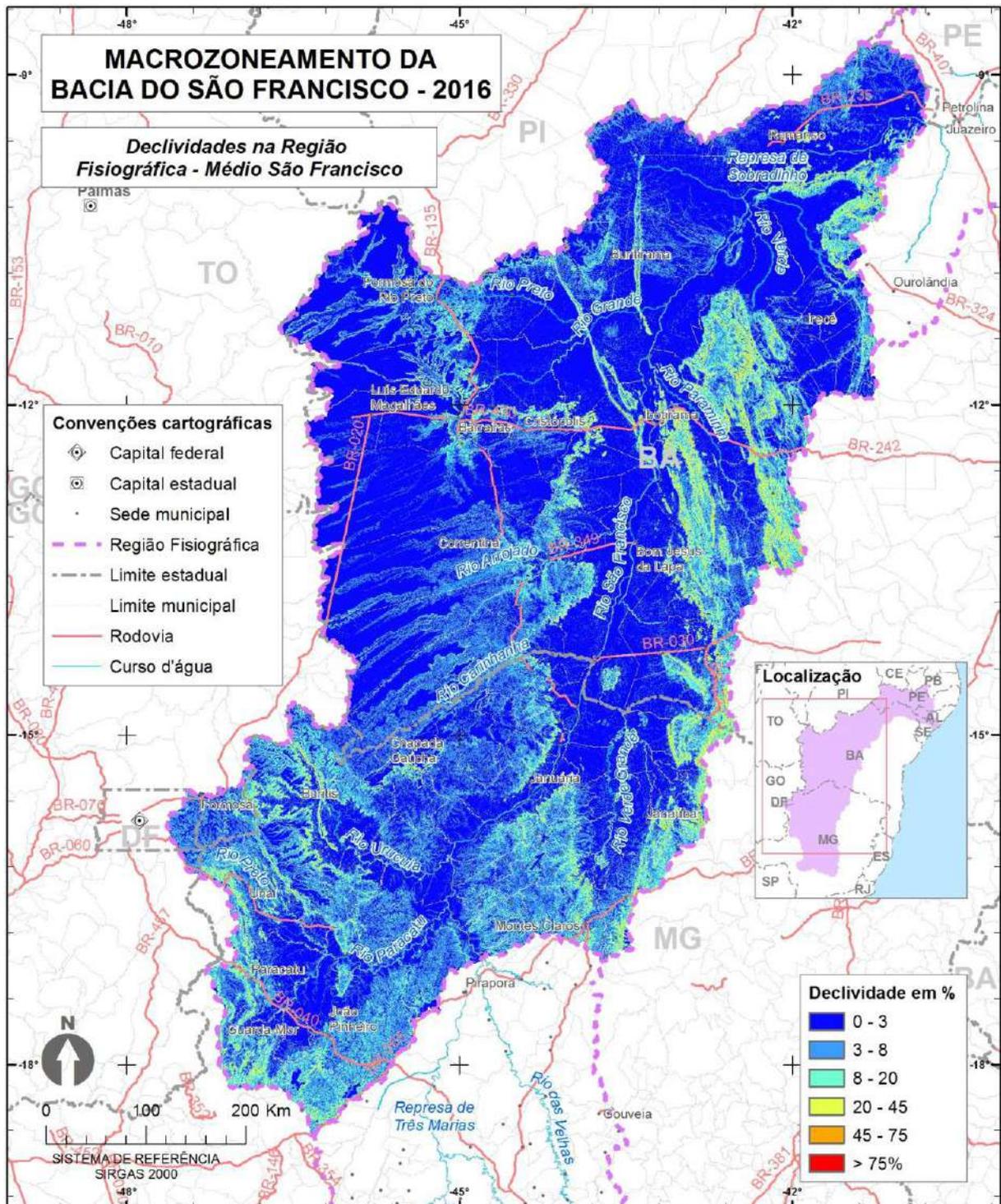


FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Aproximadamente 87% da área da Região do Médio São Francisco (Figura 57) é ocupada por relevos planos (<3% de declive) e suave-ondulados (3-8% de declive). Esses ambientes apresentam baixa fragilidade ambiental e possuem solos propícios a motomecanização agrícola, sendo recomendados para uso com agricultura intensiva. Nas áreas que apresentam relevo ondulado (8-20% de declividade), correspondendo a aproximadamente 11% da área, existem moderadas limitações à motomecanização, porém são recomendados para utilização com agricultura semi-

intensiva. Os relevos forte-ondulados (20-45% de declive) e os montanhosos (45-75% de declive) representam cerca de 4% da área total.

Figura 57- Declividades da região fisiográfica do Médio SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

#### 2.4.5 Geomorfologia do Submédio São Francisco

O Submédio São Francisco é a única região fisiográfica da bacia que contém todas as unidades geomorfológicas: Depressões, Tabuleiros, Serras, Planaltos, Chapadas, Planícies e Patamares (Figura 58).

Na Região Fisiográfica do Submédio do São Francisco, aproximadamente 53% da área é formada pelas Depressões. As pastagens naturais predominam nessa região, totalizando 70% de ocupação, seguida por mosaicos de vegetação campestre com áreas agrícolas, em torno de 24% da área. Na região são desenvolvidas predominantemente atividades de pastoreio e outras de interferência antrópica de baixa intensidade.

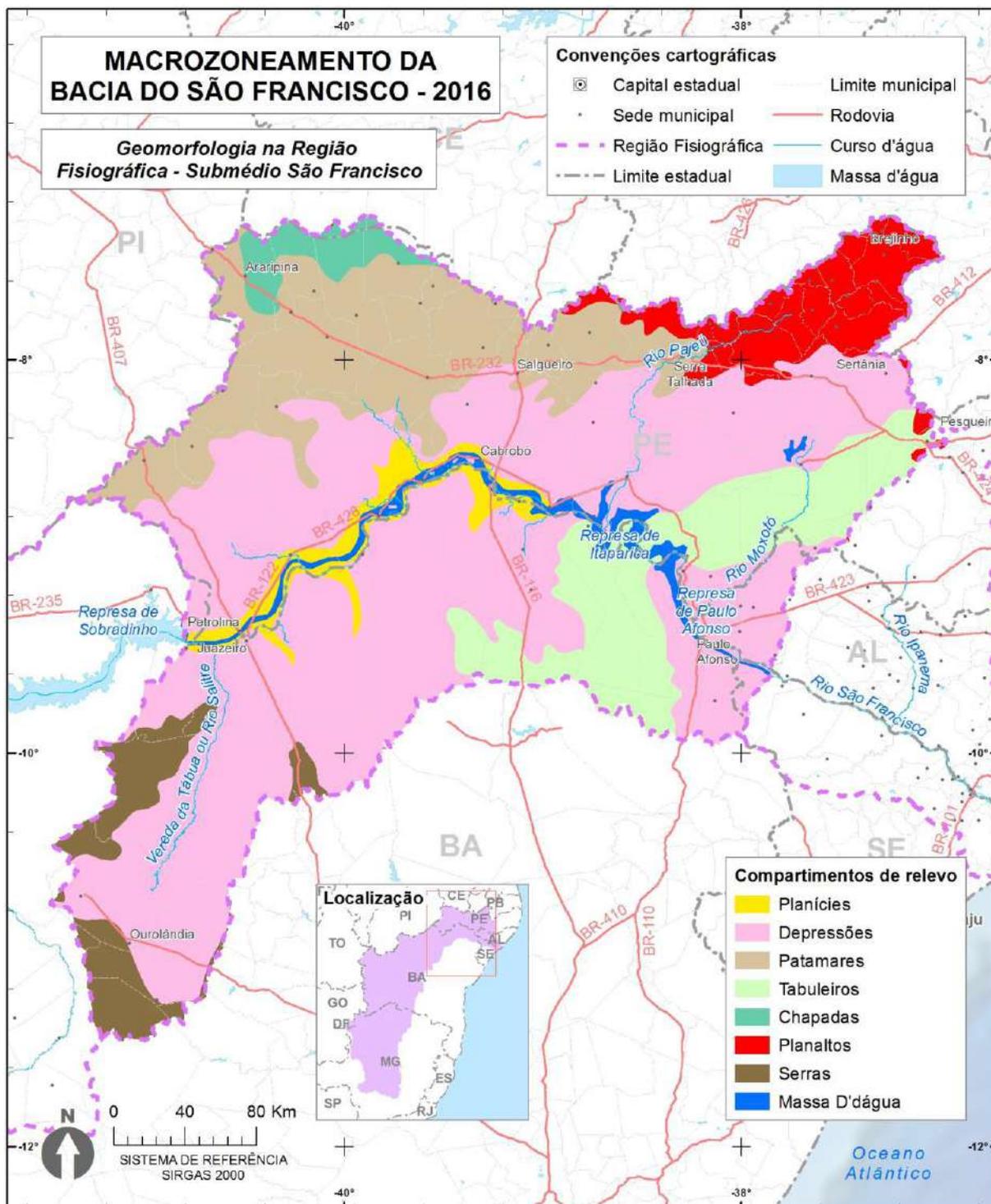
Os Patamares representam aproximadamente 17% da área, e, praticamente são ocupados apenas por mosaicos de vegetação campestre com áreas agrícolas (48%) e áreas agrícolas (47%).

Nos Tabuleiros, 78% da área é ocupada por pastagem natural, seguida pela presença de mosaicos de vegetação campestre com áreas agrícolas (19%). As atividades predominantes estão relacionadas ao pastoreio, atividades antrópicas de baixa intensidade e cultivo de lavouras.

Os Planaltos ocupam 6% da área do Submédio São Francisco. Assim como nos Tabuleiros, é predominantemente ocupado por mosaico de vegetação campestre com áreas agrícolas (54%) e pastagens naturais (45%).

As Serras, Planícies e Chapadas, ocupam áreas menores da Região Fisiográfica do Submédio do São Francisco. São ocupadas principalmente por pastagens naturais e mosaicos de vegetação campestre com áreas agrícolas.

Figura 58- Geomorfologia da região fisiográfica do Submédio SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

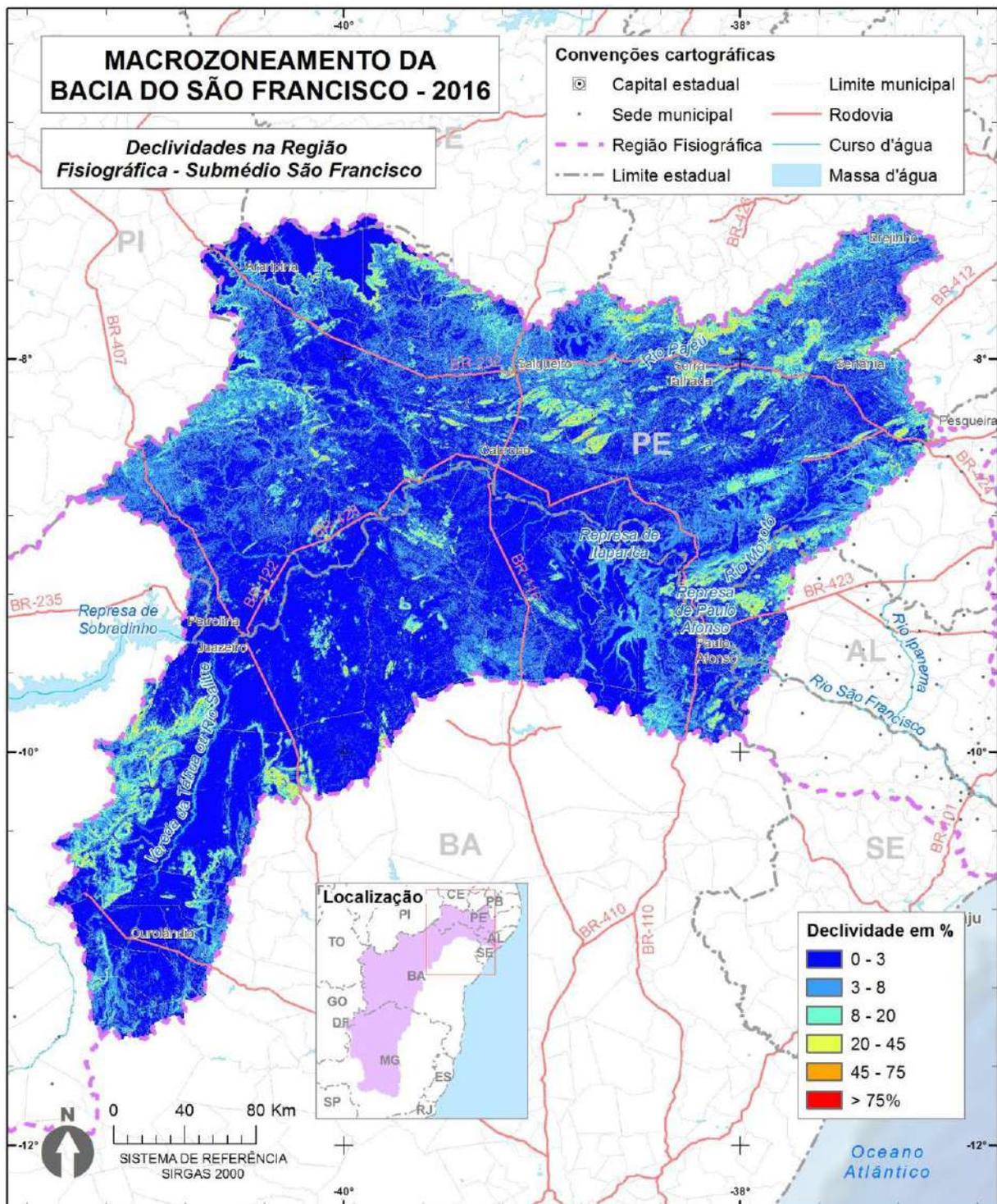
Na região fisiográfica do Submédio São Francisco (Figura 59) predominam as seguintes classes de relevo: plano (<3% de declive) e suave-ondulado (3-8% de declive). Essas classes favorecem a mecanização e utilização com as mais diversas culturas adaptadas à região.

As áreas que apresentam relevo ondulado (8-20% de declividade) representam cerca de 8% da área, sendo mais recomendadas para utilização com lavouras semi-

intensiva e silvicultura, embora também seja possível sua utilização com pastagens, para a criação de animais.

Áreas com relevo forte-ondulado (20-45% de declive) e os montanhosos (45-75% de declive) representam cerca de 3% da área total. Nessas áreas, a preservação ambiental deve ser priorizada, visto que o uso de mecanização deve ser restrito a algumas práticas culturais e utilização de implementos de tração animal.

Figura 59- Declividades da região fisiográfica do Submédio SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

#### 2.4.6 Geomorfologia do Baixo São Francisco

A Região Fisiográfica do Baixo São Francisco (Figura 60) é composta por quatro Unidades de Relevô: Depressões, Tabuleiros, Planaltos e Planícies.

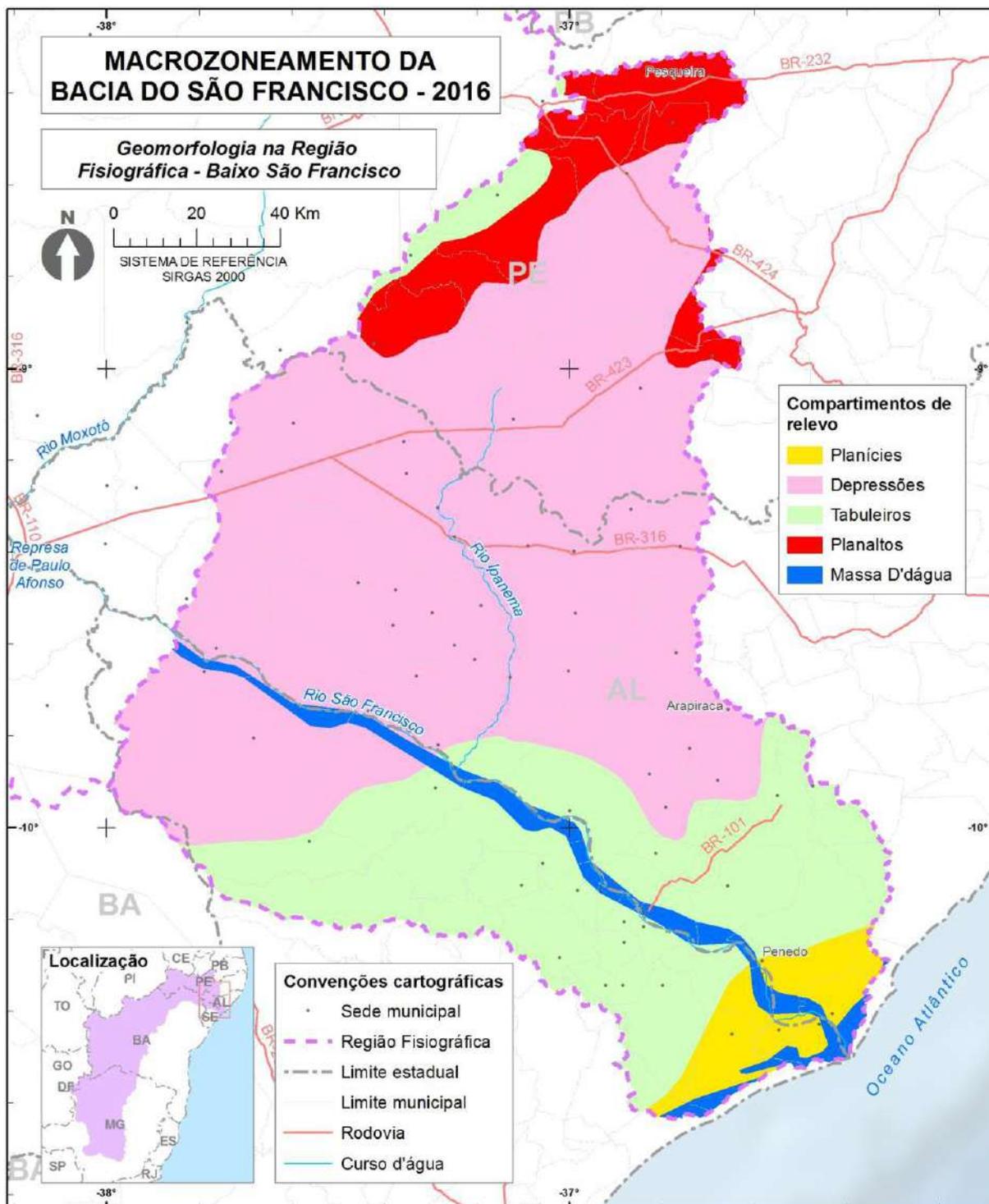
Aproximadamente 59% da área é formada pelas Depressões, onde se destaca o desenvolvimento de atividades voltadas ao pastoreio, pois, quase 57% é ocupada por pastagem natural. As áreas agrícolas ocupam cerca de 30% da área, onde são desenvolvidas atividades relacionadas ao cultivo de lavouras, seguida da ocupação por mosaicos de agropecuária com remanescentes florestais (11%).

Os Tabuleiros representam 27% da área do Baixo São Francisco. São ocupados, sobretudo por mosaicos de agropecuária com remanescentes florestais (55%) e pastagem natural (23%).

Nos Planaltos, 50% da área é ocupada por mosaicos de vegetação campestre com áreas agrícolas, seguidas da ocupação por pastagem natural (47%). As atividades predominantes estão relacionadas ao pastoreio, atividades antrópicas de baixa intensidade e cultivo de lavouras.

As planícies ocupam uma menor fração da área, aproximadamente 4% da Região Fisiográfica do Baixo São Francisco. Nessa área, a ocupação por mosaicos de agropecuária com remanescentes florestais se destaca, ocupando 86% da área.

Figura 60- Geomorfologia da região fisiográfica do Baixo SF.

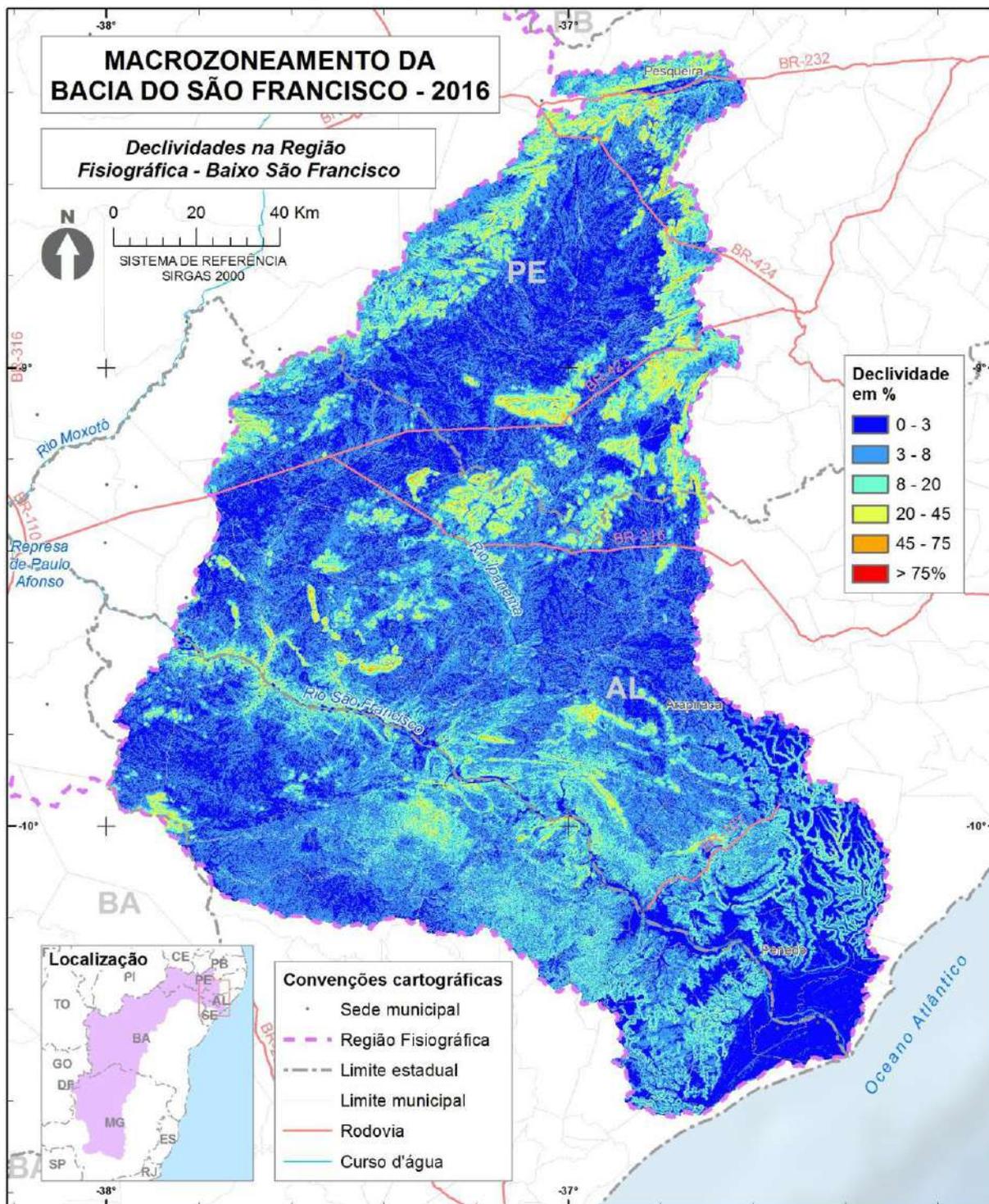


FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Na região do Baixo São Francisco, conforme pode ser observado na Figura 61, o relevo classificado como suave-ondulado (3-8% de declive) predomina, ocupando aproximadamente 44% da área, seguido do relevo plano, que ocupa 33% da área, favorecendo assim o desenvolvimento de atividades agrícolas, sendo recomendado o uso com agricultura intensiva.

Cerca de 18% da área é ocupada por relevos suave-ondulados (8-20% de declividade), onde a agricultura semi-intensiva é a mais recomendada. Áreas com relevo forte-ondulado (20-45% de declive) e os montanhosos (45-75% de declive) representam cerca de 5% da área total da Região Fisiográfica.

Figura 61- Declividades da região fisiográfica do Baixo SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

## 2.5 Pedologia

Pedologia é um ramo da Ciência do Solo, que trata de estudos relacionados com a identificação, a formação, a classificação e o mapeamento dos solos. As informações geradas por esses estudos pedológicos, além de sua utilização pelos demais ramos da Ciência do Solo, encontram aplicação nas mais diversas áreas da ciência.

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS, EMBRAPA 2006), os dados relativos aos solos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco são uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser encontrados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas.

A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHSF) se caracteriza por uma grande diversidade de tipos de solos, correspondendo, diretamente, à intensidade de interação das diferentes formas e tipos de relevo, clima, material de origem, vegetação e organismos associados, os quais, por sua vez, condicionam diferentes processos formadores dos solos. A esta diversidade, deve-se a natureza da Bacia, suas potencialidades e limitações de uso e, em grande parte, às diferenças regionais no que se refere às diversas formas de ocupação, uso e desenvolvimento da área.

Nas últimas décadas, o estudo dos solos que ocorrem nas diversas paisagens da Bacia Sanfranciscana tem assumido indiscutível relevância, principalmente pela importância que essa Bacia tem para o desenvolvimento do País. A evolução científica agregou novos e importantes conhecimentos que permitiram abranger e aprofundar o estudo científico da pedologia a partir dos conhecimentos sobre o meio ambiente.

De acordo com Calderano Filho (2003), o grande desafio da nova geração é equacionar a atividade produtiva com a geração de renda e o desenvolvimento sustentável, compatibilizando interesses ambientais, econômicos e sociais. Para isso, o conhecimento dos recursos naturais é fundamental para qualquer etapa do planejamento e do desenvolvimento que proporciona informações referenciais, que ajudam na exploração racional destes recursos, principalmente do solo e da água.

Diante disso foi realizado um levantamento de dados com o objetivo de caracterizar a Bacia de acordo com o tipo de solo, classe de terra para irrigação, risco de salinização, aptidão agrícola, uso do solo e localização de pivôs centrais. Sendo realizada uma sobreposição dessas informações a fim de analisar as potencialidades e fragilidades da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

### 2.5.1 Classes de solos

Neste trabalho, o levantamento dos dados pedológicos da BHSF voltou-se para identificação das áreas propensas ao uso agrícola, pecuário, de proteção dos solos, dentre outras informações relevantes aos serviços ecossistêmicos correlacionados ao tema, dando foco aos impactos que o desenvolvimento dessas atividades oferece a dinâmica da BHSF.

Para tanto, foi realizado um levantamento dos tipos de solos predominantes em cada uma das regiões fisiográficas da Bacia, a partir da análise dos cartogramas gerados

pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC e das definições apresentadas pelo Manual Técnico de Pedologia do IBGE (2015).

Para atualização das informações relativas à pedologia da BHSF, foram utilizados como fonte de informações os dados oriundos do Plano Decenal de Recursos Hídricos da BHSF 2016-2025 (CBHSF, 2015) e do Caderno da Região Hidrográfica do São Francisco, além das definições apresentadas pelo IBGE através do Manual Técnico de Pedologia, e da Agência Embrapa de Informação Tecnológica (Ageitec).

A diversidade dos ecossistemas da BHSF é extremamente grande e os solos, que são parte integrante desse complexo de recursos naturais, também variam significativamente. Com base no Mapa de Solos da BHSF (Figura 62) e no atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006), pode-se distinguir 11 grandes classes de solos mapeáveis e representativas das paisagens da bacia (Quadro 7).

Das grandes classes de solos identificadas, as que predominam são os Latossolos com 39% da área, Neossolos com 25%, Cambissolos com 15% e Argissolos com 10%, os demais tipos de solos representam 11% da área levantada, sendo eles: Planossolos, Luvisolos, Gleissolos, Vertissolos, Nitossolos, Espossolos e Plintossolos.

As grandes classes de solos subdividem-se em diferentes tipos, conforme as características próprias de cada solo, separando-os em unidades mais homogêneas.

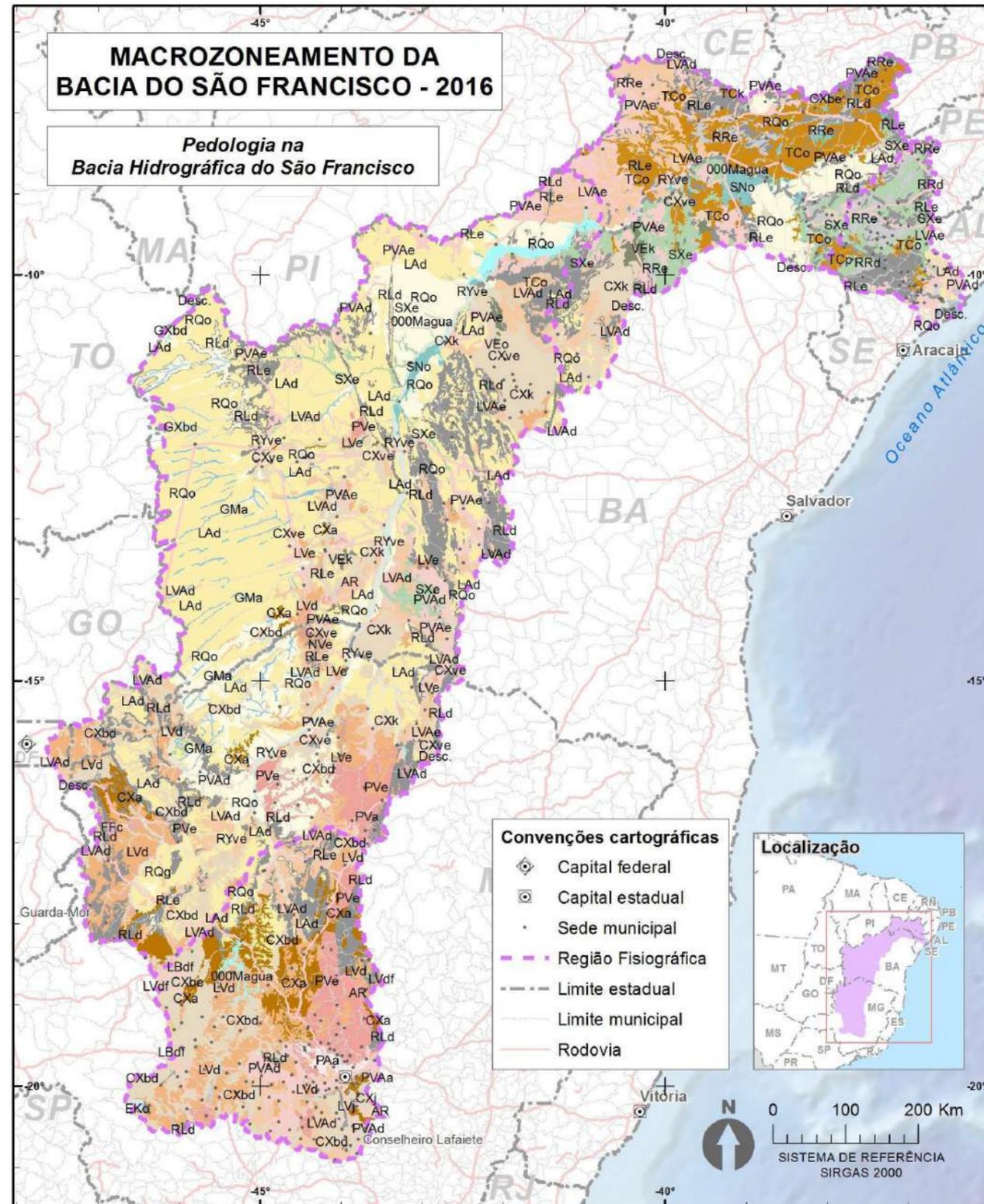
As definições, conceitos e critérios taxonômicos utilizados na classificação e diferenciação dos mais variados tipos de solos brasileiros estão detalhados no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006).

**Quadro 7- Solos Presentes na Bacia do Rio SF.**

<b>Classes de Solos</b>	<b>%</b>
<b>LATOSSOLO</b>	<b>39,45%</b>
<b>NEOSSOLO</b>	<b>25,11%</b>
<b>CAMBISSOLO</b>	<b>14,82%</b>
<b>ARGISSOLO</b>	<b>10,06%</b>
PLANOSSOLO	4,43%
LUVISSOLO	4,41%
GLEISSOLO	1,01%
VERTISSOLO	0,41%
NITOSSOLO	0,16%
ESPODOSSOLO	0,08%
PLINTOSSOLO	0,06%

**FONTE:** Elaborado pelo consórcio COBRAPE/PROJETEC, 2016.

Figura 62- Pedologia da Bacia do Rio SF.



**Legenda**

- Água
- AR- AFLORAMENTOS DE
- CXa- CAMBISSOLO HÁPLICO
- CXbd- CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico
- CXbe- CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico
- CXj- CAMBISSOLO HÁPLICO Perférico
- CXk- CAMBISSOLO HÁPLICO Carbonático
- CXve- CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico
- EKo- ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico
- ESKo- ESPODOSSOLO FERRIHUMILÚVICO Órtico
- FFc- PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário
- FTa- PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Aluminico
- GJo- GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico
- GMa- GLEISSOLO MELÂNICO
- GMbd- GLEISSOLO MELÂNICO Tb Distrófico
- GXa- GLEISSOLO HÁPLICO
- GXbd- GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico
- GXbe- GLEISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico
- GXvd- GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico
- LAd- LATOSSOLO AMARELO
- LBdf- LATOSSOLO BRUNO Distroférico
- LVA - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO
- LVAd- LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico
- LVAe- LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico
- LVd- LATOSSOLO VERMELHO Distrófico
- LVdf- LATOSSOLO VERMELHO Distroférico
- LVe- LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico
- LVj- LATOSSOLO VERMELHO Perférico
- NVe- NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico
- PAa- ARGISSOLO VERMELHO
- PVAa- ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Aluminico
- PVAd- ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico
- PVAe- ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico
- PVa- ARGISSOLO VERMELHO
- PVd- ARGISSOLO VERMELHO
- PVe- ARGISSOLO VERMELHO
- RLd- NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico
- RLe- NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico
- RLk- NEOSSOLO LITÓLICO Carbonático
- RQg- NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico
- RQo- NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico
- RRd- NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico
- RRe- NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico
- RYbd- NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico
- RYbe- NEOSSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico
- RYve- NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico
- SNo- PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico
- SXd- PLANOSSOLO HÁPLICO Distrófico
- SXe- PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico
- Tck- LUVISSOLO CRÔMICO Carbonático
- TCo- LUVISSOLO CRÔMICO Órtico
- TCp- LUVISSOLO CRÔMICO Pálico
- VEk- VERTISSOLO EBÂNICO Carbonático
- VEo- VERTISSOLO EBÂNICO Órtico
- VXo- VERTISSOLO HÁPLICO Órtico
- Desconhecido

- Convenções cartográficas**
- Capital federal
  - Capital estadual
  - Sede municipal
  - Região Fisiográfica
  - Limite estadual
  - Limite municipal
  - Rodovia



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Abaixo estão relacionadas as principais características dos solos predominantes na área da Bacia do Rio São Francisco.

### **Latossolos**

São solos com horizonte B latossólico. São de coloração avermelhada, alaranjada ou amarelada, muito profundos, friáveis, porosos, de textura variável, com argila de atividade baixa (Tb). São solos fortemente intemperizados. Neles os minerais primários pouco resistentes ao intemperismo, bem como a fração silte, estão ausentes ou existem em pequenas proporções e os teores de óxidos de ferro e alumínio são elevados. A cor destes solos é variável em função da quantidade e do tipo de óxidos de ferro presentes. São solos que por serem bastante intemperizados apresentam uma morfologia muito uniforme ao longo do perfil, apresentando transição difusa entre os horizontes, com um pequeno escurecimento mais visível no horizonte superficial, devido a presença da matéria orgânica.

Os Latossolos são 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. Sua ocorrência é predominante no relevo plano ou suavemente ondulado.

A saturação por alumínio é reduzida em profundidade, e por serem solos profundos, não há impedimento físico ao desenvolvimento do sistema radicular em profundidade, e este enraizamento é mais abundante se o solo for eutrófico. Conseqüentemente, o vigor da planta é maior, o que é importante para superar possíveis condições adversas de falta de água durante o "veranico". Além disso, o relevo plano ou suavemente ondulado favorece muito a mecanização agrícola. Este tipo de relevo, aliado às boas condições físicas (solo profundo, muito poroso, de textura homogênea ao longo do perfil) condicionam maior resistência à erosão.

A quantidade de água disponível é baixa, em especial se o solo for ácrico, porque são solos extremamente intemperizados e, como consequência, há elevada microagregação, o que tem reflexo na rápida percolação da água.

Por serem solos bastante suscetíveis à compactação, recomenda-se reduzir o tráfego de veículos, além de se evitar a aração e a subsolagem quando o solo estiver muito úmido. Haverá esse problema de compactação não só se a textura for argilosa ou muito argilosa, mas também se a textura for média, especialmente se o teor de areia fina for elevado.

Em condições naturais, os teores de fósforo (P) são baixos e necessitam ser elevados através da adubação. O potencial nutricional dos solos álicos é bastante reduzido, pois existe a "barreira química" do alumínio que impede o desenvolvimento radicular em profundidade. Se o solo for ácrico, existe também uma "barreira química", no caso devido mais aos baixos valores da soma de bases (especialmente cálcio) do que à saturação por alumínio, que não é alta.

### **Neossolos**

Neossolos são solos com pequeno desenvolvimento pedogenético, caracterizado ou por pequena profundidade (rasos) ou por predomínio de areias quartzosas ou pela presença de camadas distintas herdadas dos materiais de origem. Todas estas características indicam pequeno desenvolvimento do solo *in situ*. Pelas condições de baixa profundidade (Neossolos Litólicos ou Neossolos Regolíticos), de baixa retenção de água (Neossolos Quartzarênicos) ou de elevada susceptibilidade à inundação

(Neossolos Flúvicos). Alguns Neossolos apresentam restrições para utilização agrícola. Isso significa que são indispensáveis práticas de manejo conservacionistas para evitar que esses solos sejam degradados.

Na área da Bacia os que mais predominam são os Neossolos Quartzarênicos e os Litólicos. Os Neossolos Quartzarênicos originalmente estão associados a vegetação de cerrado ou floresta estacional. Estes solos ocorrem em relevos suavizados, porém por apresentarem muito baixa coesão, sua susceptibilidade à erosão é elevada. Esta condição, em associação com sua elevada permeabilidade e muito baixa retenção de água e de nutrientes, confere elevada fragilidade aos Neossolos Quartzarênicos, que necessitam de práticas conservacionistas específicas para se manterem produtivos.

Os Neossolos Litólicos são típicos das regiões de relevo mais dissecado ou íngreme. Em condições de clima mais úmido, estão associados a florestas, mas também podem ocorrer em vegetação de campo ou de cerrado, dependendo do clima regional. São solos com sérios impedimentos para a produção agrícola e florestal, com pequena profundidade e pedregosidade que dificultam a penetração e a exploração de água e nutrientes pelas raízes de plantas. Apesar de ser comum sua utilização com pastagens, devido às suas limitações e fragilidade, o aproveitamento mais adequado destes solos se dá com manutenção da vegetação nativa e proteção das nascentes nele encontradas.

### **Cambissolos**

São solos pouco desenvolvidos, com horizonte B do tipo incipiente ou câmbico (em formação), nos quais, os processos genéticos não se aprofundaram suficientemente para produzir um horizonte B com estrutura, cor e outras propriedades desenvolvidas que caracterizam um horizonte diagnóstico das outras classes de solos. Na Região Semiárida, esses processos ainda não destruíram as principais reservas minerais oriundas do material de origem, o que permite uma distinção dos Latossolos, pois estes não apresentam materiais primários na massa do solo. Quanto a textura, são solos que não apresentam variações de textura entre o horizonte A e o B, característica esta, que permite uma distinção com a classe dos Argissolos. Quanto a profundidade, encontramos desde solos rasos até profundos. A textura dos Cambissolos varia de média a argilosa.

São identificados em diversos ambientes, estando normalmente associados a áreas de relevos muito movimentados (ondulados a montanhosos) podendo, no entanto, ocorrer em áreas planas (baixadas) fora da influência do lençol freático. Em áreas mais planas, os Cambissolos, principalmente os de maior fertilidade natural, argila de atividade baixa e de maior profundidade, apresentam potencial para o uso agrícola. Já em ambientes de relevos mais declivosos, os Cambissolos mais rasos apresentam fortes limitações para o uso agrícola, relacionadas à mecanização e à alta suscetibilidade aos processos erosivos.

O manejo adequado dos Cambissolos implica a adoção de correção da acidez e de teores nocivos de alumínio à maioria das plantas, além de adubação de acordo com a necessidade da cultura. Para os Cambissolos das encostas, além destas, há necessidade das práticas conservacionistas devido a maior suscetibilidade aos processos erosivos.

## Argissolos

Argissolos são 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. Eles apresentam horizonte B textural, com argila de atividade baixa. Podem ser arenosos, de textura média ou argilosos no horizonte mais superficial. E apresentam cor mais forte (amarelada, brunada ou avermelhada), maior coesão, maior plasticidade e pegajosidade em profundidade, devido ao maior teor de argila.

Geralmente são profundos, no entanto, na região Semiárida podem ser rasos e pouco profundos. Este gradiente de textura denota ao solo diferentes classes de drenagem interna, fazendo com que estes solos sejam susceptíveis a erosão hídrica. A coloração do horizonte B depende das condições de drenagem interna do solo, bem como, do tipo e quantidade de óxidos de ferro e alumínio presentes.

A fertilidade dos Argissolos é variável, dependente principalmente de seu material de origem. Sua retenção de água é maior nos horizontes abaixo da superfície (subsuperficiais), que podem se constituir em um reservatório de água para as plantas. Quando eutrófico, o horizonte B permite adequado enraizamento em profundidade, o que também é favorecido porque o solo geralmente é profundo. Apresenta teores de micronutrientes relativamente elevados. Caso seja distrófico ou álico, existe a restrição do desenvolvimento radicular ao longo do perfil. A compactação é uma limitação se a textura do horizonte A for média ou argilosa.

Outro aspecto refere-se à erodibilidade, devido ao relevo geralmente movimentado, e à ocorrência do caráter abrupto. O relevo favorece a erosão do solo, portanto, a conservação do solo merece os devidos cuidados. Há maior limitação para o desenvolvimento radicular em profundidade se o solo for álico devido à alta saturação por alumínio (no solo distrófico a limitação é menor). A baixa quantidade de água disponível constitui outro fator limitante.

Diante do exposto, a seguir, são apresentados os resultados obtidos a partir da análise da base de dados que deu origem aos mapas pedológicos, desta vez, dando foco aos serviços ecossistêmicos correlacionados às principais frações pedológicas<sup>1</sup> das unidades fisiográficas.

### 2.5.1.1 Pedologia do Alto São Francisco

Conforme observado na Figura 63, a região fisiográfica do Alto São Francisco é composta por 28 (vinte e oito) tipos de solos, dos quais 03 (três) apresentam posição de destaque na referida região, já que somados ocupam mais de 50% da área, conforme detalhado a seguir (Quadro 8):

**Quadro 8- Solos Presentes na Região fisiográfica do Alto SF.**

Solos - Alto São Francisco	%
<b>CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico</b>	<b>21,87%</b>
<b>LATOSSOLO VERMELHO Distrófico</b>	<b>18,67%</b>

<sup>1</sup> Neste estudo definidas como as frações presentes em mais de 10% da área de cada região fisiográfica, por serem mais representativas que as demais, principalmente em relação à escala de trabalho utilizada.

<b>Solos - Alto São Francisco</b>	<b>%</b>
<b>CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico</b>	<b>11,70%</b>
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico	9,68%
NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico	9,37%
ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico	8,94%
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico	4,40%
LATOSSOLO AMARELO Distrófico	4,25%
ARGISSOLO VERMELHO Distrófico	1,90%
ARGISSOLO AMARELO Alumínico	1,59%
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Alumínico	1,23%
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico	0,94%
AFLOUMENTOS DE ROCHAS	0,93%
NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico	0,64%
NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico	0,44%
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico	0,43%
LATOSSOLO BRUNO Distroférico	0,36%
LATOSSOLO VERMELHO Perférico	0,34%
CAMBISSOLO HÁPLICO Perférico	0,31%
LATOSSOLO VERMELHO Distroférico	0,22%
GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico	0,19%
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	0,18%
ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico	0,18%
GLEISSOLO MELÂNICO Tb Distrófico	0,04%
GLEISSOLO MELÂNICO Alumínico	0,02%
ARGISSOLO VERMELHO Alumínico	0,00%

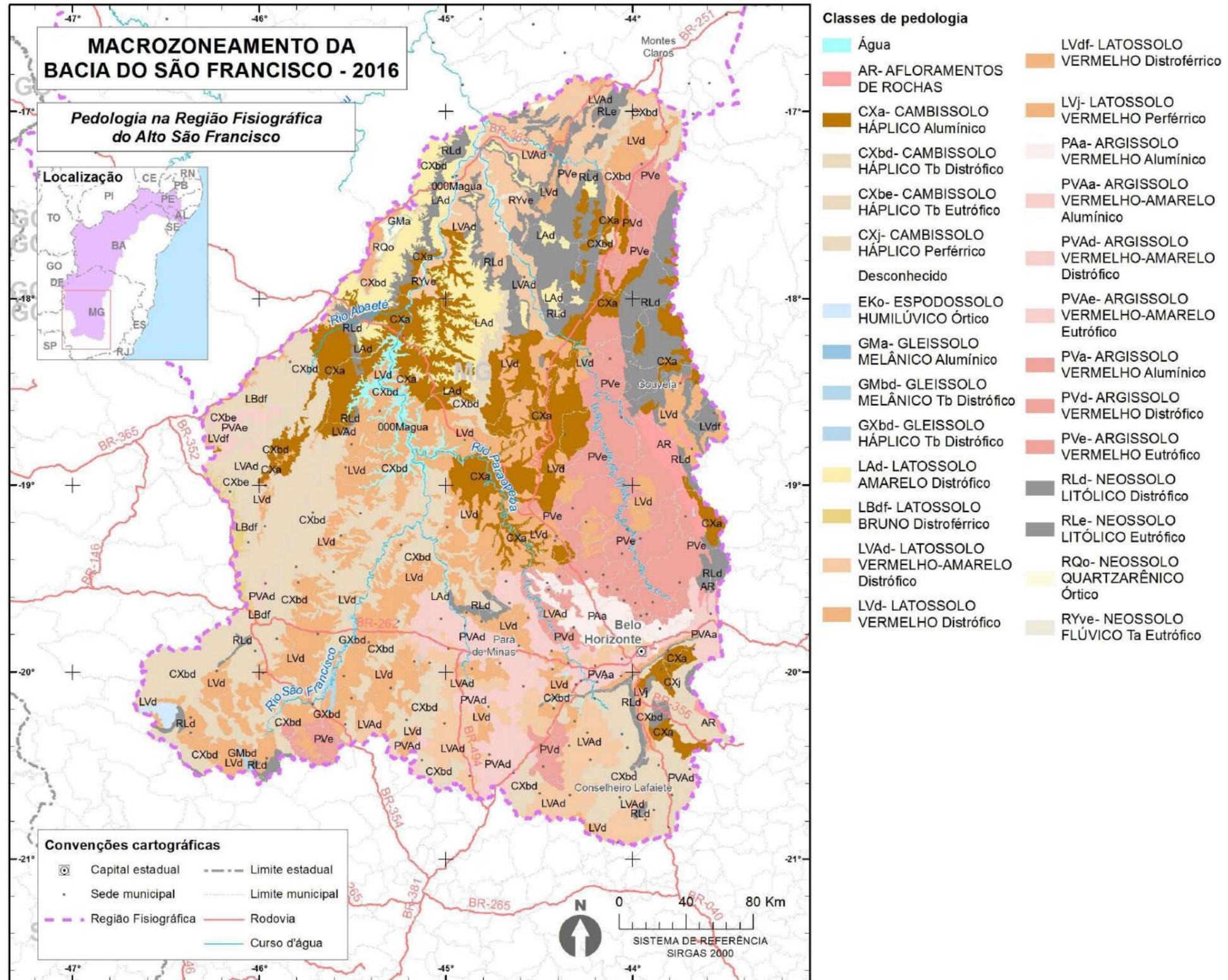
**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Ocupando 21,87% da área do Alto São Francisco, o Cambissolo Háplico Tb Distrófico é caracterizado pela sua fertilidade natural variável, com limitações para o uso, já que é encontrado em ambientes de relevo com declives acentuados, apresentam pequena profundidade e ocorrência de pedras na massa do solo. A porção de argila presente neste tipo de solo é considerada como de baixa atividade, ou seja, apresentam uma pequena capacidade de retenção de água e de nutrientes para as plantas.

Os Latossolos Vermelhos Distróficos (18,67% da área) são responsáveis por grande parte da produção de grãos do país, apesar da baixa fertilidade, pois ocorrem predominantemente em áreas de relevo plano e suave ondulado, propiciando a mecanização agrícola.

O Cambissolo Háplico Alumínico (11,7% da área) apresenta uma baixa aptidão agrícola já que, devido aos seus altos teores de alumínio, afeta de forma significativa o desenvolvimento das raízes das plantas, além das limitações já apresentadas anteriormente.

Figura 63- Pedologia do Alto SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

### 2.5.1.2 Pedologia do Médio São Francisco

Conforme observado na Figura 64, a região fisiográfica do Médio São Francisco é composta por 40 (quarenta) tipos de solos, dos quais 03 (três) apresentam posição de destaque, já que somados ocupam quase 60% da área, conforme detalhado a seguir (Quadro 9):

**Quadro 9- Solos Presentes na Região fisiográfica do Médio SF.**

<b>Solos - Médio São Francisco</b>	<b>%</b>
<b>LATOSSOLO AMARELO Distrófico</b>	<b>36,63%</b>
<b>NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico</b>	<b>11,48%</b>
<b>NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico</b>	<b>10,62%</b>
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico	5,17%
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico	4,51%
LATOSSOLO VERMELHO Distrófico	3,93%
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico	3,83%
CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico	3,74%
CAMBISSOLO HÁPLICO Carbonático	3,60%
NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico	2,40%
ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico	1,90%
LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico	1,82%
PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico	1,44%
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico	1,31%
GLEISSOLO MELÂNICO Alumínico	1,20%
NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico	1,16%
CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico	1,07%
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico	0,68%
PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico	0,40%
ARGISSOLO VERMELHO Alumínico	0,31%
NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico	0,25%
GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico	0,24%
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico	0,17%
VERTISSOLO EBÂNICO Órtico	0,15%
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico	0,14%
VERTISSOLO EBÂNICO Carbonático	0,13%
AFLORAMENTOS DE ROCHAS	0,12%
NEOSSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico	0,12%
PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Alumínico	0,05%
PLANOSSOLO HÁPLICO Distrófico	0,04%
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO	0,04%
PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário	0,04%
LUVISSOLO CRÔMICO Órtico	0,02%
LUVISSOLO CRÔMICO Pálico	0,01%
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Alumínico	0,01%
NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico	0,00%
GLEISSOLO HÁPLICO Alumínico	0,00%
NEOSSOLO LITÓLICO Carbonático	0,00%

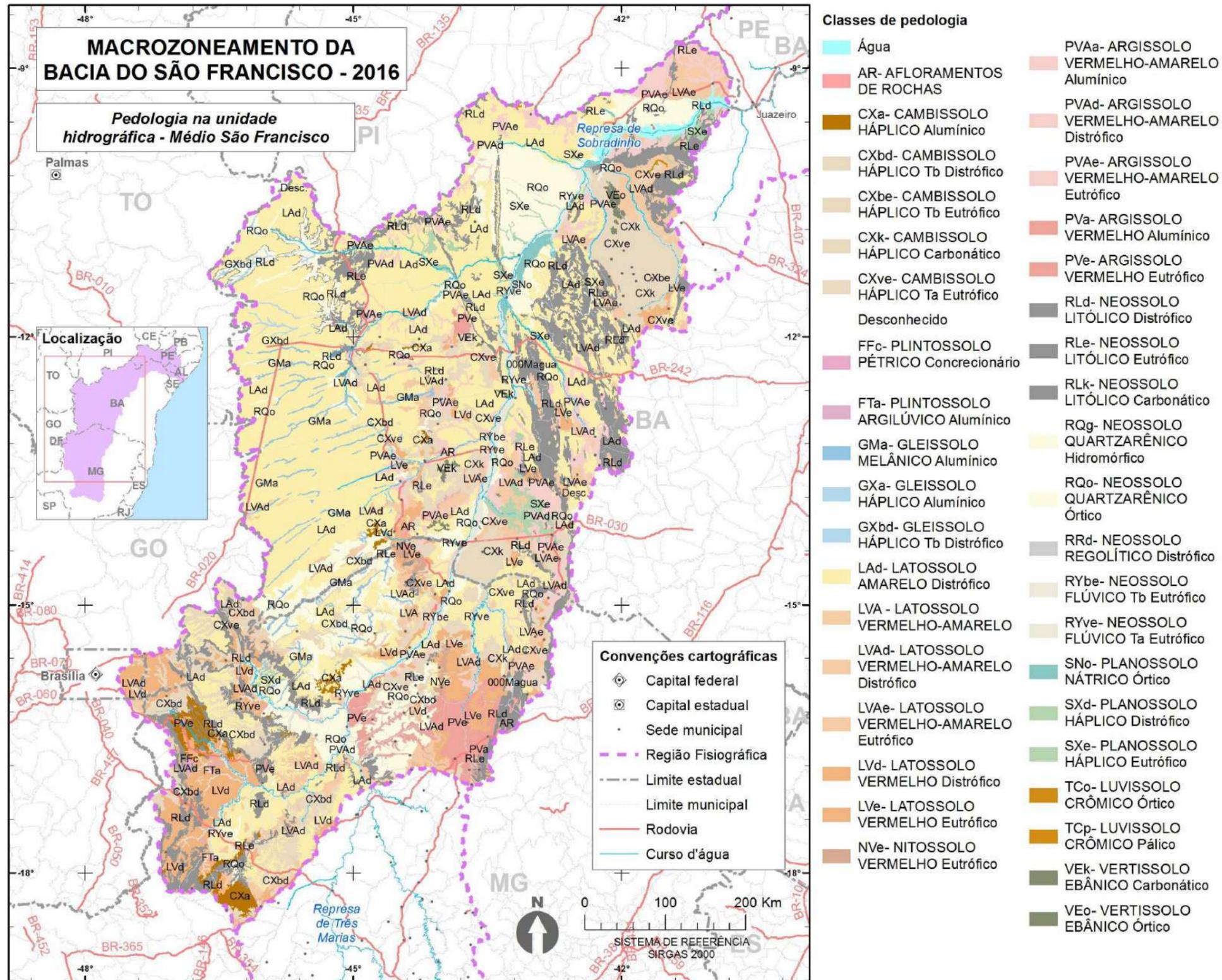
**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Por ser distrófico, o Latossolo Amarelo, encontrado em aproximadamente 37% da região, é considerado de baixa fertilidade e o enraizamento das culturas com sistema radicular profundo é limitado, principalmente pela elevada coesão dos agregados, pois o solo é muito duro ou extremamente duro no estado seco. Em contrapartida, este tipo de solo apresenta boas condições físicas de retenção de umidade e boa permeabilidade, sendo intensivamente utilizados para culturas de cana-de-açúcar e pastagens, e em menor escala, para cultivo de mandioca, abacaxi, coco da baía e citros; e grandes áreas de reflorestamento com eucalipto. Sua ocorrência é predominante em relevo plano ou suavemente ondulado, sendo favorável à mecanização agrícola e não favorecendo a erosão, mas os problemas de compactação limitam a utilização deste solo, principalmente com o desenvolvimento de atividades relacionadas à criação animal.

O Neossolo Quartzarênico Órtico, presente em 11,5% da área, não apresenta restrições ao uso e ao manejo, principalmente pela sua profundidade, facilitando assim o desenvolvimento radicular das plantas. Por outro lado, os teores de matéria orgânica, fósforo e micronutrientes são muito baixos e a lixiviação de nitrato é intensa devido à textura essencialmente arenosa, por isso, o correto manejo do mesmo é fundamental para um melhor aproveitamento das áreas que apresentam este tipo de solo.

O terceiro tipo de solo mais predominante da região, ocupando 10,62% da área, é o Neossolo Litólico Distrófico que, por apresentar uma característica distrófica, já é considerado como de baixa fertilidade. Suas limitações estão relacionadas a pouca profundidade, a presença de rochas e aos declives acentuados, fatores que limitam o desenvolvimento radicular das culturas, o uso de máquinas e elevam o risco de erosão. Nota-se que o plantio de culturas com sistema radicular simples, tais como o milho e o feijão, é muito praticado na região.

Figura 64- Pedologia do Médio SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

### 2.5.1.3 Pedologia do Submédio São Francisco

Das 25 (vinte e cinco) classes de solos identificadas na região (Figura 65), 02 (duas) apresentam posição de destaque, são elas: Luvissole Crômico Órtico e Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, ocupando 23,04% e 10,71%, respectivamente, da área total do Submédio São Francisco.

O Quadro 10, a seguir, apresenta a relação das classes de solo identificadas na região e seus respectivos percentuais de ocupação em relação a área total da região fisiográfica analisada.

**Quadro 10- Solos Presentes na região fisiográfica do Médio SF.**

<b>Solos - Submédio São Francisco</b>	<b>%</b>
<b>LUVISSOLO CRÔMICO Órtico</b>	<b>23,04%</b>
<b>ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico</b>	<b>10,71%</b>
PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico	9,80%
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	9,77%
NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico	9,21%
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico	6,77%
CAMBISSOLO HÁPLICO Carbonático	6,11%
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico	5,75%
NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico	4,61%
NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico	3,91%
PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico	2,62%
LATOSSOLO AMARELO Distrófico	2,07%
VERTISSOLO EBÂNICO Carbonático	1,22%
CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico	0,79%
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico	0,60%
NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico	0,50%
LUVISSOLO CRÔMICO Carbonático	0,26%
LUVISSOLO CRÔMICO Pálico	0,10%
NEOSSOLO LITÓLICO Carbonático	0,09%
NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico	0,06%
VERTISSOLO EBÂNICO Órtico	0,06%
VERTISSOLO HÁPLICO Órtico	0,01%
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico	0,01%

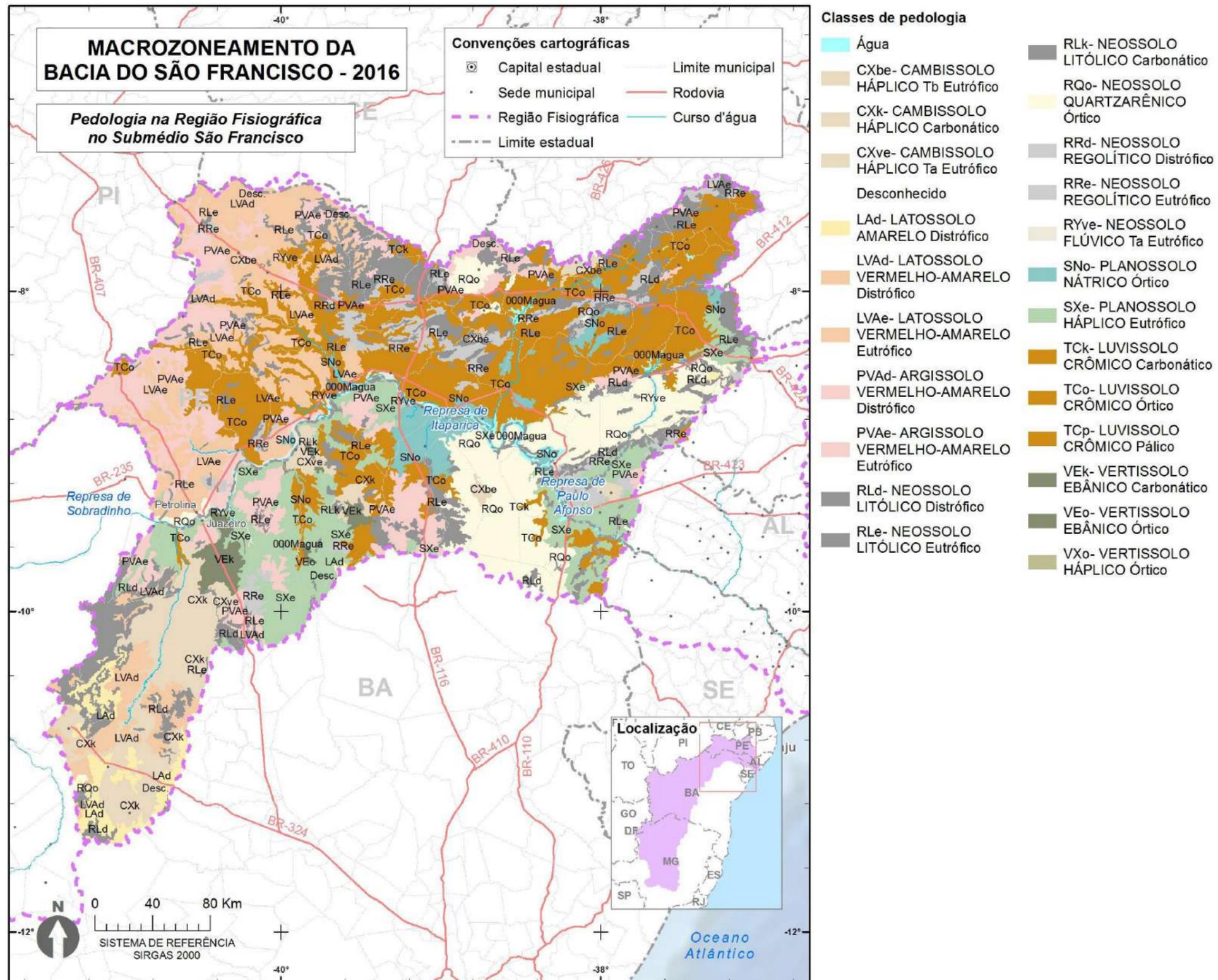
**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Normalmente identificados em regiões de clima seco, ou seja, que apresenta déficit hídrico, o Luvissole Crômico Órtico está relacionado a áreas que apresentam relevos movimentados, não excluindo a possibilidade de ser encontrado em outras regiões com relevo distinto. Devido a sua alta saturação por bases, este tipo de solo apresenta uma alta fertilidade natural, apresentando desta forma um bom potencial para uso agrícola, também relacionado à sua boa permeabilidade.

Por outro lado, por serem predominantes em áreas com relevo movimentado, o uso agrícola deve ser realizado de forma cautelosa, principalmente pela restrição a mecanização e a suscetibilidade aos processos erosivos. Por conta dessas limitações, o manejo adequado deste tipo de solo – com a utilização de práticas conservacionistas – é fundamental para que se possa evitar o desenvolvimento de processos erosivos.

Considerada como a classe de solos mais extensa do Brasil, o Argissolo Vermelho-Amarelo ocorre em áreas de relevos mais acidentados e dissecados. Sua propriedade eutrófica lhe confere a característica de ser um solo de alta fertilidade, muito bom para o desenvolvimento de agricultura. O desenvolvimento de culturas de cana-de-açúcar, fruticultura (jaca, manga, banana, sapoti, citros, coco, acerola), pastagem plantada (capins braquiária, pangola e elefante), cultura da mandioca e algumas culturas de maracujá e inhame, aprecem como destaque nas áreas com a presença desse tipo de solo.

Figura 65- Pedologia do Submédio SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

### 2.5.1.4 Pedologia do Baixo São Francisco

Na quarta e última região fisiográfica da Bacia, podem ser encontrados 22 (vinte e dois) tipos de solos, conforme observado na Figura 66 e detalhados no Quadro 11, a seguir, que apresenta a relação das classes de solo identificadas na região e seus respectivos percentuais de ocupação em relação a área total da região fisiográfica analisada.

**Quadro 11- Solos Presentes na Região fisiográfica do Baixo SF.**

<b>Solos – Baixo São Francisco</b>	<b>%</b>
<b>NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico</b>	<b>26,31%</b>
<b>PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico</b>	<b>26,09%</b>
<b>NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico</b>	<b>15,84%</b>
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico	7,57%
LUVISSOLO CRÔMICO Órtico	5,70%
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico	4,46%
LATOSSOLO AMARELO Distrófico	3,18%
NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico	1,87%
LUVISSOLO CRÔMICO Pálico	1,48%
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	1,26%
ESPODOSSOLO FERRIHUMILÚVICO Órtico	1,22%
GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico	0,96%
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico	0,59%
NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico	0,34%
NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico	0,27%
GLEISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico	0,22%
LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico	0,09%
GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico	0,03%
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico	0,03%
NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico	0,00%

**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Conforme observado anteriormente, no Quadro 11, dos 22 (vinte e dois) tipos de solos identificados no Baixo São Francisco, apenas 03 (três) ocupam posição de destaque, já que, quando somados, ocupam aproximadamente 68% da área.

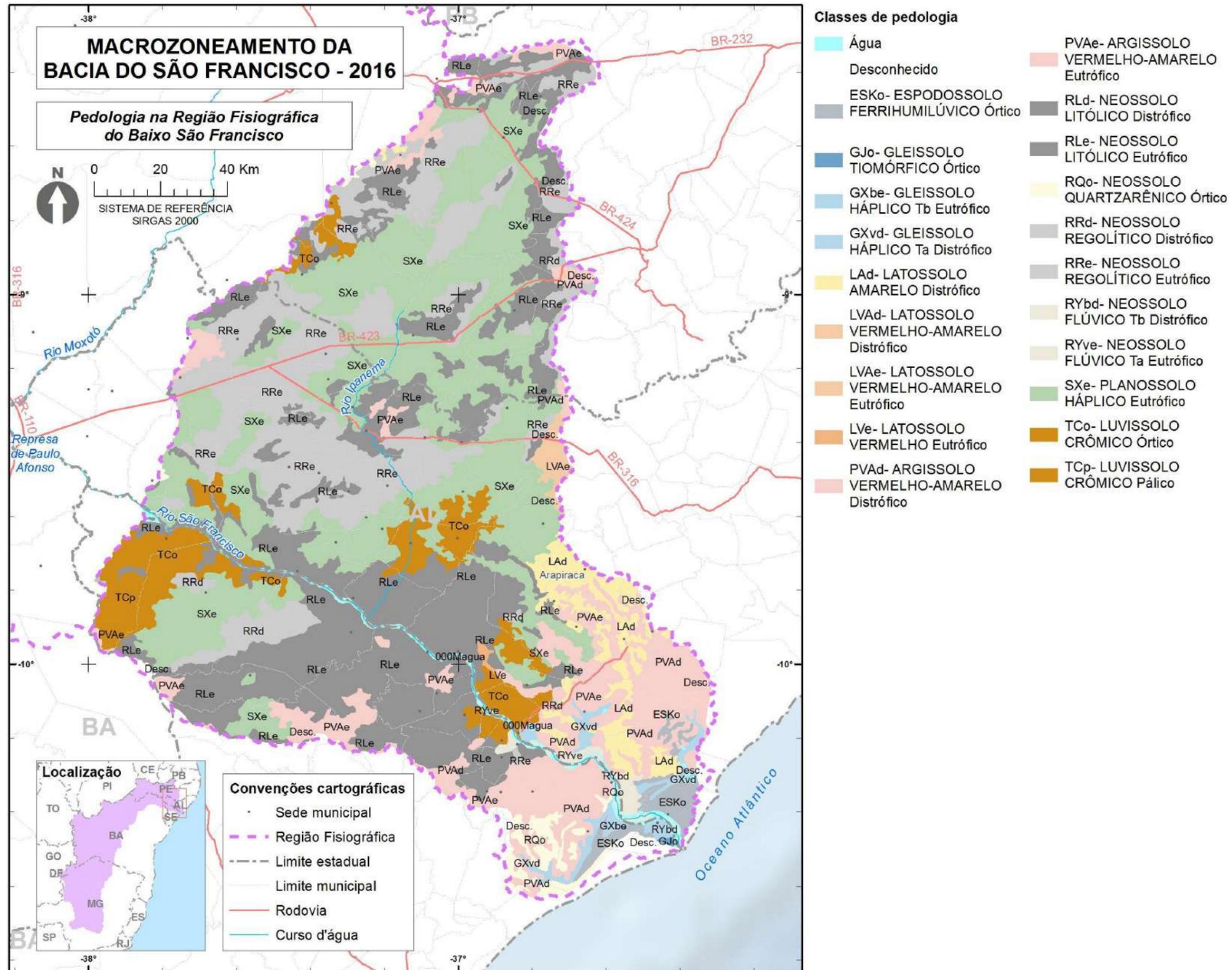
O Neossolo Litólico Eutrófico, presente em 26% da região, apresenta praticamente as mesmas características das já destacadas nas definições do Médio São Francisco para o mesmo tipo de solo, porém, é importante destacar a sua característica Eutrófica, que lhe confere a condição de um solo de alta fertilidade.

O Planossolo Háplico Eutrófico possui a característica de ser bem abastecido de bases, o que lhes confere elevado status nutricional, mas com sérias limitações de ordem física, relacionadas principalmente ao preparo do solo e à penetração de raízes devido ao adensamento. Em condições de adensamento e em função do contraste textural, estes solos são muito susceptíveis à erosão.

Por fim, a terceira classe de solo mais predominante na região é a do Neossolo Regolítico Eutrófico. Mesmo sendo considerado como um solo com alta susceptibilidade a erosão, relacionado à sua textura arenosa, este tipo de solo é bastante utilizado por ser considerado de alta fertilidade, devido a sua característica

eutrófica. Nos locais de ocorrência deste tipo de solo, é comum o desenvolvimento de culturas de subsistência, como milho e feijão, além de extensos plantios de tomate e pastagens, que estão ocupando cada vez mais as áreas do Baixo São Francisco.

Figura 66- Pedologia do Baixo SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

## 2.5.2 Aptidão Agrícola

O uso adequado da terra é o primeiro passo no sentido da preservação do recurso natural solo e da agricultura sustentável. Para isso, deve-se empregar cada parcela de terra de acordo com a sua aptidão, capacidade de sustentação e produtividade econômica de tal forma que os recursos naturais sejam colocados à disposição do homem para o seu melhor uso e benefício, ao mesmo tempo em que são preservados para gerações futuras (Lepsch et al., 1991).

O conhecimento do potencial das terras da Bacia para diferentes tipos de utilização é função da avaliação da aptidão dessas terras, as quais são classificadas conforme as suas limitações. A aptidão das terras depende de algumas condições que influenciam a sua capacidade de produção, entre elas, os fatores de limitação do solo, basicamente, fertilidade, disponibilidade de água, excesso de água, susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização bem como o nível tecnológico adotado, denominado níveis de manejo A, B e C.

### Níveis de Manejo

Nível de Manejo A é baseado em práticas agrícolas que refletem um baixo nível tecnológico; praticamente não há aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras; as práticas agrícolas dependem do trabalho braçal, podendo ser utilizada alguma tração animal com implementos agrícolas simples.

Nível de Manejo B é baseado em práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio; caracteriza-se pela modesta aplicação de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras; as práticas agrícolas estão condicionadas principalmente à tração animal.

Nível de Manejo C é baseado em práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico; caracteriza-se pela aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras; a motomecanização está presente nas diversas fases da operação agrícola.

### Classes de Aptidão Agrícola

As Classes de Aptidão Agrícola podem ser divididas em Boa, Regular, Restrita e Desaconselhável (Inapta) e podem ser descritas da seguinte forma:

Classe Boa: Terras sem limitações significativas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. Há um mínimo de restrições que não reduz, expressivamente, a produtividade ou os benefícios e não aumenta os insumos acima de um nível aceitável. São utilizadas como simbologia as letras maiúsculas: A, B, C (níveis de manejo para práticas agrícolas), P (pastagem plantada), S (silvicultura) e N (pastagem natural).

Classe Regular: Terras que apresentam limitações moderadas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. As limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, elevando a necessidade de insumos de forma a aumentar as vantagens globais a serem obtidas do uso. Ainda que atrativas, essas vantagens são sensivelmente inferiores àquelas auferidas das terras de classe boa. São utilizadas como simbologia as letras minúsculas: a, b, c, p, s, n.

**Classe Restrita:** Terras que apresentam limitações fortes para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. Essas limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, ou então aumentam os insumos necessários, de tal maneira que os custos só seriam justificados marginalmente. São utilizadas como simbologia as letras minúsculas entre parênteses: (a), (b), (c), (p), (s), (n).

**Classe Inapta ou Desaconselhável:** Terras não adequadas para produção sustentada de um determinado tipo de utilização. Não há simbologia para representá-la.

O Quadro 12 correlaciona o tipo de Classe de Aptidão Agrícola com o manejo que deve ser utilizado para cada uso do solo.

**Quadro 12- Classes de Aptidão Agrícola e Níveis de Manejo**

CLASSE DE APTIDÃO AGRÍCOLA	LAVOURA			PASTAGEM PLANTADA	SILVICULTURA	PASTAGEM NATURAL
	Nível de manejo					
Boa	A	B	C	P	S	N
Regular	a	b	c	p	s	n
Restrita	(a)	(b)	(c)	(p)	(s)	(n)
Desaconselhável	-	-	-	-	-	-

**FONTE:** Adaptado de Enciclopédia Agrícola Brasileira/ESALQ, 1995.

A classificação de terras, por meio da utilização da Aptidão Agrícola tem grande importância para um bom planejamento conservacionista da propriedade rural, pois prevê a adaptabilidade das terras para fins diversos, sem que sofra depauperamento pelos fatores de desgaste ou de empobrecimento.

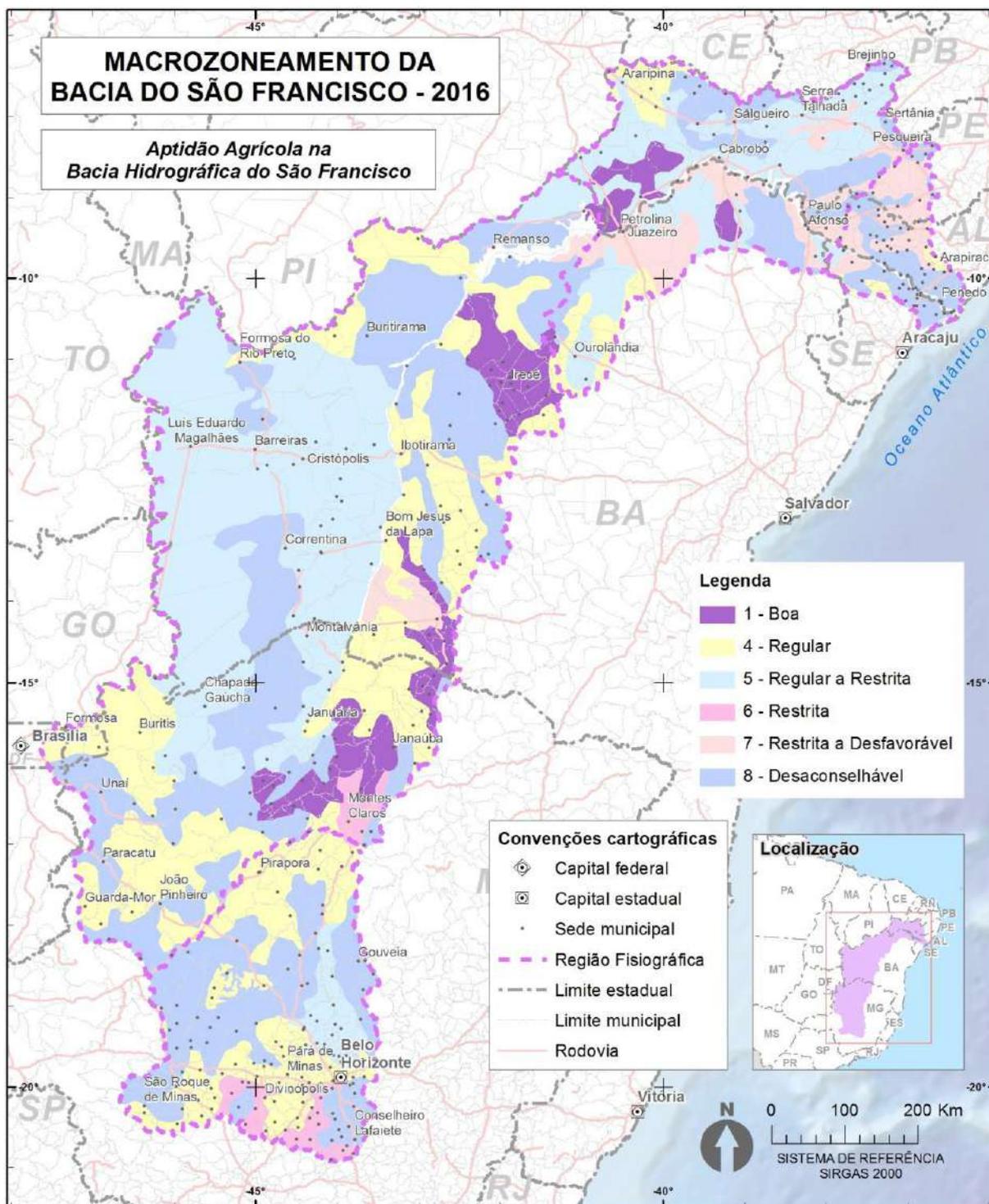
Na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco podem ser encontradas seis classes de aptidão agrícola (Quadro 13 e Figura 67), dentre elas as que predominam são: classe regular com 24%; classe regular a restrita com 30,8%; e classe desaconselhável com 31,5% da área levantada, representando quase 20 milhões de hectares.

**Quadro 13- Aptidão Agrícola da Bacia do Rio SF.**

APTIDÃO AGRÍCOLA	ÁREA	
	%	ha
Boa	6,4	3.978.349
Regular	24,0	15.045.692
Regular a Restrita	30,8	19.297.862
Restrita	1,7	1.083.200
Restrita a Desfavorável	5,6	3.501.121
Desaconselhável	31,5	19.703.994

**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Figura 67- Aptidão Agrícola da Bacia do Rio SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

### 2.5.2.1 Aptidão agrícola do Alto São Francisco

A região fisiográfica do Alto São Francisco possui mais de 46% da sua área inapta para a agricultura, de acordo com o Quadro 14 e Figura 68, essa porcentagem representa quase cinco milhões de hectares. Outros 37,8% representam quase quatro milhões de hectares de área com aptidão agrícola regular. O restante da área (15,7%) está distribuído entre aptidão regular a restrita e restrita.

**Quadro 14- Aptidão Agrícola na Região fisiográfica do Alto SF.**

APTIDÃO AGRÍCOLA	ÁREA	
	%	ha
Regular	37,8	3.756.023
Regular a Restrita	8,5	846.875
Restrita	7,2	711.092
Desaconselhável	46,6	4.629.578

**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Sobrepondo as informações de classes de terras com a aptidão agrícola, percebe-se que os quase 50% inaptos para a agricultura se encontram em Cambissolo Háplico e Neossolo Litólico. Já os 37,8% que possuem aptidão regular para a agricultura se encontram principalmente em Latossolos e Argissolos.

### 2.5.2.2 Aptidão agrícola do Médio São Francisco

Na região fisiográfica do Médio São Francisco 68,8% representam mais de 27 milhões de hectares de área com aptidão agrícola boa, regular e regular a restrita. Outros 28% da sua área são considerados inaptos para a agricultura, de acordo com o Quadro 15 e Figura 69, essa porcentagem representa mais de 11 milhões de hectares. O restante da área (2,4%) está distribuído entre aptidão restrita e restrita a desfavorável.

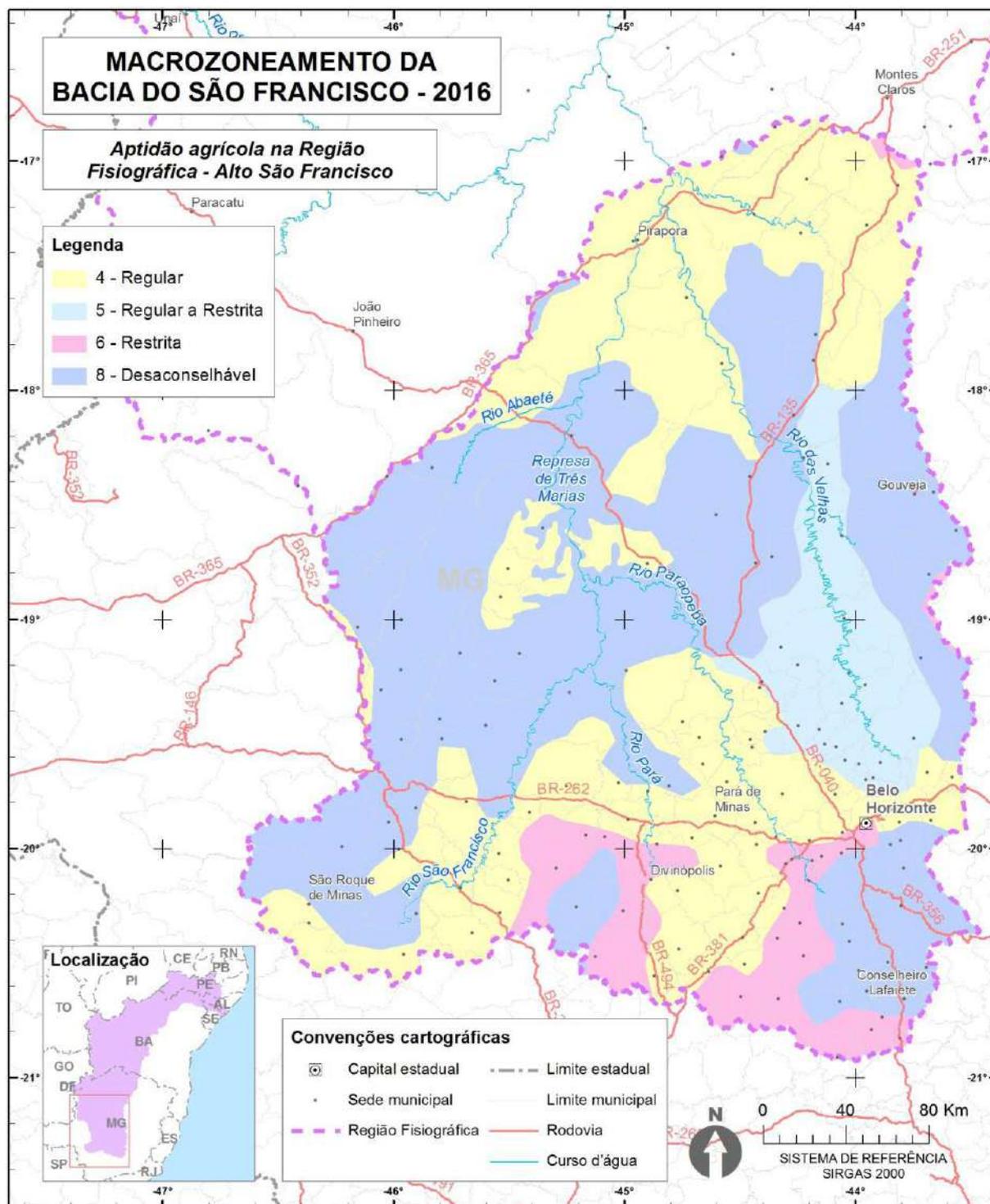
**Quadro 15- Aptidão Agrícola na Região fisiográfica do Médio SF.**

APTIDÃO AGRÍCOLA	ÁREA	
	%	ha
Boa	8,1	3.202.309
Regular	25,5	10.040.901
Regular a Restrita	35,1	13.841.984
Restrita	0,9	372.108
Restrita a Desfavorável	1,4	555.769
Desaconselhável	28,9	11.368.354

**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

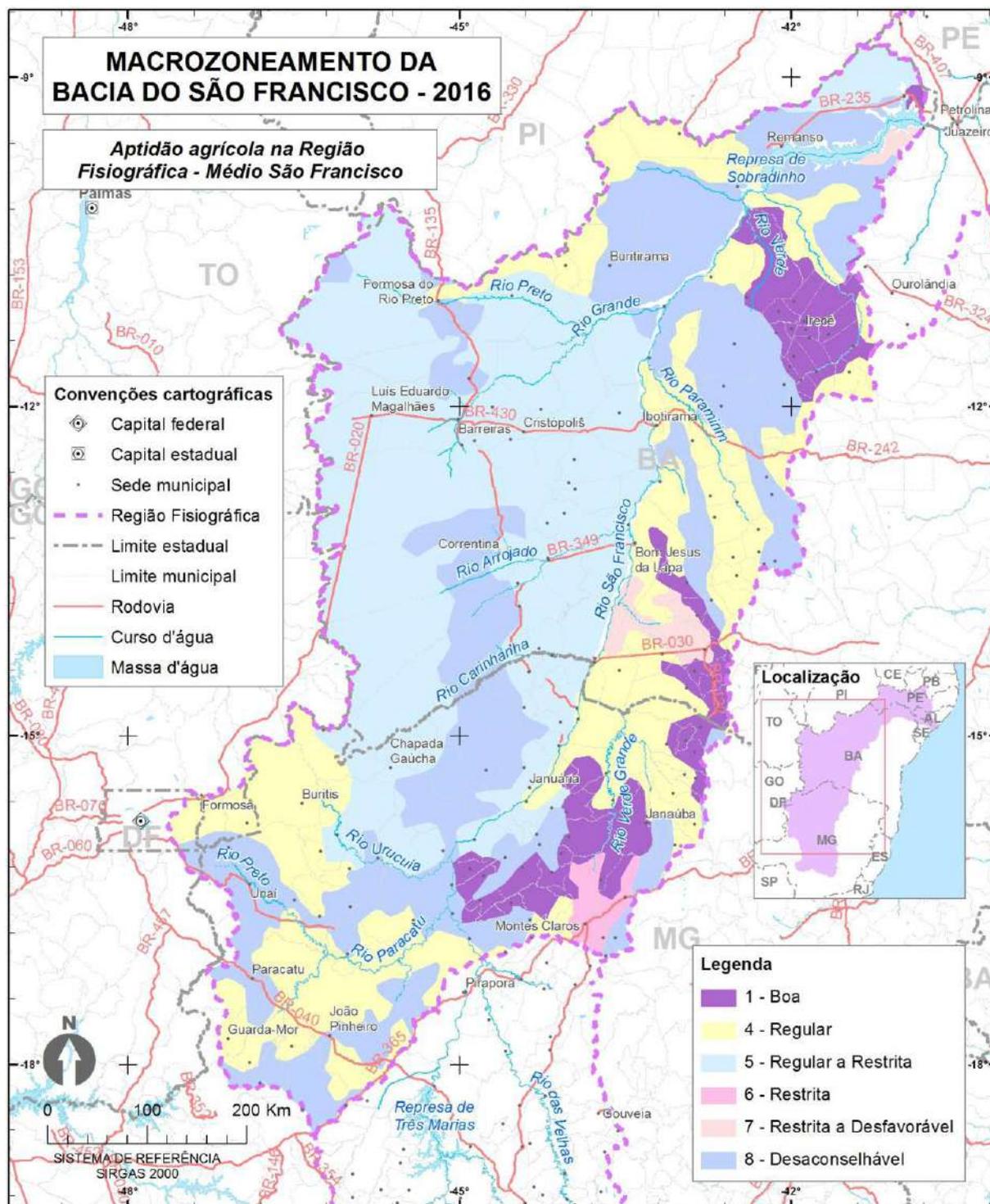
Sobrepondo as informações de classes de terras com a aptidão agrícola, percebe-se que os mais de 28% inaptos para a agricultura se encontram em Neossolos. Já os 8,1% que possuem aptidão boa para a agricultura se encontram principalmente em Latossolos e Cambissolos. A aptidão regular e regular a restrita somam 61% e predominam em Latossolos, Cambissolos e Argissolos.

Figura 68- Aptidão Agrícola do Alto SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Figura 69- Aptidão Agrícola do Médio SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

### 2.5.2.3 Aptidão agrícola do Submédio São Francisco

A região fisiográfica do Submédio São Francisco possui mais de 52% da sua área com aptidão regular e regular a restrita para a agricultura, de acordo com o Quadro 16 e Figura 70, essa porcentagem representa quase seis milhões de hectares. Outros 40% representam mais de quatro milhões de hectares de área com aptidão agrícola restrita a desaconselhável. O restante da área (7,2%) possui boa aptidão para a agricultura.

**Quadro 16- Aptidão Agrícola na Região fisiográfica do Submédio SF.**

APTIDÃO AGRÍCOLA	ÁREA	
	%	ha
Boa	7,2	776.040
Regular	10,2	1.107.248
Regular a Restrita	42,2	4.571.339
Restrita a Desfavorável	17,8	1.921.128
Desaconselhável	22,6	2.444.059

**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Sobrepondo as informações de classes de terras com a aptidão agrícola, percebe-se que os mais de 22% inaptos para a agricultura se encontram em Neossolos. Já os 7,2% que possuem aptidão boa para a agricultura se encontram principalmente em Latossolos e Luvisolos. A aptidão regular e regular a restrita somam 52% e predominam em Latossolos, Cambissolos, Luvisolos e Argissolos.

### 2.5.2.4 Aptidão agrícola do Baixo São Francisco

A região fisiográfica do Baixo São Francisco possui mais de 51% da sua área inapta para a agricultura, de acordo com o Quadro 17 e Figura 71, essa porcentagem representa mais de um milhão de hectares. Outros 41,5% representam mais de um milhão de hectares de área com aptidão agrícola restrita a desfavorável. O restante da área (7,3%) está distribuído entre aptidão regular e regular a restrita.

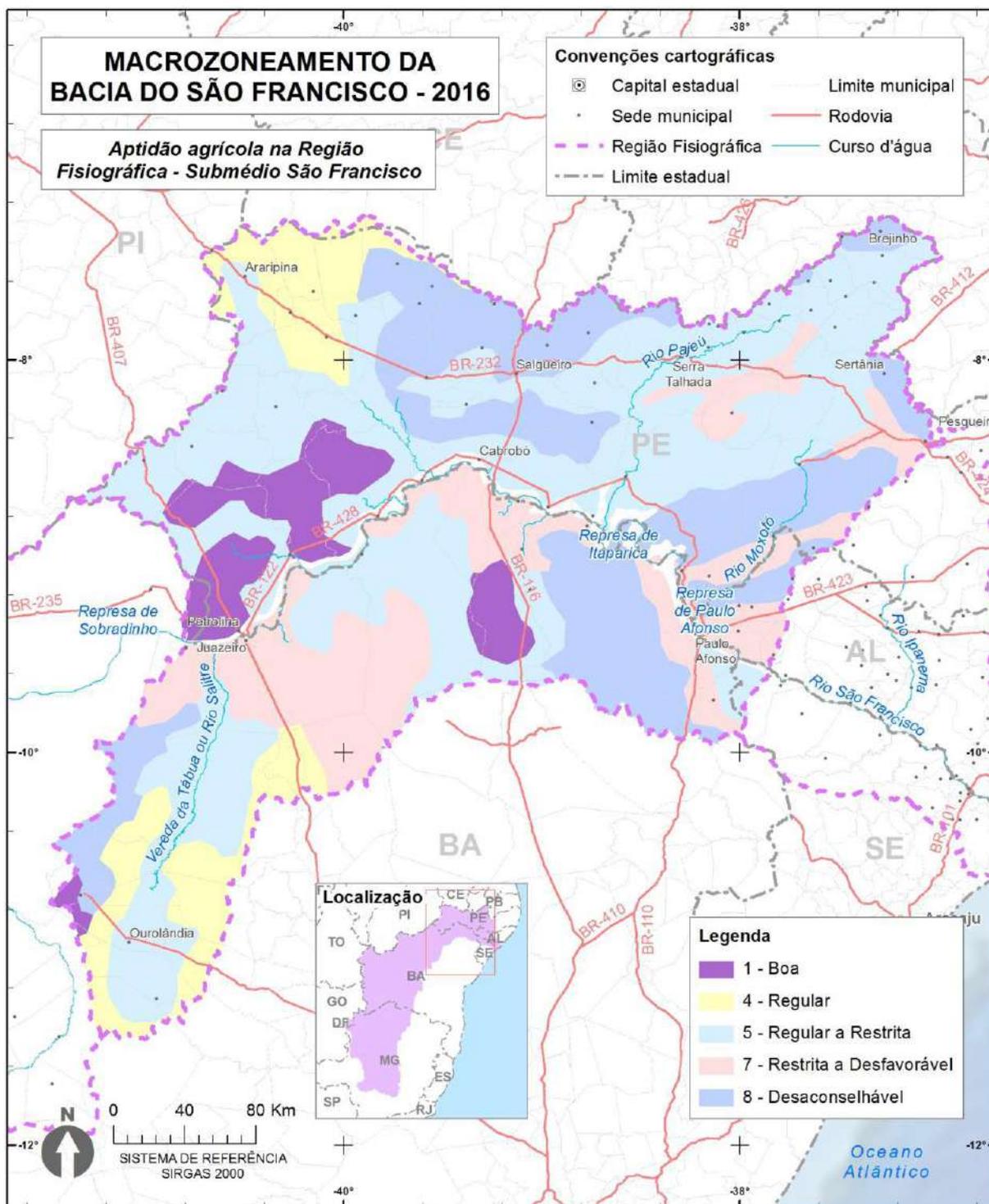
**Quadro 17- Aptidão Agrícola na Região fisiográfica do Baixo SF.**

APTIDÃO AGRÍCOLA	ÁREA	
	%	ha
Regular	5,7	141.521
Regular a Restrita	1,5	37.664
Restrita a Desfavorável	41,5	1.024.224
Desaconselhável	51,2	1.262.002

**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

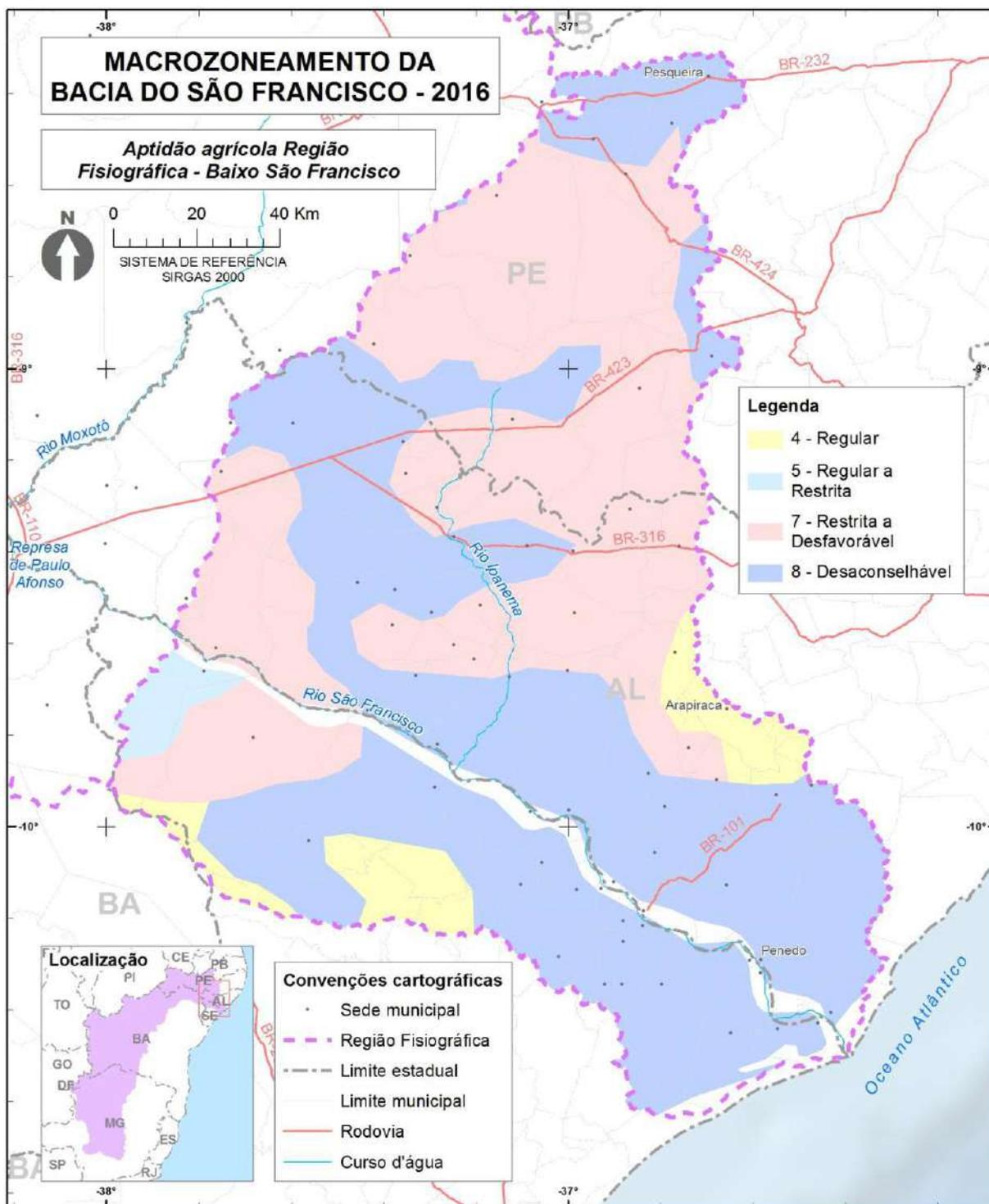
Sobrepondo as informações de classes de terras com a aptidão agrícola, percebe-se que os mais de 51% inaptos para a agricultura se encontram em Neossolos e Argissolos. Já os 41,5% que possuem aptidão restrita a desfavorável para a agricultura se encontram principalmente em Planossolos. A aptidão regular e regular a restrita somam 7,3% e predominam em Latossolos e Luvisolos.

Figura 70- Aptidão Agrícola do Submédio SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Figura 71- Aptidão Agrícola do Baixo SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

### 2.5.3 Risco de salinização para os solos

O solo como um sistema aberto, é dinâmico e está em constante interação com a atmosfera, a hidrosfera, a biosfera e a litosfera. Dependendo da intensidade como atuam estes fatores, os solos podem apresentar características diferenciadas, que definem as suas potencialidades de exploração pelo homem. De acordo com Machado (2002), o uso inadequado dos solos vem causando a perda gradual da sua capacidade produtiva.

A salinização do solo, que pode ser de origem natural ou causada pela ação antrópica, constitui um processo de degradação do solo que, de acordo com Oliveira (1997), em alguns casos é responsável por perdas irreparáveis na capacidade produtiva dos solos, tornando estéreis grandes extensões de terras cultivadas.

O processo de salinização dos solos é típico de regiões áridas e semiáridas, geralmente resultantes da associação da formação geológica predominante na paisagem, má distribuição das chuvas, drenagem deficiente e exploração agrícola inadequada. A exploração dos recursos naturais com o uso de técnicas inadequadas tem favorecido o aumento do grau de degradação dos solos que, por afetarem a produção agrícola e o meio ambiente, causam uma série de problemas de ordem social e política.

Uma das principais causas da salinização é a falta de manejo da irrigação e a qualidade da água usada na irrigação. Os processos de salinização e sodificação dos solos podem ser evitados caso sejam utilizadas águas com características desejáveis.

Sem um manejo adequado de água-solo-salinidade, a irrigação tem levado a salinização e sodificação de extensa área semiárida do Nordeste brasileiro, aproximadamente 25% das áreas irrigadas dessa região encontram-se salinizadas (GHEYI, 2000). Embora o sal não seja nem mutagénico ou carcinogénico, e não é geralmente considerado tóxico para os animais, existem numerosos efeitos ambientais associados com o excesso de sal no solo. Estes efeitos incluem a degradação das propriedades químicas e físicas do solo, a qualidade das águas subterrâneas e diminuição do crescimento de plantas (GHEYI et al., 1997).

Outro fator também responsável pela indução da salinidade é a aplicação excessiva de fertilizantes com índice salino elevado, tais como cloreto de potássio, nitrato de amônia e formulações comerciais, de forma indiscriminada e excessiva, que podem induzir a um incremento da pressão osmótica na solução do solo, prejudicando a germinação das sementes e o desenvolvimento de plantas muito jovens (FIGUEIRÊDO, 2005).

Na Bacia do Rio São Francisco um agravante é o despejo no solo de rejeitos ou subprodutos de dessalinizadores sem nenhum tratamento prévio, propiciando alto acúmulo de sais nas camadas superficiais dos terrenos onde são instalados os equipamentos. A água residuária de dessalinizadores é descartada geralmente nos cursos d'água ou diretamente no solo, comprometendo assim as fontes de água superficiais e subterrâneas, alterando as propriedades físicas e químicas do solo, e afetando direta e indiretamente a fauna e a flora da região. No solo especificamente, o sódio dos sais substitui o cálcio absorvido no complexo de troca, causando a dispersão dos colóides do solo, e conseqüentemente, contribuindo para redução da condutividade hidráulica do solo.

A noção de Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento para ocupação socioeconômica e recuperação ambiental, é um conceito que vem se incorporando por diversos motivos ao cotidiano de especialistas, produtores e ambientalistas de todo o mundo (PIRES et al, 2002). Para Faria (2000) a preservação e recuperação dos recursos naturais devem ser realizadas de maneira integrada, sendo a bacia hidrográfica a unidade ideal para a programação do uso e manejo dos recursos naturais.

Visando orientar o plano de manejo da bacia hidrográfica, de forma a evitar a ocorrência de processos de desertificação, recomenda-se que as áreas de risco muito alto de salinização de solos devem ter como principal uso a preservação ambiental. Nas áreas que apresentaram alto risco de salinização de solos, onde predomina a pastagem como cobertura vegetal, recomenda-se a melhoria no manejo destas, no intuito de promover a sustentabilidade da atividade agropecuária, devendo ser dada uma atenção especial em caso de irrigação destas áreas, devido à baixa qualidade da água (no que diz respeito ao risco de salinização).

Uma área pode permanecer salinizada durante anos, com nível baixo ou moderado de salinidade, sem que o problema seja detectado. Um aumento adicional no teor de sal pode causar abandono da terra agrícola em poucos anos, pois altos valores de sais no solo causam alterações nas características químicas e físicas dos solos e retarda ou impede o crescimento das plantas, principalmente devido ao aumento do potencial osmótico e toxidez indireta de determinados elementos. Estratégias como o uso de plantas extratoras, o uso de corretivos como o gesso agrícola e o uso de técnicas para melhorar a drenagem do solo, são adotadas para recuperação de áreas degradadas pelo excesso de sais, e que quando aplicadas em conjunto podem minimizar os efeitos deletérios do excesso de sais no solo.

A recuperação de solos degradados por sais exige estudos e se baseia principalmente nas técnicas de: irrigação, lixiviação, correção, gessagem, pousio, uso de plantas resistentes a sais, todas associadas às práticas de drenagem adequadas.

Torna-se importante destacar que algumas práticas culturais podem auxiliar na recuperação de solos salinizados, tais como: utilização de espécies herbáceas com raízes profundas; uso de gramíneas com grande densidade de radículas que permitem aumentar a porosidade do solo; formação de cobertura morta na superfície do solo e, ou, a incorporação desta matéria orgânica ao solo; e adubação verde (HOLANDA et al.,2001).

A recuperação dos solos degradados por sais não tem se mostrado eficiente quando aplicada uma só técnica de recuperação isoladamente. O sucesso de tais ações é muito mais expressivo quando são combinadas duas ou mais técnicas, simultaneamente (CAVALCANTE et al., 2010). Holanda et al. (2001) destacam que o monitoramento do solo com análises químicas e físicas é fundamental para detecção precoce da salinização do solo e imprescindível para elevar a eficiência das práticas de recuperação adotadas.

As técnicas de recuperação de solos afetados por sais são de fundamental importância, uma vez que possibilitam o retorno deles ao processo de produção. Entretanto, o processo convencional de recuperação exige alto investimento, o que nem sempre é possível, principalmente quando se trata de agricultura de baixos insumos.

Com o objetivo de orientar o plano de manejo da bacia hidrográfica, foi gerado um mapa de risco de salinização de solos. Considerando-se que o processo de salinização é resultado da interação de diversos fatores, como clima, solos, condutividade elétrica da água, malha hídrica, declividade e cobertura vegetal.

Foram levantadas seis classes de risco de salinização de solos, de acordo com a Figura 72 e Quadro 18, onde 28% da área estudada da bacia hidrográfica corresponde à classe de risco nulo de salinização, 23% a risco muito baixo de salinização, 17% a baixo risco de salinização, 18% a médio risco de salinização, 10% a alto risco de salinização, e 4% da área da bacia corresponde a risco muito alto de salinização do solo.

**Quadro 18- Risco de Salinização dos Solos da BHSF**

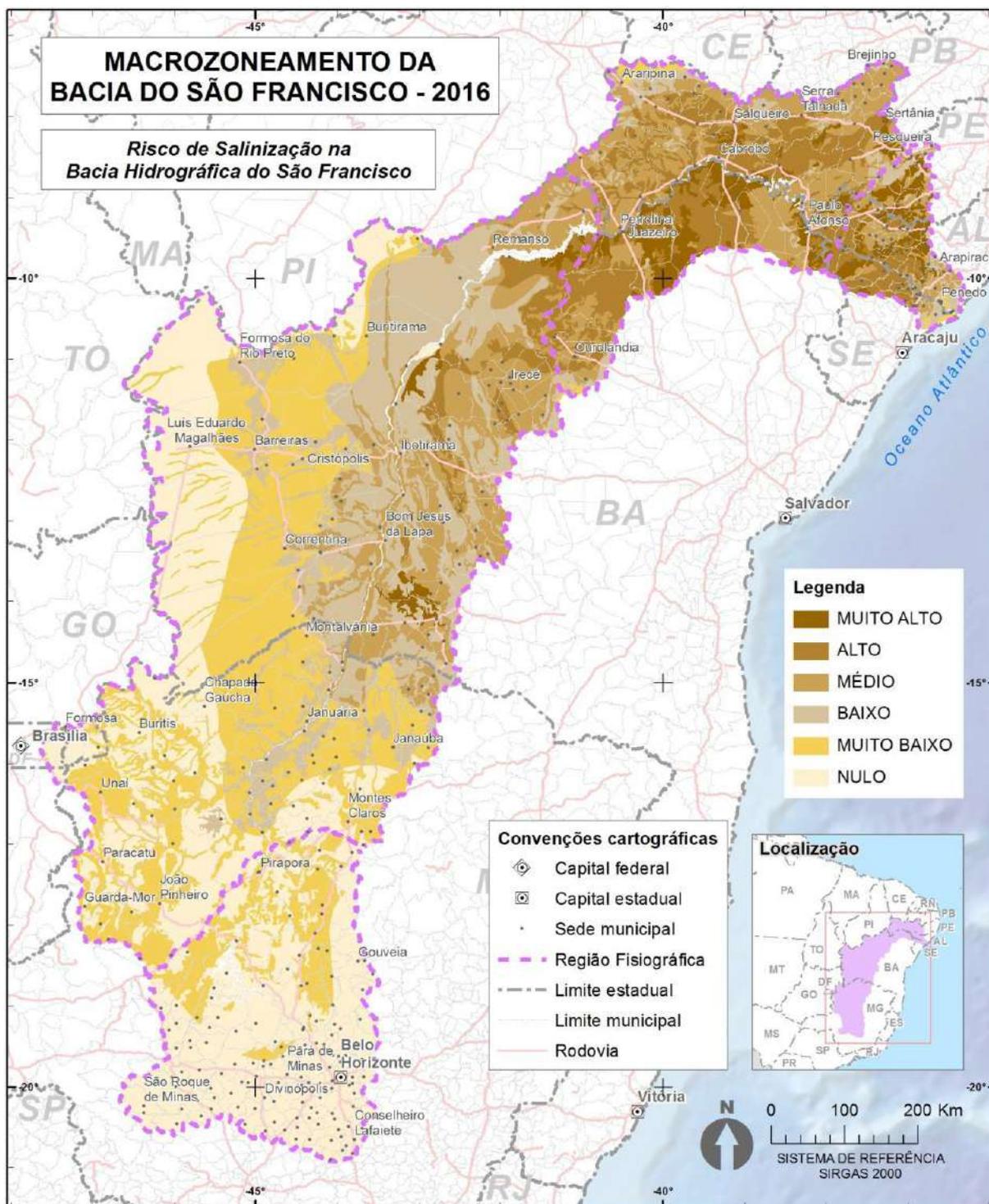
RISCO DE SALINIZAÇÃO	ÁREA	
	%	ha
Nulo	28	17.514.630
Muito Baixo	23	14.271.036
Baixo	17	10.885.571
Médio	18	11.195.011
Alto	10	6.230.946
Muito Alto	4	2.407.630

**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Dos quase 70% da área com risco de salinização nulo a baixo, pode-se dizer que a maior parte se concentra nas regiões hidrográficas do Alto e Médio São Francisco, sendo esta predominada por Latossolos, Cambissolos, Argissolos e Neossolos. Já os 14% da área que apresenta risco alto a muito alto se concentram no Submédio e Baixo São Francisco, sendo das classes de solos dos Planossolos, Luvisolos e Vertissolos.

Sobrepondo as informações de aptidão agrícola com risco de salinização infere-se que as terras com boa aptidão agrícola têm risco de nulo a alto, dependendo da região fisiográfica. Na região do Alto e Médio São Francisco tem-se risco nulo a baixo, já no Submédio e Baixo São Francisco tem-se risco médio a alto. A classe regular de aptidão agrícola possui risco nulo a médio de salinização. A classe regular a restrita em sua maior parte tem risco nulo a baixo de salinização. Já a classe de aptidão restrita engloba em sua maior parte risco nulo a baixo de salinização dos solos. A classe considerada inapta para agricultura apresenta risco de salinização que vai de nulo a alto, dependendo da região fisiográfica da bacia em que se encontra.

Figura 72- Risco de Salinização dos Solos na BHSF



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

### 2.5.3.1 Risco de salinização dos solos do Alto São Francisco

A região fisiográfica do Alto São Francisco possui 79% da sua área com risco nulo de salinização dos solos, de acordo com o Quadro 19 e Figura 73, essa porcentagem representa quase oito milhões de hectares. Os outros 21% representam mais de dois milhões de hectares de área com risco muito baixo de salinização.

**Quadro 19- Risco de salinização dos solos na região fisiográfica do Alto SF.**

RISCO DE SALINIZAÇÃO	ÁREA	
	%	ha
Nulo	79	7.768.475
Muito Baixo	21	2.007.247

**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Dos quase 79% da área com risco de salinização nulo há a predominância por Latossolos e Argissolos. Já os 21% da área que apresenta risco muito baixo estão em solos do tipo Cambissolos e Neossolos. Esse baixo risco de salinização dos solos nessa região se deve principalmente ao regime de chuvas, que é constante e com alta precipitação, fazendo com que os sais presentes nos solos sejam lixiviados constantemente, evitando assim sua acumulação.

Sobrepondo as informações de aptidão agrícola com risco de salinização infere-se que as terras com aptidão agrícola regular têm risco nulo. A classe regular a restrita em sua maior parte tem risco nulo a muito baixo de salinização. Já a classe de aptidão restrita tem risco nulo de salinização dos solos. A classe considerada inapta para agricultura apresenta risco de salinização nulo.

### 2.5.3.2 Risco de salinização dos solos do Médio São Francisco

A região fisiográfica do Médio São Francisco possui 80% da sua área com risco nulo a baixo de salinização dos solos, de acordo com o Quadro 20 e Figura 74, essa porcentagem representa quase 32 milhões de hectares. Outros 16% representam mais de seis milhões de hectares de área com risco médio de salinização. Essa região praticamente não apresenta solos com risco alto a muito alto, sendo apenas 4% da área.

**Quadro 20- Risco de salinização dos solos na região fisiográfica do Médio SF.**

RISCO DE SALINIZAÇÃO	ÁREA	
	%	ha
Nulo	25	9.746.155
Muito Baixo	31	12.046.184
Baixo	25	9.871.105
Médio	16	6.197.272
Alto	3	1.248.136
Muito Alto	1	374.868

**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Dos quase 80% da área com risco de salinização nulo a baixo há a predominância por Latossolos. Já os 16% da área que apresenta risco médio estão em solos do tipo

Cambissolos e Neossolos. Já as áreas com risco alto a muito alto estão presentes em solos do tipo Planossolos.

Sobrepondo as informações de aptidão agrícola com risco de salinização infere-se que as terras com boa aptidão agrícola têm risco nulo a muito baixo. A classe regular e regular a restrita em sua maior parte tem risco nulo a médio de salinização. Já a classe de aptidão restrita tem risco médio de salinização dos solos. A classe considerada inapta para agricultura apresenta risco de salinização baixo a muito alto.

### 2.5.3.3 Risco de salinização dos solos do Submédio São Francisco

A região fisiográfica do Submédio São Francisco possui 40% da sua área com risco médio de salinização dos solos, de acordo com o Quadro 21 e Figura 75, essa porcentagem representa mais de quatro milhões de hectares. Outros 39% representam mais de quatro milhões de hectares de área com risco alto de salinização. Se torna preocupante a informação dada, pois 52% da área tem risco alto a muito alto de salinização. Apenas 9% da região tem risco muito baixo a baixo de salinização dos solos.

**Quadro 21- Risco de salinização dos solos na região fisiográfica do Submédio SF.**

RISCO DE SALINIZAÇÃO	ÁREA	
	%	ha
Muito Baixo	2	170.371
Baixo	7	711.163
Médio	40	4.318.822
Alto	39	4.201.759
Muito Alto	13	1.377.668

**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Dos 40% da área com risco de salinização médio há a predominância por Latossolos e Neossolos. Já os 52% da área que apresenta risco alto a muito alto estão presentes principalmente em solos do tipo Planossolos e Luvisolos.

Sobrepondo as informações de aptidão agrícola com risco de salinização infere-se que as terras com boa aptidão agrícola têm risco médio a alto. A classe regular e regular a restrita em sua maior parte tem risco médio a alto de salinização. Já a classe de aptidão restrita tem risco médio a muito alto de salinização dos solos. A classe considerada inapta para agricultura apresenta risco de salinização médio a muito alto.

### 2.5.3.4 Risco de salinização dos solos do Baixo São Francisco

A região fisiográfica do Baixo São Francisco possui 28% da sua área com risco médio de salinização dos solos, de acordo com o Quadro 22 e Figura 76, essa porcentagem representa mais de 678 mil hectares. No entanto mais de 58% da área possui alto a muito alto risco de salinização. Apenas 14% da região tem risco muito baixo a baixo de salinização dos solos.

**Quadro 22- Risco de salinização dos solos na região fisiográfica do Médio SF.**

RISCO DE SALINIZAÇÃO	ÁREA	
	%	ha
Muito Baixo	2	47.234

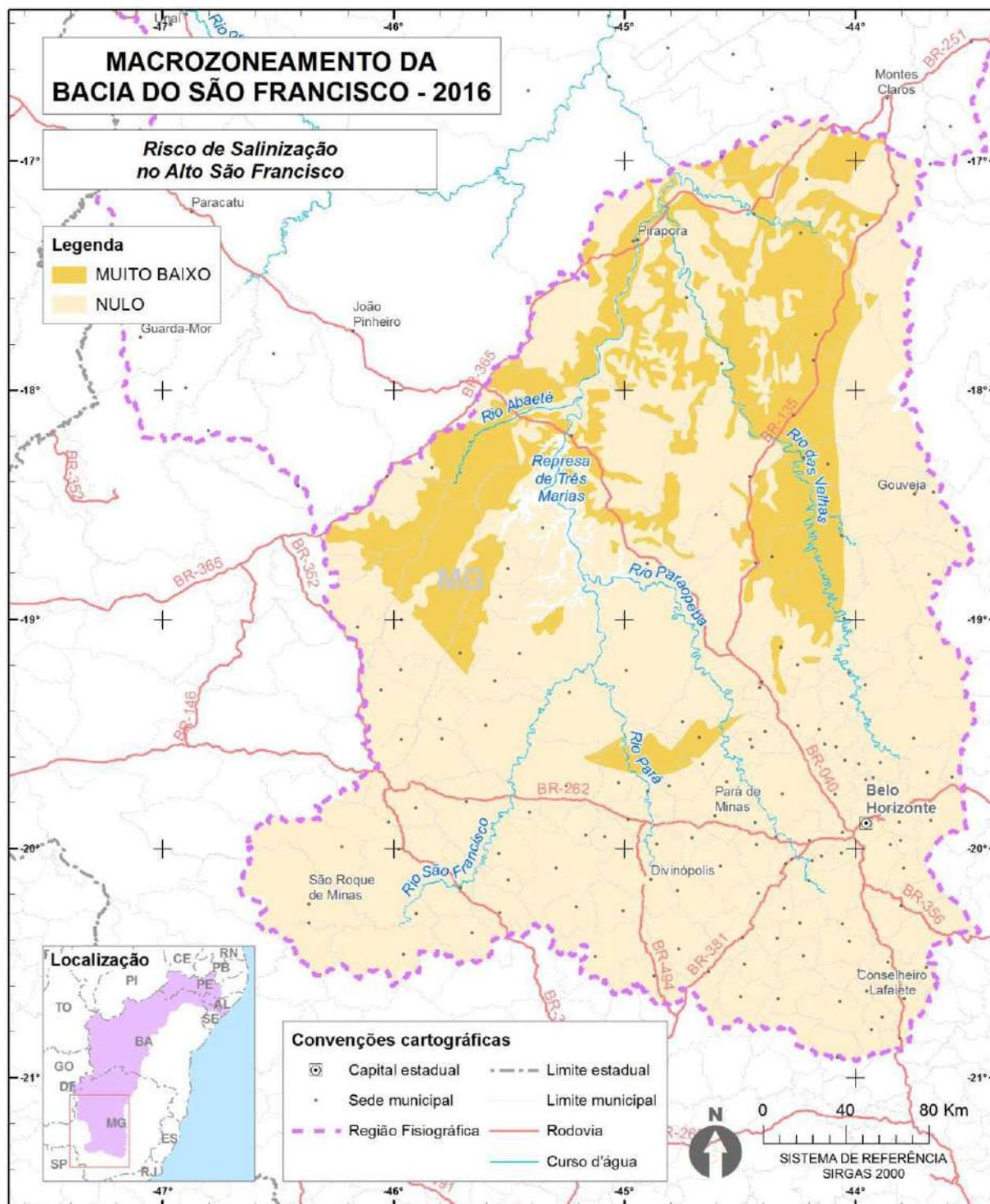
RISCO DE SALINIZAÇÃO	ÁREA	
	%	ha
Baixo	12	303.303
Médio	28	678.917
Alto	32	781.051
Muito Alto	27	655.094

**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Dos 28% da área com risco de salinização médio há a predominância por Neossolos Quartzarênicos. Já os 58% da área que apresenta risco alto a muito alto estão presentes principalmente em solos do tipo Planossolos e Neossolos Litólicos.

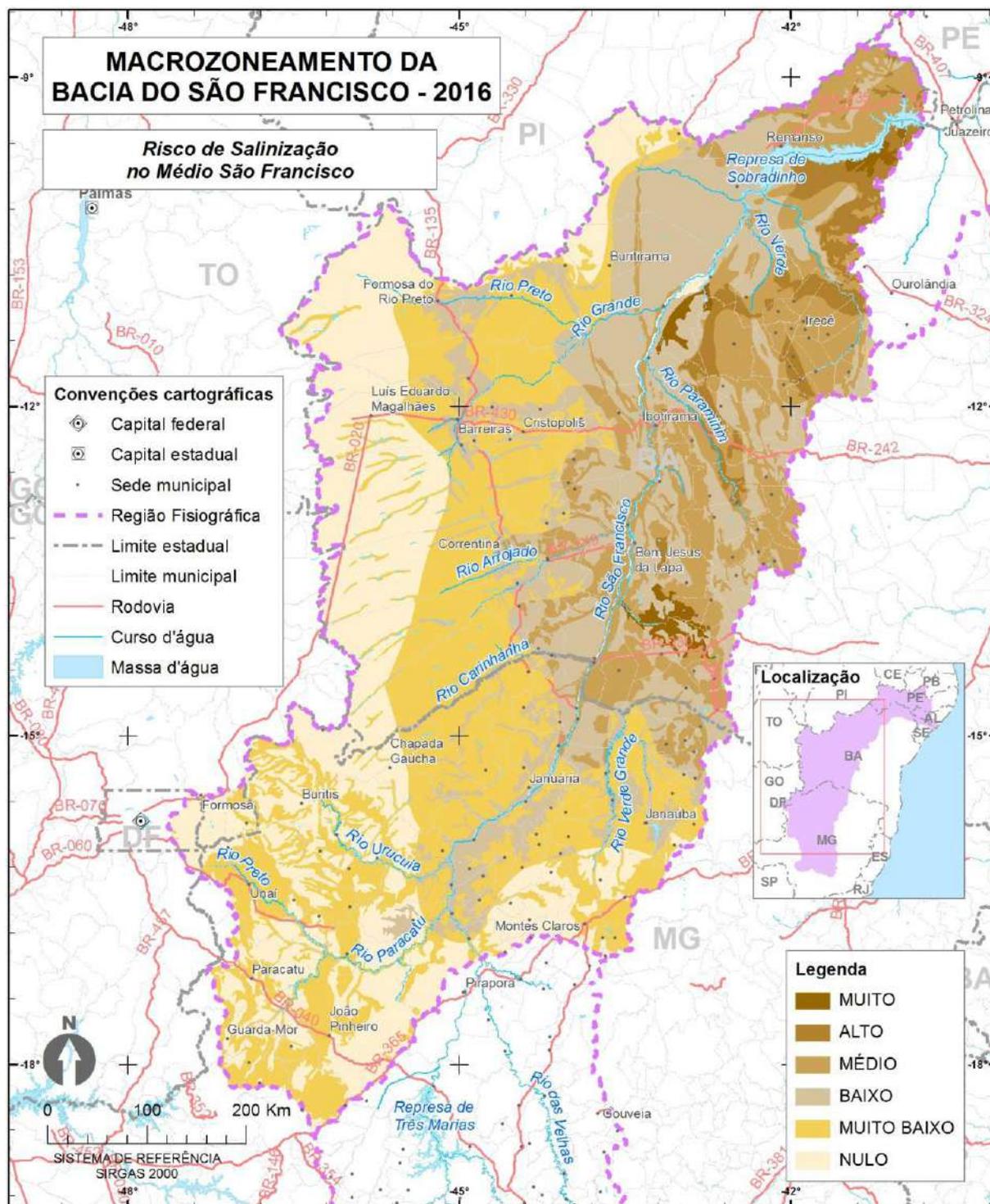
Sobrepondo as informações de aptidão agrícola com risco de salinização infere-se que as terras com classe regular e regular a restrita em sua maior parte tem risco alto de salinização. Já a classe de aptidão restrita tem risco médio a muito alto de salinização dos solos. A classe considerada inapta para agricultura apresenta risco de salinização médio a muito alto.

Figura 73- Risco de salinização dos solos no Alto SF.



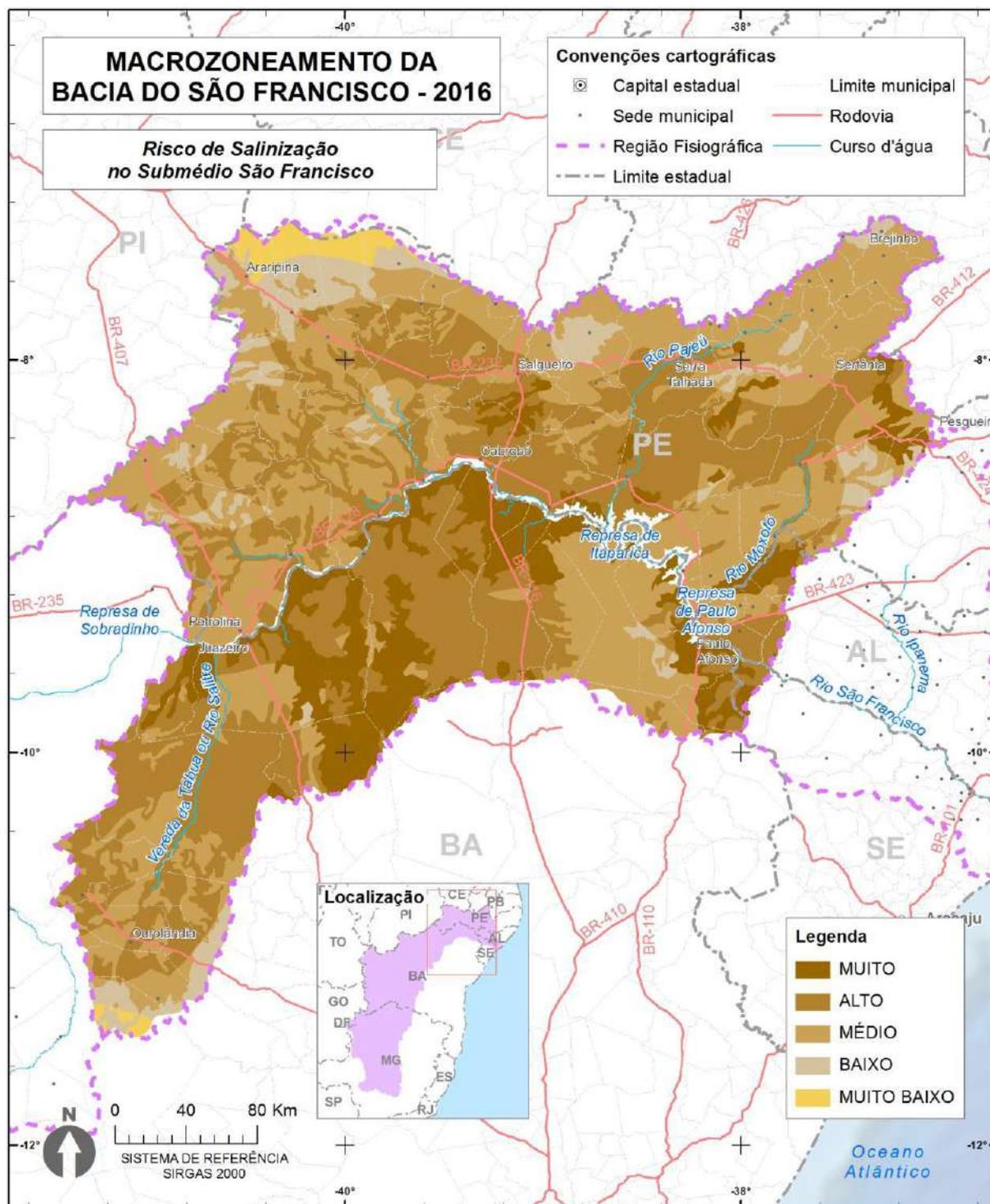
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Figura 74- Risco de salinização dos solos no Médio SF.



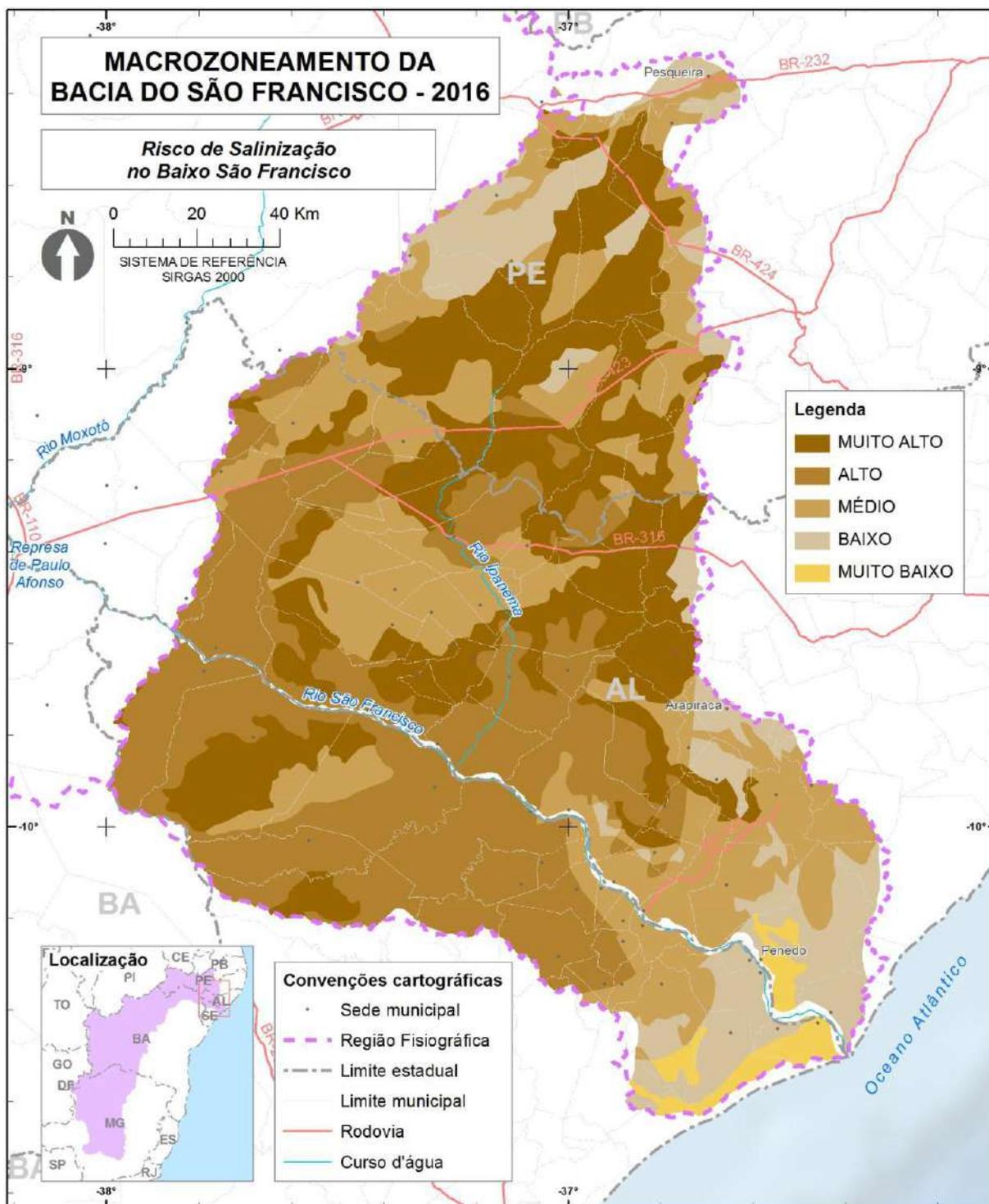
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Figura 75- Risco de salinização dos solos no Submédio SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Figura 76- Risco de salinização dos solos no Baixo SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

## 2.5.4 Classes de terras para irrigação

A seleção de terras para irrigação compreende uma análise criteriosa dos fatores físicos e econômicos, sendo utilizados sistemas de classificação de solos, que deve inicialmente identificar as áreas que tem produtividade adequada, capaz de garantir o desenvolvimento da irrigação, sendo estas denominadas de terras aráveis (Hagan et al., 1967).

Um dos sistemas de classificação de terras para irrigação, mais difundido no mundo é o sistema elaborado pelo “US Bureau of Reclamation”, de 1951, e adaptado por Carter (2002), sendo as classes de terras definidas pelos atributos físicos do solo. Destaca, também, que as condições econômicas, depois da classificação das terras, são fundamentais para a elaboração de orçamentos e estudos de viabilidade, na implantação do projeto.

Carter (2002) definiu as classes de terra para irrigação em dois grupos: terras aráveis e aptas para irrigação (quatro classes); terras não aráveis (duas classes), sendo uma provisória. No primeiro grupo tem-se as terras aráveis, ou aptas para irrigação que engloba a classe 1 a classe 4; e no segundo grupo, tem-se as terras não aráveis, ou inaptas para irrigação, que envolve duas classes, a classe 5 (classe provisória), e a classe 6. A classe 1 tem a maior capacidade de pagamento, com retornos econômicos progressivamente menores à medida que os números de designação das classes aumentam. A classe 5 (classe provisória) indica terras potencialmente aráveis, mas que requerem estudos adicionais para uma classificação definitiva. A classe 6 - para terras não aráveis - representa terras que geram uma renda líquida do lote insuficiente para cobrir custos.

**Classe 1** - Terras aráveis altamente adequadas para agricultura irrigada, capazes de oferecer altas produções de grande variedade de culturas climaticamente adaptáveis, a um custo razoável, não apresentando nenhuma limitação para sua utilização;

**Classe 2** - Terras aráveis com moderada aptidão para agricultura irrigada. São adaptáveis a um menor número de culturas e têm um maior custo de produção que a classe 1;

**Classe 3** - Terras aráveis de aptidão restrita para agricultura irrigada, devido à deficiência de solo, topografia e drenagem, mais intensa que na classe 2;

**Classe 4** - Terras aráveis de uso especial. Podem apresentar uma excessiva deficiência específica ou deficiências incorrigíveis que limitam sua utilidade para determinadas culturas muito adaptadas ou métodos específicos de irrigação;

**Classe 5** - Terras não aráveis nas condições naturais e que requerem estudos especiais de agronomia, economia e engenharia para determinar sua irrigabilidade; e

**Classe 6** - Terras não aráveis. São terras que não satisfazem os mínimos requisitos para enquadramento em outras classes e que são inadequadas para irrigação.

No caso do levantamento feito para a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, foram encontradas terras com classes 2 (Terras Irrigáveis com Aptidão Moderada), 3 (Terras Irrigáveis com Aptidão Restrita), 4 (Terras Irrigáveis de Uso Especial) e 6 (Terras Não Irrigáveis). Sendo que 49% da área estudada se enquadra na classe de Terras Não Irrigáveis (classe 6), e 48% das terras são de classe de Terras Irrigáveis com Aptidão Restrita (classe 3), como mostram a Figura 77 e Quadro 23.

**Quadro 23- Classe de Terras para Irrigação na BHSF**

CLASSE DE TERRAS PARA IRRIGAÇÃO		ÁREA	
		%	ha
<b>Classe 2</b>	Terras Irrigáveis com Aptidão Moderada	2	1.262.319
<b>Classe 3</b>	Terras Irrigáveis com Aptidão Restrita	48	30.262.412
<b>Classe 4</b>	Terras Irrigáveis de Uso Especial	1	596.466
<b>Classe 6</b>	Terras Não Irrigáveis	49	30.383.689

**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

A aptidão restrita para irrigação de quase 50% da área da Bacia representa em termos agrônômicos terras de mais baixa categoria. As terras são aptas para o desenvolvimento da área sob irrigação, no entanto apresentam limitações, como: deficiências de solos, topografia ou drenagem, as quais são mais severas separadas ou combinadas. Esses solos apresentam menor capacidade produtiva, maiores custos de produção e desenvolvimento. Entretanto se bem manejadas podem apresentar retornos econômicos capazes de cobrir os custos.

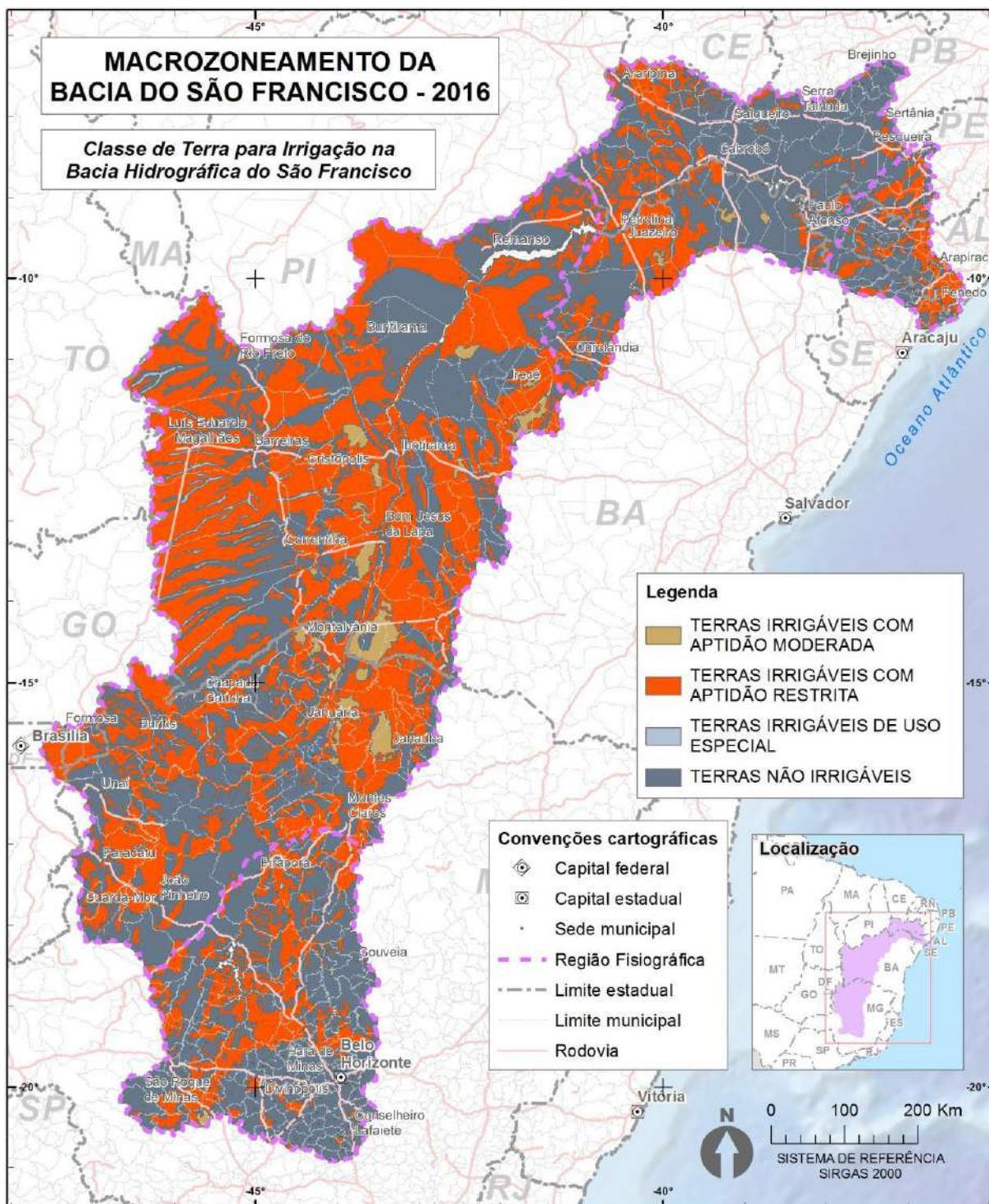
Nos outros quase 50% da bacia tem-se a classe 6, ou seja, terras não irrigáveis. São consideradas assim por não serem capazes de pagar, por meio de produção, os custos inerentes a implantação do projeto de irrigação. Em geral, as áreas possuem alto declive, são acidentadas, irregulares, erodidas, com condições físicas e químicas desfavoráveis.

Sobrepondo as informações contidas nas figuras das classes de solos com as classes de terras para irrigação, nota-se que os tipos de solos que mais aparecem como terras não irrigáveis são: Neossolos, Luvisolos e alguns tipos de Cambissolos e Argissolos. Já as manchas de solos com aptidão restrita para irrigação estão sobre Latossolos, Planossolos, e alguns tipos de Cambissolos e Argissolos.

Analisando os dados de aptidão agrícola com aptidão para irrigação chega-se as seguintes conclusões: a) aproximadamente metade das áreas com boa aptidão são terras não irrigáveis; b) entorno de 70% da área com aptidão regular tem classe de terras irrigáveis com aptidão restrita; c) 50% da área com aptidão regular a restrita estão em classe 3 de aptidão para irrigação; d) 80% da área restrita a atividade agrícola se encontra na classe 6 de aptidão para irrigação; e) quase a totalidade das áreas com aptidão desaconselhável se encontra em terras não irrigáveis.

Já as informações contidas nas figuras de risco de salinização foram examinadas em comparação com os dados de classes de terras para irrigação e inferiu-se que as terras irrigáveis com aptidão moderada têm risco médio de salinização. Já as terras irrigáveis com aptidão restrita, em sua maioria, têm risco nulo a médio de salinização. As terras não irrigáveis tem risco de nulo a muito alto de salinização, dependendo da região da bacia em que se encontram.

Figura 77- Classes de Terras para Irrigação na Bacia do Rio SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

### 2.5.4.1 Classes de terras para irrigação do Alto São Francisco

A região fisiográfica do Alto São Francisco possui 64,8% da área de terras não irrigáveis, isso representa mais de seis milhões de hectares sem aptidão para irrigação. Enquanto aproximadamente 35% da área tem aptidão restrita para irrigação, de acordo com o Quadro 24 e Figura 78.

**Quadro 24- Classe de Terras para Irrigação no Alto SF.**

CLASSE DE TERRAS PARA IRRIGAÇÃO		ÁREA	
		%	ha
<b>Classe 2</b>	Terras Irrigáveis com Aptidão Moderada	0,3	26.312
<b>Classe 3</b>	Terras Irrigáveis com Aptidão Restrita	34,9	3.407.289
<b>Classe 4</b>	Terras Irrigáveis de Uso Especial	0,1	5.974
<b>Classe 6</b>	Terras Não Irrigáveis	64,8	6.336.150

FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Em comparação com os dados pedológicos percebe-se que a maioria da área considerada inapta para irrigação se concentra da parte sul da região, onde predominam Cambissolos e Argissolos. Já as áreas com aptidão restrita para irrigação têm a predominância de Latossolos.

Analisando os dados de aptidão agrícola tem-se que boa parte das áreas com aptidão restrita para irrigação apresentam regular aptidão agrícola. Já as terras não irrigáveis tem aptidão de regular a desaconselhável.

As áreas de terras não irrigáveis tem risco nulo a muito baixo de salinização dos solos. Já as áreas de classe 3 de irrigação possuem risco nulo de salinização.

### 2.5.4.2 Classes de terras para irrigação do Médio São Francisco

A região fisiográfica do Médio São Francisco possui 38,7% da área de terras não irrigáveis, isso representa mais de 15 milhões de hectares sem aptidão para irrigação. Enquanto aproximadamente 57% da área tem aptidão restrita para irrigação, de acordo com o Quadro 25 e Figura 79.

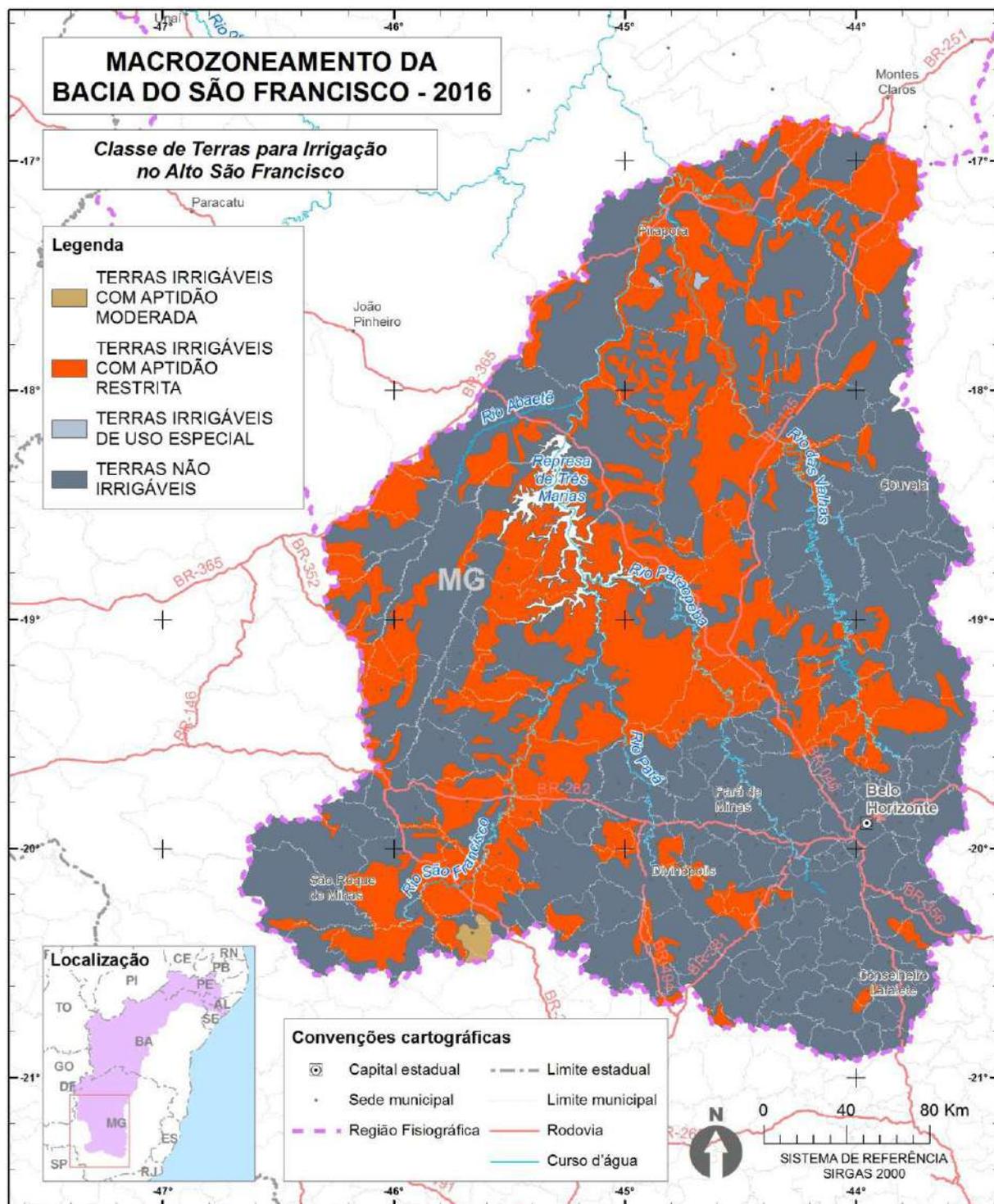
**Quadro 25- Classe de Terras para Irrigação no Médio SF.**

CLASSE DE TERRAS PARA IRRIGAÇÃO		ÁREA	
		%	ha
<b>Classe 2</b>	Terras Irrigáveis com Aptidão Moderada	2,9	1.159.066
<b>Classe 3</b>	Terras Irrigáveis com Aptidão Restrita	57,0	22.487.268
<b>Classe 4</b>	Terras Irrigáveis de Uso Especial	1,4	569.284
<b>Classe 6</b>	Terras Não Irrigáveis	38,7	15.268.136

FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

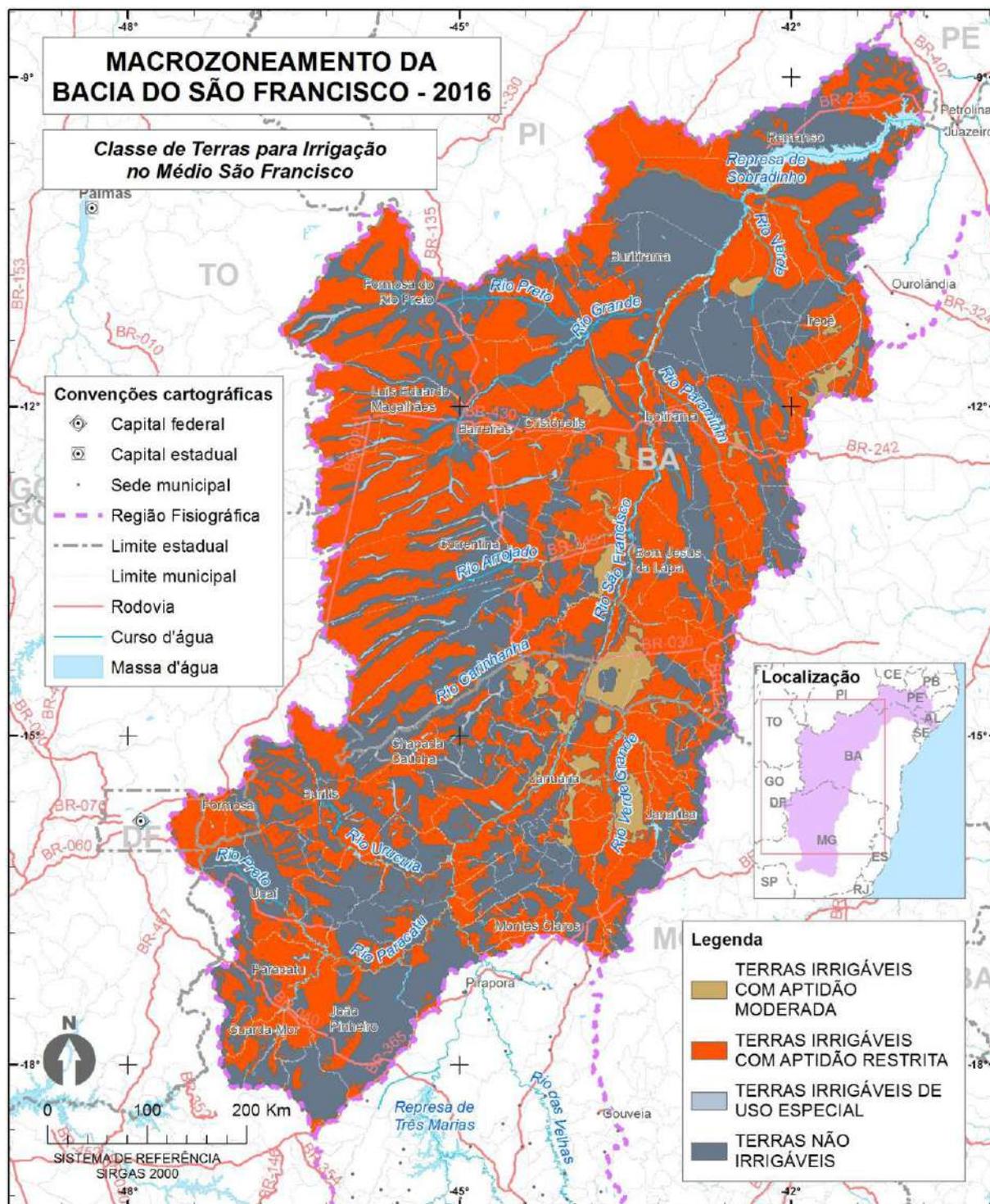
Essa região fisiográfica em comparação com as demais possui a maior área com aptidão moderada/restrita para irrigação (classes 2 e 3) com quase 24 milhões de hectares.

Figura 78- Classes de Terras para Irrigação no Alto SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Figura 79- Classes de Terras para Irrigação no Médio SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Estudando os dados pedológicos percebe-se que a área considerada com aptidão moderada para irrigação tem a predominância de Latossolos e Cambissolos. Já a área com aptidão restrita para irrigação tem a predominância de Latossolos. Já as áreas inaptas para irrigação se aloca principalmente sobre Neossolos, Argissolos e alguns tipos de Cambissolos.

Analisando os dados de aptidão agrícola tem-se que a maioria das áreas com aptidão restrita para irrigação tem de regular a restrita aptidão agrícola. Já as terras não irrigáveis tem aptidão de boa a desaconselhável. É importante destacar que mesmo as áreas tendo boa aptidão para agricultura, não significa que tem indicação para irrigação, pois as variáveis analisadas não são as mesmas.

Com relação ao risco de salinização dos solos, as áreas com aptidão moderada para irrigação têm risco baixo a médio. Já as áreas com aptidão restrita à irrigação possuem risco de nulo a médio. E as áreas de terras não irrigáveis tem risco nulo a médio de salinização dos solos.

#### 2.5.4.3 Classes de terras para irrigação do Submédio São Francisco

A região fisiográfica do Submédio São Francisco possui quase 70% da área de terras não irrigáveis, isso representa mais de sete milhões de hectares sem aptidão para irrigação. Enquanto 31% da área tem aptidão restrita para irrigação, de acordo com o Quadro 26 e Figura 80.

**Quadro 26- Classe de Terras para Irrigação no Submédio SF.**

CLASSE DE TERRAS PARA IRRIGAÇÃO		ÁREA	
		%	ha
<b>Classe 2</b>	Terras Irrigáveis com Aptidão Moderada	0,7	76.942
<b>Classe 3</b>	Terras Irrigáveis com Aptidão Restrita	31,0	3.337.299
<b>Classe 6</b>	Terras Não Irrigáveis	68,3	7.365.568

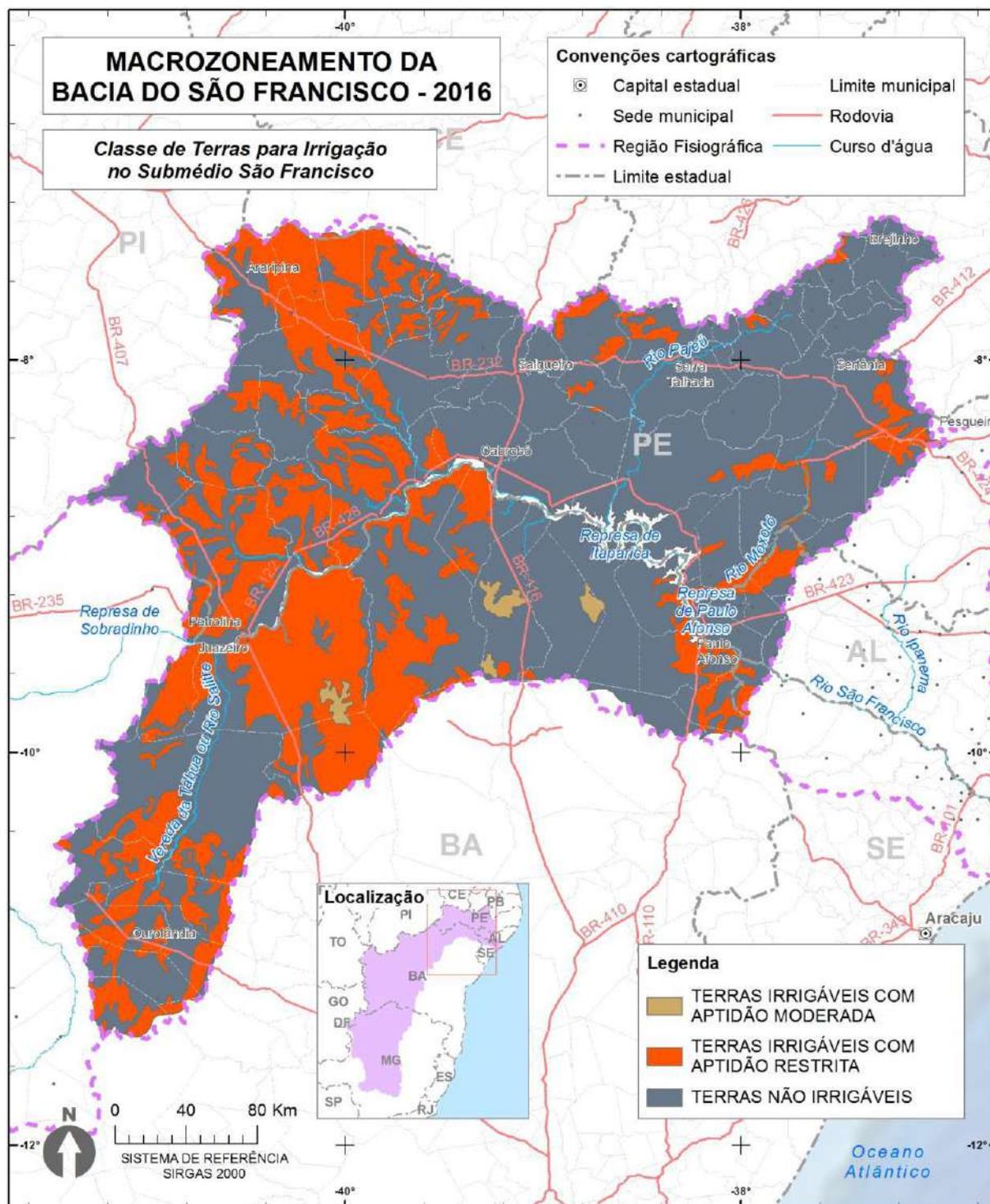
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Essa região fisiográfica em comparação com as demais possui a maior área, em proporção, de terras não irrigáveis. Esse fato pode ter ocorrido por diversos fatores e até mesmo por conta da combinação dos mesmos. O tipo de solo predominante é um fator chave, nesse caso os solos predominantes são os Luvisolos, Argissolos, Planossolos e Neossolos. Em relação a aptidão agrícola a maior parte da área não irrigada possui aptidão agrícola regular a inapta. Um outro fator que pode contribuir para a não indicação da irrigação é o alto risco de salinização que os solos dessa região possuem.

#### 2.5.4.4 Classes de terras para irrigação do Baixo São Francisco

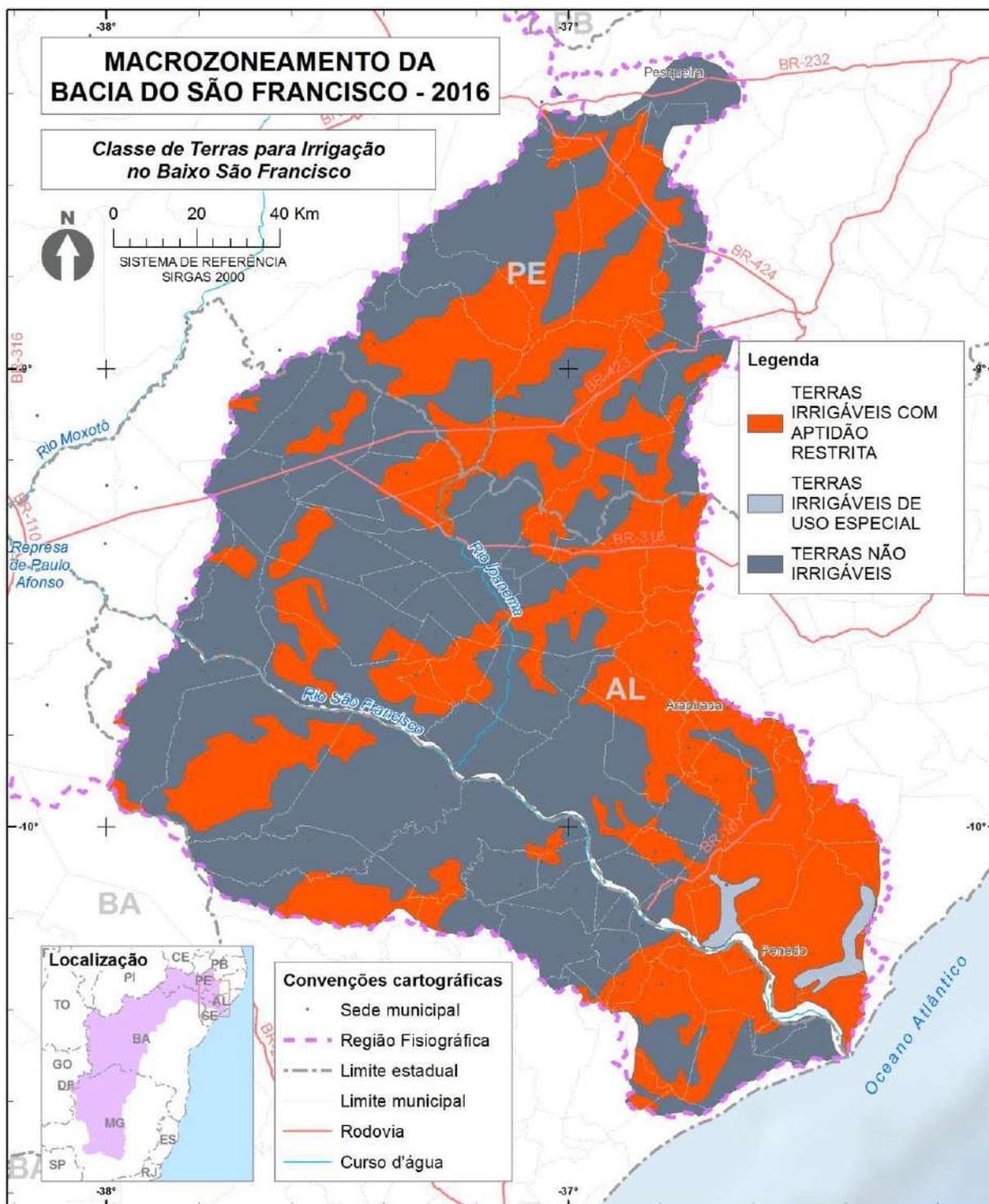
A região fisiográfica do Baixo São Francisco possui 57,3% da área de terras não irrigáveis, isso representa quase 1,5 milhões de hectares sem aptidão para irrigação. Enquanto aproximadamente 42% da área tem aptidão restrita para irrigação, de acordo com o Quadro 27 e Figura 81.

Figura 80- Classes de Terras para Irrigação no Submédio SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Figura 81- Classes de Terras para Irrigação no Baixo SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

**Quadro 27- Classe de Terras para Irrigação no Baixo SF.**

CLASSE DE TERRAS PARA IRRIGAÇÃO		ÁREA	
		%	ha
<b>Classe 3</b>	Terras Irrigáveis com Aptidão Restrita	41,8	1.030.556
<b>Classe 4</b>	Terras Irrigáveis de Uso Especial	0,9	21.207
<b>Classe 6</b>	Terras Não Irrigáveis	57,3	1.413.835

**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Em comparação com os dados pedológicos percebe-se que a maioria da área considerada inapta para irrigação se concentra em Neossolos. Já as áreas com aptidão restrita para irrigação têm a predominância nos Planossolos.

Analisando os dados de aptidão agrícola tem-se que tanto as áreas com aptidão restrita para irrigação, quanto as não irrigáveis tem restrita a inapta aptidão agrícola.

As áreas de terras não irrigáveis tem risco baixo a alto de salinização dos solos. Já as áreas de classe 3 de irrigação possuem risco muito alto de salinização.

### **2.5.5 Suscetibilidade dos solos à erosão**

A suscetibilidade à erosão diz respeito à facilidade com que o solo é removido, por ação do vento e/ou da água. Alguns solos sofrem mais erosão do que outros, mesmo que as condições de declividade, chuva, cobertura vegetal e práticas de manejo sejam idênticas. Essa diferença, devido à natureza do próprio solo, é denominada erodibilidade (fator K), também conhecida como vulnerabilidade ou suscetibilidade à erosão.

A suscetibilidade natural dos solos à erosão é uma função da interação entre as condições de clima, modelo do terreno e tipo de solo, sendo um processo natural que pode ser intensificado pela ação antrópica. O uso e manejo inadequados do solo podem reduzir a cobertura vegetal e a infiltração da água no solo, aumentando o escoamento superficial, causando a erosão, responsável por prejuízos diretos na produção, devido ao desgaste do perfil do solo e ao arrastamento de quantidades razoáveis de insumos agrícolas.

Da análise empírica da interação destes fatores, juntamente com a avaliação de estimativas experimentais de perdas de solo, é possível estabelecer e classificar os solos em cinco classes de suscetibilidade natural à erosão das terras da Bacia do Rio São Francisco. As classes de suscetibilidade muito baixa e baixa englobam tanto os solos de baixadas, hidromórficos ou não, como aqueles de planalto, muito porosos, profundos e bem drenados, todos localizados em relevo de relativa planura da superfície.

Em condições mais favoráveis ao desenvolvimento de processos erosivos, destacam-se solos comumente arenosos ou com elevada mudança de textura em profundidade, bem como aqueles rasos, localizados, em geral, em relevos dissecados, configurando classes de suscetibilidade à erosão média, alta ou muito alta, dependendo, como relatado anteriormente, da interação entre os diversos fatores responsáveis pela suscetibilidade dos mesmos à erosão.

Com base nestas interpretações, as terras brasileiras situam-se, em sua maior porção, nas classes de baixa a alta suscetibilidade à erosão (84% das terras), porém com

composições regionais distintas, como resultado das peculiaridades em relação aos variados ambientes edafoclimáticos e ao grau de suscetibilidade natural dos solos.

Na Bacia do Rio São Francisco diante da diversidade de tipos de solos e relevos temos nas várzeas do rio São Francisco e seus afluentes, bem como nos baixos platôs, onde se desenvolvem solos argilosos ou muito argilosos, muito profundos, geralmente em relevo plano, se caracteriza pelos baixos níveis de suscetibilidade a erosão. Esses ambientes, sob domínio de Gleissolos, Neossolos Flúvicos, Latossolos Amarelos e Latossolos Vermelho-Amarelos, representam aproximadamente 36% da Bacia Hidrográfica.

As terras com o maior potencial de erosão, distribuídas em aproximadamente 29% da Bacia, ocorrem em relevos mais dissecados sob domínio de Argissolos, Luvisolos e Cambissolos.

Solos como os Neossolos Quartzarênicos, Litólicos e Regolíticos são os com maior potencial de erosão devido à presença de conteúdos significativos de areia, associado, em alguns casos, a relevos dissecados.

Embora as chuvas no semiárido da região da Bacia sejam de baixa duração e frequência, sua elevada intensidade em alguns locais favorece o escoamento superficial, desagregação e transporte dos solos, mesmo em relevos mais aplainados.

Solos como os Luvisolos, em geral com maiores conteúdos de argila e em relevos bastante dissecados, representam as terras com elevada suscetibilidade à erosão. Já áreas expressivas de Latossolos, representando cerca de 40% da região, são aquelas representativas das terras com baixa suscetibilidade à erosão. A ocorrência de horizontes superficiais arenosos, bem como o aumento do teor de argila em profundidade torna os Argissolos e Planossolos medianamente suscetíveis à erosão nas condições climáticas características da região.

### **2.5.6 Irrigação**

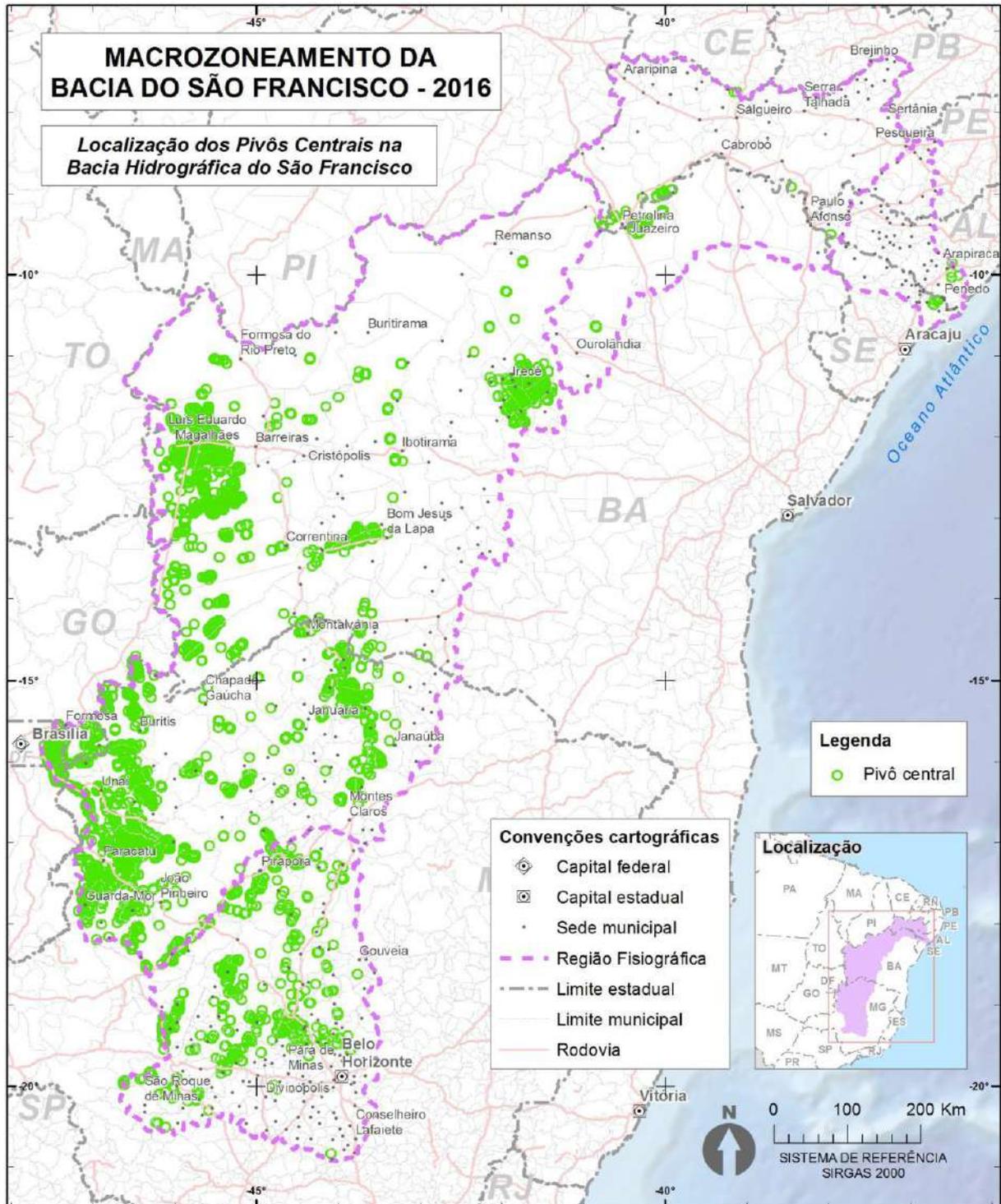
Em relação à irrigação, cabe ressaltar que em toda a Região Hidrográfica existe a prática da agricultura irrigada, onde se tem constatado alterações nas condições físicas dos solos, tanto nos perímetros públicos como na irrigação privada, sem a adoção de medidas voltadas para recuperação dessas áreas afetadas.

De acordo com o Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil - ano 2013, realizado pela ANA & Embrapa/CNPMS, pode se observar como está à espacialização dos Pivôs na Bacia do Rio São Francisco. Esse estudo nos mostra que a área irrigada por pivô central na Bacia é maior que 350 mil hectares, correspondendo a quase cinco mil pivôs. A maior parte da área irrigada por pivô se encontra no Médio São Francisco, devido principalmente ao seu relevo plano a suave ondulado, que proporciona a instalação e uso desse sistema de irrigação. O Sistema de Irrigação por Pivô Central demanda áreas com declividade com até 5%, para que o equipamento possa operar com certa regularidade em toda a área irrigada, aumentando assim sua eficiência.

No Alto São Francisco há também alta incidência de pivôs, nas áreas mais planas da região. Percebe-se, no entanto que nas outras regiões há pólos de irrigação bem delimitados, como na região de Irecê, Petrolina e Juazeiro. Ao longo do Rio também é possível visualizar pivôs instalados.

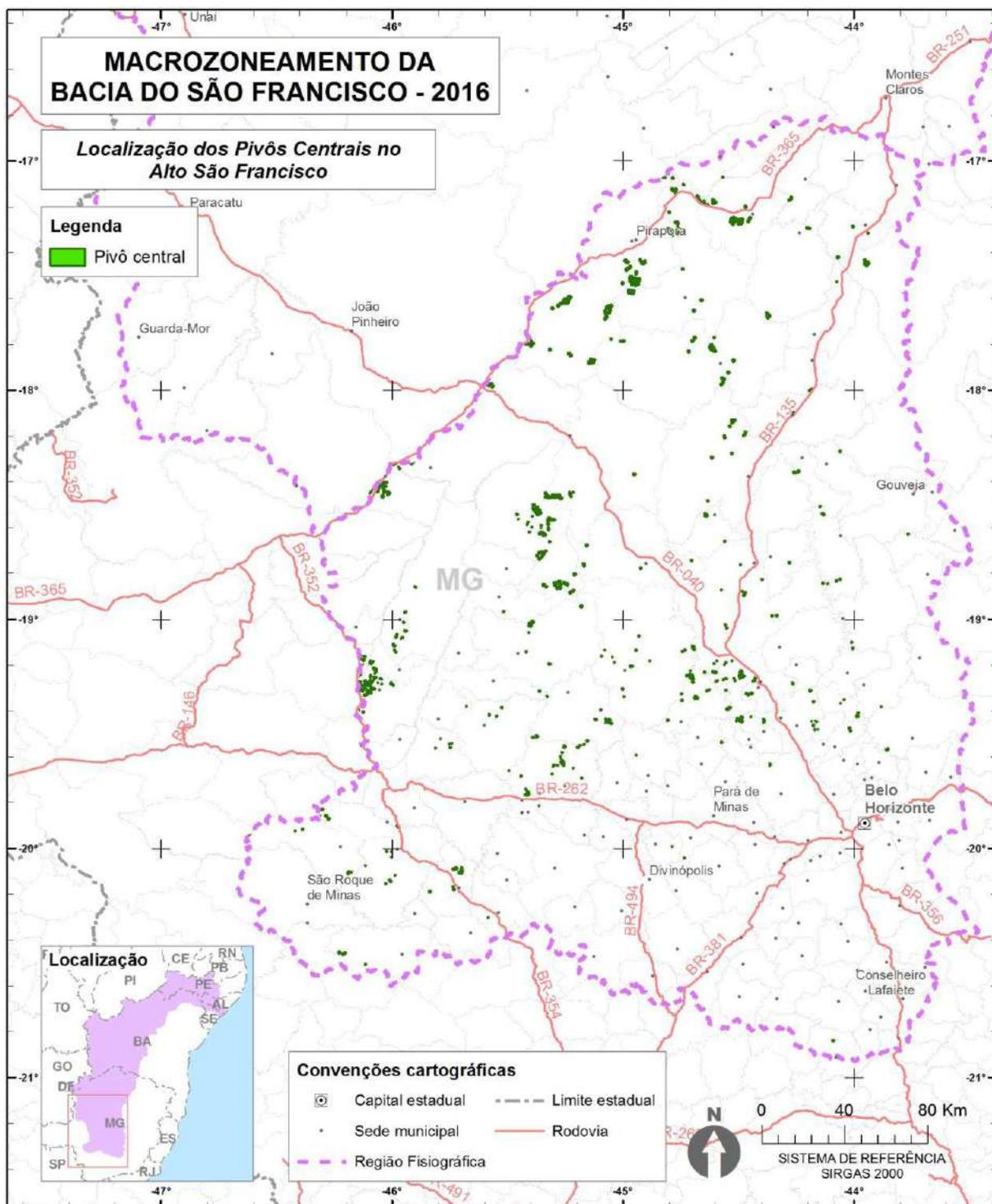
Sobrepondo as informações geradas no mapa de classes de terras para irrigação percebe-se que 90% dos pivôs estão inseridos em áreas com aptidão restrita para irrigação. Conforme constatado a seguir na Figura 82, Figura 83, Figura 84, Figura 85 e Figura 86.

Figura 82- Localização dos Pivôs Centrais na Bacia do Rio SF.



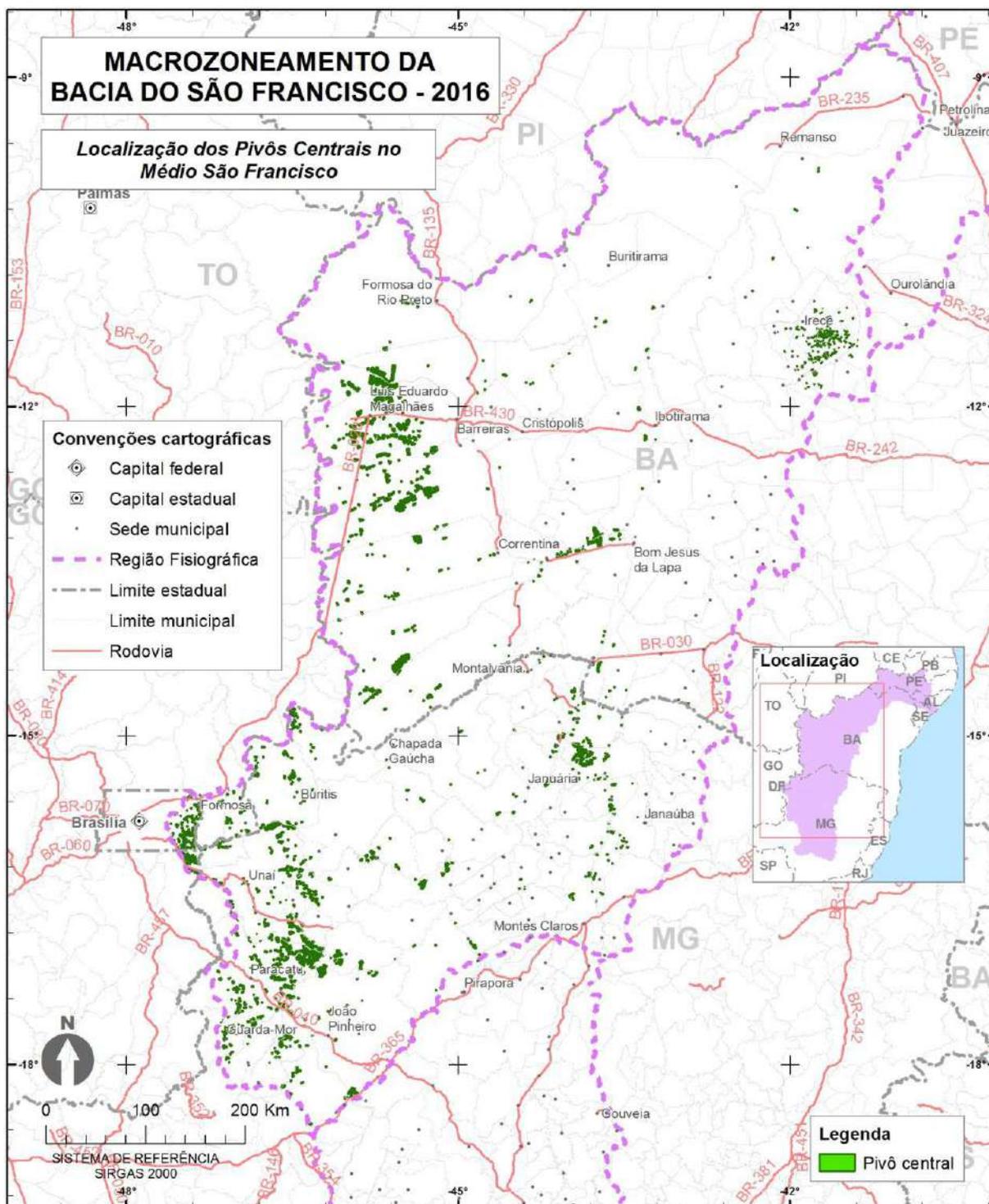
FONTE: ANA & Embrapa/CNPMS, 2014. "Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil - ano 2013". Disponível em: <<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/>>.

Figura 83- Localização dos Pivôs Centrais no Alto SF.



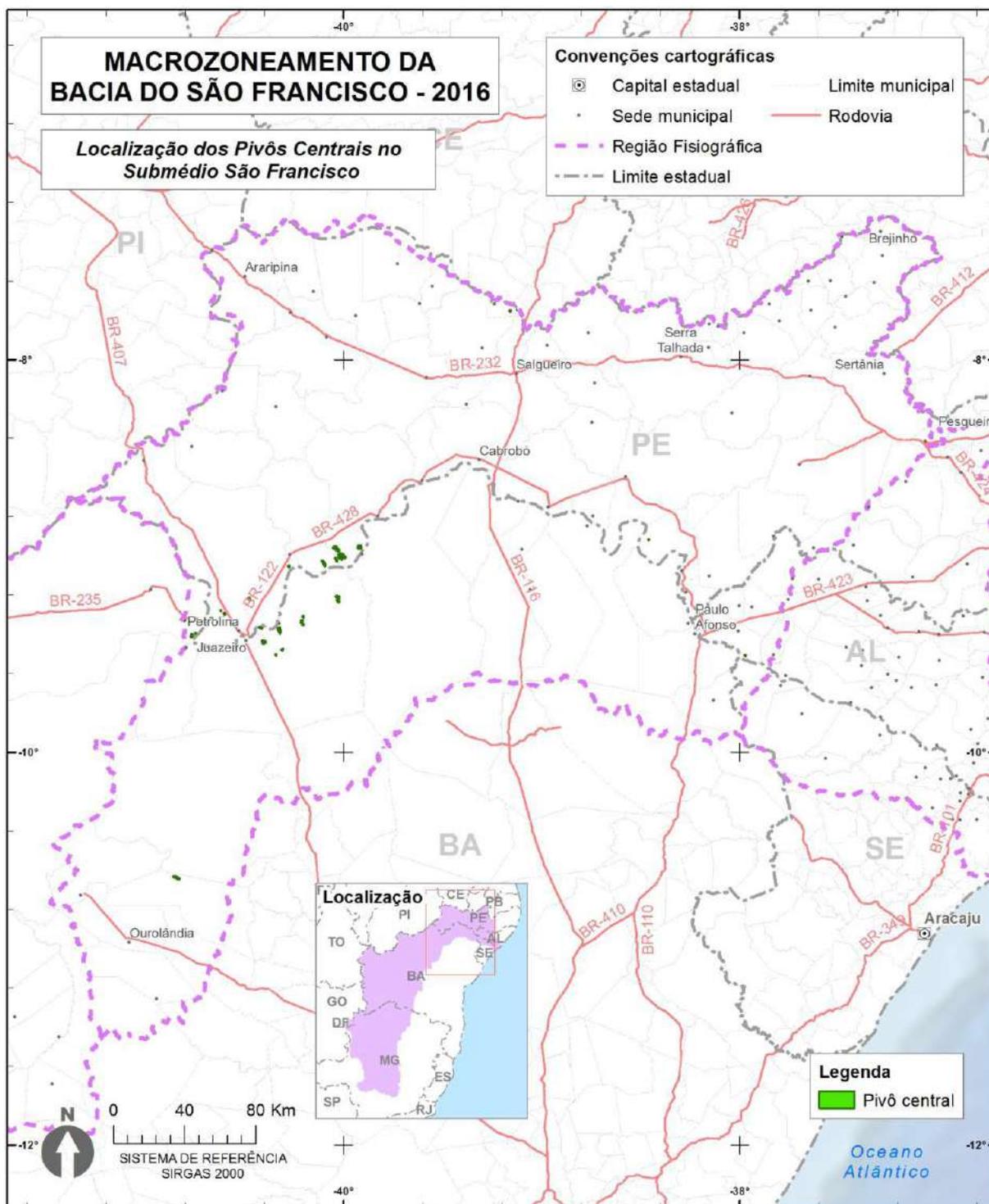
FONTE: ANA & Embrapa/CNPMS, 2014. "Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil - ano 2013". Disponível em: <<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/>>.

Figura 84- Localização dos Pivôs Centrais no Médio SF.



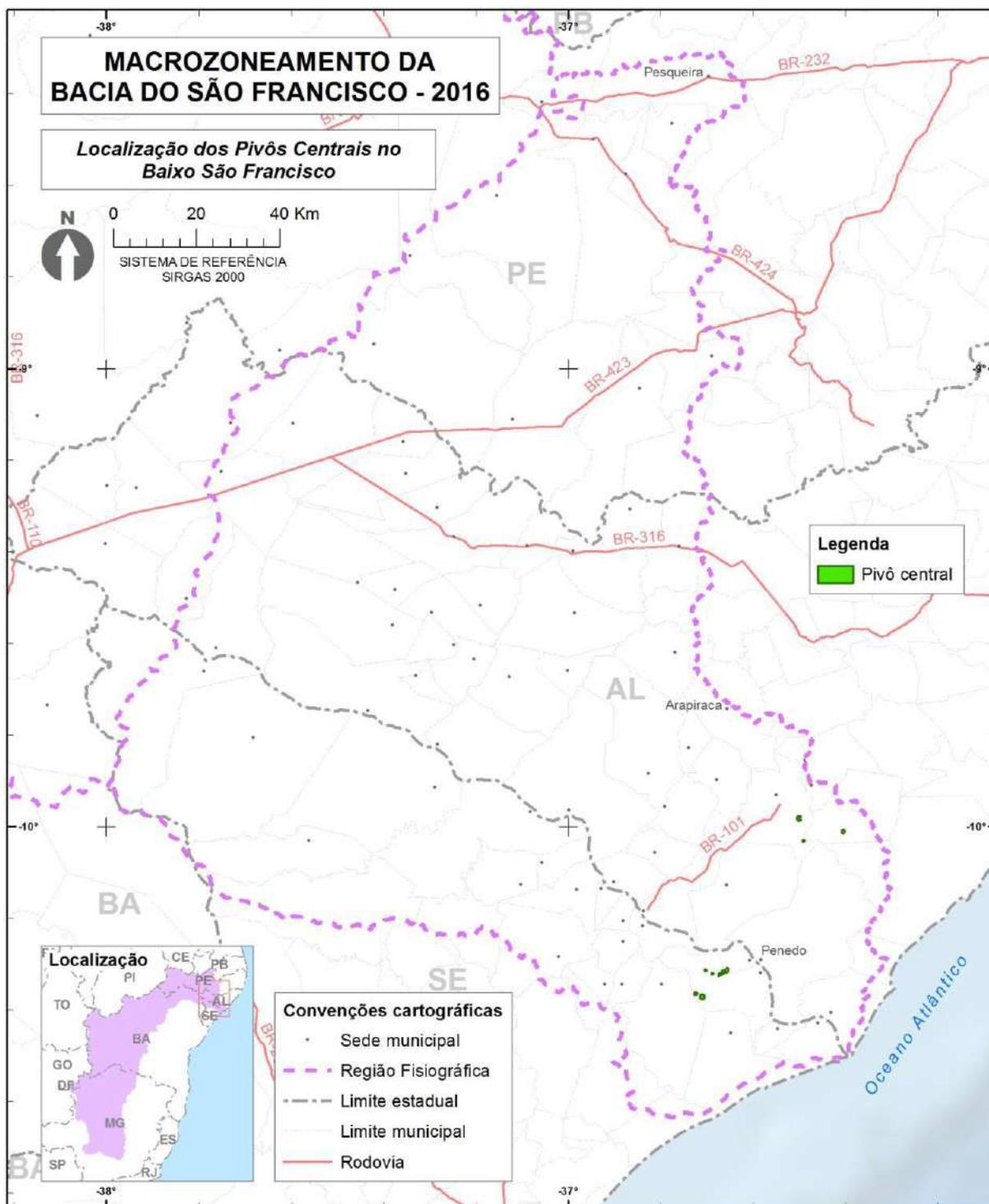
FONTE: ANA & Embrapa/CNPMS, 2014. "Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil - ano 2013". Disponível em: <<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/>>.

Figura 85- Localização dos Pivôs Centrais no Submédio SF.



FONTE: ANA & Embrapa/CNPMS, 2014. "Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil - ano 2013". Disponível em: <<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/>>.

Figura 86- Localização dos Pivôs Centrais no Baixo SF.



FONTE: ANA & Embrapa/CNPMS, 2014. "Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil - ano 2013". Disponível em: <<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/>>.

## 2.6 Hidrologia

A Hidrologia é a ciência que estuda a água na Terra, sua ocorrência, circulação, distribuição, suas propriedades físicas e químicas e sua relação com o meio ambiente. É uma ciência que está voltada para a representação dos processos físicos que ocorrem na bacia hidrográfica, baseando-se na observação dos processos envolvidos (TUCCI, 2001).

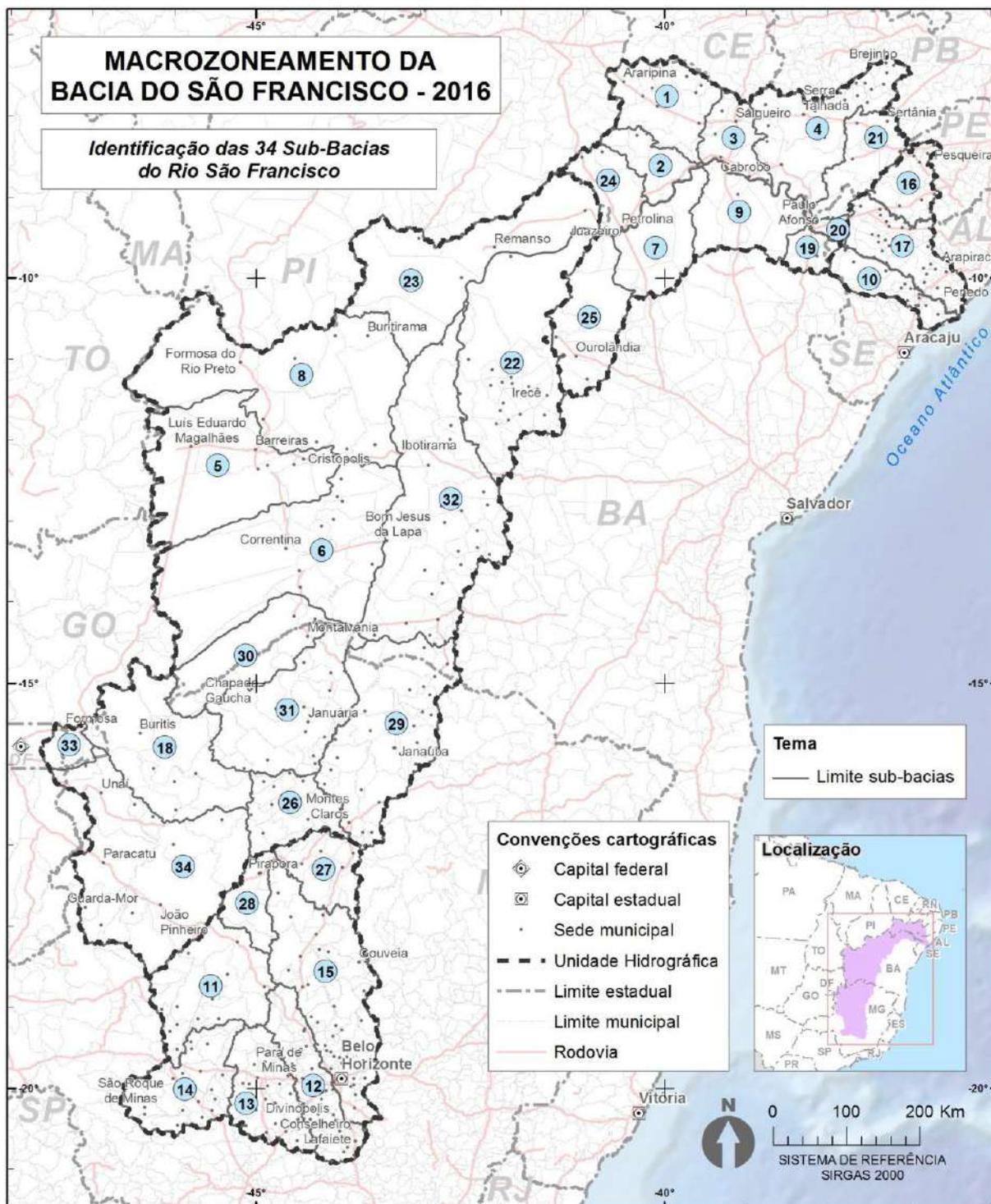
Uma maneira eficaz de monitorar a situação dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, do ponto de vista da quantidade e da qualidade, é realizar um panorama com um contínuo acompanhamento. Desta forma, é possível avaliar a evolução da gestão dos respectivos recursos, adquirindo estratégias que venham a subsidiar a identificação de necessidades e ações futuras.

A atualização e complementação do diagnóstico da hidrologia da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHSF), descrita nesta seção, foi realizada com este princípio, com base em dados consolidados a partir da melhor informação disponível na época de desenvolvimento deste trabalho.

Desta forma, esta parcela do trabalho é constituída dos seguintes temas: Quantificação das disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas; Quantificação das demandas hídricas; Balanço Hídrico das águas superficiais e subterrâneas; Identificação dos reservatórios existentes na bacia; Análise da qualidade das águas superficiais e subterrâneas; Levantamento sobre os trechos navegáveis do rio; e Levantamento sobre os aproveitamentos hidrelétricos no Rio São Francisco.

Para o detalhamento dos itens listados, foi realizado a divisão da BHSF nas quatro regiões fisiográficas (Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco), e em 34 sub-bacias identificadas na Figura 87, sendo cada uma destas caracterizadas pelos parâmetros exibidos no Quadro 28. Desta forma, os resultados apresentados neste item serão em função das respectivas regiões e sub-bacias.

Figura 87- Identificação das 34 sub-bacias.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

**Quadro 28- Caracterização das 34 sub-bacias.**

Região fisiográfica	Sub-bacia	ID	Identificação nível 3	Área km <sup>2</sup>	Área (%)	Comprimento da rede de drenagem [Km]
Alto SF	Afluentes Mineiros do Alto SF	14	S Franc 01	14.204	2,2	3.514
	Pará	13	Para 01	12.656	2,0	2.654
	Paraopeba	12	Paraopeba 01	12.092	1,9	2.710
	Entorno da Represa Três Marias	11	S Franc 02	18.714	2,9	3.995
	Rio das Velhas	15	Velhas 01	28.006	4,4	7.982
	Rio de Janeiro/Formoso	28	S Franc 03	6.041	0,9	1.385
	Jequitaiá	27	Jequitai 01	8.671	1,4	2.384
Médio SF	Alto Preto	33	Paracatu 01	3.235	0,5	563
	Paracatu	34	Paracatu 02	41.803	6,5	8.443
	Pacuí	26	Pacui 01	10.417	1,6	1.928
	Urucuia	18	Urucuia 01	26.048	4,1	4.785
	Rio Verde Grande	29	Verde Gr 01	31.210	4,9	5.888
	Pandeiros/Pardo/Manga	31	S Franc 04	24.480	3,8	4.138
	Carinhanha (MG/BA)	30	Carinhanha 01	16.856	2,6	2.643
	Corrente	06	Corrente 01	47.265	7,4	6.911
	Alto Grande	05	Grande SF 01	33.447	5,2	4.196
	Médio/Baixo Grande	08	Grande SF 02	50.100	7,8	7.415
	Parnamirim/Santo Onofre/Carnaíba de Dentro	32	S Franc 05	48.151	7,5	9.154
	Verde/Jacaré	22	S Franc 07	36.120	5,7	5.232
	Margem Esquerda do Lado de Sobradinho	23	S Franc 06	33.398	5,2	6.627
Submédio SF	Salitre	25	Salitre 01	15.091	2,4	2.505
	Rio do Pontal	24	Pontal 01	7.793	1,2	1.746
	Garças/GI6/GI7	02	Garcas 01	6.489	1,0	1.609
	Curaçá	07	Curaca 01	12.577	2,0	2.188
	Brígida	01	Brigida 01	13.667	2,1	3.076
	Terra Nova/GI4/GI5	03	Terra Nova 01	7.297	1,1	2.282
	Macururé	09	Macurure 01	13.753	2,2	2.288
	Pajeú/GI3	04	Pajeu 01	19.494	3,1	4.772
	Moxotó	21	Moxoto 01	9.817	1,5	2.326
	Curituba	19	Curituba 01	3.207	0,5	597
	Seco	20	S Franc 08	1.260	0,2	166
Baixo SF	Alto Ipanema	16	S Franc 09	6.847	1,1	1.699
	Baixo Ipanema/Baixo São Francisco (AL)	17	S Franc 10	11.906	1,9	2.273
	Baixo São Francisco (SE)	10	S Franc 11	6.771	1,1	1.741

FONTE: PRH-SF 2016-2025.

## 2.6.1 Aspectos quantitativos

Serão abordados neste item os aspectos quantitativos das águas superficiais e subterrâneas da BHSF, que consiste na análise da disponibilidade hídrica, da demanda hídrica e do balanço hídrico. O objetivo deste tema é sintetizar a situação atual da bacia e de seus recursos hídricos, identificando as vulnerabilidades e oportunidades dos corpos hídricos para a população local.

Os dados apresentados neste item foram extraídos do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2016-2025 (PRH-SF 2016-2025). Logo, as informações expostas neste relatório estão atualizadas e complementadas em relação ao Diagnóstico do Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Bacia Hidrográfica do São Francisco, finalizado no ano de 2011.

### a) Disponibilidade Hídrica

#### Águas Superficiais

Utilizaram-se os dados de fluviometria e pluviometria do Hidroweb, onde se analisou a quantidade de dados disponíveis, sua variabilidade ao longo do tempo e a cobertura espacial.

Para a bacia do Rio São Francisco, o Hidroweb dispõe de 1.212 estações fluviométricas e 1.684 estações pluviométricas. Destas estações, muitas não têm dados, outras têm um período de dados relativamente curto ou ainda constituem simples repetições de outras estações. O Quadro 29 a seguir exibe as referidas estações, ao longo das regiões fisiográficas.

**Quadro 29- Estações de monitoramento disponíveis no Hidroweb, por região fisiográfica.**

Tipo de estação de monitoramento	Alto SF	Médio SF	Subm. SF	Baixo SF	Total
Fluviométrica	559	587	191	75	1.412
Pluviométrica	437	791	339	117	1.684

FONTE: PRH-SF 2016-2025.

Foram selecionadas 101 estações fluviométricas e 331 estações pluviométricas, com período compreendido entre os anos de 1931 e 2013, para se obter a disponibilidade hídrica, sendo utilizados a qualidade dos dados como critério de seleção.

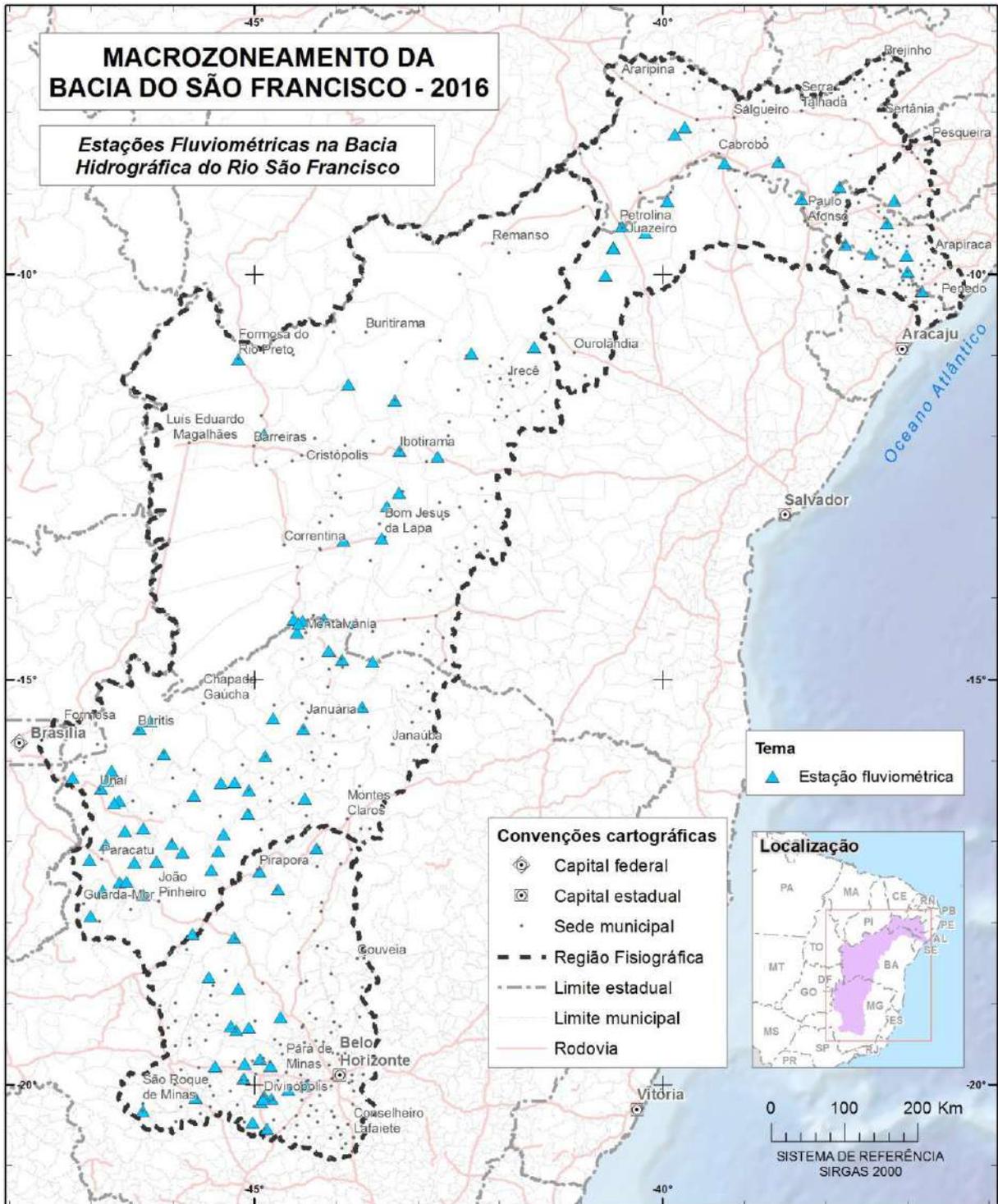
As informações das estações fluviométricas estão apresentadas no Anexo I, e suas respectivas localizações espaciais estão exibidas na Figura 88. Já o Anexo II apresenta as informações pluviométricas analisadas.

As estações fluviométricas foram divididas em três grupos:

- **Grupo 1:** estações localizadas no Rio São Francisco, com área de drenagem superior a 50.000 km<sup>2</sup>, a jusante do reservatório de Três Marias. Estas estações são as mais influenciadas pela regularização, mas também aquelas que permitem uma forma simplificada de avaliar as vazões pela bacia ao longo da calha do curso principal, e ao longo do tempo;
- **Grupo 2:** estações com menos de 50.000 km<sup>2</sup> de área de drenagem. Tais estações constituíram o principal suporte para a regionalização das vazões nas 34 sub-bacias;

- **Grupo 3:** vazões naturais estimadas pelo ONS entre os principais aproveitamentos hidrelétricos da bacia: Três Marias, Sobradinho, Itaparica e Xingó.

Figura 88- Estações Fluviométrica e Pluviométricas utilizadas.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Posteriormente, foram constatadas limitações relativas ao monitoramento, principalmente no Submédio e Baixo São Francisco, que não apresentam qualquer estação com dados de vazão de boa qualidade. Além desta limitação, verificou-se ainda que algumas das estações estão instaladas a jusante de reservatórios, onde impediu uma correta estimativa das vazões de permanência e característica para as sub-bacias.

Os valores regionalizados para cada sub-bacia permitiram verificar que existe uma grande variabilidade de vazões na bacia do Rio São Francisco, onde ocorre uma diminuição substancialmente dos valores de montante para jusante.

Para a referida regionalização, foram utilizados dados mensais de vazão para 30 anos. Devido as estações conterem um grande número de falhas temporais, foi necessário implementar um modelo de chuva-vazão SWAT, onde foram utilizados os dados das estações pluviométricas já referidas.

A atualização da regionalização das vazões médias de longo período, realizadas no PRH-SF 2016-2025, estão apresentadas no Quadro 30.

São exibidos os resultados da vazão média, da vazão de frequência igual a 50% da curva de permanência (Q50), da vazão de frequência igual a 90% da curva de permanência (Q90), da vazão de frequência igual a 95% da curva de permanência (Q95) e da vazão média de sete dias consecutivos com probabilidade de ocorrência de 10 anos (Q7,10). Como mencionado anteriormente, os resultados estão exibidos para as 34 sub-bacias.

A seguir são apresentadas as definições das vazões de referência (Q50, Q90, Q95 e Q7,10) utilizadas neste estudo:

- **Q50** – Representa a vazão que é superada ou igualada em 50% do tempo, que corresponde a uma vazão de 50% de garantia de ocorrência. É determinada a partir da curva de permanência de vazões;
- **Q90** - Corresponde a vazão que é superada ou igualada em 90% do tempo, que corresponde a uma vazão com 90% de garantia de ocorrência. É determinada a partir da curva de permanência de vazões;
- **Q95** – Indica a vazão que é superada ou igualada em 95% do tempo, sendo assim uma vazão de 95% de garantia de ocorrência. Assim como as anteriores, é determinada a partir da curva de permanência de vazões;
- **Q7,10** – É referente ao menor valor anual da vazão média de sete dias consecutivos, com probabilidade de ocorrência de, em média, uma a cada 10 anos. Essa é a menor e mais restritiva das vazões de referência, porém é a que apresenta maior garantia de ocorrência (próximo de 100%). É definida através da análise estática das Q7 de cada ano, ordenando na ordem crescente aplicando-se uma distribuição estatística de vazão mínima (Distribuição de Gumbel ou Weibull, por exemplo).

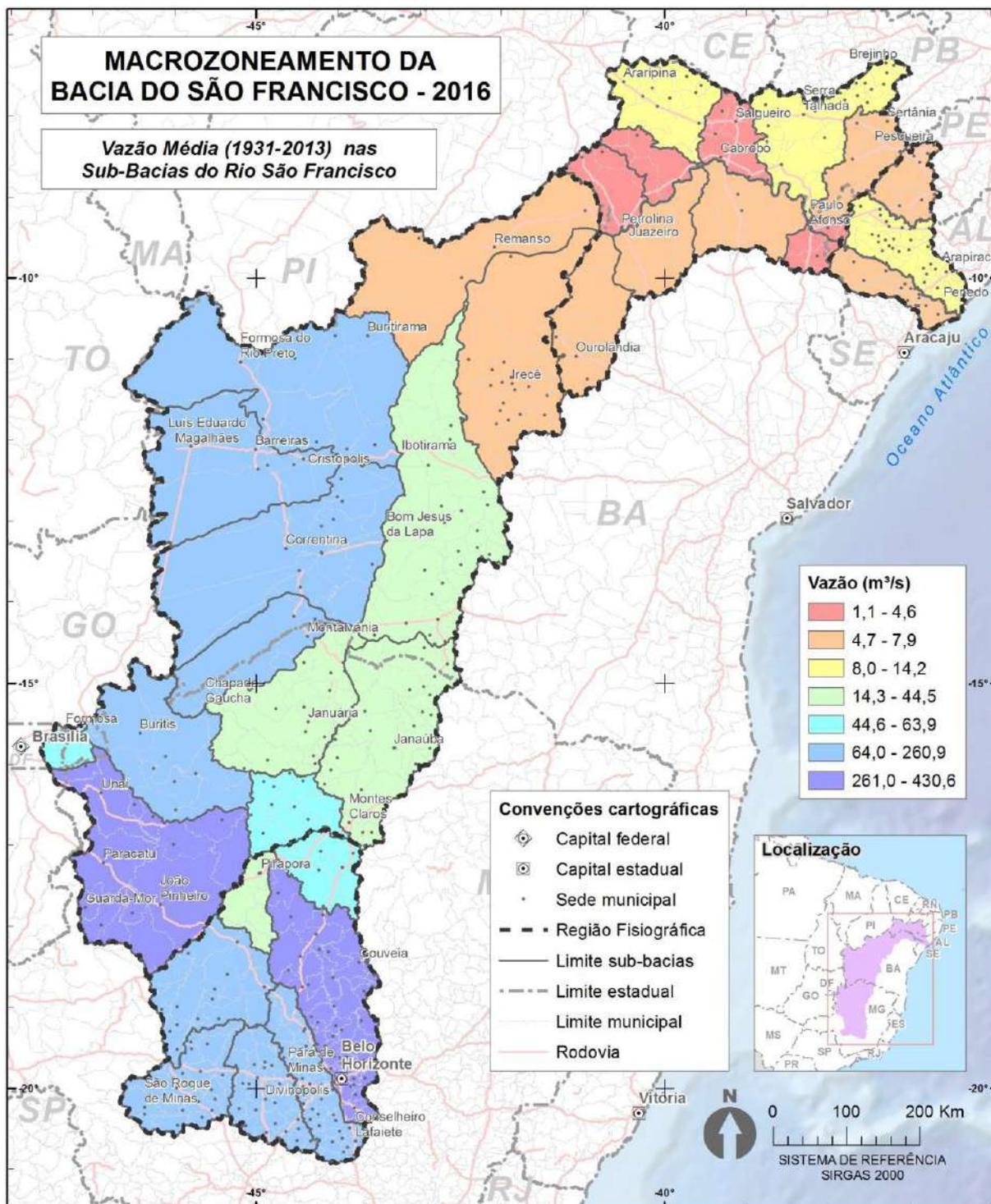
As referidas vazões estão representadas espacialmente na bacia através das Figura 89, Figura 90, Figura 91, Figura 92 e Figura 93.

**Quadro 30- Vazões médias por sub-bacia para o período de 1931 a 2013.**

RF	Nome da Bacia	Código	Vazão média	Q95	Q7,10	Q90	Q50
			[m³/s]	[m³/s]	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)
			(1931-2013)	(1931-2013)	(1931-2013)	(1931-2013)	(1931-2013)
Alto SF	Afluentes Mineiro do Alto do SF	S FRANC 01	228,2	53,5	40,6	62,5	137,2
	Rio Pará	PARA SF 01	154,7	43,0	36,3	58,1	117,6
	Rio Paraopeba	PARAOPEBA 01	166,2	51,9	46,9	67,7	125,7
	Entorno da Represa de Três Marias	S FRANC 02	138,0	31,1	24,6	47,3	119,9
	Rio das Velhas	VELHAS 01	321,9	61,8	41,7	73,1	176,0
	Rio de Janeiro e Formoso	S FRANC 03	44,5	3,0	1,8	3,7	12,6
Médio SF	Rio Jequitai	JEQUITAI 01	63,9	4,4	2,5	5,3	18,1
	Alto Rio Preto	PARACATU 01	50,8	14,6	11,6	18,9	41,1
	Rio Paracatu	PARACATU 02	430,6	66,5	43,5	87,4	222,0
	Rio Pacuí	PACUI 01	47,7	9,7	6,1	11,3	26,5
	Rio Urucuia	URUCUIA 01	260,9	37,7	24,1	48,8	149,2
	Rio Verde Grande	VERDE GR 01	33,7	0,6	0,1	1,2	8,9
	Rios Pandeiros, Pardo e Manga	S FRANC 04	39,0	10,6	8,6	11,6	21,1
	Rio Carinhanha	CARINHANHA 01	146,5	85,4	81,6	93,1	131,6
	Rio Corrente	CORRENTE 01	221,8	136,1	127,4	143,6	192,2
	Alto Rio Grande	GRANDE SF 01	143,4	93,0	82,5	130,9	177,8
	Médio e Baixo Rio Grande	GRANDE SF 02	137,1	85,2	82,1	119,8	156,0
	Rios Parnamirim, Santo Onofre e Carnaíba de Dentro	S FRANC 05	34,5	0,0	0,0	0	2,9
	Rio Verde e Jacaré	S FRANC 07	7,0	0,2	0,1	0,4	2,2
	Margem esquerda do Lago de Sobradinho	S FRANC 06	6,4	0,2	0,1	0,4	2,0
SBM SF	Rio Salitre	SALITRE 01	7,9	1,0	0,7	1,8	2,9
	Rio Pontal	PONTAL 01	4,1	0,5	0,3	1	1,5
	Rio Garças	GARÇAS 01	4,0	0,5	0,3	0,9	1,4
	Rio Curaça	CURACA 01	6,4	0,8	0,5	1,5	2,3
	Rio Brígida	BRÍGIDA 01	10,6	1,4	0,9	2,5	3,8
	Rio Terra Nova	TERRA NOVA 01	4,6	0,6	0,4	1,1	1,7
	Rio Macururé	MACURURE 01	6,6	0,9	0,6	1,5	2,4
	Rio Pajeú	PAJEU 01	14,2	1,9	1,2	3,3	5,2
	Rio Moxotó	MOXOTO 01	7,7	1,0	0,6	1,8	2,8
	Rio Curituba	CURITUBA 01	1,8	0,2	0,2	0,4	0,6
	Talhada/Riacho Seco	S FRANC 08	1,1	0,1	0,1	0,3	0,4
Baixo SF	Alto Rio Ipanema	S FRANC 09	5,6	0,7	0,5	1,3	2,0
	Baixo Ipanema e Baixo SF	S FRANC 10	11,4	1,5	1,0	2,6	4,1
	Baixo São Francisco em Sergipe	S FRANC 11	6,0	0,8	0,5	1,4	2,2
Total			2.768,70	800,4	670,0	1006,5	1873,9

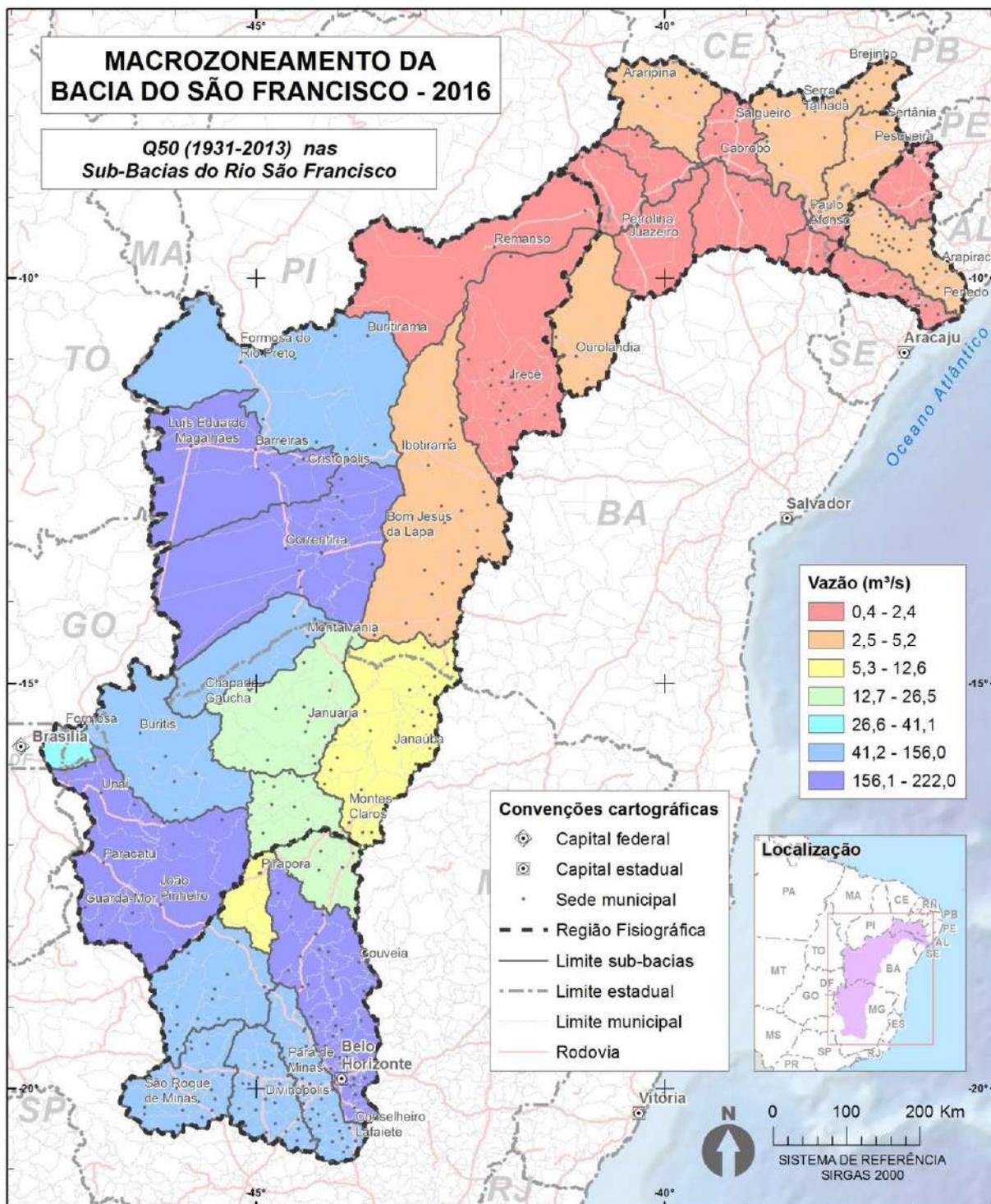
FONTE: PRH-SF 2016-2025.

Figura 89- Vazão média (1931-2013).



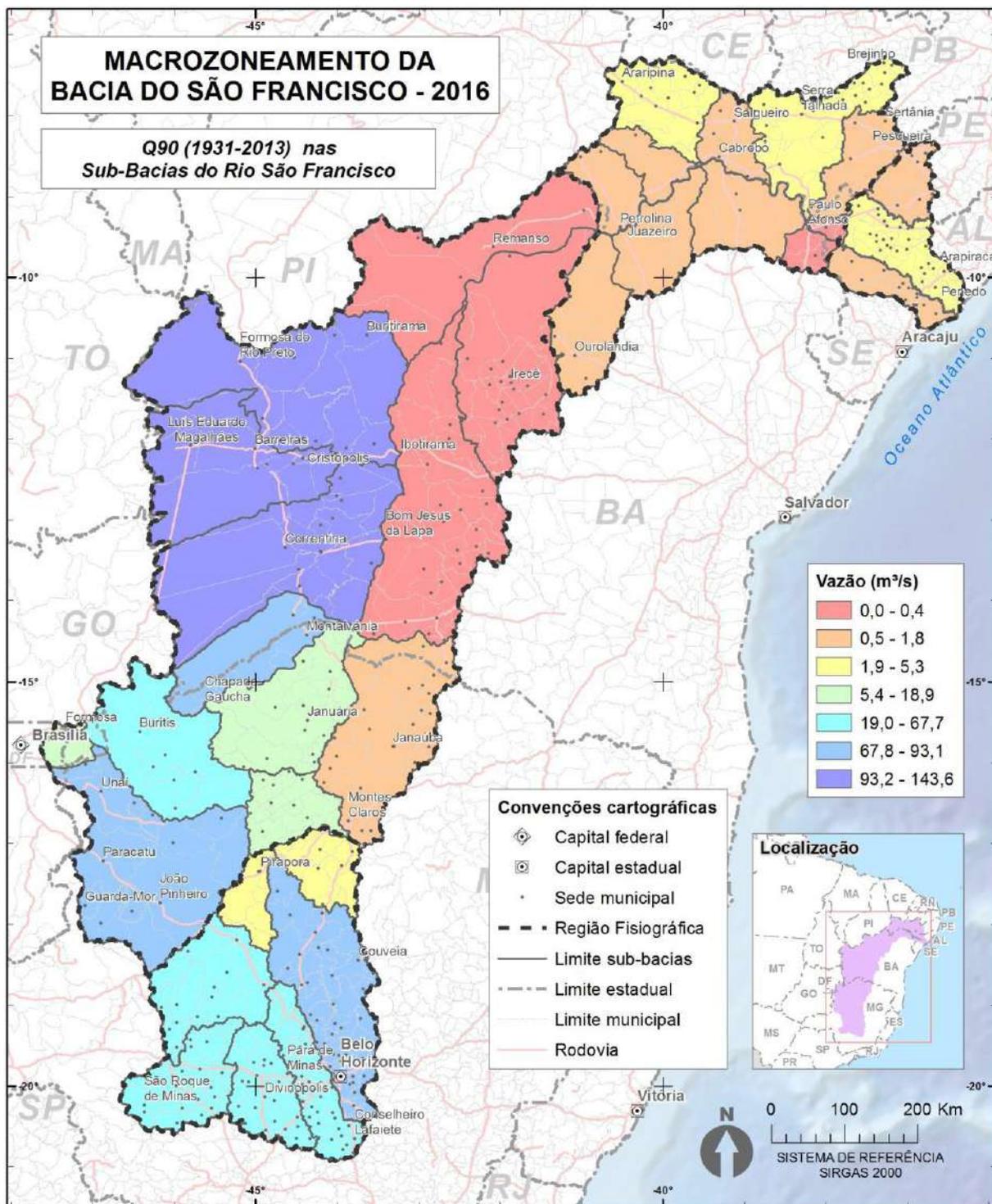
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 90- Vazão Q50 (1931-2013).



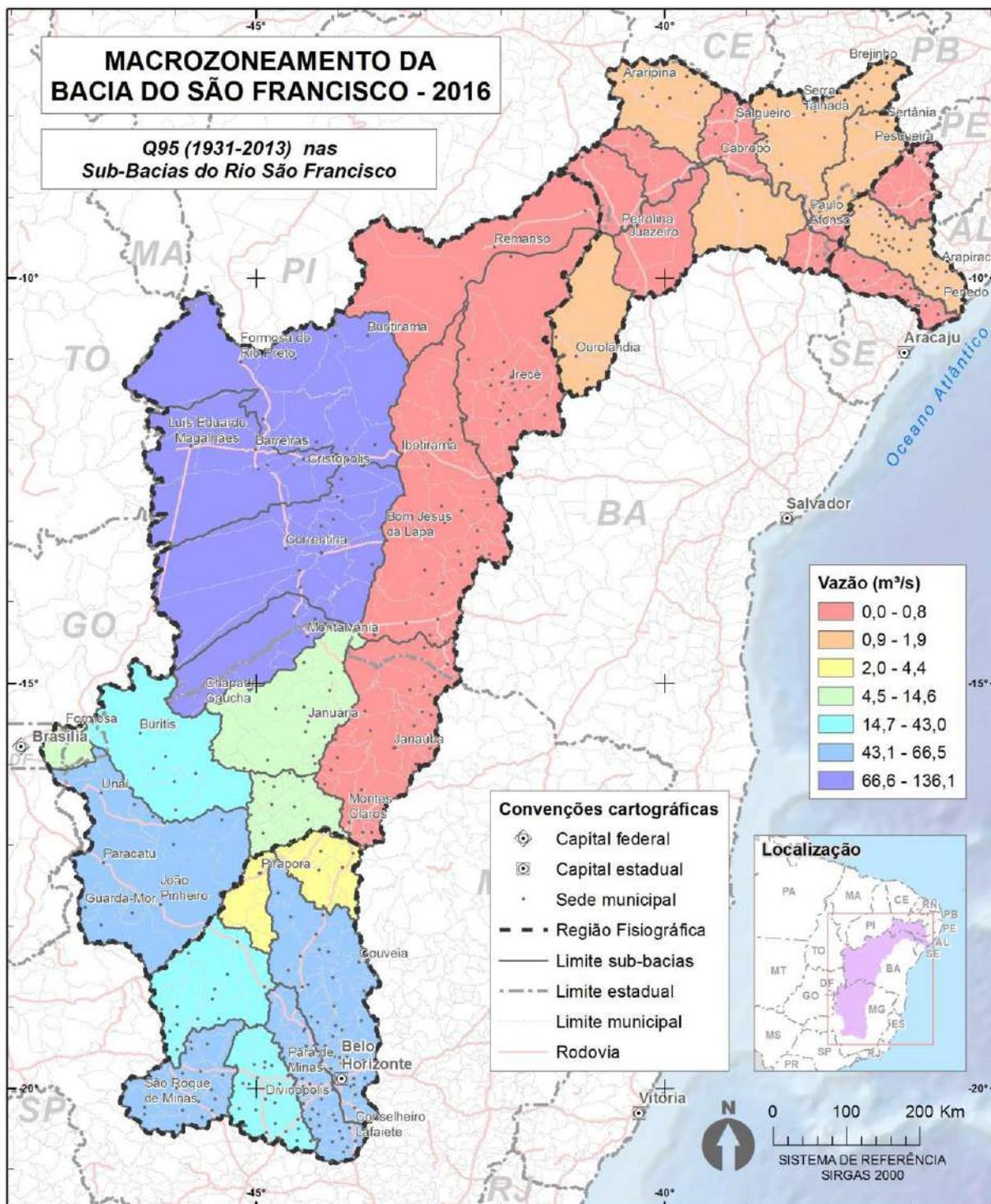
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 91- Vazão Q90 (1931-2013).



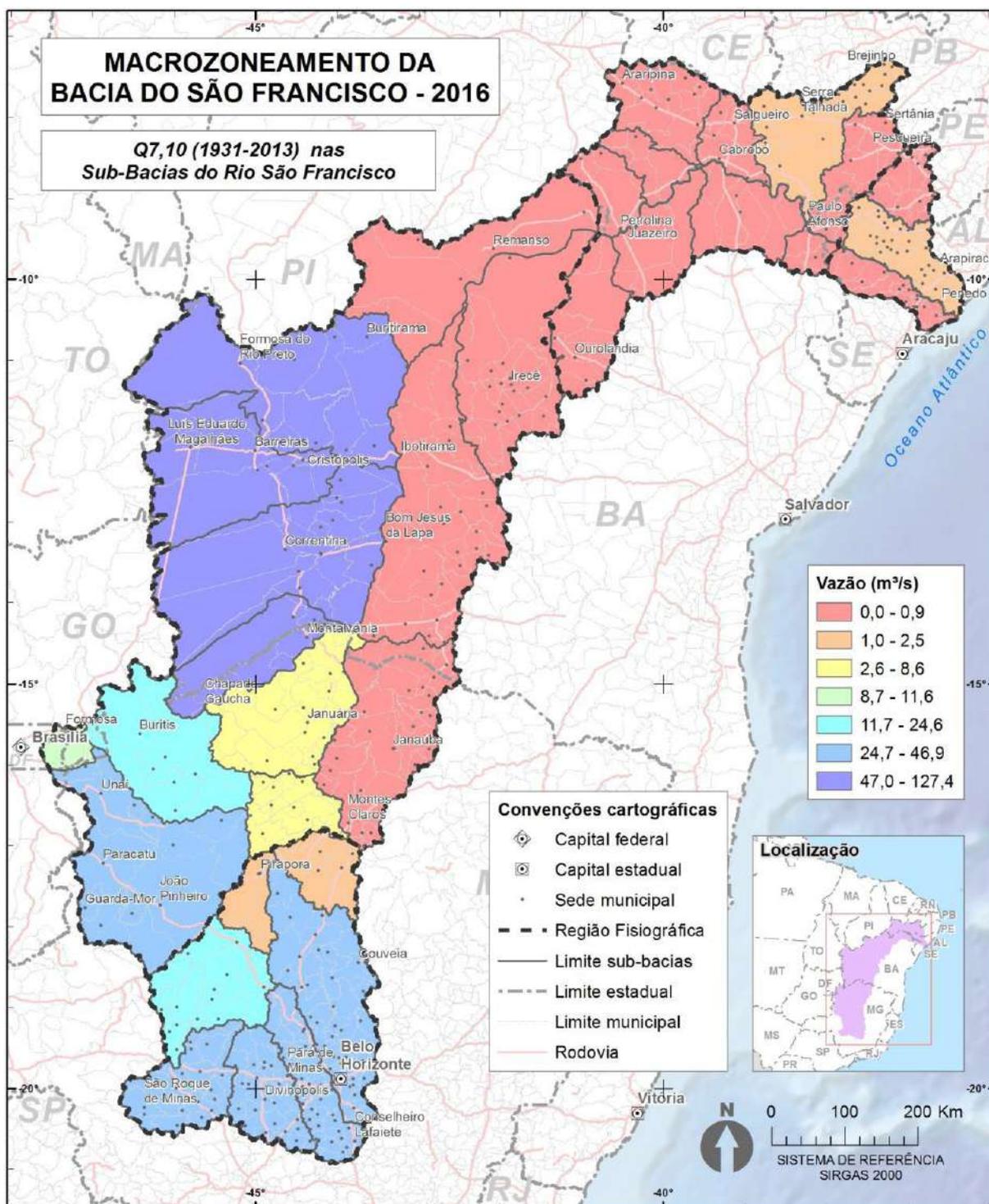
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 92- Vazão Q95 (1931-2013).



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 93- Vazão Q7,10 (1931-2013).



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Como pode ser visto nas figuras acima, a região do Alto São Francisco é aquela que apresentou a maior disponibilidade de água na bacia. Já o Médio São Francisco conteve uma particularidade, uma vez que as sub-bacias do Alto Grande, Corrente, Médio/Baixo Grande e Carinhanha obteve uma boa disponibilidade, sendo até maior do que a do Alto São Francisco. Porém, as outras sub-bacias que integram esta região fisiográfica, obtiveram uma baixa disponibilidade. As regiões do Submédio e Baixo

São Francisco, que estão localizadas na região do semiárido, apresentaram também uma reduzida disponibilidade hídrica.

Em regiões que apresentam uma menor disponibilidade hídrica, indica que há uma menor vazão. Diante do exposto, a disponibilidade hídrica superficial atualizada para a BHSF foi estimada, para o período de 1931-2013, em uma vazão média de 2.769 m<sup>3</sup>/s, em uma vazão de permanência Q95 de 800 m<sup>3</sup>/s e em uma vazão Q7,10 de 670 m<sup>3</sup>/s.

### Águas Subterrâneas

As disponibilidades subterrâneas no PRH-SF 2016-2025 foram estimadas em função das taxas de recarga dos aquíferos e nos valores de escoamento subterrâneo, este último estimado a partir da vazão total (Precipitação-Evapotranspiração Real).

Através de dados secundários disponíveis em estudos hidrogeológicos parciais e específicos para os sistemas de aquíferos aflorantes, foram obtidas as taxas de recarga.

Há casos em que as taxas de recarga são bem conhecidas e seguras, como por exemplo, a do sistema aquífero Urucuia. Mas, na sua maioria, os sistemas aquíferos são menos estudados. Nestes casos, foram adotadas taxas tendo em conta os tipos litológicos e os valores apresentados em áreas com características similares às de sistema aquíferos melhor conhecidos.

Desta forma, foram determinadas as taxas de recarga apresentadas no Quadro 31, sendo estas utilizadas para a estimativa das disponibilidades subterrâneas.

**Quadro 31- Taxas de recarga consideradas para a estimativa de disponibilidade subterrânea.**

<b>Taxas de Recarga</b>	<b>Aquífero aflorante</b>
25%	Formação Barreiras
23,5%	Depósito Aluvionar
20,0%	Grupo Urucuia, Depósito Litorâneo, Grupo Areado
15,0%	Depósito Eólico, Formação São Sebastião, Formação Tacaratu, Grupo Estância (unidade carbonática)
12,0%	Grupo Serra Grande
10,0%	Formação Salitre, Grupo Bambuí (unidade carbonática), Complexo Marancó, unidade carbonática, Complexo Santa Filomena, Formação Barra Bonita, unidade carbonática, Formação Caatinga, Formação Candeias, Formação Candeias/Grupo Ilhas Indiscriminados, Formação Gandarela, unidade carbonática Formação Inajá, Formação marizal, Grupo Igreja Nova - Perucaba Indiscriminados, Grupos Ilhas

**FONTE:** PRH-SF 2016-2025.

Os valores de escoamento subterrâneo foram determinados através da vazão total na bacia hidrográfica (superficial e subterrânea) a partir da diferença entre a precipitação e a evapotranspiração real. Assim, os valores de vazão total foram cruzados espacialmente com as estimativas de recarga, e a água remanescente foi atribuída ao escoamento superficial na rede hidrográfica, tendo em conta a análise espacial cruzada da localização dos aquíferos na integração com as sub-bacias.

Como resultado, a disponibilidade hídrica subterrânea estimada para a BHSF foi de 365,6 m<sup>3</sup>/s. O Quadro 32 apresenta os resumos das disponibilidades subterrâneas por

região fisiográfica e por sub-bacia. Já a Figura 94 apresenta espacialmente esta disponibilidade.

Os resultados das disponibilidades subterrâneas são em função das Reservas Reguladoras e Explotáveis, onde estas correspondem a:

- **Reserva Reguladora** – podendo ser chamada também de Reserva Renovável, corresponde ao volume hídrico acumulado no meio aquífero, em função da porosidade eficaz ou do coeficiente de armazenamento e variável anualmente em decorrência dos aportes sazonais de água superficial, do escoamento subterrâneo e dos exutórios;
- **Reserva Explotável** – corresponde a uma parcela da reserva reguladora, sendo a quantidade máxima de água que pode ser explotada de um aquífero, sem que haja riscos de prejuízo ao manancial ou ocorrência de efeitos indesejáveis. Esta deve garantir a manutenção de uma vazão mínima dos cursos d'água.

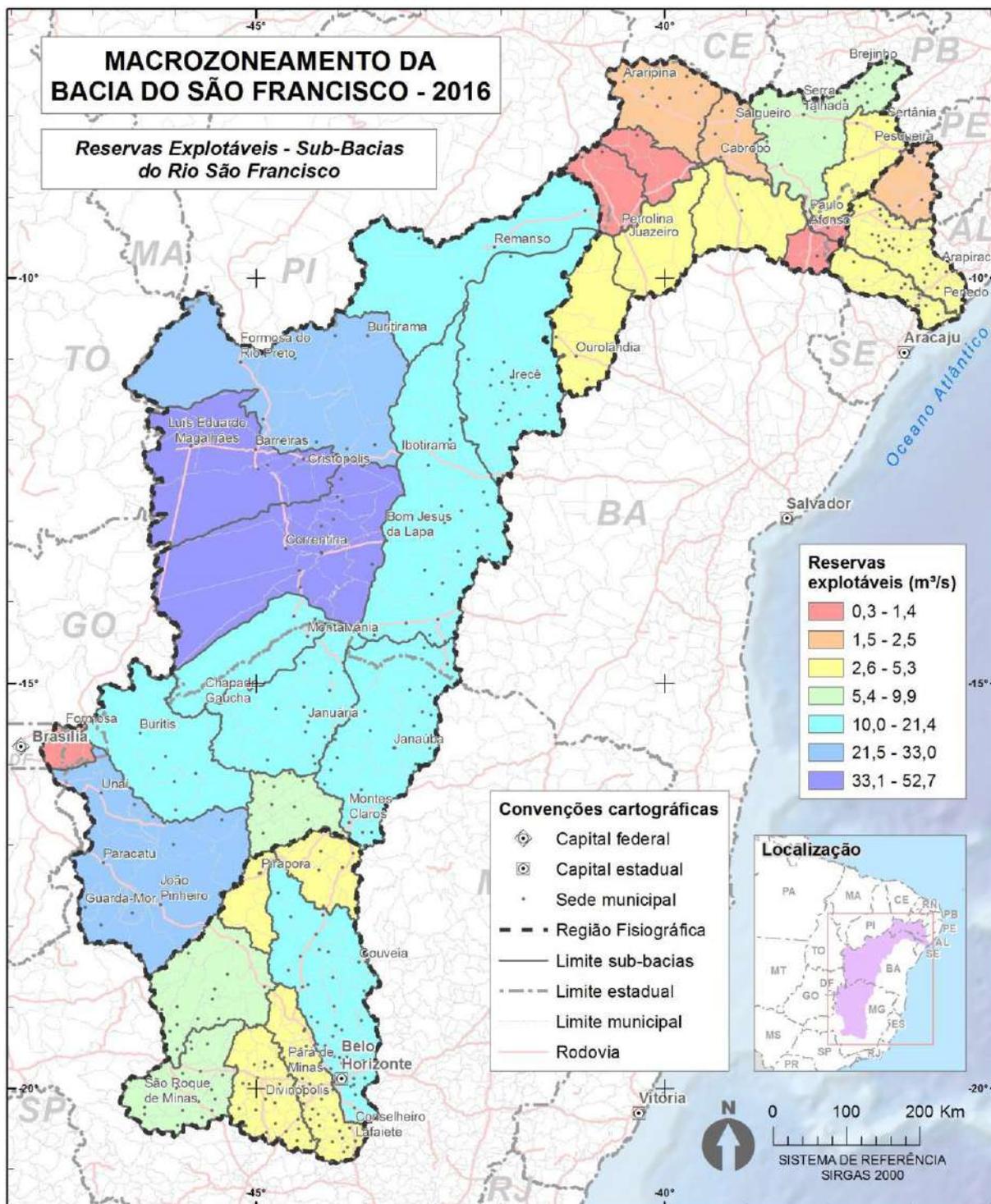
**Quadro 32- Disponibilidades hídricas subterrâneas por região fisiográfica e por sub-bacia.**

Região	Sub-bacia	Reservas reguladoras (m <sup>3</sup> /s)	Reservas explotáveis (m <sup>3</sup> /s)
Alto	Velhas	59,12	11,82
	Jequitaiá	25,29	5,06
	Rio de Janeiro/Formoso	23,25	4,65
	Entorno da Represa de Três Marias	49,35	9,87
	Pará	24,53	4,91
	Paraopeba	24,3	4,86
	Afluentes Mineiros do Alto S. Francisco	28,39	5,68
Médio	Alto Grande	263,58	52,72
	Alto Preto	6,84	1,37
	Carinhanha (MG/BA)	107,16	21,43
	Corrente	236,11	47,22
	Margem Esquerda do Lago de Sobradinho	59,74	11,95
	Médio/Baixo Grande	164,79	32,96
	Pacuí	33,25	6,65
	Pandeiros/Pardo/Mangaí	101,51	20,3
	Paracatu	154,29	30,86
	Paramirim/Santo Onofre/Carnaíba de Dentro	71,39	17,28
	Urucuia	81,35	16,27
	Verde Grande	60,36	12,07
	Verde/Jacaré	56,1	11,22
Submédio	Brígida	12,67	2,53
	Curaçá	16,07	3,21
	Curitiba	5	1

Região	Sub-bacia	Reservas reguladoras (m <sup>3</sup> /s)	Reservas explotáveis (m <sup>3</sup> /s)
	Garças/GI6/GI7	6,21	1,24
	Macureré	17,62	3,52
	Moxotó	16,78	3,36
	Pajeú/GI3	29,81	5,96
	Rio do Pontal	7,14	1,43
	Salitre	22,73	4,55
	Riacho Seco	1,62	0,32
	Terra Nova/GI4/GI5	8,48	1,7
Baixo	Alto Ipanema	7,91	1,58
	Baixo Ipanema/Baixo São Francisco (AL)	26,51	5,3
	Baixo São Francisco (SE)	18,64	3,73
<b>Total</b>		<b>1827,89</b>	<b>365,58</b>

FONTE: PRH-SF 2016-2025.

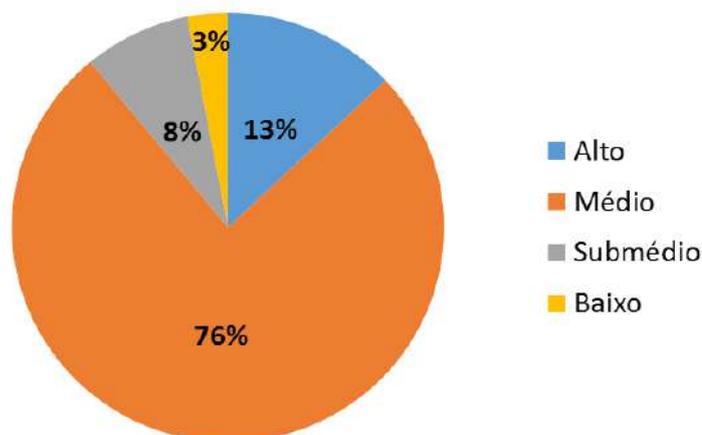
Figura 94- Disponibilidade hídrica subterrânea.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

É importante ressaltar que 76% das disponibilidades hídricas subterrâneas ocorrem no Médio, 13% no Alto, 8% no Submédio e 3% no Baixo São Francisco (Figura 95). Refina-se o peso do sistema aquífero Urucuia, localizado no Médio São Francisco, responsável por cerca de 41% das disponibilidades estimadas na BHSF.

Figura 95- Distribuição das disponibilidades hídricas subterrâneas por região fisiográfica.



FONTE: ANA (2013, 2015c, d).

### Demanda Hídrica

A demanda hídrica corresponde à água que se calcula ser necessário captar para atender os diversos usos consultivos, ou seja, a **vazão retirada** dos corpos hídricos da bacia. Uma parcela desta água é devolvida ao ambiente após o uso, denominada de **vazão de retorno**, determinada através de um coeficiente de retorno específico para o respectivo tipo de uso. Então, a água não devolvida, aquela efetivamente consumida pelos usuários, conhecida por **vazão de consumo**, deve ser calculada pela diferença entre a vazão retirada e a vazão de retorno, segundo ANA (2015b).

Serão apresentadas neste item as demandas efetivas de água na BHSF, para os principais usos consultivos, sendo estas:

- Abastecimento urbano;
- Abastecimento rural;
- Irrigação;
- Criação animal e;
- Abastecimento industrial.

Nesta quantificação por setor de usuários, detalhada por região fisiográfica e por sub-bacia, foi utilizada no PRH-SF 2016-2025 os bancos de dados mais atuais quanto possíveis, concretamente à informação geográfica e folhas de cálculo associadas às demandas da Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2013 (ANA, 2013), disponibilizadas pela ANA.

Em média, os coeficientes de retorno usados no referido estudo foram: abastecimento urbano – 0,8; abastecimento rural – 0,5; abastecimento industrial – 0,8; irrigação – 0,2; criação de animais – 0,2.

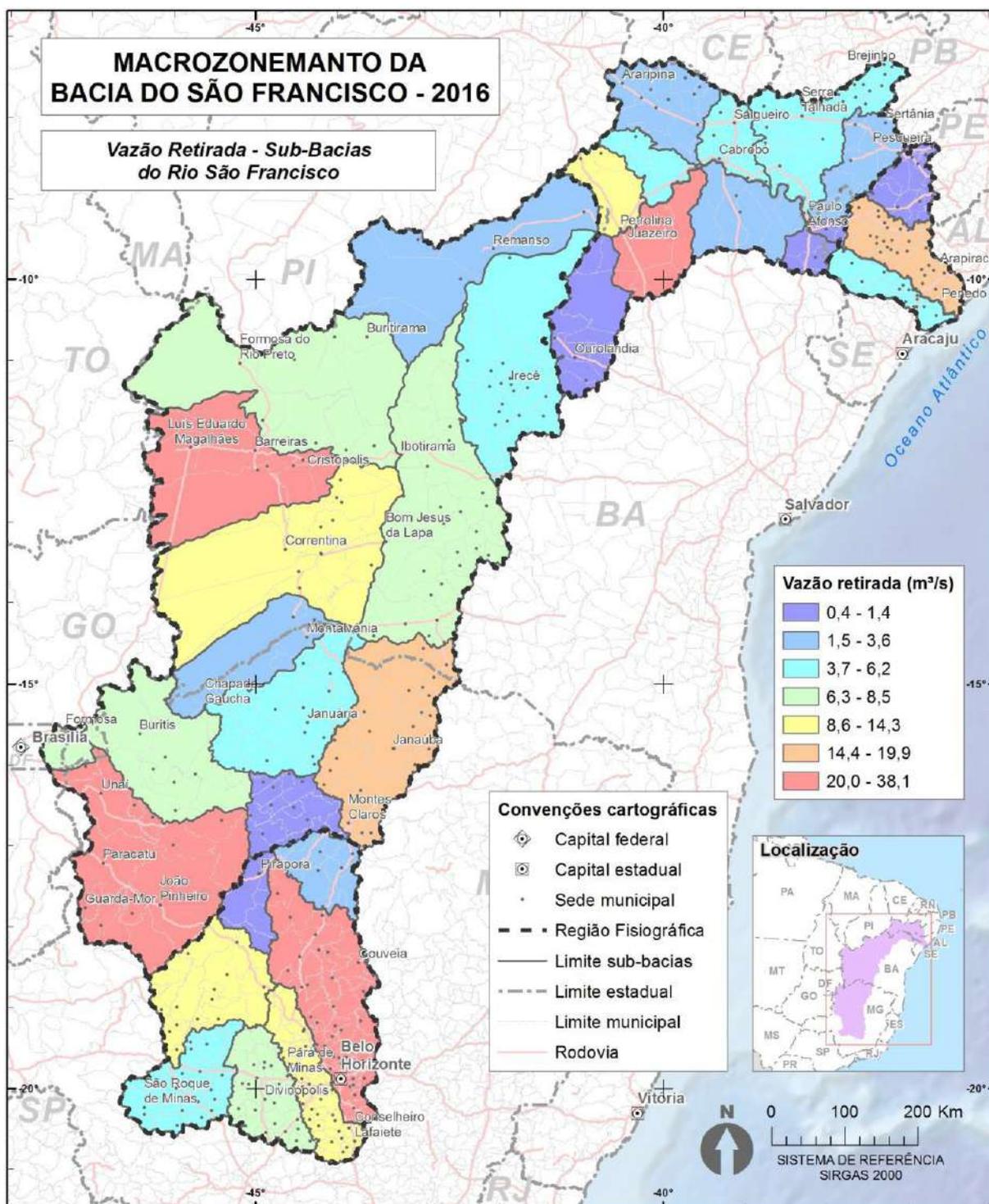
O Quadro 33 apresenta as vazões retiradas, consumidas e de retorno por sub-bacia, onde os dados coletados correspondem ao ano de 2010, com exceção do componente do setor de irrigação, atualizada em 2013. A Figura 96 ilustra a demanda total distribuída nas sub-bacias.

**Quadro 33- Vazões retiradas, consumidas e de retorno por sub-bacia.**

Sub-bacia	Vazão (m³/s)		
	Retirada	Consumo	Retorno
Afluentes Mineiro do Alto SF	4,406	2,757	1,649
Entorno da Represa de Três Marias	10,883	8,328	2,555
Rio das Velhas	28,070	9,233	18,837
Rio de Janeiro e Formoso	1,425	0,879	0,546
Rio Jequitáí	2,042	1,454	0,588
Rio Pará	7,471	2,851	4,620
Rio Paraopeba	11,828	4,835	6,993
<b>Alto São Francisco</b>	<b>66,124</b>	<b>30,336</b>	<b>35,788</b>
Alto Rio Grande	28,563	22,358	6,205
Alto Rio Preto	6,688	5,130	1,558
Margem esquerda do Lado de Sobradinho	3,082	2,342	0,740
Médio e Baixo Rio Grande	8,460	6,583	1,878
Rio Carinhanha	2,191	1,701	0,490
Rio Corrente	14,300	11,155	3,145
Rio Pacuí	1,293	0,907	0,386
Rio Paracatu	38,075	29,820	8,255
Rio Urucuia	7,902	6,205	1,697
Rio Verde Grande	19,864	14,913	4,951
Rios Parnamirim, Santo Onofre e Carnaíba de Dentro	8,103	5,920	2,183
Rios Pandeiros, Pardo e Manga	5,687	4,265	1,423
Rios Verde e Jacaré	6,204	4,506	1,698
<b>Médio São Francisco</b>	<b>150,413</b>	<b>115,804</b>	<b>34,609</b>
Rio Brígida	3,616	2,523	1,093
Rio Curaça	26,053	20,408	5,645
Rio Curitiba	1,134	0,729	0,405
Rio Garças	5,236	4,086	1,150
Rio Macururé	2,754	2,177	0,576
Rio Moxotó	2,042	1,338	0,704
Rio Pajeú	4,797	3,310	1,487
Rio Pontal	14,238	10,763	3,475
Rio Salitre	1,101	0,785	0,315
Rio Terra Nova	4,738	3,588	1,151
Talhada/Riacho Seco	0,353	0,194	0,159
<b>Submédio São Francisco</b>	<b>66,061</b>	<b>49,900</b>	<b>16,160</b>
Alto Rio Ipanema	1,248	0,693	0,556
Baixo Ipanema e Baixo SF	19,510	14,610	4,901
Baixo São Francisco em Sergipe	6,089	4,434	1,655
<b>Baixo São Francisco</b>	<b>26,848</b>	<b>19,736</b>	<b>7,112</b>
<b>Total</b>	<b>309,446</b>	<b>215,777</b>	<b>93,669</b>

FONTE: ANA, 2013<sup>a</sup>, 2015c,d.

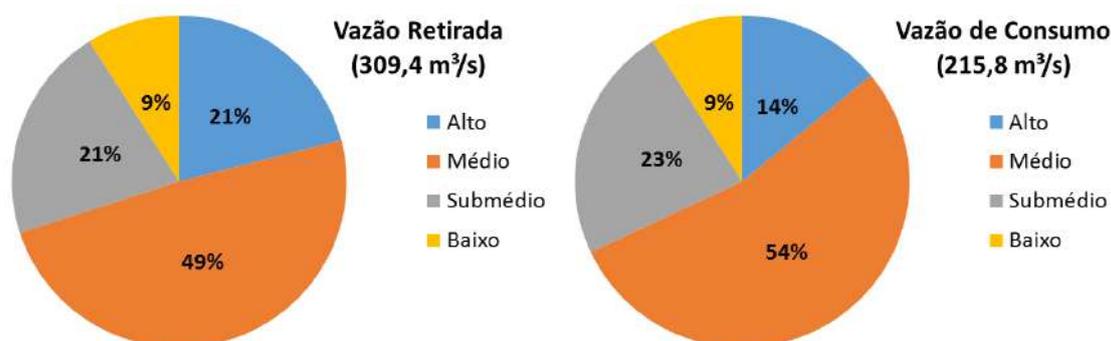
Figura 96- Demandas Hídricas Totais.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Em relação às regiões fisiográficas, as vazões de retirada na bacia do São Francisco, são distribuídas como indica a Figura 96: 49% no Médio, Alto e Submédio concentram cada uma aproximadamente 21% e Baixo São Francisco 9%. Já a vazão consumida é distribuída nas regiões fisiográficas da seguinte forma: 54% corresponde ao Médio, 23% ao Submédio, 14% ao Alto e, por fim, 9% ao Baixo São Francisco. A Figura 97 representa graficamente estes resultados.

Figura 97- Vazões de retirada e de consumo distribuídas nas regiões fisiográficas.



FONTE: ANA, 2013<sup>a</sup>, 2015c,d.

O Quadro 34 e o Quadro 35 exibem as vazões de retirada e de consumo, respectivamente, nas quatro regiões fisiográficas e nas 34 sub-bacias analisadas.

Quadro 34- Vazões de retirada dos diferentes usos consultivos por sub-bacia.

Sub-bacia	Vazão (m³/s)		
	Retirada	Consumo	Retorno
Afluentes Mineiro do Alto SF	4,406	2,757	1,649
Entorno da Represa de Três Marias	10,883	8,328	2,555
Rio das Velhas	28,07	9,233	18,837
Rio de Janeiro e Formoso	1,425	0,879	0,546
Rio Jequitaiá	2,042	1,454	0,588
Rio Pará	7,471	2,851	4,62
Rio Paraopeba	11,828	4,835	6,993
<b>Alto São Francisco</b>	<b>66,124</b>	<b>30,336</b>	<b>35,788</b>
Alto Rio Grande	28,563	22,358	6,205
Alto Rio Preto	6,688	5,13	1,558
Margem esquerda do Lago de Sobradinho	3,082	2,342	0,74
Médio e Baixo Rio Grande	8,46	6,583	1,878
Rio Carinhanha	2,191	1,701	0,49
Rio Corrente	14,3	11,155	3,145
Rio Pacuí	1,293	0,907	0,386
Rio Paracatu	38,075	29,82	8,255
Rio Urucuia	7,902	6,205	1,697
Rio Verde Grande	19,864	14,913	4,951
Rios Parnamirim, Santo Onofre e Carnaíba de Dentro	8,103	5,92	2,183
Rios Pandeiros, Pardo e Mangaí	5,687	4,265	1,423
Rios Verde e Jacaré	6,204	4,506	1,698
<b>Médio São Francisco</b>	<b>150,413</b>	<b>115,804</b>	<b>34,609</b>
Rio Brígida	3,616	2,523	1,093
Rio Curaçá	26,053	20,408	5,645
Rio Curituba	1,134	0,729	0,405
Rio Garças	5,236	4,086	1,15
Rio Macururé	2,754	2,177	0,576
Rio Moxotó	2,042	1,338	0,704
Rio Pajeú	4,797	3,31	1,487

Sub-bacia	Vazão (m³/s)		
	Retirada	Consumo	Retorno
Rio Pontal	14,238	10,763	3,745
Rio Salitre	1,101	0,785	0,315
Rio Terra Nova	4,738	3,586	1,151
Talhada/Riacho Seco	0,353	0,194	0,159
<b>Submédio São Francisco</b>	<b>66,061</b>	<b>49,9</b>	<b>16,16</b>
Alto Rio Ipanema	1,248	0,693	0,556
Baixo Ipanema e Baixo SF	19,51	14,61	4,901
Baixo São Francisco em Sergipe	6,089	4,434	1,655
<b>Baixo São Francisco</b>	<b>26,848</b>	<b>19,736</b>	<b>7,112</b>
<b>Total</b>	<b>309,446</b>	<b>215,777</b>	<b>93,669</b>

FONTE: PRH-SF 2016-2025.

**Quadro 35- Vazões de consumo dos diferentes usos consultivos por sub-bacia.**

Sub-bacia	Vazão de consumo (m³/s)					
	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industria I	Total
Afluentes Mineiro do Alto SF	0,131	0,024	2,048	0,434	0,120	2,757
Entorno da Represa de Três Marias	0,078	0,022	7,776	0,407	0,045	8,328
Rio das Velhas	2,485	0,082	4,350	0,409	1,907	9,233
Rio de Janeiro e Formoso	0,042	0,003	0,728	0,062	0,045	0,879
Rio Jequitaí	0,032	0,014	1,231	0,153	0,023	1,454
Rio Pará	0,372	0,054	1,298	0,469	0,659	2,851
Rio Paraopeba	0,745	0,068	2,923	0,341	0,758	4,835
<b>Alto São Francisco</b>	<b>3,884</b>	<b>0,267</b>	<b>20,355</b>	<b>2,274</b>	<b>3,557</b>	<b>30,336</b>
Alto Rio Grande	0,120	0,039	22,000	0,162	0,037	22,358
Alto Rio Preto	0,055	0,025	4,960	0,080	0,009	5,130
Margem Esquerda do Lago de Sobradinho	0,029	0,052	1,982	0,277	0,002	2,342
Médio e Baixo Rio Grande	0,051	0,050	6,192	0,289	0,001	6,583
Rio Cariranha	0,013	0,019	1,582	0,086	0,000	1,701
Rio Corrente	0,073	0,086	10,573	0,419	0,005	11,155
Rio Pacuí	0,033	0,033	0,625	0,213	0,003	0,907
Rio Paracatu	0,129	0,048	28,594	0,982	0,068	29,820
Rio Urucuia	0,030	0,033	5,772	0,367	0,003	6,205
Rio Verde Grande	0,322	0,041	14,049	0,455	0,046	14,913
Rios Paramirim, Santo Onofre e Carnaíba de Dentro	0,137	0,170	5,128	0,468	0,016	5,920
Rios Pandeiros, Pardo e Manga	0,075	0,070	3,832	0,281	0,006	4,265
Rios Verde e Jacaré	0,125	0,102	4,070	0,201	0,007	4,506
<b>Médio São Francisco</b>	<b>1,193</b>	<b>0,769</b>	<b>109,359</b>	<b>4,280</b>	<b>0,202</b>	<b>115,804</b>
Rio Brígida	0,085	0,086	2,176	0,155	0,021	2,523
Rio Curaçá	0,104	0,034	20,130	0,106	0,034	20,408
Rio Curitiba	0,051	0,020	0,619	0,035	0,044	0,729
Rio Garças	0,025	0,032	3,966	0,060	0,003	4,086
Rio Macururé	0,004	0,023	2,108	0,044	0,000	2,177
Rio Moxotó	0,077	0,059	1,080	0,112	0,010	1,338
Rio Pajeú	0,142	0,109	2,808	0,239	0,012	3,310

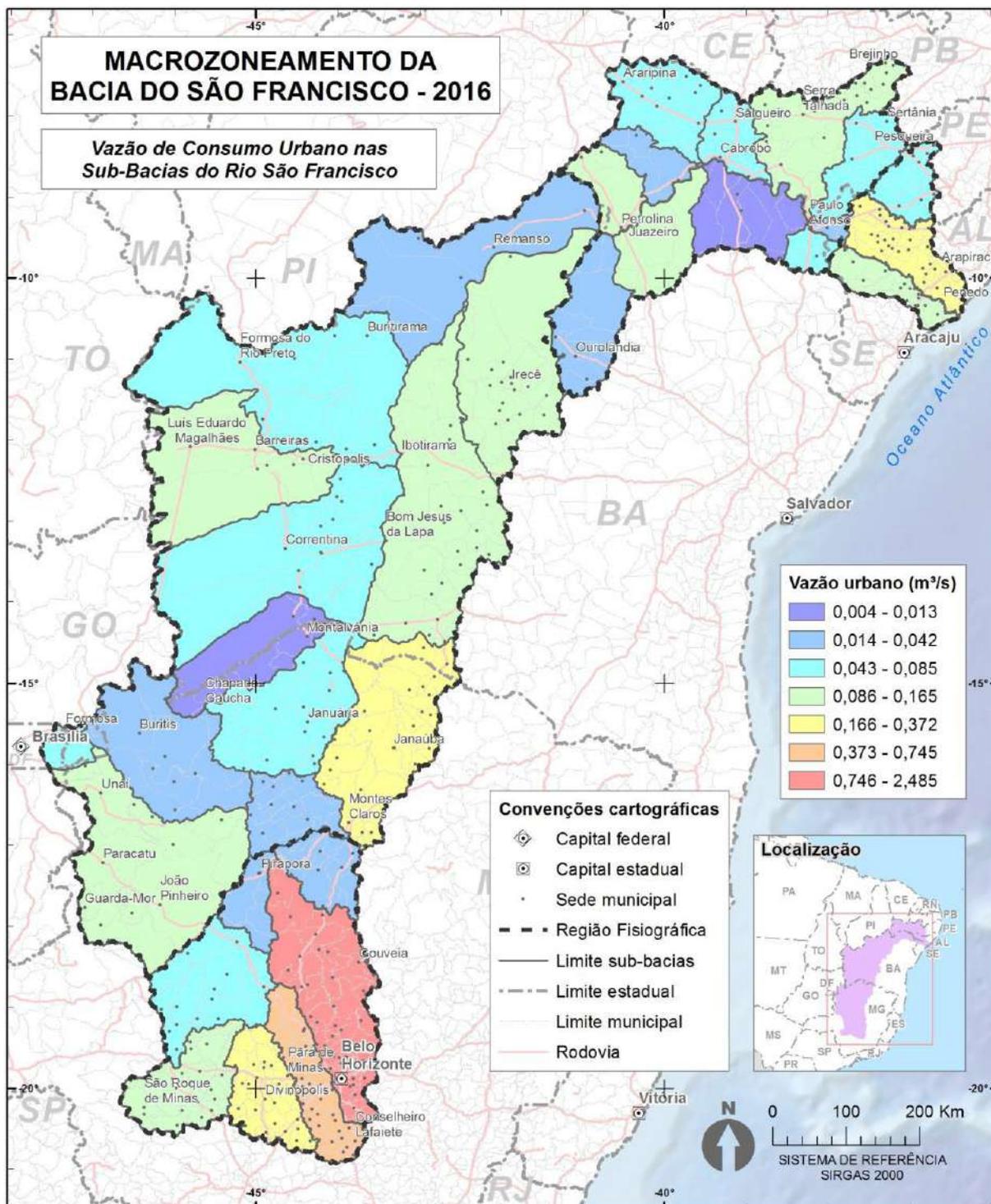
Sub-bacia	Vazão de consumo (m³/s)					
	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industria I	Total
Rio Pontal	0,165	0,056	10,432	0,078	0,033	10,763
Rio Salitre	0,021	0,047	0,623	0,093	0,001	0,785
Rio Terra Nova	0,057	0,032	3,419	0,074	0,004	3,586
Riacho Seco	0,023	0,009	0,145	0,012	0,004	0,194
<b>Submédio São Francisco</b>	<b>0,755</b>	<b>0,507</b>	<b>47,504</b>	<b>1,009</b>	<b>0,126</b>	<b>49,900</b>
Alto Rio Ipanema	0,080	0,076	0,394	0,136	0,007	0,693
Baixo Ipanema e Baixo SF	0,233	0,157	13,876	0,275	0,068	14,610
Baixo São Francisco em Sergipe	0,117	0,086	4,019	0,201	0,011	4,434
<b>Baixo São Francisco</b>	<b>0,430</b>	<b>0,318</b>	<b>18,289</b>	<b>0,612</b>	<b>0,087</b>	<b>19,736</b>
<b>Total</b>	<b>6,263</b>	<b>1,862</b>	<b>195,506</b>	<b>8,174</b>	<b>3,972</b>	<b>215,777</b>

FONTE: PRH-SF 2016-2025.

Efetivamente, a irrigação é o uso preponderante em todas as regiões fisiográficas, com 38% da vazão retirada no Alto, 91% no Médio, 90% no Submédio e 85% no Baixo São Francisco. No Alto São Francisco é logo seguido do abastecimento urbano, com 29%, e do abastecimento industrial, com 27%. O abastecimento urbano é também o segundo uso mais consumido nas outras regiões fisiográficas, embora com apenas 4% no Médio, 6% no Submédio e 8% no Baixo.

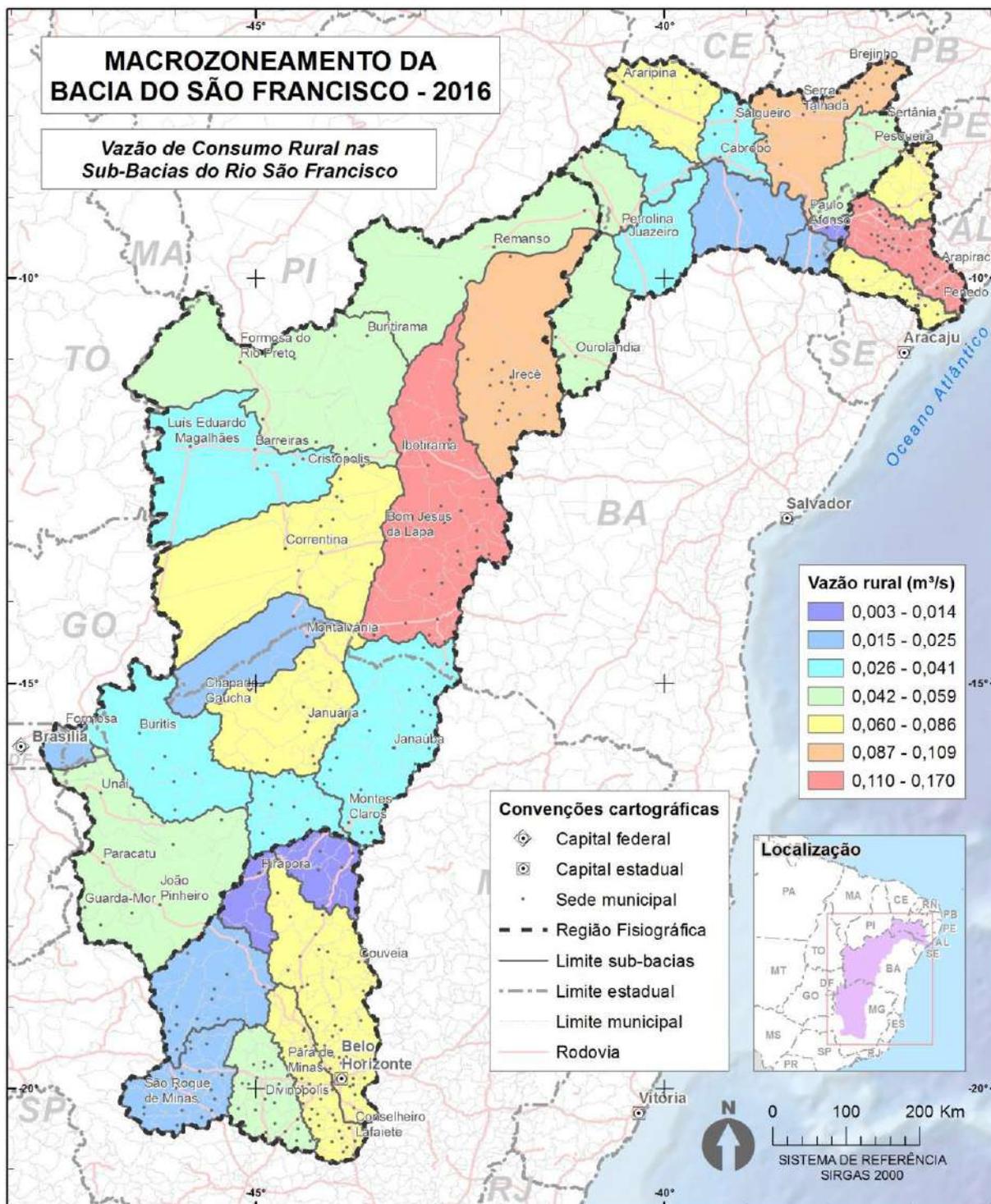
Da Figura 98 a Figura 102, apresentadas a seguir, são exibidas as demandas para os usos consultivos, em termos de vazão retirada, distribuídas nas sub-bacias.

Figura 98- Demandas para abastecimento urbano.



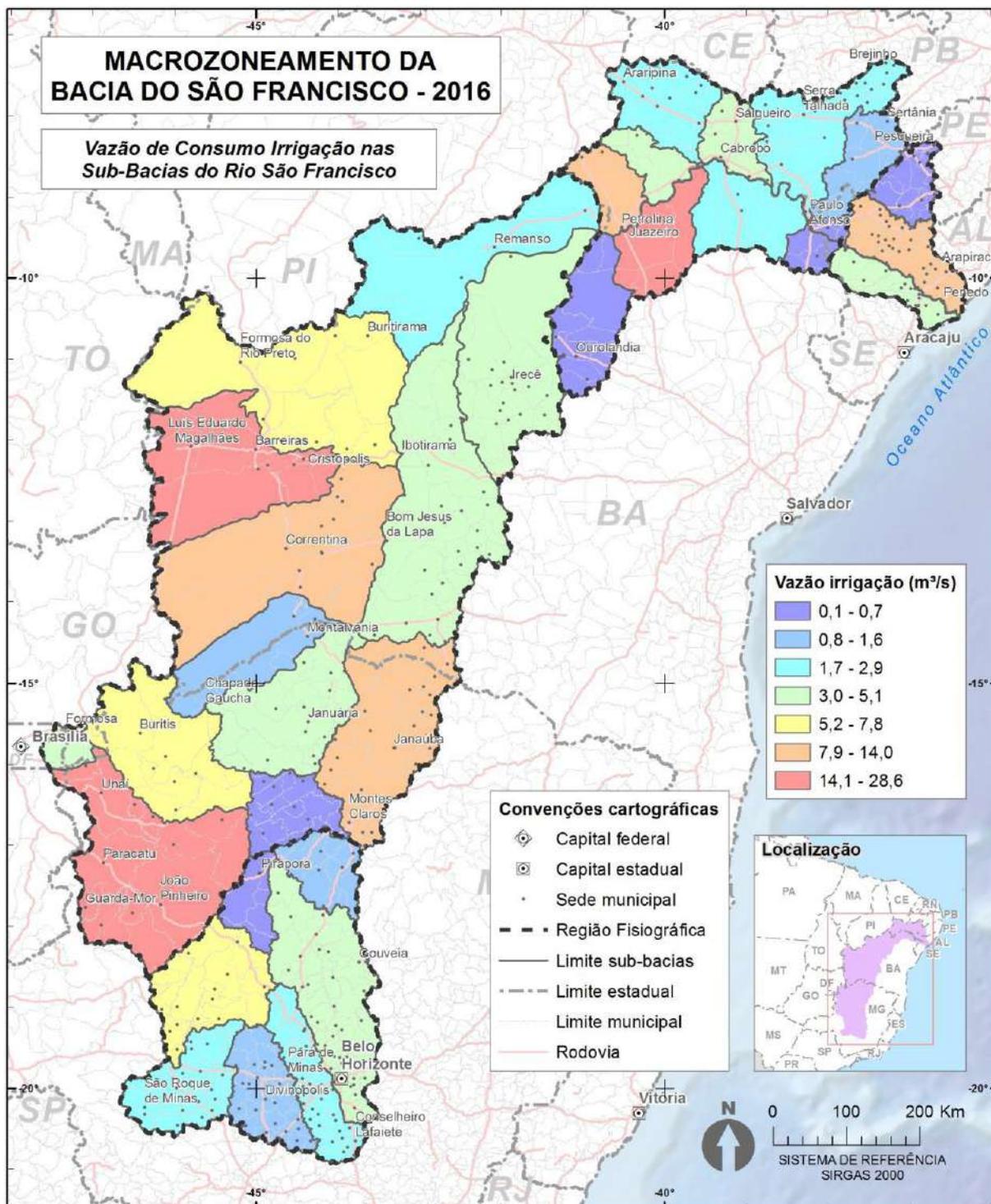
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 99- Demandas para abastecimento rural.



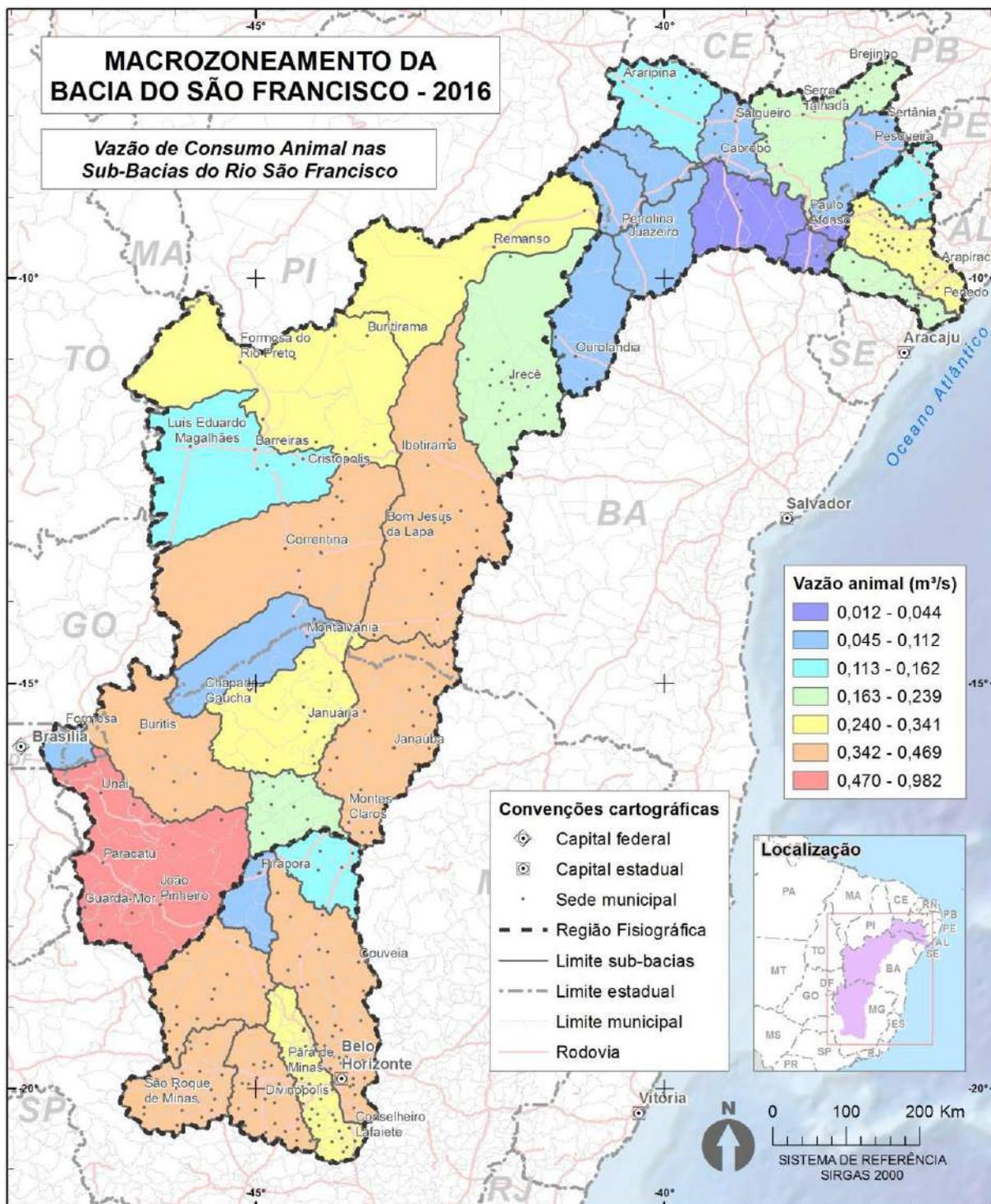
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 100- Demandas para irrigação.



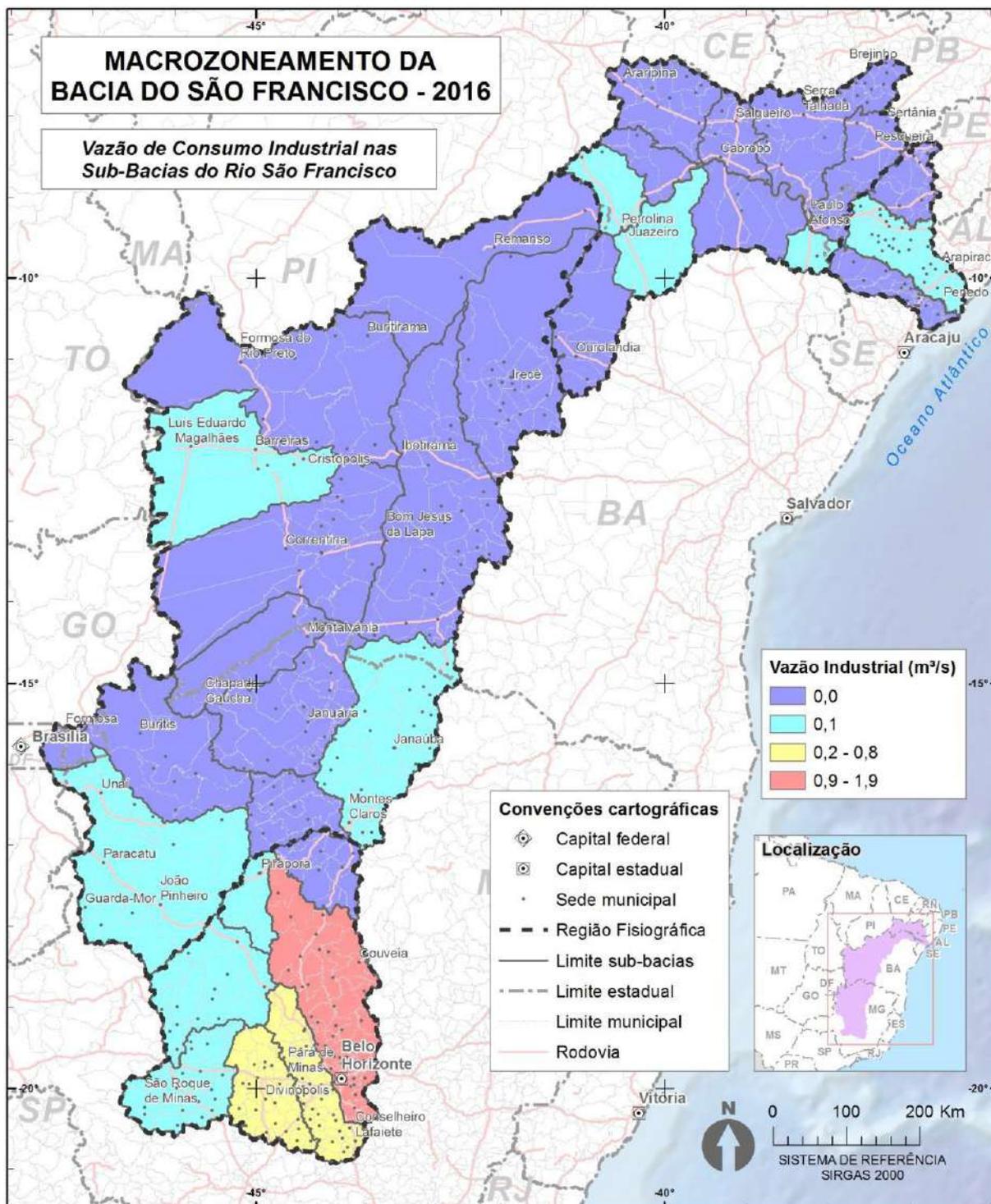
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 101- Demandas para criação animal.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 102- Demandas para abastecimento industrial.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Sobre a vazão de consumo urbano (Figura 98), nota-se que há uma maior demanda na região do Alto São Francisco. Isso ocorre devido nesta região está inserida a Região Metropolitana de Belo Horizonte, sendo esta a 3ª maior região metropolitana do Brasil, onde há uma alta densidade populacional, e conseqüentemente um elevado consumo de água. Já o Médio São Francisco apresenta um moderado consumo urbano de água, onde a região de Montes Claros e Jaúba são aquelas que apresentam as maiores taxas (0,3 a 0,4 m<sup>3</sup>/s). Já o Submédio e Médio São Francisco tem um consumo urbano de moderado a baixo, com destaque para a região do sertão alagoano, que mostrou ter o maior consumo entre as duas regiões fisiográficas (0,3 a 0,4 m<sup>3</sup>/s). O fato de se ter um moderado consumo urbano no Médio, Submédio e Baixo São Francisco se dá pelo fato dessas regiões terem uma reduzida densidade demográfica e estarem em grande parte inseridas no semiárido. Assim, há uma reduzida oferta de água para uma população que se concentra em pequenos e médios centros urbanos, como Montes Claros-MG, Barreiras-BA, Juazeiro-BA e Petrolina-PE, por exemplo.

Para a vazão de consumo rural (Figura 99), o Alto São Francisco apresenta uma situação moderada, sendo a região de Conselheiro Lafaiete-MG e Couveia-MG aquelas que tiveram as maiores taxas de consumo. A região do Médio São Francisco também apresenta uma situação moderada, porém a região de Bom Jesus da Lapa-BA, Ibotirama-BA e Irecê-BA merecem uma maior atenção neste tipo de uso, pois apresentaram as maiores taxas de consumo. O Submédio e Baixo São Francisco apresentam também uma situação confortável, onde o sertão alagoano e a região próxima a Serra Talhada-PE tiveram as maiores vazões de consumo rural.

No que se refere ao consumo por irrigação (Figura 100), para o Alto São Francisco foi observado um valor moderado, onde apenas a sub-bacia de identificação 11 (Entorno da Represa Três Marias) teve um valor acima de 5,0 m<sup>3</sup>/s. O Médio São Francisco apresentou a situação mais crítica no que se refere ao consumo de água para a irrigação. As Regiões de Paracatu-MG, João Pinheiro-MG, Unaí-MG, Barreiras-BA e Luís Eduardo Magalhães-BA apresentaram a maior vazão de consumo (14 m<sup>3</sup>/s até 29 m<sup>3</sup>/s). Além destas, outras regiões, tais como Montes Claros-MG, Janaúba-MG e Correntina-BA apresentaram um consumo superior a 8 m<sup>3</sup>/s. O Submédio São Francisco tem em geral um consumo moderado para irrigação, mas a região de Juazeiro-BA e Petrolina-PE apresenta uma elevada taxa de consumo, acima de 14 m<sup>3</sup>/s e 7 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. Para o Baixo São Francisco, destaca-se a região do sertão alagoano, com consumo superior a 8 m<sup>3</sup>/s para a irrigação, porém a região apresenta um consumo moderado. De todos os usos, a irrigação é aquela que necessita de uma maior gestão, pois apresenta uma maior quantidade de regiões com alto consumo de água e também é aquela que apresenta o maior consumo dentre todos os usos, como já foi relatado.

Para o uso referente ao consumo animal (Figura 101), as regiões do Alto e Médio São Francisco apresentam as maiores vazões para este uso, onde quase todas as sub-bacias apresentam vazão de consumo acima de 0,3 m<sup>3</sup>/s. Destaca-se a região de Paracatu-MG e João Pinheiro-MG como as que apresentam a maior vazão (0,6 a 1,0 m<sup>3</sup>/s). Já o Submédio e Baixo São Francisco tiveram um baixo consumo de água para dessedentação animal, onde somente o sertão alagoano teve um consumo de 0,3 m<sup>3</sup>/s.

E por último, a vazão de consumo industrial (Figura 102) apresenta seus maiores valores no Alto São Francisco, principalmente nas localidades próximas a Região

Metropolitana de Belo Horizonte. Isso acontece devido a esta área ser aquela que apresenta a maior concentração de indústrias e ter o maior desenvolvimento econômico da bacia. As demais regiões, Médio, Submédio e Baixo São Francisco, tem um consumo industrial muito reduzido, chegando a ser insignificante em maior parte da bacia.

As maiores vazões retiradas estão nas bacias dos rios Paracatu (12%) e das Velhas, do Alto Rio Grande (9%), dos rios Curaçá (8%) e Verde Grande, do Baixo Ipanema e Baixo SF (6%), Corrente (5%) e Paraopeba e do Entorno da Represa de Três Marias (4%), como pode ser visto no Quadro 36.

**Quadro 36- Vazão retirada e de consumo nas sub-bacias.**

Sub-bacia	Vazão (%)		
	Retirada	Consumo	Retorno
Afluentes Mineiro do Alto SF	1,4	1,3	1,8
Entorno da Represa de Três Marias	3,5	3,9	2,7
Rio das Velhas	9,1	4,3	20,1
Rio de Janeiro e Formoso	0,5	0,4	0,6
Rio Jequitaiá	0,7	0,7	0,6
Rio Pará	2,4	1,3	4,9
Rio Paraopeba	3,8	2,2	7,5
<b>Alto São Francisco</b>	<b>21,4</b>	<b>14,1</b>	<b>38,2</b>
Alto Rio Grande	9,2	10,4	6,6
Alto Rio Preto	2,2	2,4	1,7
Margem esquerda do Lago de Sobradinho	1,0	1,1	0,8
Médio e Baixo Rio Grande	2,7	3,1	2,0
Rio Carinhanha	0,7	0,8	0,5
Rio Corrente	4,6	5,2	3,4
Rio Pacuí	0,4	0,4	0,4
Rio Paracatu	12,3	13,8	8,8
Rio Urucuia	2,6	2,9	1,8
Rio Verde Grande	6,4	6,9	5,3
Rios Parnamirim, Santo Onofre e Carnaíba de Dentro	2,6	2,7	2,3
Rios Pandeiros, Pardo e Mangaí	1,8	2,0	1,5
Rios Verde e Jacaré	2,0	2,1	1,8
<b>Médio São Francisco</b>	<b>48,6</b>	<b>53,7</b>	<b>36,9</b>
Rio Brígida	1,2	1,2	1,2
Rio Curaçá	8,4	9,5	6,0
Rio Curitiba	0,4	0,3	0,4
Rio Garças	1,7	1,9	1,2
Rio Macururé	0,9	1,0	0,6
Rio Moxotó	0,7	0,6	0,8
Rio Pajeú	1,6	1,5	1,6
Rio Pontal	4,6	5,0	4,0
Rio Salitre	0,4	0,4	0,3
Rio Terra Nova	1,5	1,7	1,2
Talhada/Riacho Seco	0,1	0,1	0,2
<b>Submédio São Francisco</b>	<b>21,3</b>	<b>23,1</b>	<b>17,3</b>
Alto Rio Ipanema	0,4	0,3	0,6
Baixo Ipanema e Baixo SF	6,3	6,8	5,2

Sub-bacia	Vazão (%)		
	Retirada	Consumo	Retorno
Baixo São Francisco em Sergipe	2,0	2,1	1,8
<b>Baixo São Francisco</b>	<b>8,7</b>	<b>9,1</b>	<b>7,6</b>
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

FONTE: PRH-SF 2016-2025.

No que diz respeito a vazão consumida, as bacias que apresentam o maior consumo são as do Paracatu (14%), Alto Rio Grande (10%), Curaçá (9%), Verde Grande, Baixo Ipanema e Baixo SF (7%), Corrente e Pontal (5%), das Velhas e do Entorno da Represa de Três Marias (4%). Tais valores podem ser constatados no Quadro 36.

A BHSF possui ainda dois usuários externos que possuem uma demanda expressiva em relação aos usos internos da bacia. Tais usuários, oriundo de transposição de águas, são:

- Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF): 26,4 m<sup>3</sup>/s;
- Companhia Saneamento de Sergipe (DESO): 2,8 m<sup>3</sup>/s.

O PISF tem conclusão prevista para 2016 e atenderá 390 municípios dos estados de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte com uma vazão média de 26,4 m<sup>3</sup>/s. Nos anos em que o Reservatório de Sobradinho estiver vertendo, o volume captado por este projeto poderá ser ampliado para até 127 m<sup>3</sup>/s, contribuindo para o aumento da garantia da oferta de água para múltiplos usos. As captações serão nos municípios de Cabrobró-PE (Eixo Norte) e Floresta-PE (Eixo Leste), ambos localizados no Submédio São Francisco. É válido ressaltar que, apesar deste projeto ser de extrema importância para o combate a escassez hídrica das bacias do Nordeste Setentrional, poderá não operar na sua capacidade média projetada, pois depende diretamente do nível do reservatório de Sobradinho, onde este apresentou nos últimos anos, devido à escassez hídrica da BHSF, níveis abaixo de 20% do seu volume útil.

As captações realizadas pela DESO são de uma vazão outorgada de 2,8 m<sup>3</sup>/s e localizadas nas margens do Rio São Francisco, no município de Telha-SE, abastecendo as adutoras Alto Sertão, Sertaneja e São Francisco que atendem a demanda da população das cidades sergipanas, entre elas Aracaju, a capital do Estado. Assim está vazão atende parcialmente a uma vazão de consumo que está dentro da BHSF (adutoras Alto Sertão e Sertaneja) e outra que é externa a bacia (Adutora São Francisco). Todas estão em operação. Com uma vazão outorgada em torno de 10% da vazão média do PISF, é provável que o Rio São Francisco possa garantir a disponibilidade hídrica na maior parte do tempo. A exceção da garantia de 100% da vazão outorgada deve acontecer em períodos de vazões reduzidas, devido à escassez hídrica na bacia, como a que vem ocorrendo desde 2013. Caso isto aconteça, além da redução da disponibilidade, outro problema poderá ser de nível, uma vez que a cota de captação do projeto esteja superior a cota de nível do Rio. Para resolver o problema do nível, podem ser realizadas obras emergenciais para reduzir a cota de captação momentaneamente.

### Balanço Hídrico

O balanço hídrico aqui apresentado compara as disponibilidades de água com as demandas de água da BHSF para identificar as vulnerabilidades e oportunidades da

bacia, ou seja, as situações de escassez e oferta junto aos conflitos entre os usuários existentes no presente e aqueles que possam vir a ocorrer no futuro.

Apesar da realização em separado do balanço das disponibilidades de água e necessidades, os resultados foram analisados em conjunto.

O balanço hídrico foi baseado em dois tipos de análise. A primeira confronta a vazão retirada média anual para os usos consultivos com a vazão em regime natural com uma permanência de 95% (Q95). Este indicador é recomendado para avaliar de forma preliminar o risco de descumprimento da demanda em uma dada sub-bacia, mas sua medida não leva em consideração a acentuada sazonalidade das vazões naturais e dos seus usos. Esta representa um valor típico de uma situação de escassez de água, adotando as seguintes faixas de classificação (ANA, 2005):

- Razão < 5%: Excelente, pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento é necessária. A água é considerada um bem livre;
- Razão entre 5% e 10%: Confortável, podendo ocorrer necessidade de gerenciamento para solução de problemas locais de abastecimento;
- Razão entre 10% e 20%: Preocupante, a atividade de gerenciamento é indispensável, exigindo a realização de investimentos médios;
- Razão entre 20% e 40%: Crítica, exigindo intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos;
- Razão > 40%: Muito crítica.

O segundo tipo de análise realizada recorre à simulação matemática da operação de todo o sistema da BHSF, com suas estruturas de armazenamento de água, produção de energia elétrica e de distribuição de água. Desta forma, foi possível uma análise completa do funcionamento de toda a bacia hidrográfica e a consideração de todos os usos da água, incluindo as necessidades dos ecossistemas. Utilizou-se o LabSid-ACQUANET 2013, desenvolvido pelo Laboratório de Sistema de Suporte a Decisões (LabSid) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Os resultados do balanço hídrico obtidos pelas metodologias descritas são apresentados no Quadro 37 e Quadro 38.

Nota-se que os resultados não são inteiramente comparáveis, mas o diagnóstico que resulta desta análise é consistente. O método da vazão demandada *versus* Q95 indica situações de sobre-exploração, sobretudo no Submédio e Baixo São Francisco. Já a modelagem matemática consistiu em resultados globais mais favoráveis, com as sub-bacias com uma situação confortável para satisfazer a maioria dos usos consultivos, apresentando apenas problemas em atender a demanda para irrigação.

**Quadro 37- Resultado do balanço hídrico superficial para as sub-bacias.**

ID	Sub-bacia	Q95 (valores diários) (m <sup>3</sup> /s)	Q95 (valores mensais) (m <sup>3</sup> /s)	Q95 regular. (m <sup>3</sup> /s)	Demanda de retirada (m <sup>3</sup> /s)	Razão Demanda / Q95reg (%)	Situação do balanço
1	Brígida	1,40	0,60	5,30	3,21	60,57	Muito Crítica
2	Garças/GI6/GI7	0,50	0,20	0,50	5,06	1012,00	Muito Crítica
3	Terra Nova/GI4/GI5	0,60	0,30	1,80	4,53	251,67	Muito Crítica
4	Pajeú/GI3	1,90	0,80	6,80	4,22	62,06	Muito Crítica
5	Alto Grande	93,00	91,70	91,70	26,13	28,50	Crítica

ID	Sub-bacia	Q95 (valores diários) (m³/s)	Q95 (valores mensais) (m³/s)	Q95 regular. (m³/s)	Demanda de retirada (m³/s)	Razão Demanda / Q95reg (%)	Situação do balanço
6	Corrente	136,10	140,00	136,10	12,63	9,28	Confortável
7	Curaçá	0,80	0,40	1,30	25,65	1973,08	Muito Crítica
8	Médio/Baixo Grande	85,20	124,30	124,30	7,43	5,98	Confortável
9	Macureré	0,90	0,40	0,70	2,64	377,14	Muito Crítica
10	Baixo São Francisco (SE)	0,80	0,30	0,90	5,79	643,33	Muito Crítica
11	Entorno da Represa de Três Marias (Montante)	9,75	5,75	5,75	2,54	44,18	Muito Crítica
11	Entorno da Represa de Três Marias (Jusante)	21,35	12,61	12,61	7,36	58,36	Muito Crítica
12	Paraopeba	51,90	43,90	43,90	10,03	22,85	Crítica
13	Pará	43,00	44,90	54,00	5,92	10,96	Preocupante
14	Afluentes Mineiros do Alto S. Francisco	53,50	65,20	65,20	3,56	5,45	Confortável
15	Velhas	61,80	69,00	80,00	24,15	30,19	Crítica
16	Alto Ipanema	0,70	0,30	1,20	1,01	84,17	Muito Crítica
17	Baixo Ipanema e Baixo São Francisco (AL)	1,50	0,60	4,20	18,99	452,14	Muito Crítica
18	Urucuia	37,70	33,30	33,30	6,88	20,66	Crítica
19	Curituba	0,20	0,10	0,50	1,02	204,00	Muito Crítica
20	Seco	0,10	0,10	0,20	0,31	155,00	Muito Crítica
21	Moxotó	1,00	0,40	4,50	1,75	38,89	Crítica
22	Verde/Jacaré	0,20	0,50	4,00	5,20	130,00	Muito Crítica
23	Margem Esquerda do Lago de Sobradinho	0,20	0,50	1,40	2,45	175,00	Muito Crítica
24	Rio do Pontal	0,50	0,20	1,20	13,87	115,83	Muito Crítica
25	Salitre	1,00	0,40	0,90	0,89	98,89	Muito Crítica
26	Pacuí	9,70	10,20	10,20	0,87	8,53	Confortável
27	Jequitaiá	4,40	4,50	30,00	1,73	5,77	Confortável
28	Rio de Janeiro/Formoso	3,00	3,10	3,10	1,25	40,32	Muito Crítica
29	Verde Grande (MG)	0,60	0,00	10,00	17,54	175,40	Muito Crítica
30	Carinhanha (MG/BA)	85,40	86,70	86,80	1,90	2,19	Excelente
31	Pandeiros/Pardo/ Mangaiá	10,60	12,00	12,00	4,76	39,67	Crítica
32	Paramirim/Santo Onofre/Carnaíba de Dentro	0,00	0,00	10,00	6,52	65,20	Muito Crítica
33	Alto Preto	14,60	10,90	10,90	6,00	55,05	Muito Crítica
34	Paracatu	66,50	82,50	142,00	33,99	23,94	Crítica

FONTE: PRH-SF 2016-2025.

**Quadro 38- Resultado do balanço hídrico subterrâneo para as sub-bacias.**

ID	Sub-bacia hidrográfica	Recarga média anual (m³/s)	Vazão explotável (m³/s)	Vazão de retirada (m³/s)	Vazão de retirada / Vazão Explotável (%)
1	BRÍGIDA 01	12,67	2,53	0,41	16,01
2	GARÇAS 01	6,21	1,24	0,18	14,13
3	TERRA NOVA 01	8,48	1,7	0,2	11,98
4	PAJEU 01	29,81	5,96	0,58	9,7
5	GRANDE SF 01	263,58	52,72	2,43	4,62
6	CORRENTE 01	236,11	47,22	1,67	3,53
7	CURAÇA 01	16,07	3,21	0,4	12,44
8	GRANDE SF 02	164,79	32,96	1,03	3,13
9	MACURURE 01	17,62	3,52	0,11	3,25
10	S FRANC 11	18,64	3,73	0,3	8,16
11	S FRANC 02	49,34	9,87	0,98	9,93
12	PARAOPEBA 01	24,3	4,86	1,8	37,07
13	PARA SF 01	24,53	4,91	1,55	31,64
14	S FRANC 01	28,39	5,68	0,84	14,82
15	VELHAS 01	59,12	11,82	3,92	33,12
16	S FRANC 09	7,91	1,58	0,24	15,03
17	S FRANC 10	26,51	5,3	0,52	9,73
18	URUCUIA 01	81,35	16,27	1,02	6,27
19	CURITUBA 01	5	1	0,11	10,97
20	S FRANC 08	1,62	0,32	0,04	13,81
21	MOXOTO 01	16,78	3,36	0,29	8,67
22	S FRANC 07	56,1	11,22	1	8,91
23	S FRANC 06	59,74	11,95	0,64	5,32
24	PONTAL 01	7,14	1,43	0,36	25,5
25	SALITRE 01	22,73	4,55	0,21	4,69
26	PACUI 01	33,25	6,65	0,42	6,36
27	JEQUITAI 01	25,29	5,06	0,31	6,1
28	S FRANC 03	23,25	4,65	0,18	3,84
29	VERDE GR 01	60,36	12,07	2,32	19,26
30	CARINHANHA 01	107,16	21,43	0,29	1,35
31	S FRANC 04	101,51	20,3	0,92	4,55
32	S FRANC 05	71,39	14,28	1,58	11,07
33	PARACATU 01	6,84	1,37	0,69	50,49
34	PARACATU 02	154,29	30,86	4,08	13,22

FONTE: PRH-SF 2016-2025.

Para facilitar a percepção da situação de cada sub-bacia foi elaborado o Quadro 39. Nela é possível observar que as sub-bacias S. FRANC 01, PACUI 01, CARIRANHA 01, CORRENTE 01 e GRANDE SF 02 não apresentam problemas na satisfação das demandas. Porém, para as sub-bacias VERDE GR 01 e S FRANC 05 estão em uma situação crítica.

**Quadro 39- Síntese do balanço hídrico para as sub-bacias.**

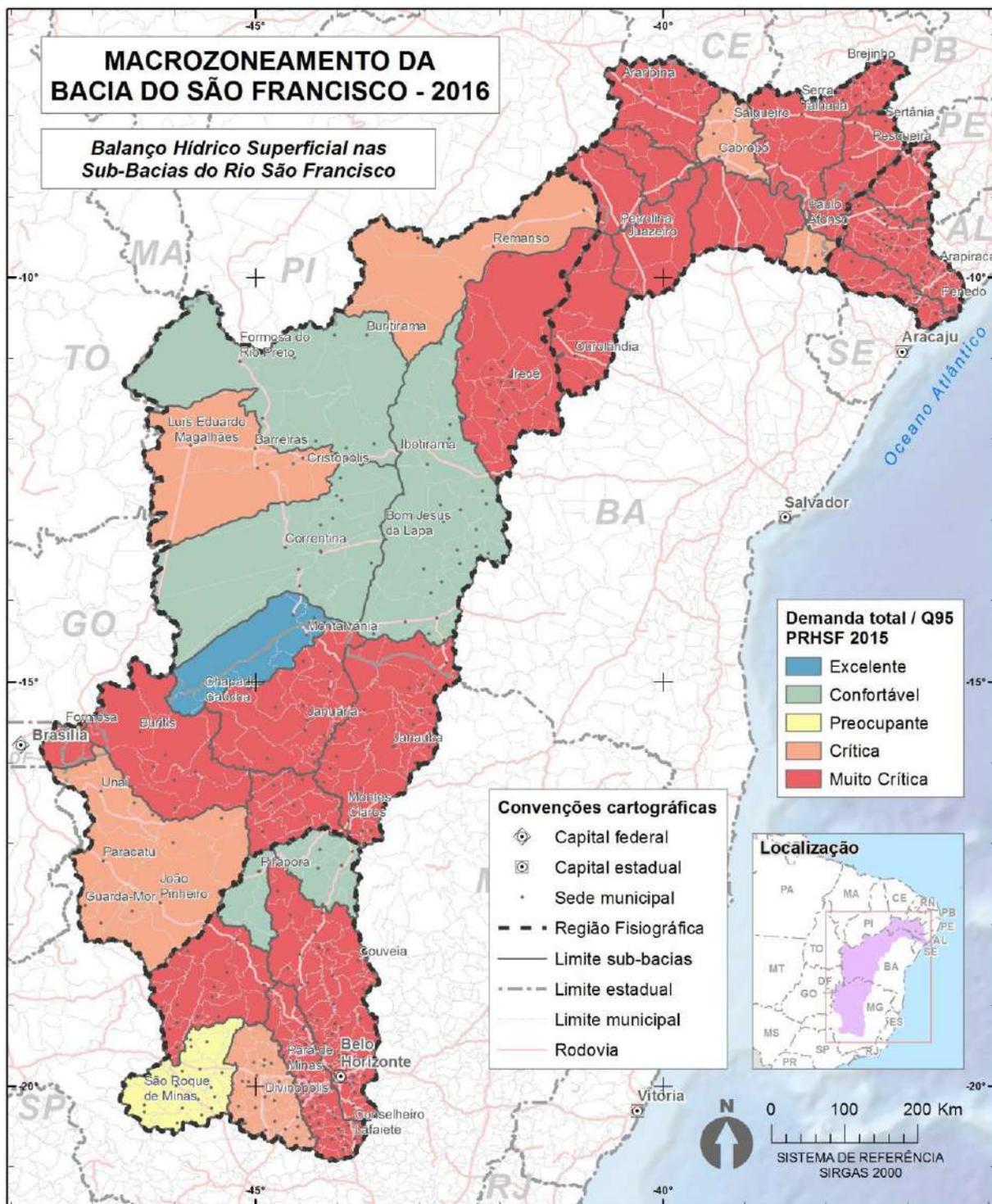
Sub-bacia	Demanda total / Q95	Demanda total / Q95	Demanda total / Vazão explotável (%)	Vazão retirada / Vazão explotável (%)
	Balanço hídrico superficial		Balanço hídrico subterrâneo	
	PRH-SF 2004-2013	PRHSF 2015	PRH-SF 2004-2013	PRHSF 2015
Brígida	Muito Crítica	Muito Crítica	185	16
Garças/GI6/GI7	Muito Crítica	Muito Crítica	289	14
Terra Nova/GI4/GI5	Confortável	Crítica	17	6
Pajeú/GI3	Muito Crítica	Muito Crítica	143	10
Alto Grande	Preocupante	Crítica	23	5
Corrente	Confortável	Confortável	17	4
Curaçá	Muito Crítica	Muito Crítica	1218	12
Médio/Baixo Grande	Excelente	Confortável	4	3
Macureré	Muito Crítica	Muito Crítica	167	3
Baixo São Francisco (SE)	Muito Crítica	Muito Crítica	192	8
Entorno da Represa de Três Marias (Montante)	Muito Crítica	Muito Crítica	600	12
Entorno da Represa de Três Marias (Jusante)	Excelente	Muito Crítica	20	10
Paraopeba	Crítica	Crítica	456	37
Pará	Preocupante	Preocupante	132	32
Afluentes Mineiros do Alto S. Francisco	Muito Crítica	Muito Crítica	26	11
Velhas	Muito Crítica	Muito Crítica	72	19
Alto Ipanema	Crítica	Muito Crítica	238	15
Baixo Ipanema e Baixo São Francisco (AL)	Muito Crítica	Muito Crítica	271	10
Urucuia	Crítica	Crítica	392	33
Curituba	Crítica	Muito Crítica	68	11
Seco	Muito Crítica	Muito Crítica	188	14
Moxotó	Muito Crítica	Muito Crítica	71	9
Verde/Jacaré	Preocupante	Crítica	15	5
Margem Esquerda do Lago de Sobradinho	Preocupante	Muito Crítica	21	4
Rio do Pontal	Muito Crítica	Muito Crítica	783	26
Salitre	Muito Crítica	Muito Crítica	85	5
Pacuí	Preocupante	Confortável	19	6
Jequitaí	Preocupante	Confortável	41	6
Rio de Janeiro/Formoso	Muito Crítica	Muito Crítica	11	5
Verde Grande (MG)				
Carinhanha (MG/BA)	Excelente	Excelente	6	1

Sub-bacia	Demanda total / Q95	Demanda total / Q95	Demanda total / Vazão explotável (%)	Vazão retirada / Vazão explotável (%)
	Balanço hídrico superficial		Balanço hídrico subterrâneo	
	PRH-SF 2004-2013	PRHSF 2015	PRH-SF 2004-2013	PRHSF 2015
Pandeiros/Pardo/Mangai	Muito Crítica	Muito Crítica	29	9
Paramirim/Santo Onofre/Carnaíba de Dentro	Excelente	Confortável	50	15
Alto Preto	Confortável	Muito Crítica	89	50
Paracatu	Preocupante	Crítica	41	13

FONTE: PRH-SF 2016-2025.

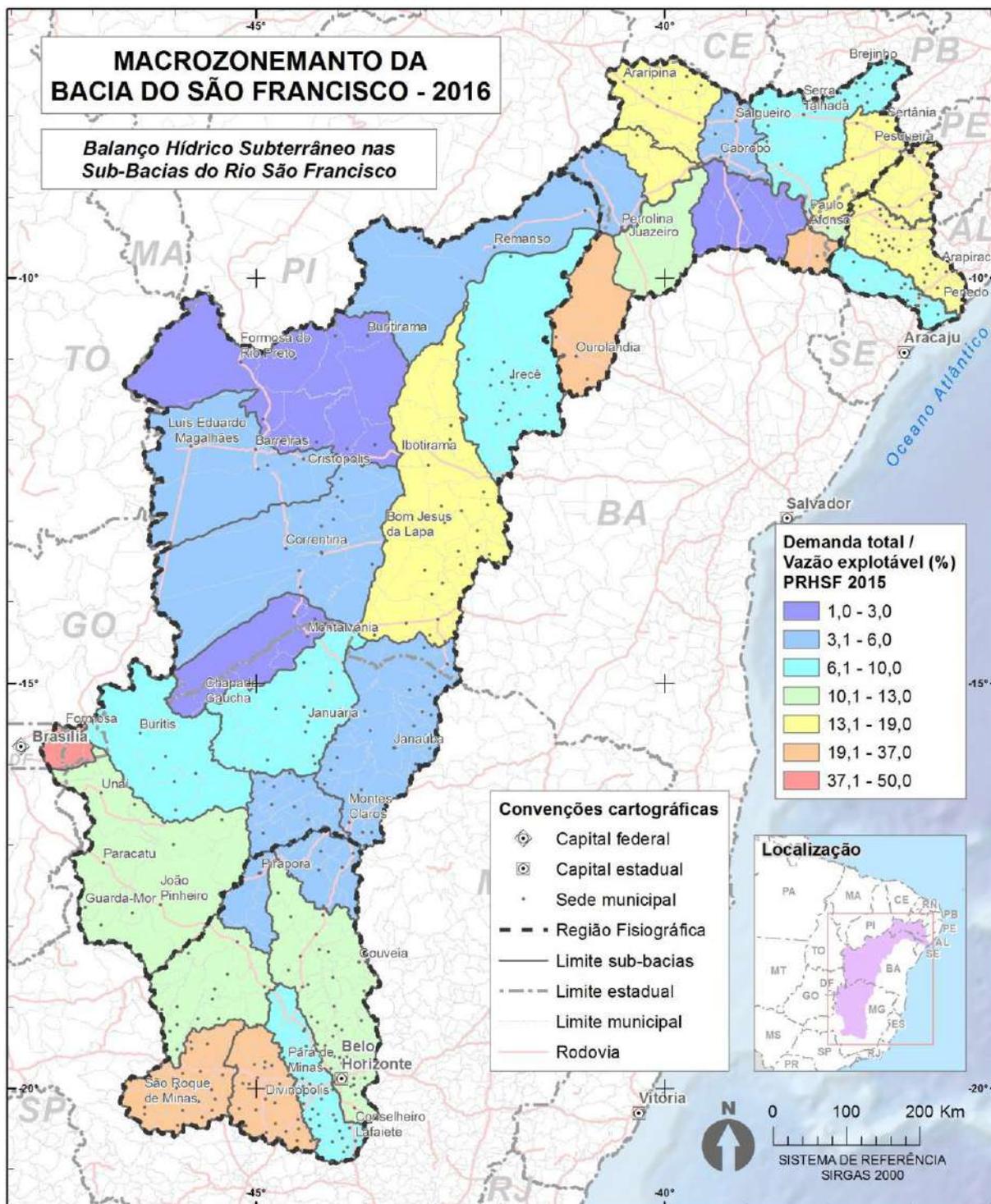
As Figura 103 e Figura 104 representam o balanço hídrico superficial e subterrâneo, respectivamente.

Figura 103- Balanço hídrico superficial por sub-bacia.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 104- Balanço hídrico subterrâneo por sub-bacia.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Diante do exposto, fica constatada que grande parte da BHSF está numa situação crítica e muito crítica no que se refere ao balanço hídrico superficial. Isto fica evidente devido todas as regiões fisiográficas apresentam sub-bacias nestas situações, onde o Submédio e o Baixo São Francisco estão integralmente. Algumas sub-bacias apresentam situação de confortável a excelentes, localizadas no Alto e Médio São Francisco. Corrente, Médio/Baixo Grande, Afluentes Mineiros do Alto São Francisco, Pacuí, Jequitáí e Carinhanha são as sub-bacias na referida condição.

Do ponto de vista do balanço das águas subterrâneas, de acordo com as informações apresentadas, a grande maioria das regiões fisiográficas apresentaram situação confortável e excelente. A única exceção foi a sub-bacia Alto Preto, localizada no Médio São Francisco, que apresenta a condição preocupante. Porém, é importante ressaltar que há poucos dados referentes à disponibilidade e demanda das águas subterrâneas, podendo os resultados apresentados estarem incoerentes com a situação atual dos recursos hídricos subterrâneos da BHSF. Tais pontos devem ser alvo de estudos mais elaborados no futuro.

Portanto, é indispensável o aperfeiçoamento do sistema de gestão dos recursos hídricos eficaz para a BHSF, uma vez que a maior parte desta bacia já apresenta relevantes conflitos pelo uso dos seus recursos hídricos. A vulnerabilidade por escassez foi constatada neste documento, podendo esta condição está afetando ou vir a atingir os usos múltiplos da bacia, sendo estes consultivos ou não consultivos.

### **2.6.2 Aspectos qualitativos**

A gestão dos recursos hídricos deve proporcionar o uso múltiplo das águas, e os aspectos relacionados à qualidade das águas tem um papel chave. O estado da qualidade dos recursos hídricos é determinante na definição dos usos viáveis dos corpos de água e das ações e planos de intervenção, monitoramento e gerenciamento que são necessárias.

Foi usado como fonte de informação para este item o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2016-2025 (PRH-SF 2016-2025). Logo, tais aspectos estão atualizados e complementados em relação ao Macrozoneamento Ecológico-Econômico da bacia em estudo e quando possível foi utilizado dados mais atualizados do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH sob responsabilidade da Agência Nacional de Águas.

Também se utilizou informação relevante de caráter geral, constante em Planos Estaduais de Recursos Hídricos e Planos Diretores de Bacias Hidrográficas, bem como em diversos documentos temáticos de referência de nível nacional, como o Panorama da Qualidade das Águas no Brasil em 2012 (ANA, 2012) e Conjuntura dos Recursos Hídricos 2013 (ANA, 2013).

Para facilitar o entendimento, será apresentado a qualidades das águas em duas em partes: superficial e subterrânea. Como resultado serão apresentados os parâmetros de qualidade das águas para as regiões fisiográficas da BHSF, visando identificar possíveis vulnerabilidades existentes e futuras.

#### **Águas Superficiais**

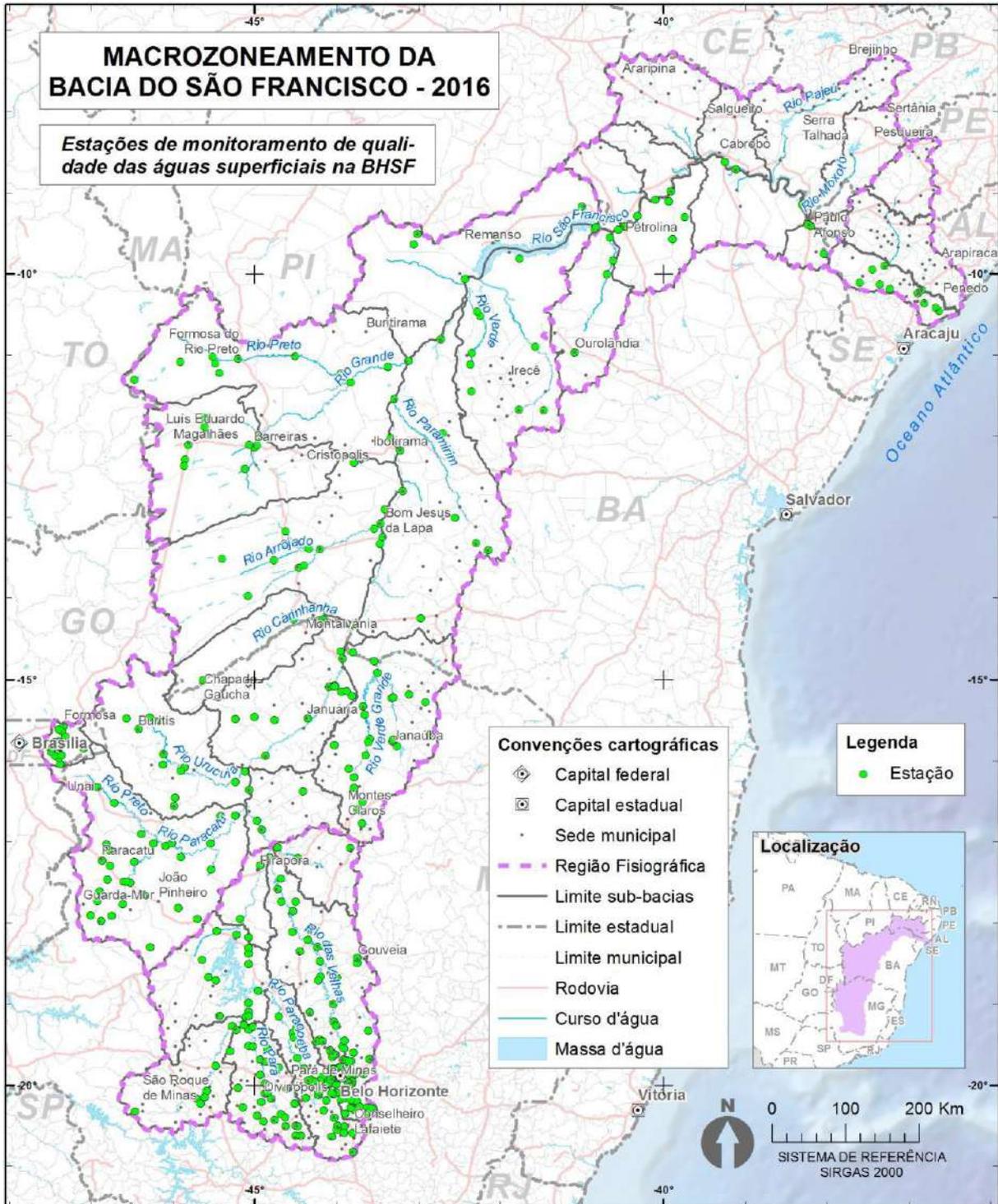
O diagnóstico da situação atual da qualidade das águas superficiais foi efetuado para as quatro regiões fisiográficas (Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco).

Foram considerados dados de 429 estações, de 2014 do SNIRH. A Figura 105 exhibe a localização geográfica das referidas estações.

Devido à diferença na disponibilidade de parâmetros, tratamento de resultados e atualidade dos dados existentes sobre a qualidade da água nas diferentes unidades federativas integrantes na BHSF, optou-se por adotar dados relativos às estações de monitoramento da qualidade das águas superficiais, designadamente, o Índice de Qualidade da Água (IQA), e o Índice de Estado Trófico (IET).

Os valores destes indicadores, que são relativos à média anual ou a uma campanha de amostragem, são traduzidos em classe/faixas, ver Quadro 40 e Quadro 41. A análise desta informação permite, de forma expedita, identificar e salientar as principais diferenças entre corpos de água.

Figura 105- Estações de monitoramento de qualidade das águas superficiais.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Para o Índice de Qualidade da Água foi utilizado a classificação desenvolvida pela National Sanitation Foundation, dos Estados Unidos, em 1970. Sendo adaptado em 1975 pela Companhia Ambiental do estado de São Paulo, sendo atualmente o índice mais utilizado no Brasil, também utilizado no documento Conjuntura dos Recursos Hídricos 2013 (ANA, 2013).

**Quadro 40- Classes do Índice de Qualidade da Água e seu significado**

Valor do IQA	Classes	Significado
79 <IQA≤100	ÓTIMA	Água própria para o abastecimento público após o tratamento convencional.
51 <IQA≤ 79	BOA	
36 <IQA≤ 51	REGULAR	
19<IQA≤36	RUIM	Água imprópria para o abastecimento público após o tratamento convencional, sendo necessários tratamentos mais avançados.
IQA≤19	PÉSSIMA	

O IET classifica os corpos d'água em relação ao grau de trofia, isto é, de disponibilidade de nutrientes na água. Nesse estudo, o cálculo do IET foi realizado com base no parâmetro fósforo total para ambientes lênticos e lóticos por não conter dados disponíveis de clorofila a. O índice classifica o corpo d'água em seis classes de trofia, de acordo com as concentrações de fósforo total na água.

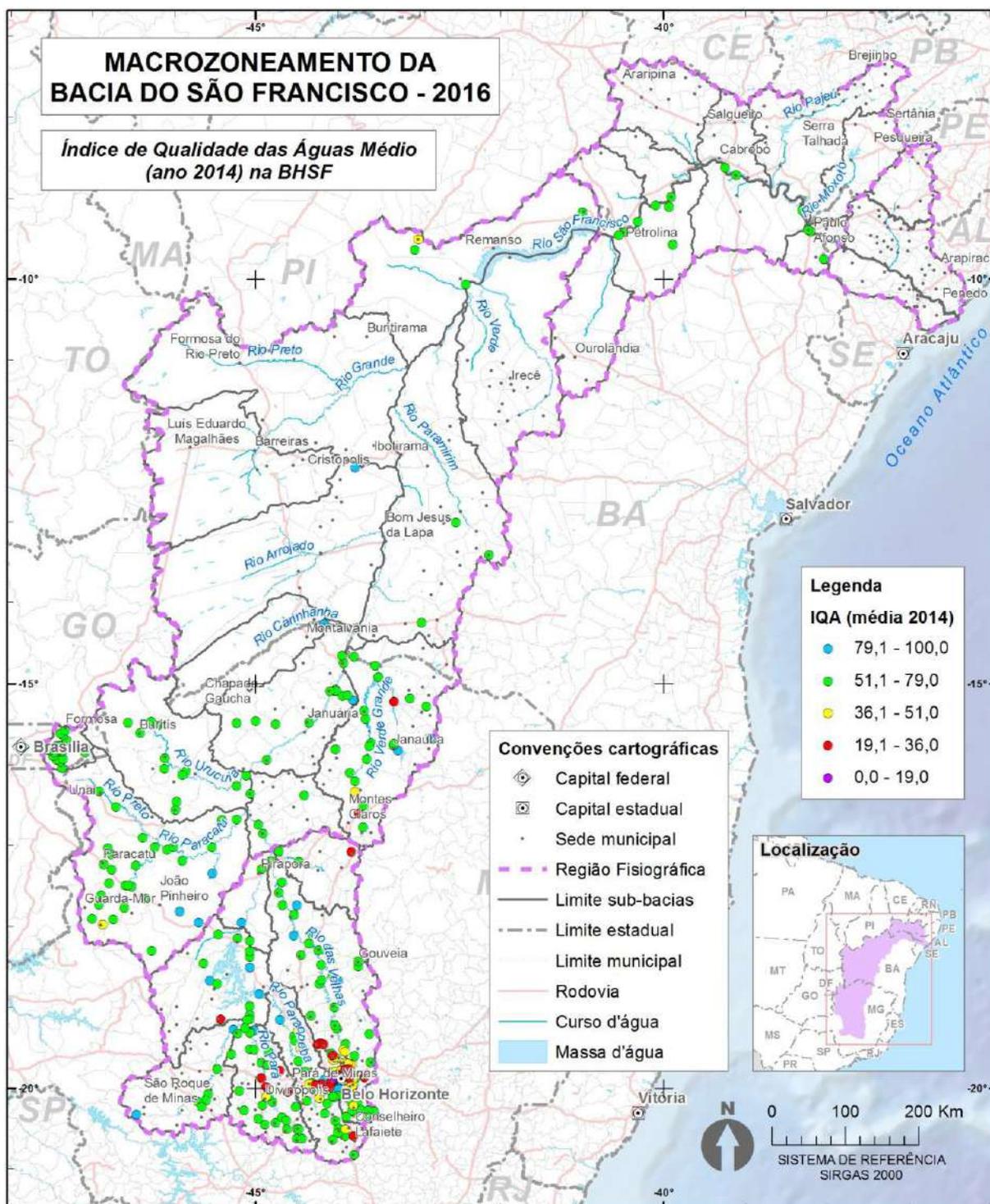
**Quadro 41- Classes do Índice de Qualidade da Água e seu significado**

Valor do IET	Classes	Significado
IET≤ 47	ULTRAOLIGOTRÓFICA	Corpo de água limpo, com baixíssima produtividade e concentrações insignificantes de nutrientes.
47 <IET≤ 52	OLIGOTRÓFICA	Corpo de água limpo, com baixa produtividade, não ocorrendo interferências indesejáveis no uso da água devido a presença de nutrientes.
52 <IET≤ 59	MESOTRÓFICA	Corpo de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade em níveis geralmente aceitáveis.
59 <IET≤ 63	EUTRÓFICA	Corpo de água com produtividade alta, redução da transparência, ocorrendo alterações indesejáveis na qualidade de água e interferência em múltiplos usos, devido a aumento de concentrações de nutrientes.
63 <IET≤ 67	SUPEREUTRÓFICA	Corpo de água com produtividade alta, baixa transparência, ocorrência de alterações indesejáveis com episódios de florações de algas e interferências em múltiplos usos.
IET > 67	HIPEREUTRÓFICA	Corpo de água muito alterado por elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado dos seus usos, episódios de florações de algas e mortandade de peixes.

**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

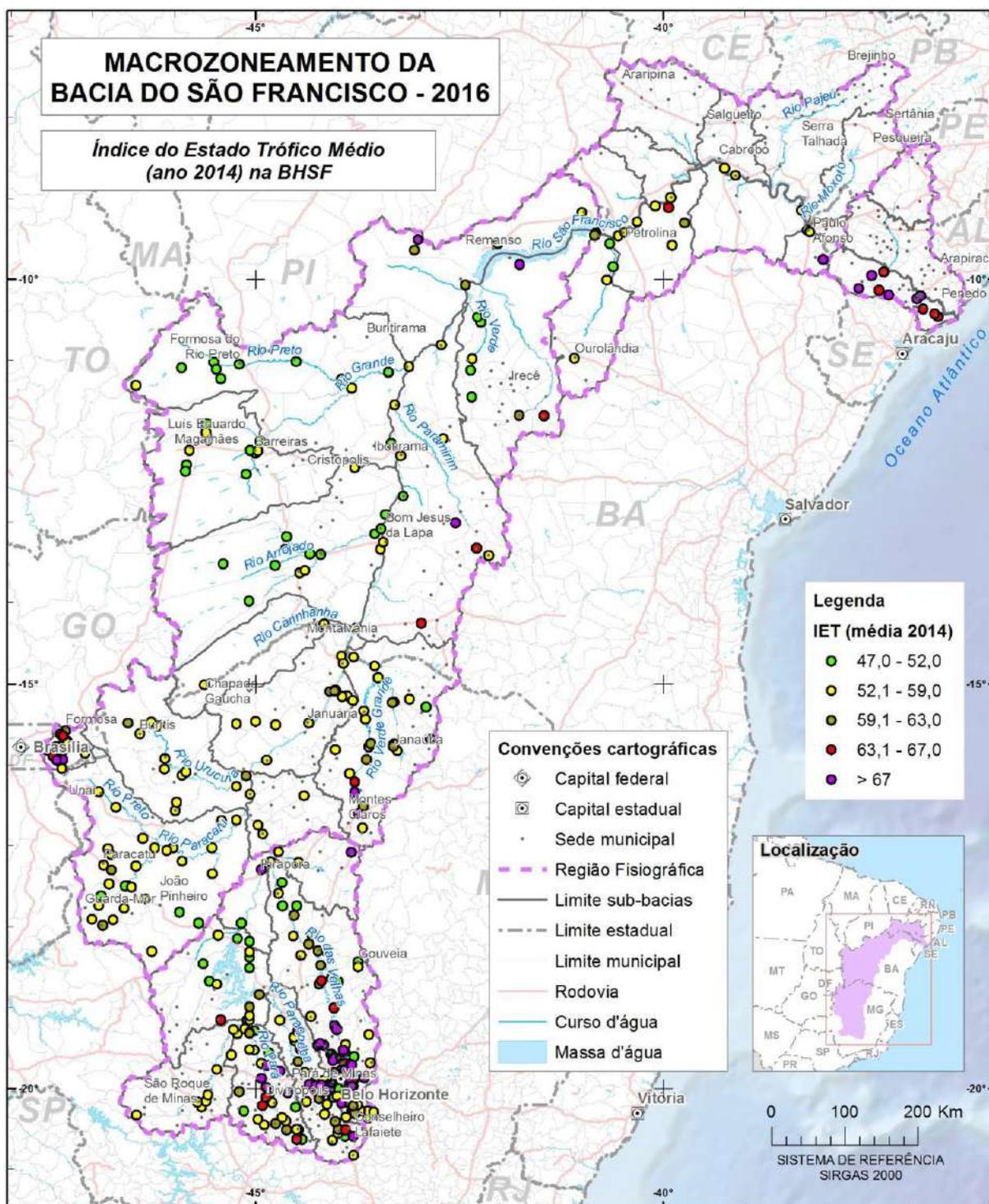
Na Figura 106 e Figura 107 são apresentados os resultados dos indicadores de qualidade das águas superficiais em toda a BHSF.

Figura 106- Índice de qualidade de água superficial na BHSF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 107- Índice do estado trófico médio na BHSF.

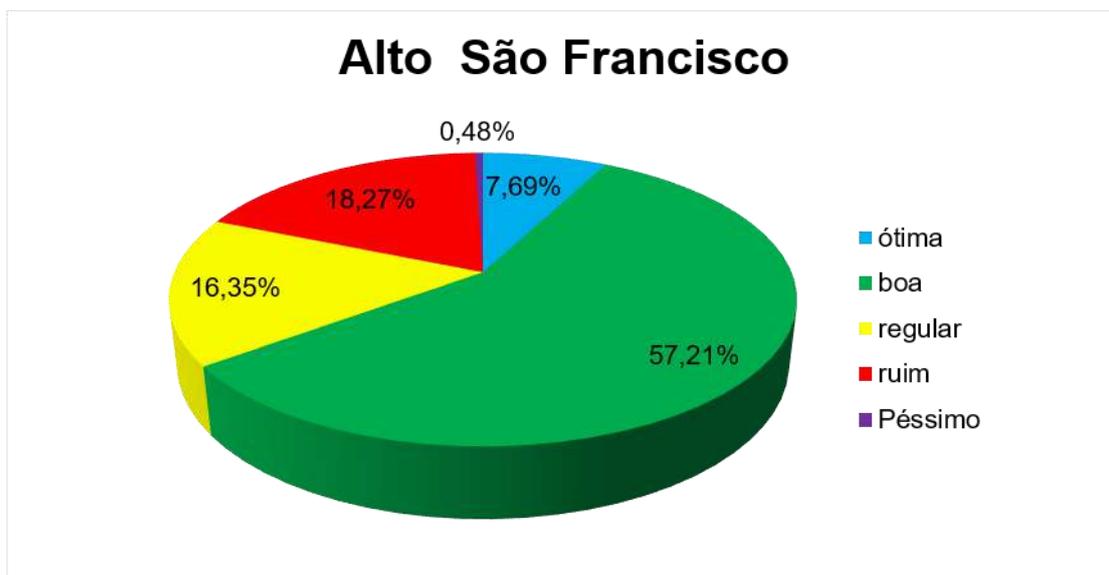


FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Analisando os dados do SNIRH para 2014 podemos concluir que os piores dados para o Alto São Francisco estão localizados na sub-bacia rio das Velhas, gravitando a região metropolitana de Belo Horizonte, além, das sub-bacias dos rios Pará e Paraopebas.

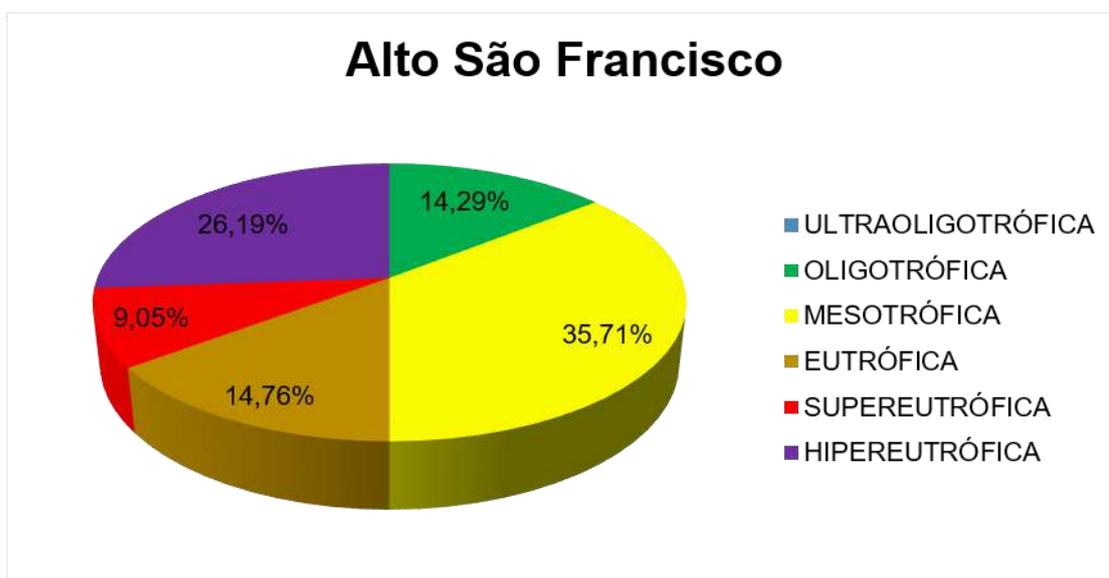
Neste ano houve dados de IQA para 208 estações (Figura 110), aumentando o quantitativo de estações com dados disponíveis para a área, comparativamente aos anos anteriores, ocorrendo uma melhoria no percentual de estações enquadradas entre “ruim” a “péssimo, alcançando 18,75% do total de estações. Das 210 estações do IET (Figura 111) registrou-se 35% entre “supereutrífica” e “hipereutrífico”. A seguir são apresentados os percentuais para cada classe dos índices na região.

Figura 108- Percentual de Classes de IQA no Alto SF.



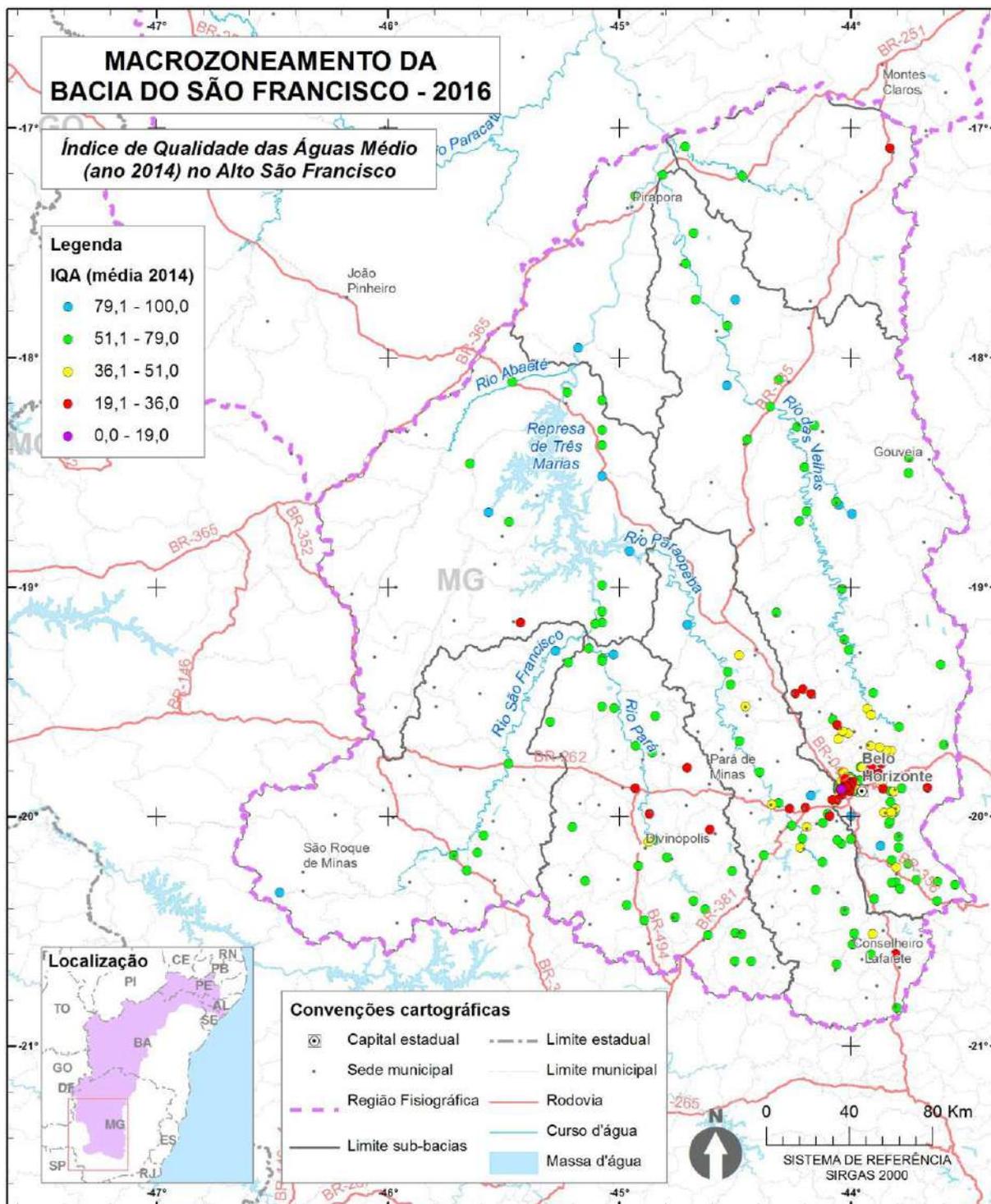
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 109- Percentual de Classes de IET no Alto SF.



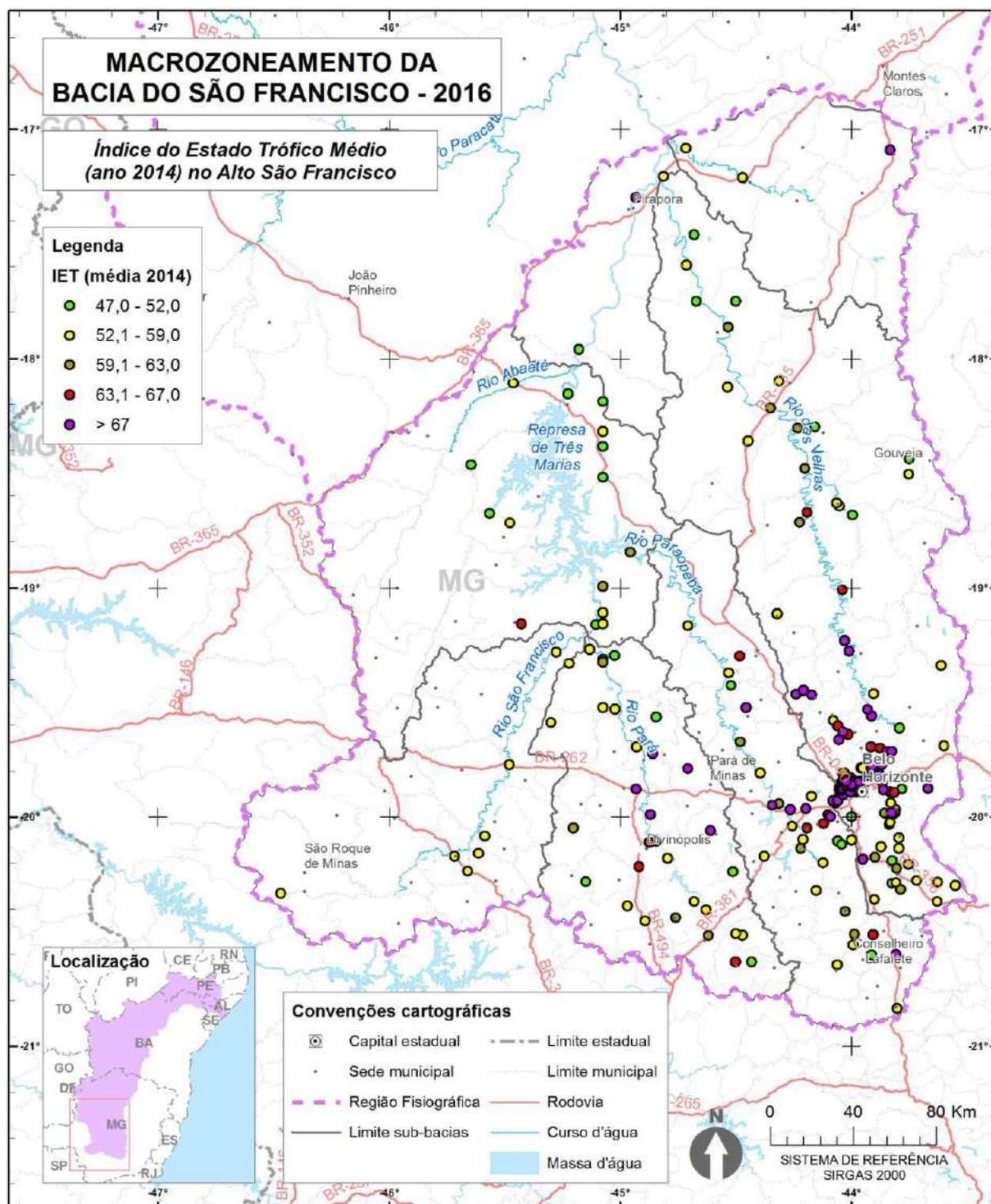
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 110- Índice de qualidade das águas médio no Alto SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 111- Índice do estado trófico médio no Alto SF.

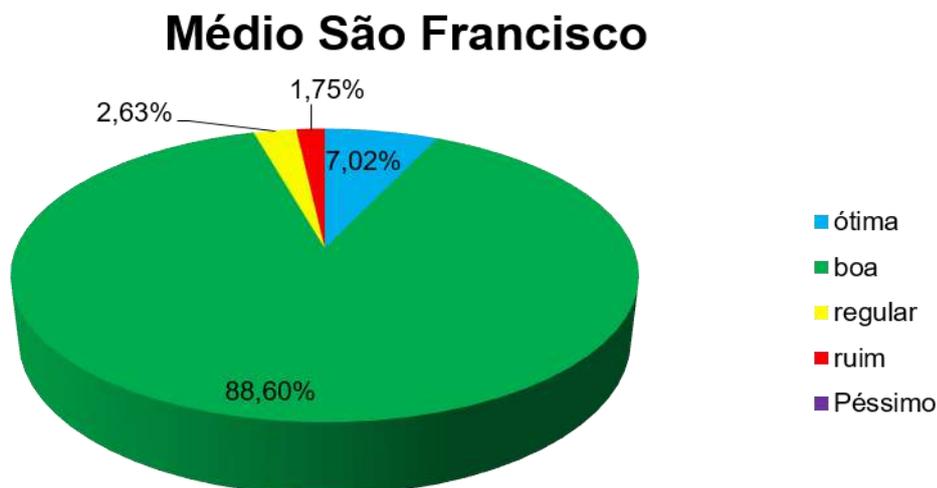


Fonte:

Na região do Médio São Francisco, as bacias afluentes com alguma estação enquadrada nas duas piores classes de qualidade, considerando o IQA e o IET, correspondem ao Rio Alto Preto, Rio Verde Grande, Rios Parnamirim, Santo Onofre e Carnaíba de Dentro, Rio Verde e Jacaré e margem esquerda do Lago Sobradinho, ver Figura 114 e Figura 115.

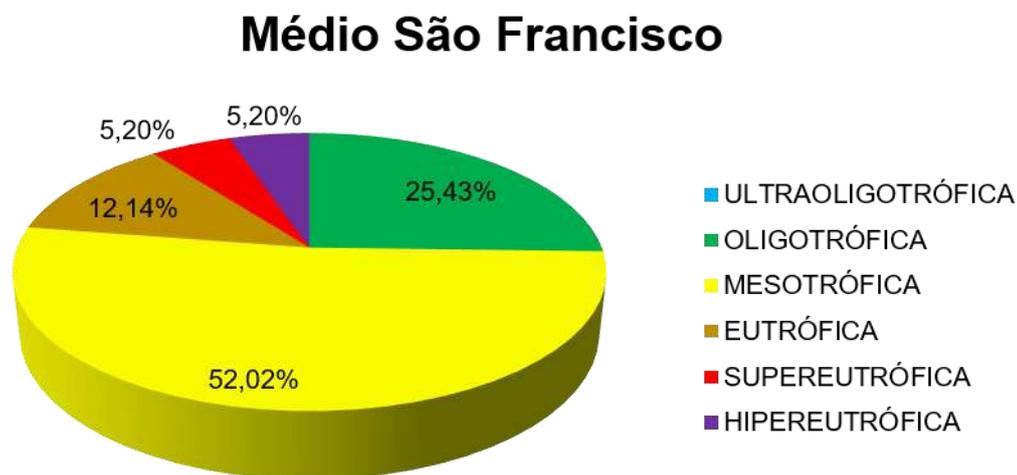
Para tais conclusões, foram analisadas as 114 estações com dados de IQA, 1,75% apresentaram índice “ruim”, sendo estes localizados na sub-bacia do Rio Verde Grande. Para as 173 estações com dados de IET, aproximadamente 10% apresentaram estado supereutrófico ou hipereutrófico, a seguir são apresentados os percentuais para cada classe dos índices na região (Figura 112 e Figura 113).

Figura 112- Percentual de Classes de IQA no Médio SF.



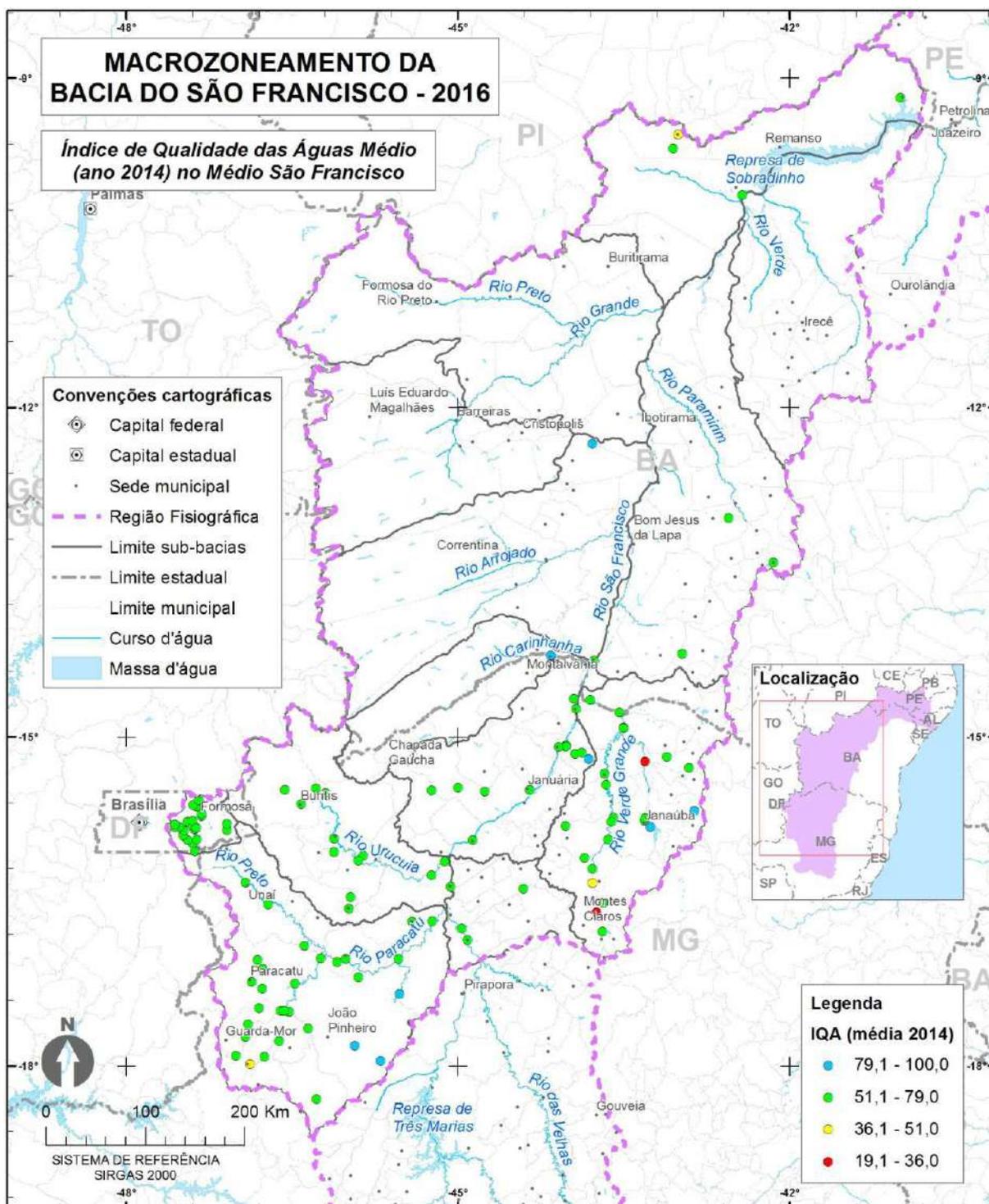
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 113- Percentual de Classes de IET no Médio SF.



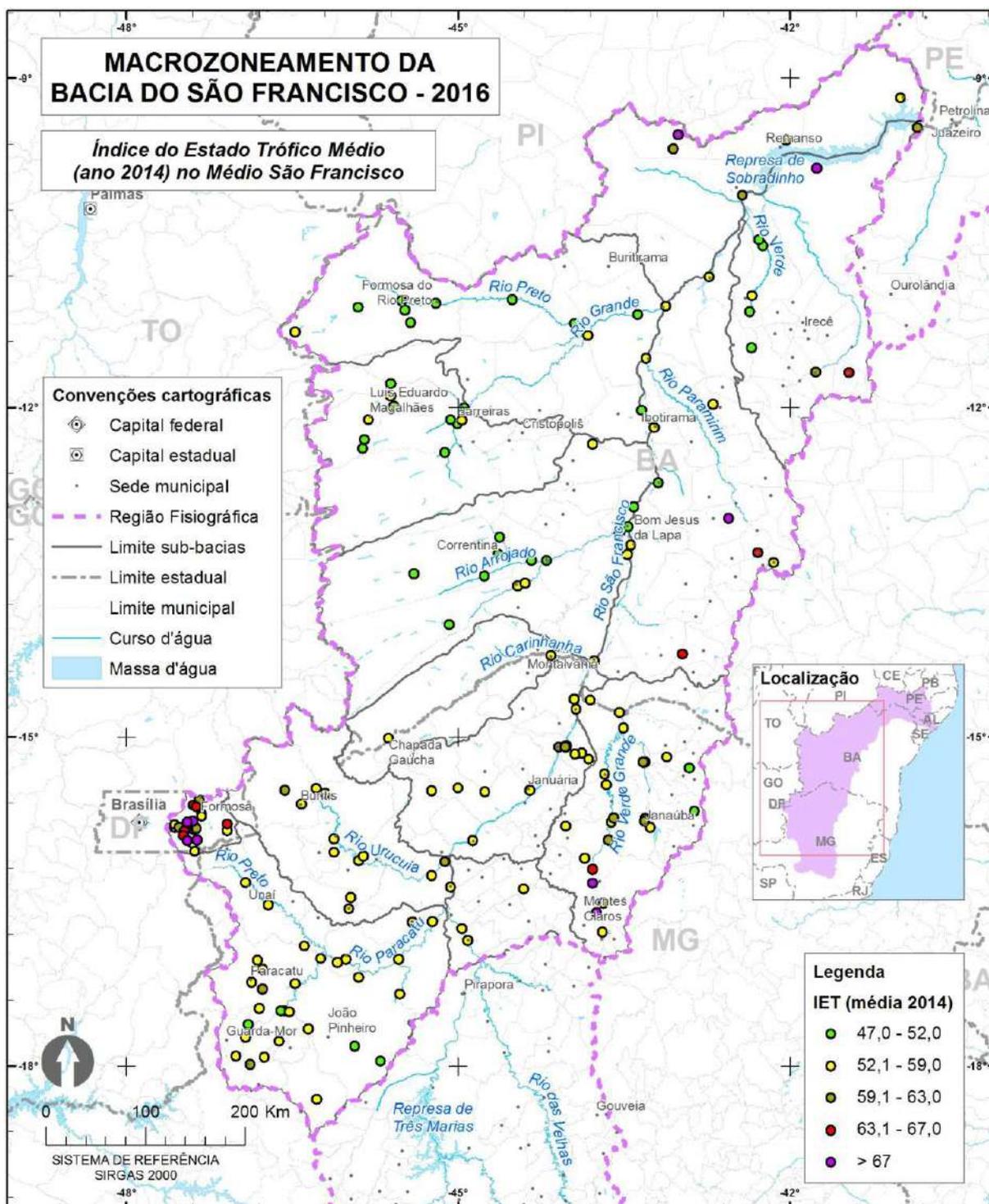
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 114- Índice de Qualidade das águas médio no Médio SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 115– Índice do estado trófico médio no Médio SF.



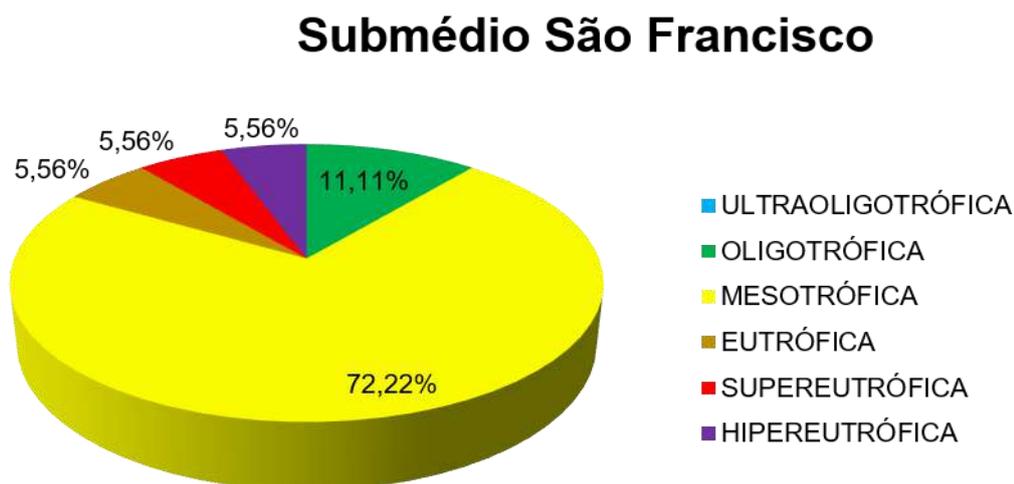
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

No PRH-SF 2016-2025 é informado que as condições naturais desta região são menos favoráveis à diluição de poluentes, mas que se mantém um padrão geral aceitável.

Os dados selecionados para 2014 do SNIRH para o Submédio retratam essa assertiva, onde, as 13 estações com dados de IQA para essa região fisiográfica todas estão enquadradas como de boa qualidade, ver Figura 117. Aproximadamente 11% de um total de 18 estações com dados de IET apresentaram estado supertrófico ou hipertrófico (Figura 116 e Figura 118).

Ainda na região Submédio, existem os dados que não são analisados pelas redes de monitoramento existentes, conforme é informado no PRH-SF 2016-2025 que indicou, em amostras de água do Lago de Sobradinho, presença de ferro e cádmio acima dos limites aceitáveis. Ainda foram encontradas altas densidades de cianobactérias tóxicas ao longo do São Francisco, entre Bahia, Alagoas e Sergipe.

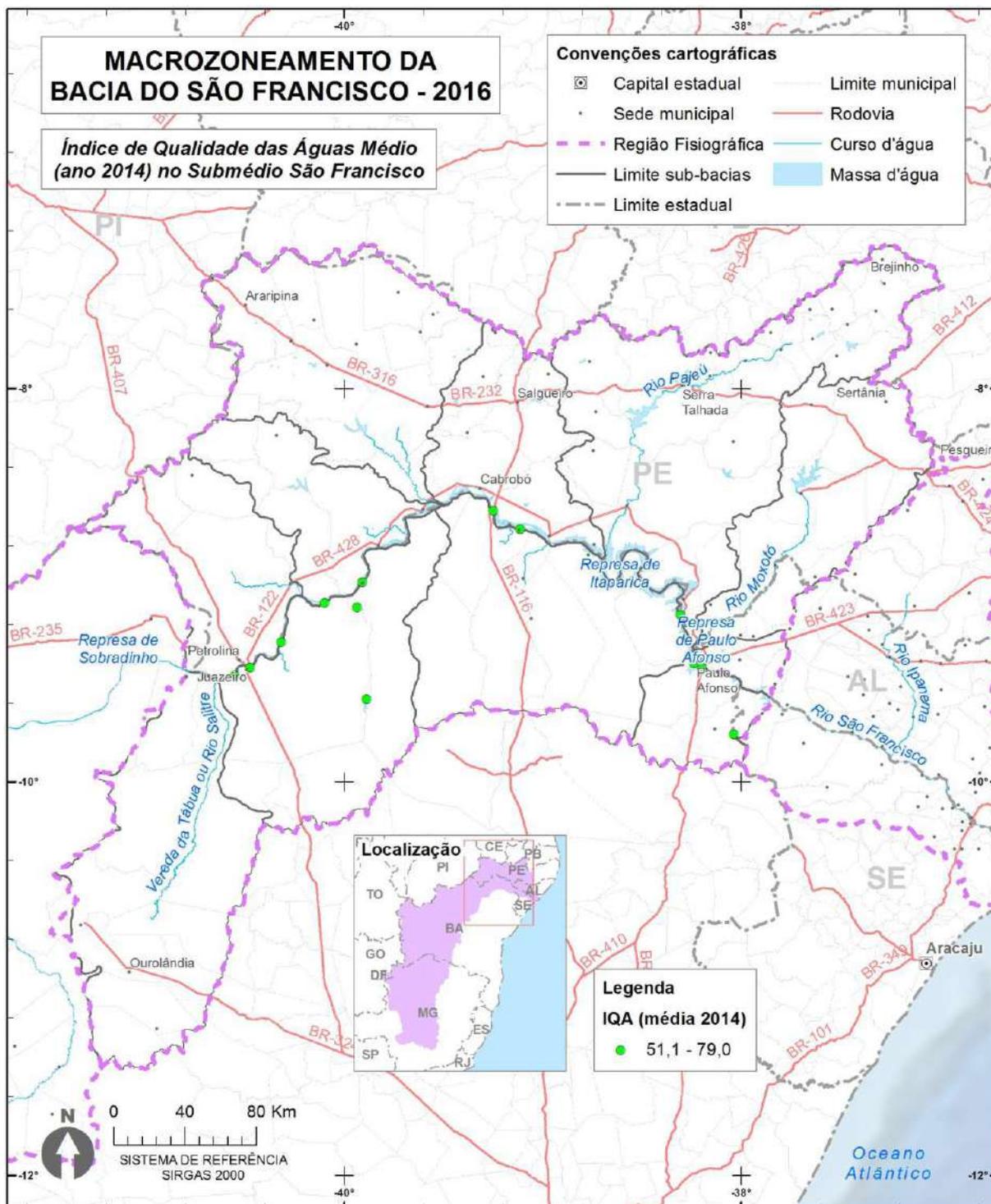
Figura 116- Percentual de Classes de IET no Submédio SF.



No Baixo São Francisco, existe uma carência de dados no SNIRH referente ao IQA, contudo é notada a existência da degradação da qualidade da água por fontes poluentes de origem doméstica e agrícola, pois as 10 estações com dados de IET, situadas na sub-bacia do Baixo São Francisco em Sergipe, estão categorizadas no estado supereutrófico ou hipereutrófico com metade do total das estações para cada classe, ver Figura 119.

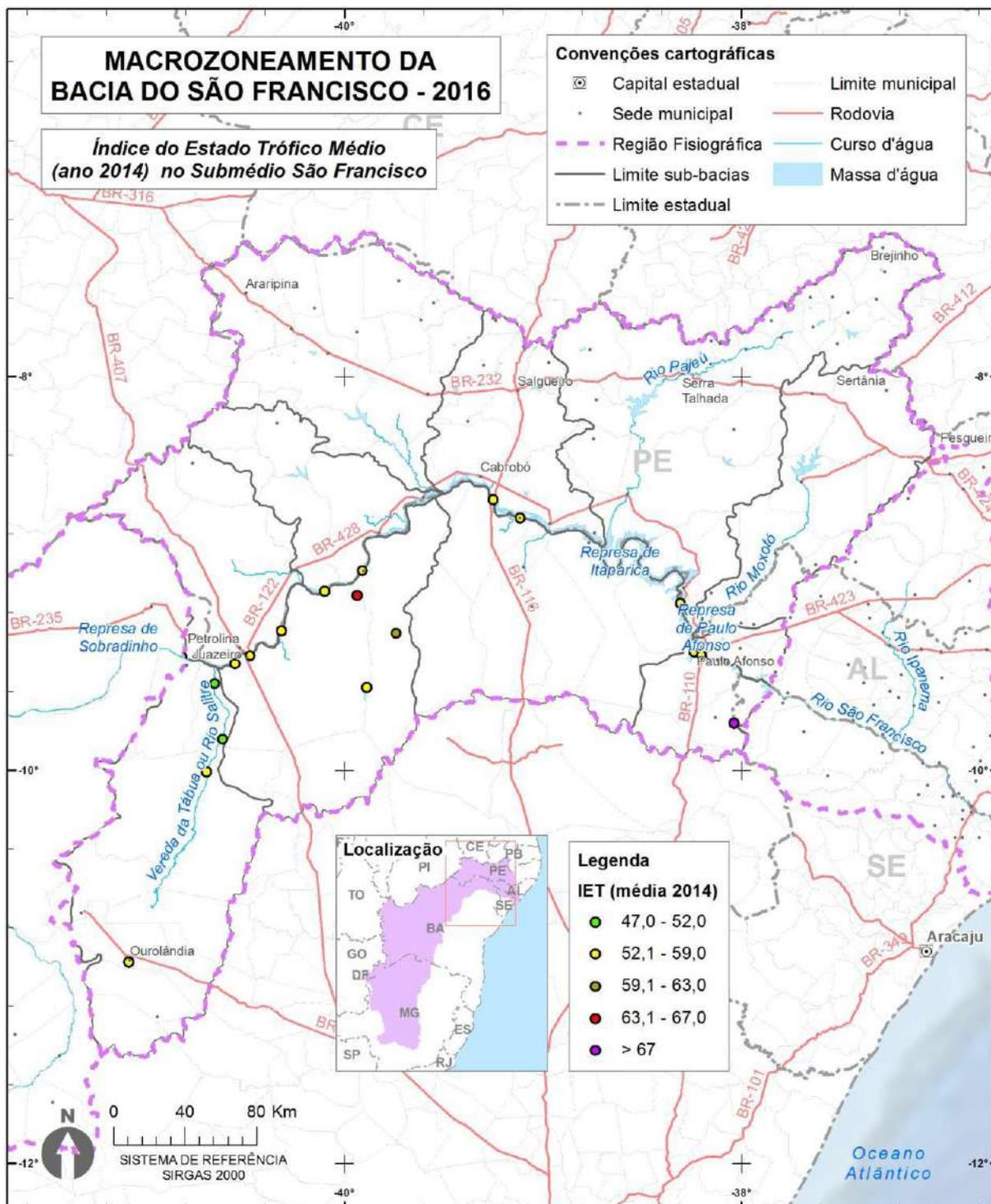
É válido ressaltar que em regiões onde a qualidade dos recursos hídricos superficiais está classificada como “ruim”, afeta diretamente a manutenção dos ecossistemas aquáticos. Um ambiente perturbado pela poluição tem a característica de conter uma proliferação das espécies mais resistentes e uma redução/extinção das espécies menos resistentes. Tais aspectos já podem ser observados em vários pontos da BHSF, principalmente aqueles que indicam uma redução na produção da pesca artesanal, como por exemplo, na região do Baixo São Francisco.

Figura 117– Índice de qualidade das águas médio no Submédio SF.



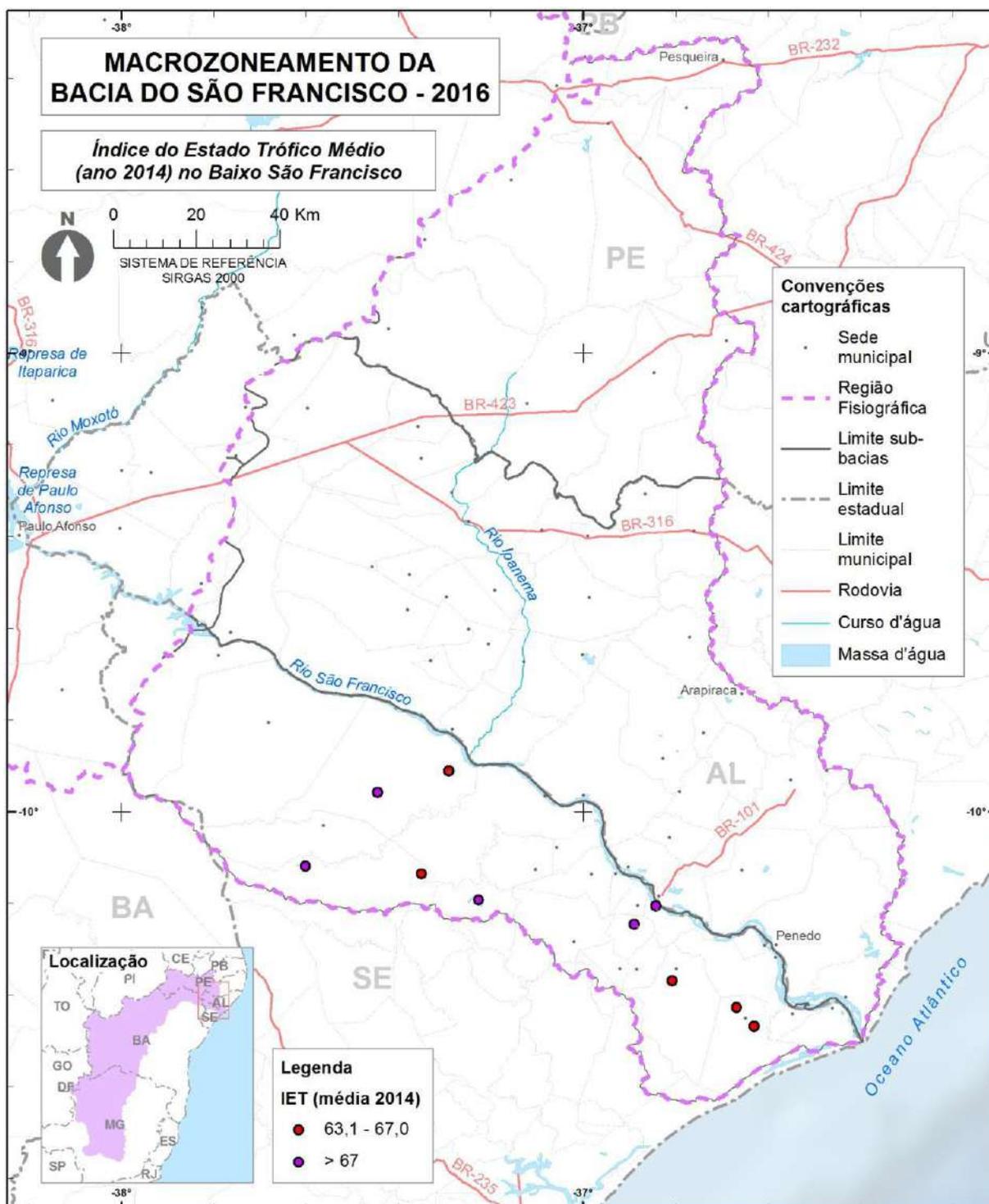
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 118– Índice do estado tráfico médio no Submédio SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 119– Índice do estado trófico médio no Baixo SF.

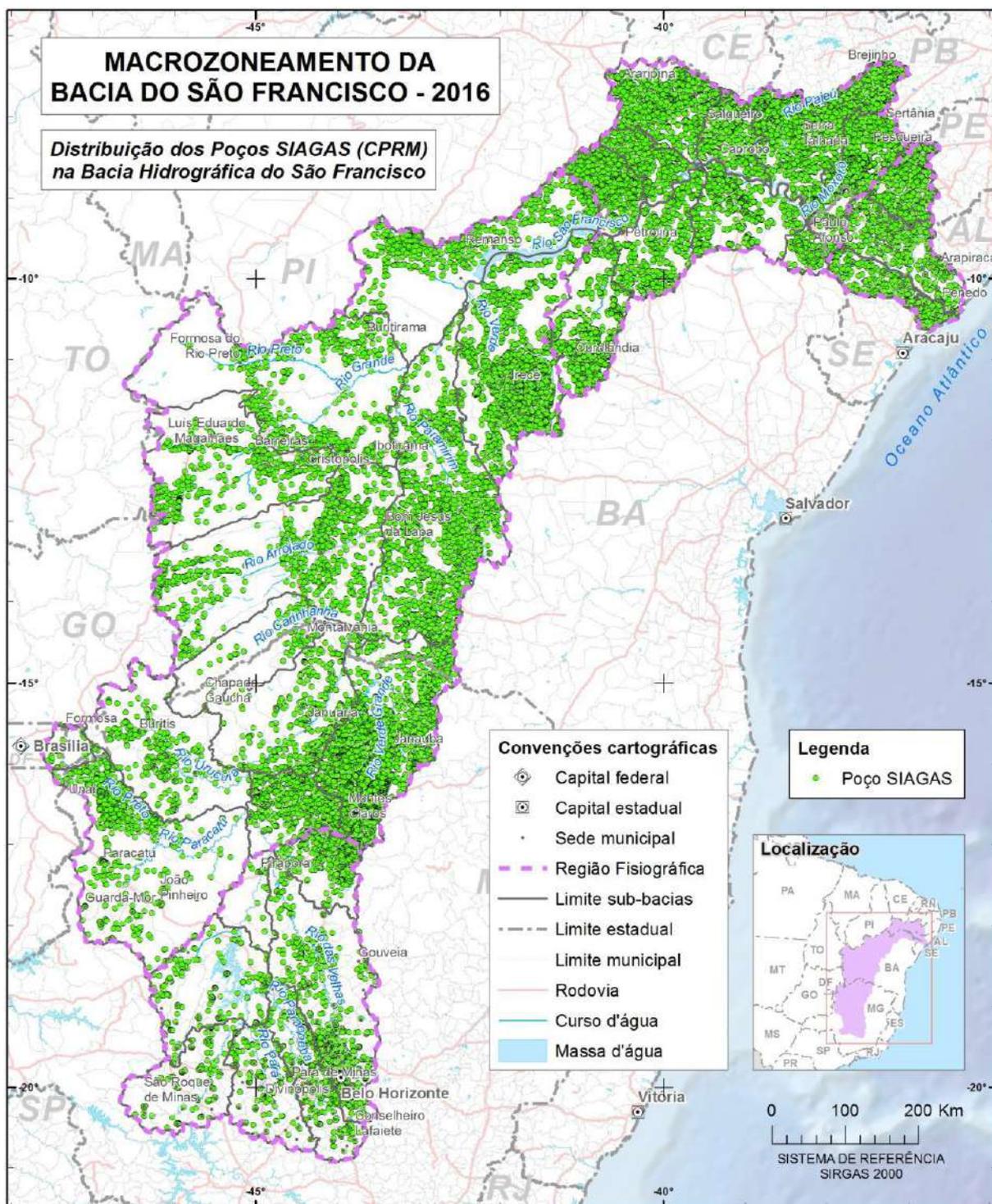


FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

## Águas Subterrâneas

Para se determinar as condições qualitativas, utilizaram-se as informações sobre a condutividade elétrica das águas subterrâneas da BHSF, no site do SIAGAS – CPRM (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas), o qual possui cerca de 16.860 poços cadastrados, que podem ser visualizados na Figura 120.

Figura 120- Poços do SIAGAS na BHSF.



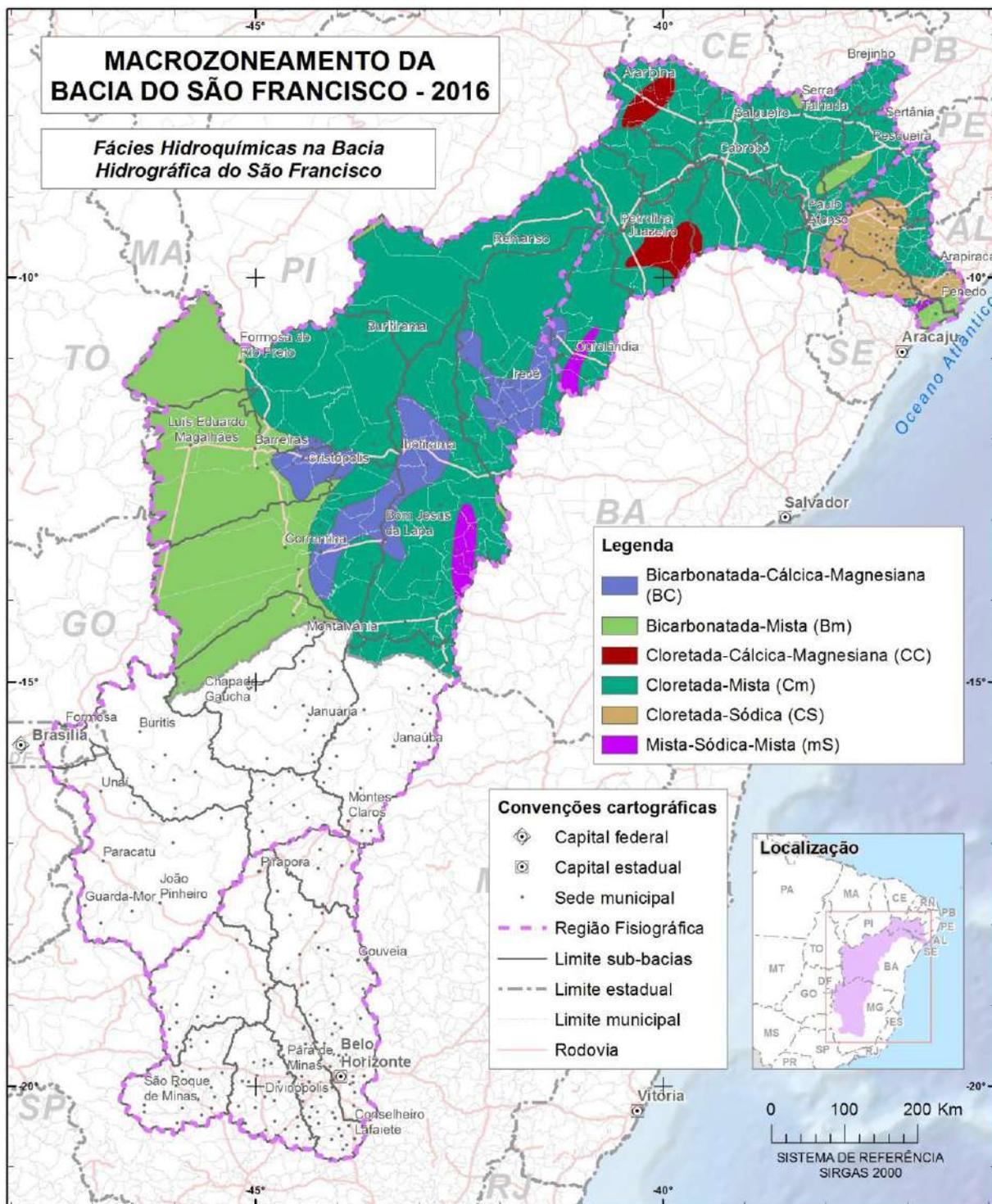
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Na Figura 121, obtida a partir do Mapa de Hidroquímicas dos Mananciais Subterrâneos da Região Nordeste do Brasil (IBGE, 2013), são apresentadas as fácies hidroquímicas, que representa os principais íons na composição da água subterrânea, resultado da circulação da água nas rochas.

A distribuição espacial de potabilidade (Figura 122) e as condições de utilização para irrigação (FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

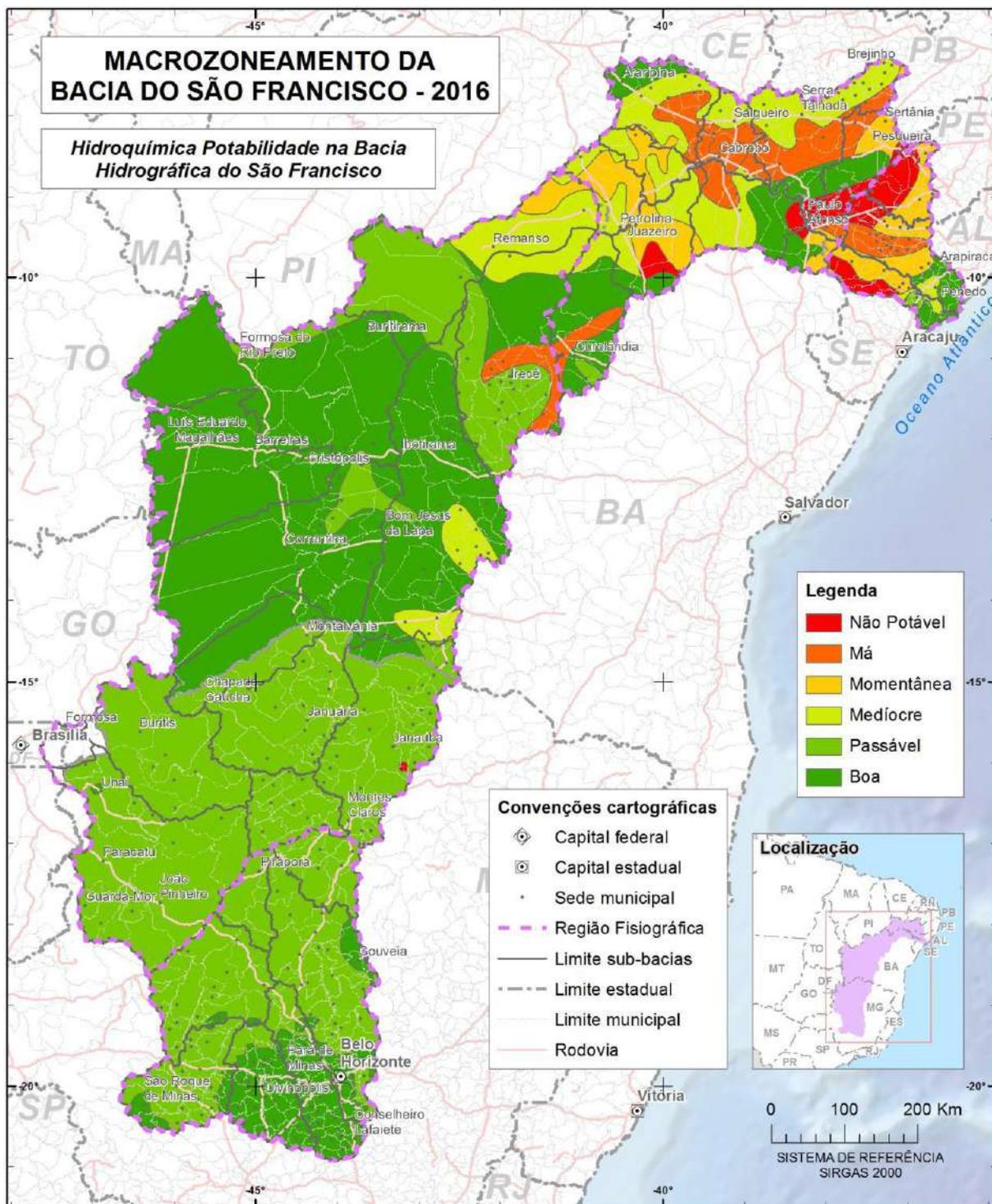
Figura 123) são apresentadas no Mapa de Hidroquímica de Mananciais Subterrâneos da Região Nordeste do Brasil (IBGE, 2013), sendo baseado em 10.478 análises físico-químicas realizadas em poços tubulares.

Figura 121- Fácies hidroquímicas na BHSF.



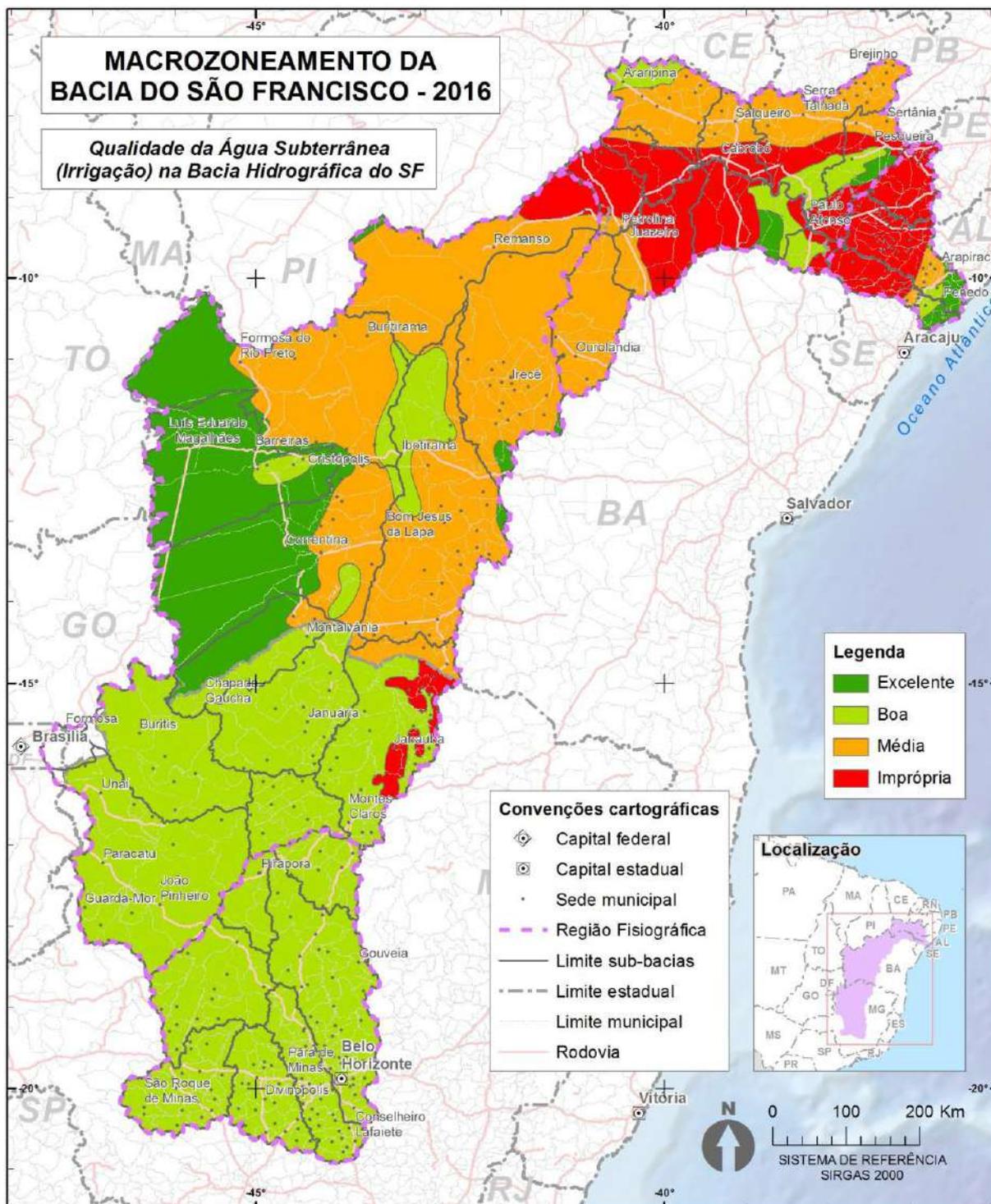
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Figura 122- Qualidade da água subterrânea para consumo humano na BHSF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

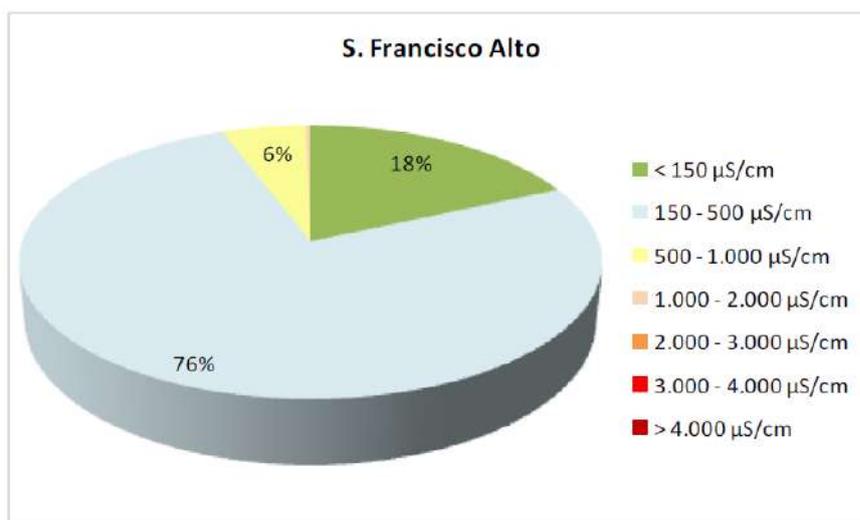
Figura 123- Qualidade da água subterrânea para irrigação na BHSF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

De acordo com o Mapa Hidrogeológico do Brasil (CPRM, 2014b), na região do Alto São Francisco, a água subterrânea é considerada como tendo muito fraca a fraca mineralização, ou seja, 94% da região possui condutividade inferior a 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , o que corresponde a uma água apropriada para todos os usos. Já ao sul desta região, a mineralização é considerada de moderada a excessiva, com condutividade elétrica de 500 a 2.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sendo na bacia do rio Jequitaiá – aquífero Bambuí a água imprópria para consumo humano, assim como nos municípios de Montes Claros e São João da Lagoa. A Figura 124 apresenta a porcentagem de condutividade na região do Alto São Francisco.

**Figura 124- Condutividade elétrica no Alto SF.**



**FONTE:** CPRM (2014a) / PRH-SF 2016-2025.

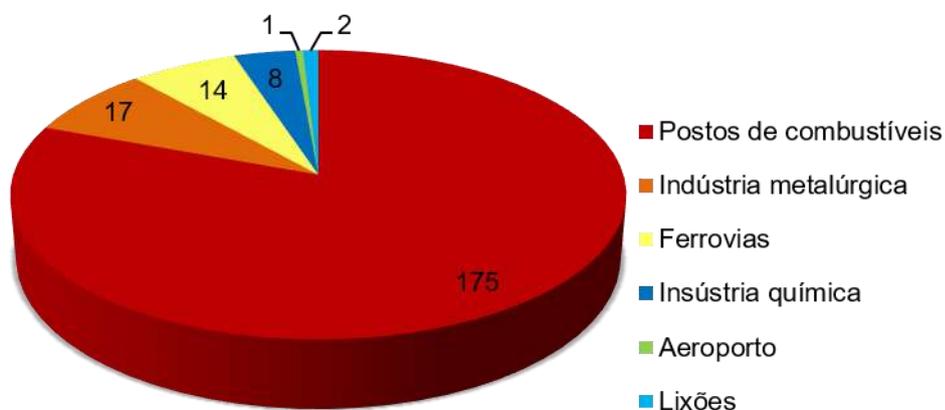
Nos municípios de Eng. Navarro, Lagoas dos Patos, Montes Claros e São João da Lagoa a água subterrânea é classificada apropriada para consumo humano, porém a concentração de metais pesados está muito próxima dos limites definidos na Resolução CONAMA nº 396/2008. A elevada concentração de manganês torna a água inadequada para consumo animal e irrigação. Já a elevada concentração de ferro limita a utilização da água para irrigação.

Nesta mesma região foram identificadas 322 áreas pertencentes ao sistema de gerenciamento de áreas contaminadas, onde 92 estão em processo de reabilitação e 7 pertencem a áreas reabilitadas para o uso declarado, mas em processo de monitoramento (áreas com atividade mineira).

Estão cadastradas pela FEAM (2014) 223 áreas com problema na qualidade de água subterrânea. Destas, 50 áreas estão em processo de intervenção/remediação.

Postos de combustíveis são responsáveis pela maior parte da contaminação de águas subterrâneas, representando 175 do total de áreas identificadas. Em seguida fica a indústria metalúrgica (17) e ferrovias (14). Em relação à indústria química foram identificados 8 casos de contaminação por diversos compostos químicos e metais. Os depósitos inadequados do Aeroporto Internacional Tancredo Neves deram origem a uma área contaminada por cromo, alumínio, chumbo, cobalto e manganês. Outras duas áreas supõem-se que foram contaminadas devido à disposição inadequada de sólidos urbanos em lixões localizados na sub-bacia das Velhas. Estes dados estão apresentados em forma de gráfico na Figura 125.

Figura 125- Principais fontes contaminantes da BHSF.



FONTE: CPRM (2014a).

Na Figura 126 está apresentado o mapa com as áreas do Alto São Francisco com qualidade das águas subterrâneas comprometidas em função da fonte poluidora.

Figura 126- Áreas no Alto SF com águas subterrâneas comprometidas.

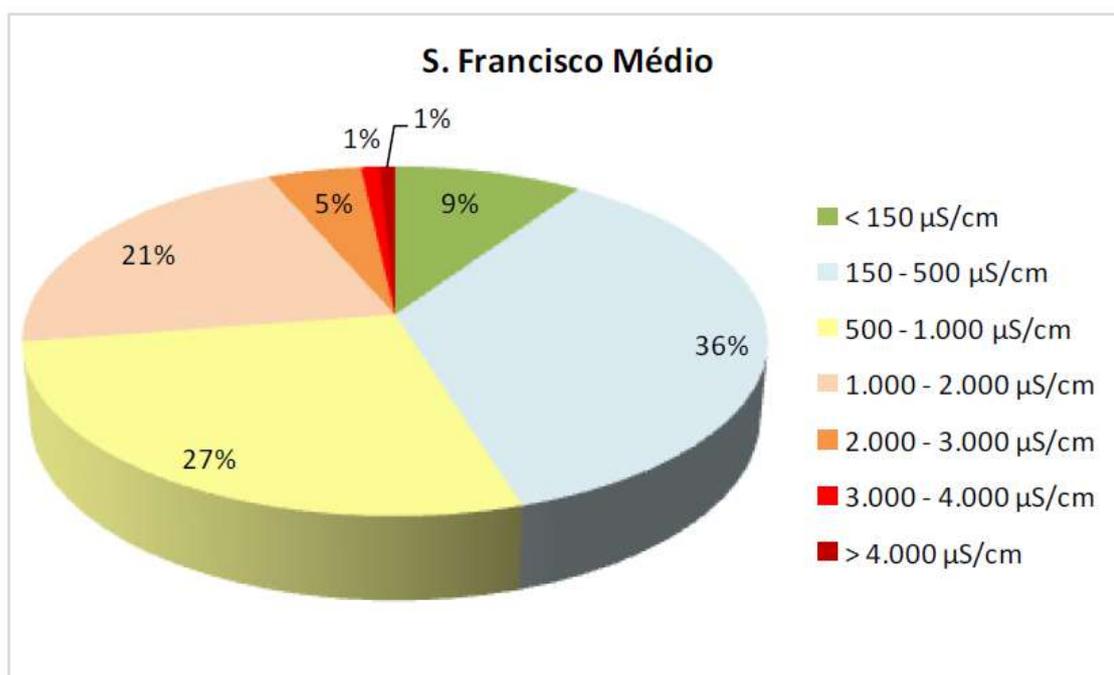


FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Na região do Médio São Francisco, 93% da água se adequa para consumo humano e 59% para irrigação, porém o Mapa Hidrogeológico do Brasil (CPRM, 2014b) apresenta um contraste da condutividade elétrica, quando relacionado o Sudeste com o Nordeste. Ao avançar de Minas Gerais com condutividade de 500 a 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , para a Bahia a condutividade passa para mais de 4.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , com exceção das águas do aquífero Urucuia (inferior a 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Alguns municípios do estado da Bahia, mais especificamente nas sub-bacias do Verde/Jacaré, Parnamirim/Santo Onofre/Carnaíba de Dentro e margem esquerda do Lago de Sobradinho, apresentam 7% da água imprópria para consumo humano. São identificados 8 principais municípios com excessiva mineralização, sendo Casa Nova com condutividade maior de 4.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , e acima de 2.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  os municípios de Pilão, Arcado, América Dourada, Remanso, em torno de São Gabriel, João Dourado, Irecê e Lapão. A Figura 127 apresenta a porcentagem de condutividade na região do Médio São Francisco.

**Figura 127- Condutividade elétrica no Médio SF.**

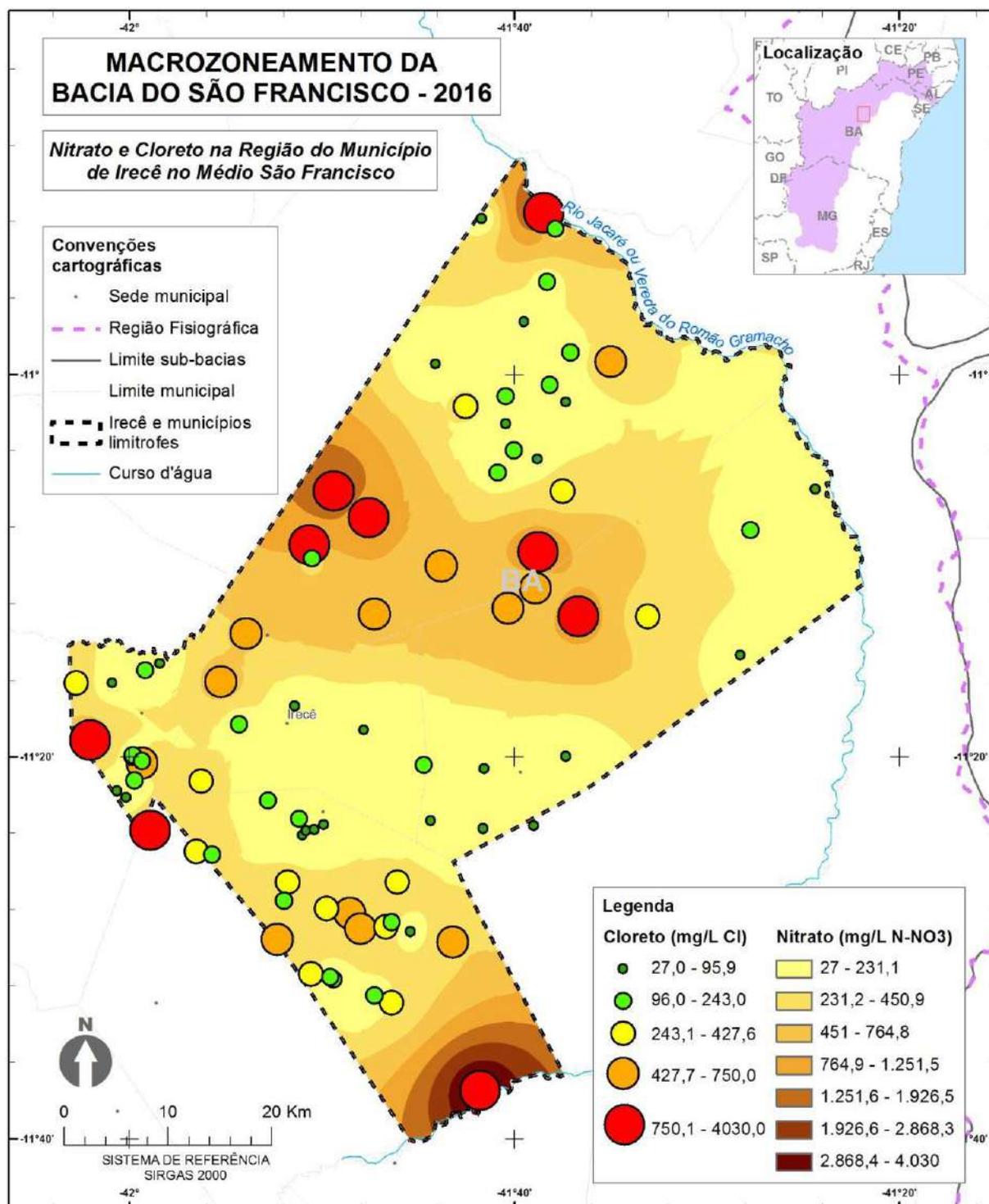


**FONTE:** CPRM (2014a) / PRH-SF 2016-2025.

A Companhia de Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos da Bahia (CERB, 2014) realizou 637 análises físico-químicas em 78 municípios da Bahia, localizados no Médio São Francisco. Um número significativo de amostras apresentou índices fora dos padrões de dureza, cloreto, ferro, nitrato e fluoreto.

Nas Figura 128 está apresentada a concentração de nitrato e cloreto para municípios limítrofes a Irecê. Sabe-se que as grandes concentrações de nitrato estão relacionadas ao desenvolvimento da agricultura na região de Irecê.

Figura 128- Concentração de nitrato e cloreto na região de Irecê.

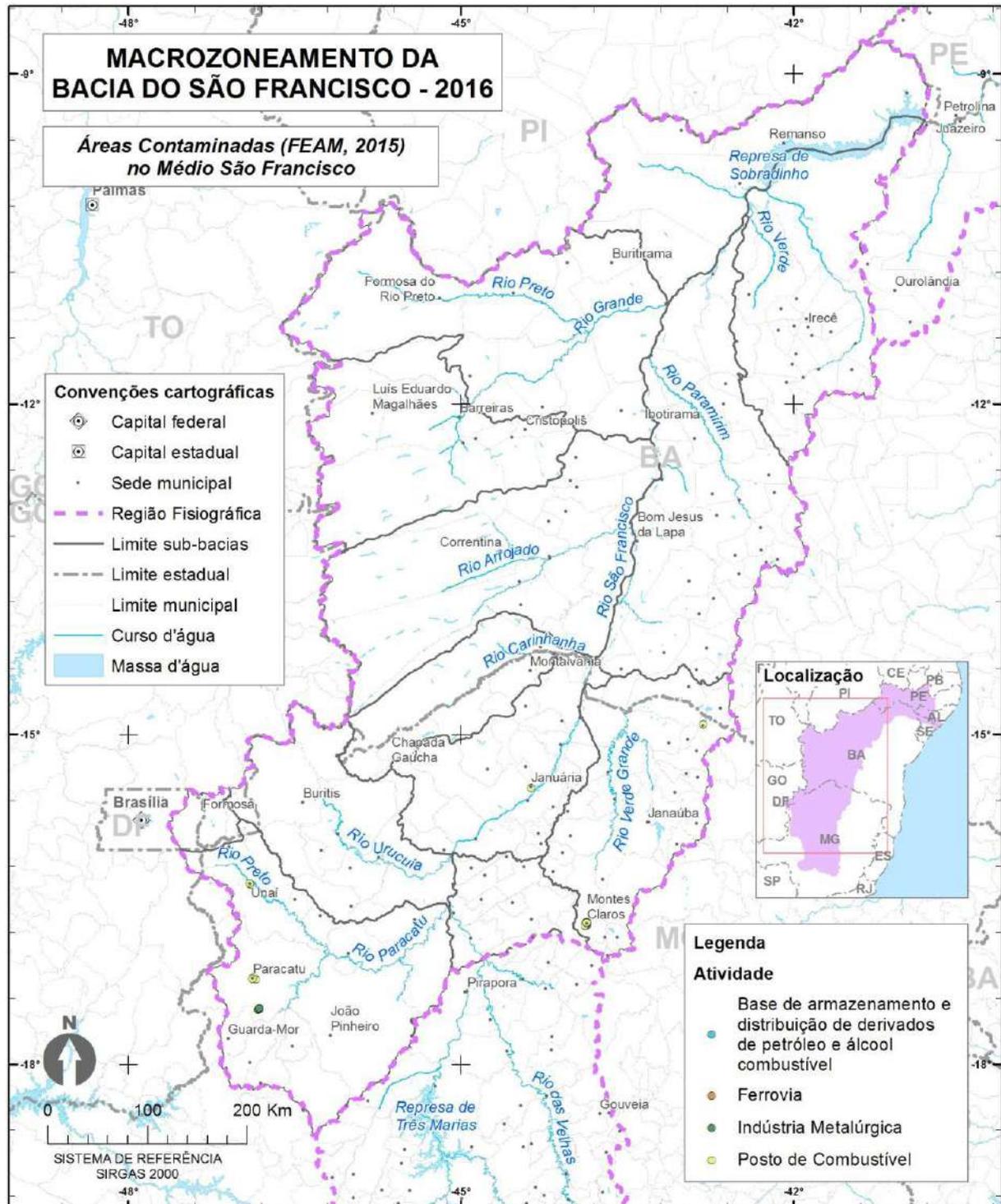


FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Na região do Médio São Francisco, cerca de 61% das contaminações de águas subterrâneas estão relacionadas a postos de combustíveis e 32% com a indústria metalúrgica, como pode ser visto na Figura 129. Tais contaminações estão relacionadas a hidrocarbonetos, no caso dos postos de combustíveis, e metais cádmio, chumbo, zinco e arsênio, devido às atividades das indústrias metalúrgicas.

No Distrito Federal a ADASA constatou baixa mineralização e em alguns casos a concentração de ferro e manganês apresentaram desconformidade com os limites estabelecidos para consumo humano, e em alguns casos para dessedentação animal e irrigação.

Figura 129- Áreas no Médio SF com águas subterrâneas comprometidas.



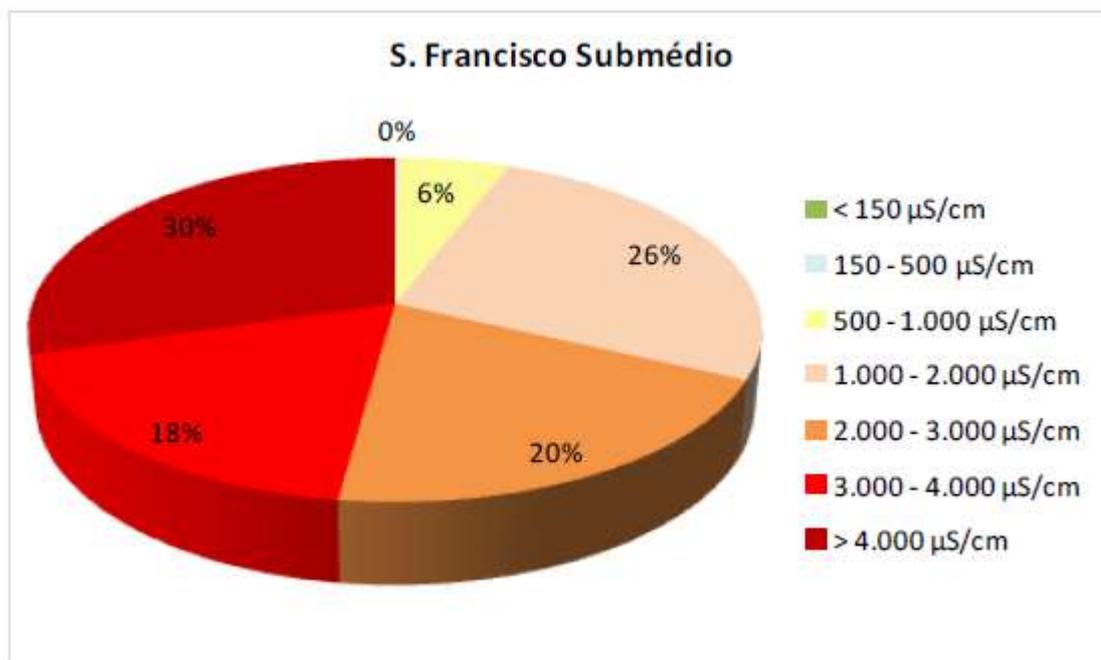
FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE-PROJETEC (2016).

Na região do Submédio São Francisco, em geral, a água subterrânea foge dos limites aceitáveis de potabilidade e capacidade de uso para irrigação, sendo

aproximadamente 70% da região com água de qualidade imprópria para consumo humano e 5% não é potável.

Esta região fisiográfica apresenta 68% do território com águas subterrâneas de excessiva mineralização, ou seja, valores acima de 2.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . A Figura 130 apresenta a porcentagem de condutividade na região do Submédio São Francisco.

**Figura 130- Condutividade elétrica no Submédio SF.**



**FONTE:** CPRM (2014a) / PRH-SF 2016-2025.

Os aquíferos fraturados nas bacias de Moxotó, Garças e Pontal apresentaram elevada mineralização, salinidade, concentração de cloreto (entre 1.450 e 2.700 mg/l) e sódio (entre 419 e 719 mg/l). A Resolução CONAMA nº 396/2008 permite concentração máxima de 250 mg/l para cloreto e 200 mg/l para sódio. Nas mesmas bacias ainda existe o problema com a concentração de ferro, que é da ordem de 7 mg/l e, pelo CONAMA, é no máximo 0,3 mg/l.

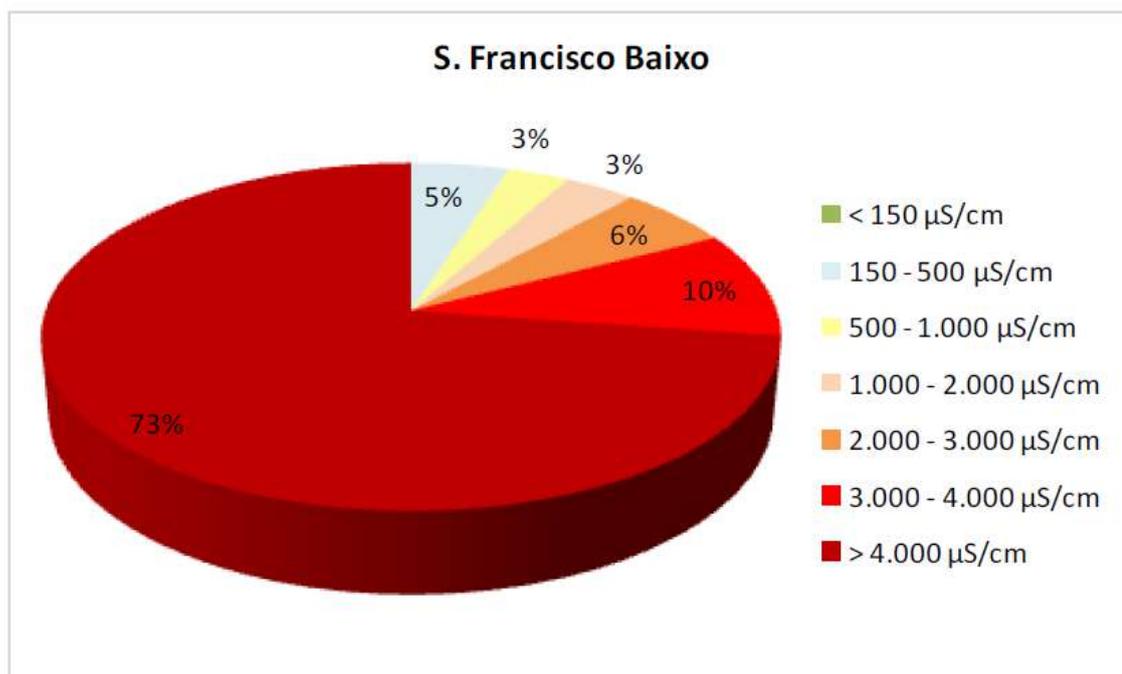
As concentrações de cloreto nos municípios de Abaré, Chorrochó, Jaguari e Macururé foram superiores a 2.000 mg/l, segundo a CERB (2014), acima dos padrões de potabilidade.

O Mapa Hidrogeológico do Brasil (CPRM, 2014b) classifica toda região do Baixo São Francisco, com exceção da zona costeira, com excessiva mineralização. As águas subterrâneas, mais especificamente 72% da região, apresentam condutividade elétrica superior a 4.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Segundo o Mapa da Hidroquímica dos Mananciais Subterrâneos da Região Nordeste (IBGE, 2013), cerca de 55% da região apresenta água imprópria para consumo humano e 29% apresenta água subterrânea não potável.

As águas subterrâneas dessa região ainda apresentam índice inadequado para irrigação, correspondendo a 77% do território do Baixo São Francisco. A Figura 131 apresenta a porcentagem de condutividade na região do Submédio São Francisco.

Figura 131- Condutividade elétrica no Baixo SF.



FONTE: CPRM (2014a) / PRH-SF 2016-2025.

### 2.6.3 Identificação de reservatórios

Para esta seção utilizou-se informações dos estudos “Massas d’água” (ANA, 2016) e “Classificação das Barragens de Mineração inseridas na PNSB” (DNPM, 2014), disponibilizadas nos endereços eletrônicos das respectivas instituições e utilizadas para a identificação dos reservatórios de água na BHSF.

Tal mapeamento foi efetuado a partir de diversos documentos geocartográficos existentes e de imagens dos satélites LandSAT – GeoCover 2000 e CBERS-2 entre 2003 e 2006, e utilizando a metodologia do “Guia Operacional para Elaboração das Cartas dos Espelhos D’água do Brasil”, elaborado pela equipe técnica da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME – (FUNCEME, 2006), cujos métodos foram submetidos e aprovados pelo Ministério da Integração (MI) e pela ANA.

Foram registrados os espelhos d’água na BHSF com área superior a 20 hectares, classificados em naturais ou artificiais, consoante a sua origem resulte ou não de um barramento de um curso de água. Existem ainda 32 registrados, dos quais 20 são artificiais e 12 naturais, ambos com área menor do que 20 hectares.

Os principais reservatórios existentes ao longo do Rio São Francisco são: Três Marias, Sobradinho, Luiz Gonzaga (Itaparica), Moxotó, Paulo Afonso (I, II e III), Paulo Afonso IV e Xingó. Tais aproveitamentos têm a principal finalidade de produzir energia elétrica e utilizam água para outros fins, como irrigação, navegação e controle de cheias. E ainda, os reservatórios de Três Marias, Sobradinho e Luiz Gonzaga têm importância estratégica na regularização do Rio São Francisco.

Os reservatórios de Três Marias, Queimado, Sobradinho e Itaparica apresentam capacidade de amortecimento de cheias. Três Marias e Queimado são sistemas independentes. Já Sobradinho e Itaparica (este último associado à UHE Luiz

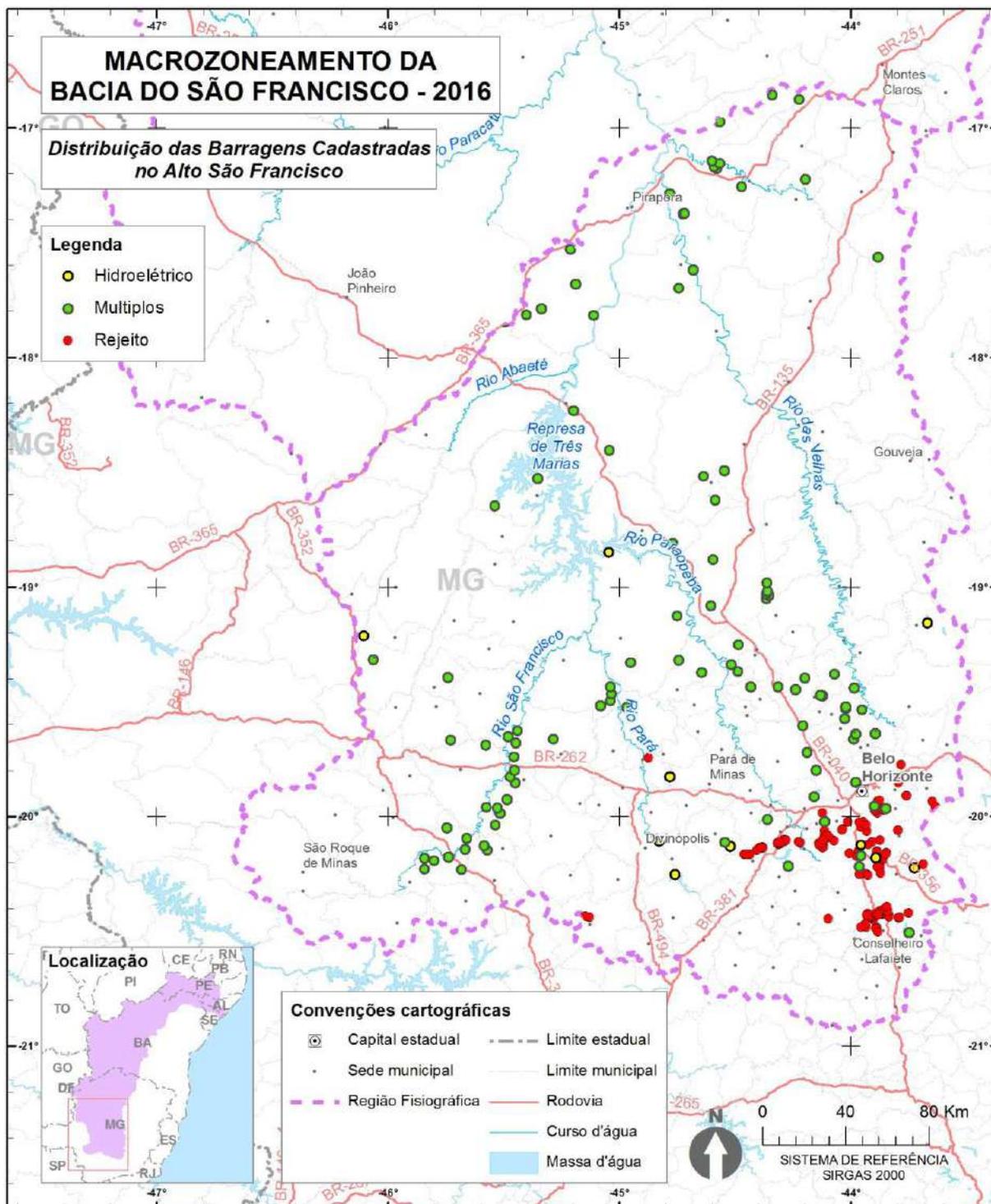
Gonzaga) correspondem a um conjunto de reservatórios situados na mesma bacia e operados pelo mesmo agente de geração, com capacidade de influenciar na proteção de locais a jusante dos mesmos, em caso de cheia.

Apenas Três Marias e Sobradinho possuem grande capacidade de acumulação e, por sua vez, ciclos de enchimento e esvaziamento superiores a um ano (Lopes et al., 2002).

Situado a jusante de Sobradinho, o reservatório de Itaparica, apresenta capacidade de regularização anual e os demais reservatórios da bacia não apresentam esta capacidade, constituindo aproveitamentos a fio d'água.

A região do Alto São Francisco ocupa 16% da área da BHSF e conta com um total de 224 barragens, distribuídas espacialmente conforme a Figura 132. Dentre elas, 51,3% são barragens de rejeito mineral e industrial, devido à grande importância que a indústria de mineração apresenta nesta região. A parcela de 44,2% dessas barragens é de usos múltiplos, e 4,5% são barragens hidrelétricas. As principais barragens hidrelétricas desta região são Três Marias, Retiro Baixo e Queimados.

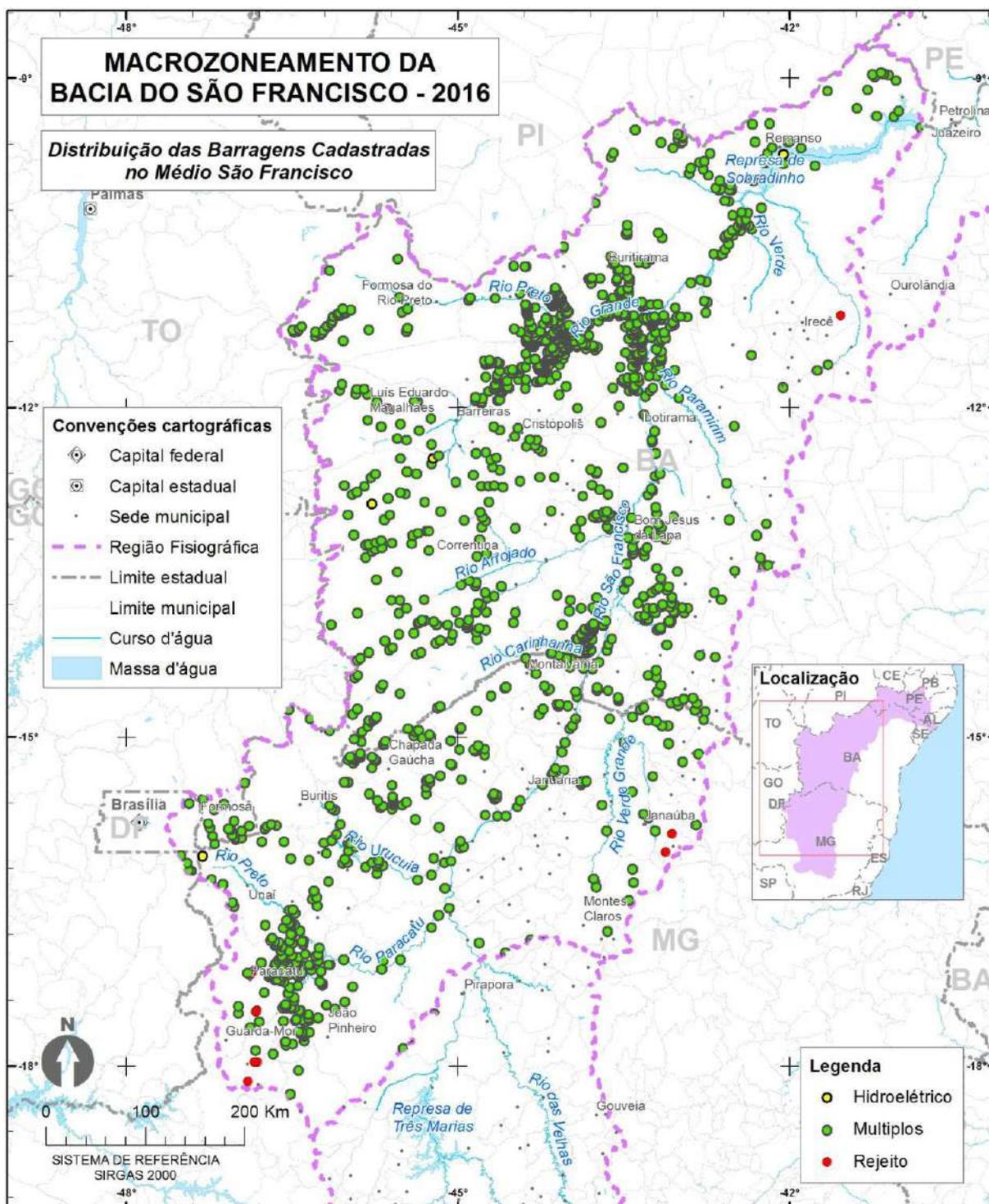
Figura 132- Distribuição espacial das barragens cadastradas na região do Alto SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

A Região do Médio São Francisco corresponde a 63% da área da bacia, e apresenta, nos cadastros dos órgãos estaduais e federais, 1.333 empreendimentos distribuídos espacialmente conforme a Figura 133. De tais empreendimentos, 98,8% são barragens de usos múltiplos, 0,3% são de utilizações relativas a hidroelétricas e 0,9% são barragens de rejeito. As principais barragens desta região são as hidrelétricas Rio das Fêmeas e Sobradinho.

Figura 133- Distribuição espacial das barragens cadastradas na região do Médio SF.

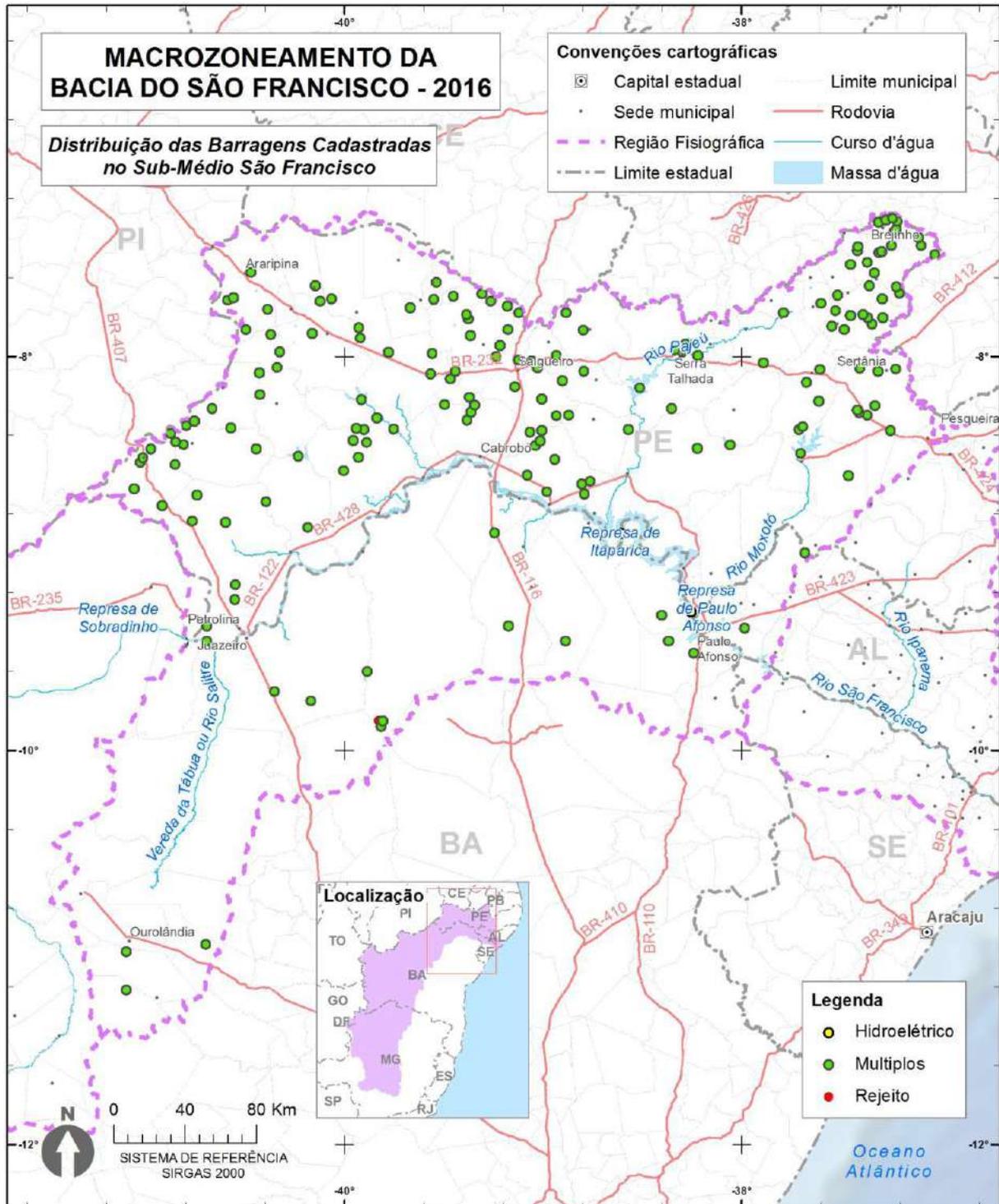


FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

A região do Submédio São Francisco ocupa 17% da área da bacia. São registradas 167 barragens nesta região, com distribuição espacial e por tipo de utilização apresentada na Figura 134. Do total de barragens registradas, 97,6% são barragens de usos múltiplos, dentre elas. A fração de 1,8% corresponde às barragens hidrelétricas e 0,6% a barragens de rejeito de mineração e industrial. Destacam-se nesse trecho os reservatórios de Paulo Afonso I, II, III e IV, Itaparica e Moxotó. É

importante ressaltar que a maior parte do espelho d'água de Xingó se encontra nesta região fisiográfica, mas a obra física da barragem está no Baixo São Francisco.

Figura 134- Distribuição espacial das barragens cadastradas existentes na região do Submédio SF.

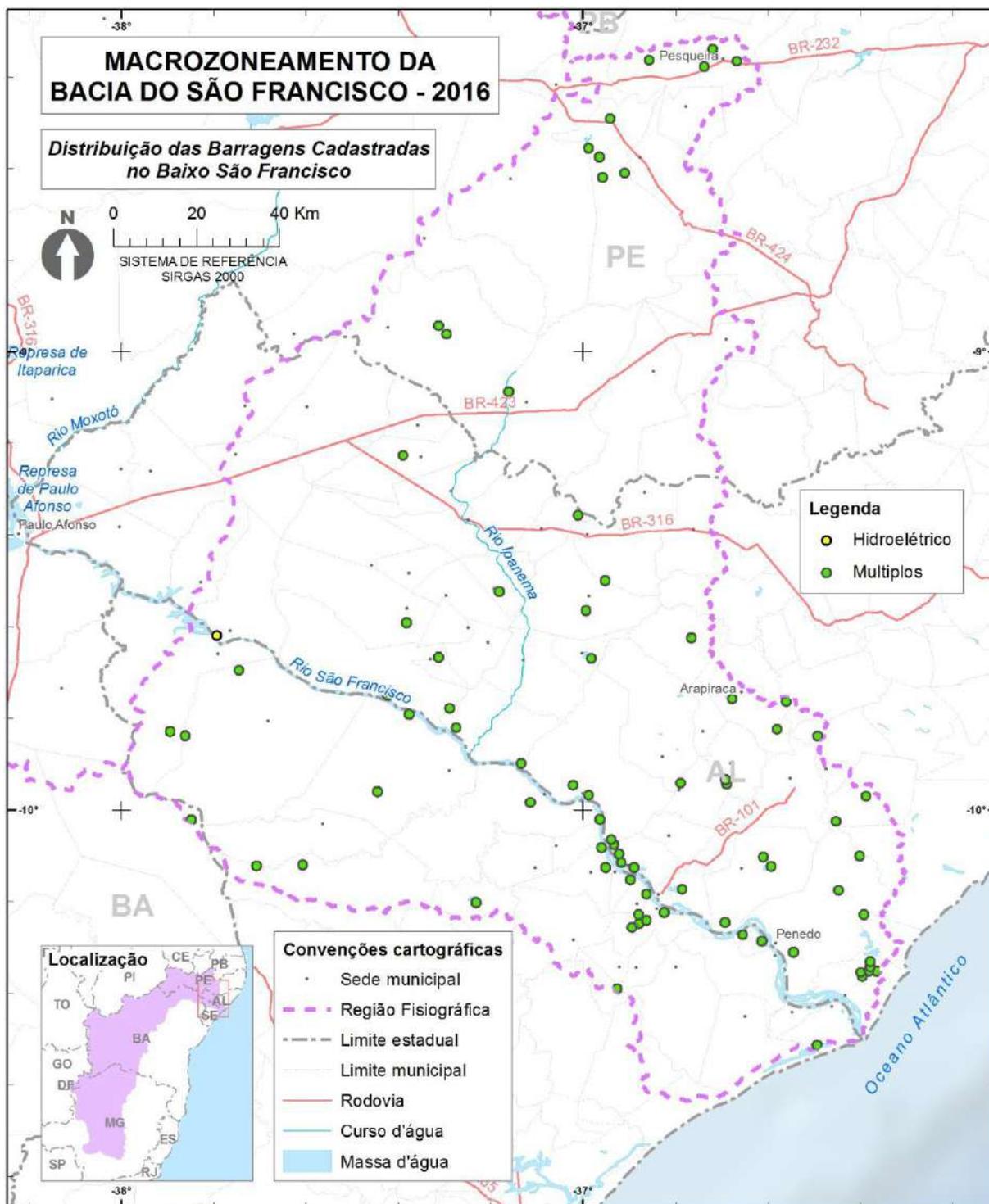


FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

A região do Baixo São Francisco ocupa 4% da área da bacia. Estão cadastrados 75 barramentos na região, onde 98,7% corresponde a barragens de usos múltiplos. Além dessas, é identificado o empreendimento hidrelétrico de Xingó. Não há qualquer

registro sobre barragens com a finalidade de reter rejeitos de mineração e industriais nesta região. A distribuição espacial de barragens na região está ilustrada na Figura 135.

Figura 135- Distribuição espacial das barragens cadastradas na região do Baixo SF.



FONTE: Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

O Quadro 42 ilustra a distribuição dos espelhos de água por regiões fisiográficas, quanto ao seu domínio.

**Quadro 42- Distribuição dos espelhos de água por região fisiográfica**

Região Fisiográfica	Total	Uso Prioritário		
		Múltiplos	Hidroelétrico	Mineração
Alto São Francisco	224	99	10	115
Médio São Francisco	1333	1317	4	12
Submédio São Francisco	167	163	3	1
Baixo São Francisco	75	74	1	0
<b>BHSF</b>	<b>1799</b>	<b>1653</b>	<b>18</b>	<b>128</b>

\*Devido a maior parte do espelho d'água está localizada no Submédio SF, este foi apontado como sendo arte desta região.

**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

A densidade dos espelhos de água (nº de espelhos de água por cada 10.000 km<sup>2</sup>) associada a reservatórios artificiais e naturais é mostrada no Quadro 43.

**Quadro 43- Densidade de espelhos (nº de espelhos de água /10.000 km<sup>2</sup>) de água por região fisiográfica**

Região fisiográfica	Total	Naturais	Artificiais
Alto São Francisco	22,53	5,73	16,79
Médio São Francisco	33,36	27,95	5,41
Submédio São Francisco	15,12	0,54	14,58
Baixo São Francisco	29,42	12,16	17,26
<b>BHSF</b>	<b>100,43</b>	<b>46,39</b>	<b>54,04</b>

**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

A região fisiográfica do Médio São Francisco apresenta a menor densidade de reservatórios artificiais (5,41 espelhos/10.000 km<sup>2</sup>), é nesta região que existe o maior número de reservatórios artificiais (216). A reduzida densidade é explicada devida esta região possuir maior área.

A região fisiográfica do Baixo São Francisco, aquela que tem a menor área, é a que apresenta maior densidade de reservatórios artificiais (17,26 espelhos/10.000 km<sup>2</sup>), embora esta região possua o menor número destes mesmos reservatórios (44).

A quantidade de espelhos de água existentes por tipo de barramento é mostrada no Quadro 44.

**Quadro 44- Território (m<sup>2</sup> de espelhos de água/km<sup>2</sup>) ocupado pelos espelhos de água naturais e artificiais**

Região Fisiográfica	Total	Espelho d'água	
		Natural	Artificial*
Alto São Francisco	224	57	167
Médio São Francisco	1333	1.117	216
Submédio São Francisco	167	6	161
Baixo São Francisco	75	31	44
<b>BHSF</b>	<b>1799</b>	<b>1.211</b>	<b>588</b>

**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

A região fisiográfica do Submédio São Francisco concentra grande parte das principais usinas hidrelétricas existentes ao longo do Rio São Francisco, portanto, a disponibilidade hídrica resultante de reservatórios artificiais é maior nesta região.

O Quadro 45 ilustra o total de áreas inundadas de cada região fisiográfica, incluindo as áreas de espelhos de água artificiais e naturais.

**Quadro 45- Somatório de áreas inundadas em cada região fisiográfica.**

Região fisiográfica	Área inundada* (ha)
Alto São Francisco	96.127,66
Médio São Francisco	425.749,70
Submédio São Francisco	112.687,93
Baixo São Francisco	10.994,61
<b>BHSF</b>	<b>645.559,90</b>

\*Excluindo os reservatórios de rejeitos industriais e de mineração.

**FONTE:** Elaborado pelo Consórcio COBRAPE/PROJETEC (2016).

Em relação as áreas dos espelhos de água de reservatórios artificiais, excluindo aqueles utilizados para acumulação de rejeitos mineiras e industriais, 62% deles possuem área inferior a 50 ha (porte relativamente pequeno). Os espelhos de água artificiais de área superior a 1.000 ha (maior porte) representam 3% em relação ao número total de espelhos de água artificiais existentes na BHSF. E quanto aos reservatórios de água naturais, 71% são de porte relativamente pequeno, sendo a parcela de reservatórios com área superior a 1.000 ha menor que 1%.

Deste modo fica evidente que o Médio e o Submédio São Francisco apresentam o maior número de reservatórios da bacia e as maiores áreas inundadas para este fim. A grande maioria das usinas hidrelétricas está localizada nestas regiões também. As maiores densidades de espelhos d'água foram identificados no Submédio e Médio São Francisco. Tais fatos podem ser explicados devido aos baixos índices pluviométricas em suas respectivas sub-bacias, localizadas no semiárido brasileiro, que levam os governantes a implantar um maior número de barramentos para acumular água nos períodos chuvosas e garantir abastecimento para a população durante as frequentes e longas épocas de estiagem.

#### 2.6.4 Levantamento de águas navegáveis

Desde a época do Brasil Colônia e do Segundo Império, o Rio São Francisco é considerado importante para a integração entre as regiões Nordeste e Sudeste do território brasileiro. Esta característica tornou o Rio, e alguns de seus afluentes, uma importante via de transporte de carga e passageiros.

O engenheiro alemão Halfeld, contratado pelo Governo Imperial do Brasil, entre os anos de 1852 a 1854, realizou um estudo sobre o Rio São Francisco e seus trechos navegáveis. Na época, considerou-se como navegável o trecho de Pirapora-MG até a passagem de Juazeiro-BA, e em épocas de cheias até Santa Maria da Boa Vista-PE.

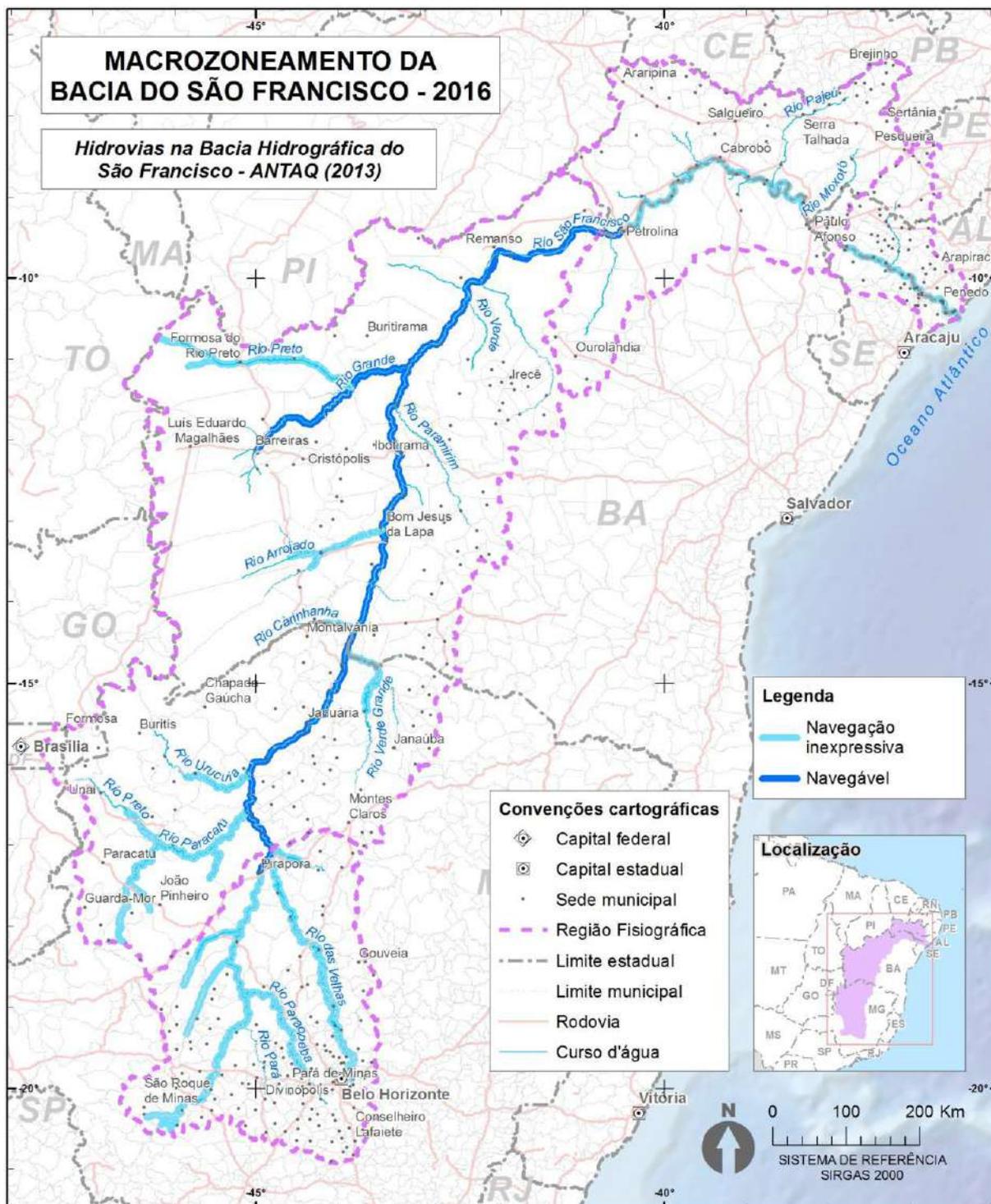
Desde aquela época até os dias de hoje muitas mudanças ocorreram na BHSF, que impactaram na navegabilidade do Rio São Francisco e seus principais afluentes. A antropização das margens, construções de barramentos nos cursos dos rios, as mudanças no regime hidrológico da bacia, entre outros aspectos, foram as principais ações que intervíram na hidrovia do São Francisco.

Segundo a Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2015 (ANA, 2015a), que analisou o Relatório Técnico para a Bacia do São Francisco – ANTAQ (2013), afirma que a hidrovia do Rio São Francisco é composta por 13 rios sendo: rio Pará, rio Verde Grande, rio das Velhas, rio Indaiá, rio Jequitaiá, rio Paraopeba, rio Urucuia, rio Abaeté, rio Carinhanha, rio Paracatu, Rio São Francisco, rio Grande e rio Correntes. Os três últimos são considerados rios principais, porém o transporte no rio Grande e Corrente apenas é feito por pequenas e médias embarcações. Já no São Francisco a navegabilidade é feita o ano todo, mesmo com a profundidade variável devido ao regime de chuvas.

O trecho navegável do Rio São Francisco pode ser observado na Figura 136 e, segundo a Administração da Hidrovia do São Francisco – AHSFRA - e a Companhia de Docas do Maranhão - CODOMAR, percorre do município de Pirapora-MG até Juazeiro-BA/Petrolina-PE e entre Piranhas-AL e a foz. No último trecho a maioria das embarcações é pesqueira, já que o transporte de carga é pouco utilizado. Nos trechos com grande transporte de carga, as principais transportadas na hidrovia são compostas por soja em grãos, farelo de soja, milho, gipsita e polpa de tomate.

A ligação do trecho de Pirapora aos portos fluviais de Petrolina e Juazeiro é feita através da eclusa do Reservatório de Sobradinho.

Figura 136- Hidrelétricas e Hidrovias na BHSF.



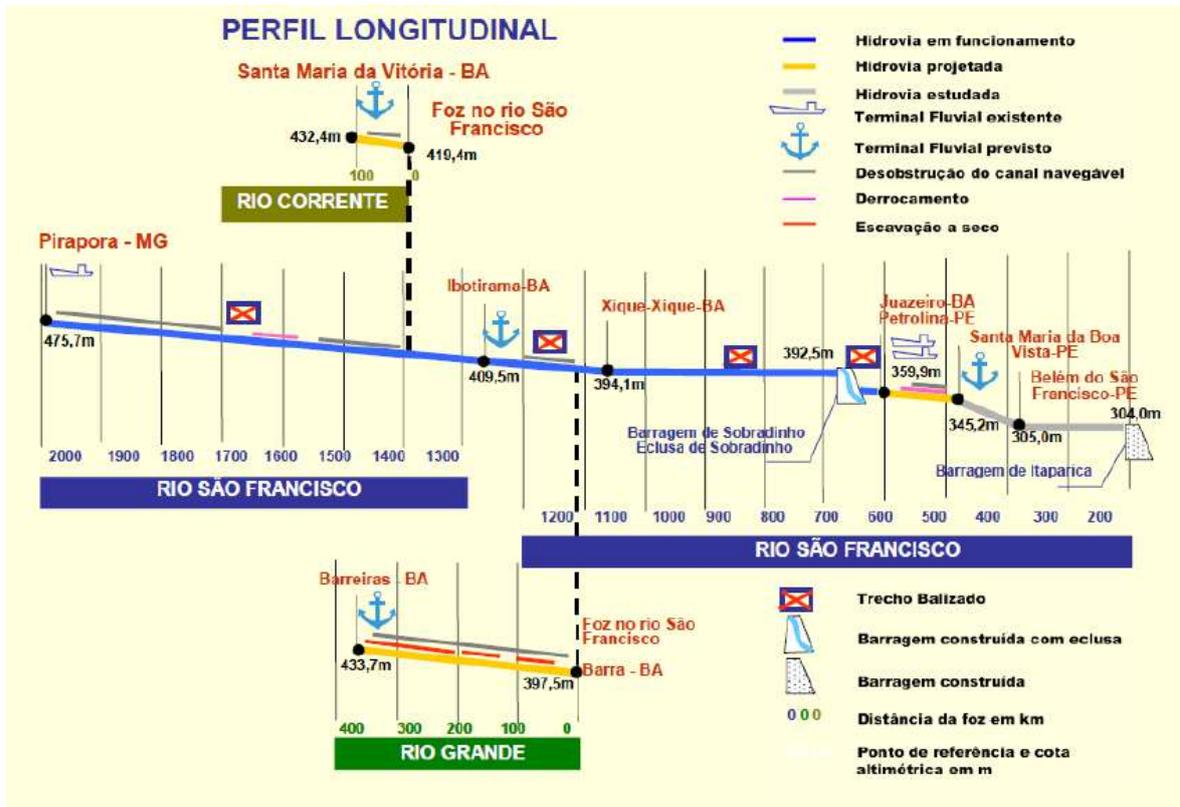
FONTE: Adaptado de ANA (2015a).

A AHSFRA apresenta em seu *website* um perfil esquemático da hidrovia do São Francisco, exibido na Figura 137, onde considera quatro subtrechos como sendo os mais importantes para a navegação na BHSF, sendo estes:

- Trecho 1: Pirapora-MG – Ibotirama-BA;
- Trecho 2: Ibotirama-BA – Pilão Arcado-BA
- Trecho 3: Pilão Arcado-BA – Barragem de Sobradinho-BA;

- Trecho 4: Barragem de Sobradinho-BA – Juazeiro-BA/Petrolina-PE.

Figura 137- Perfil longitudinal da hidrovia do SF.



FONTE: ASFRA, 2015.

Segundo os dados levantados, o principal trecho navegável na BHSF, como já mencionado, é situado no Rio São Francisco e ocorre entre os municípios de Pirapora-MG e Juazeiro-BA/Petrolina-PE, além do trecho médio e baixo do rio Grande, afluente da margem esquerda do Rio São Francisco, a montante do reservatório de Sobradinho. Porém, estas áreas navegáveis vêm sendo afetadas pela reduzida vazão dos rios nos últimos anos, causado pela queda da pluviometria que ocorreu na BHSF nos últimos anos.

De acordo com as informações disponibilizadas pelas diferentes entidades envolvidas na navegação e resumidas no PRH-SF 2016-2025, são descritos a seguir os trechos da hidrovia do São Francisco, referidos anteriormente.

O trecho entre Pirapora-MG – Juazeiro-BA/Petrolina-PE localiza-se no Alto, Médio e Submédio São Francisco, com extensão de aproximadamente 1.371 km e um calado que varia entre 1,5 a 2,0 m, variando de acordo com a época do ano (ANTAQ; UFSC, 2013). As características deste trecho são diversas, assim pode-se dividi-lo em quatro subtrechos:

- **Subtrecho Pirapora-MG – Pilão Arcado-BA:** com 1.015 km de extensão, apresenta o leito com caminhos longos de navegação, na época de cheia, com exceção na área mineira (devido à sinuosidade e à presença de pequenas ilhas). Na época de estiagem, existem bancos de areia móveis, principalmente baixios, que causam dificuldade nas manobras de embarcações de maior porte, devido aos raios de curvatura pequenos. No entanto, depois de ultrapassados,

o canal tem boa largura e apresenta maior calado. Este subtrecho pode ainda ser dividido em duas partes.

- **Trecho Pirapora-MG – Ibotirama-BA:** existem dificuldades devido às constantes obras de dragagem e manutenção. Existe ainda o problema da segurança está comprometida nos períodos entre cheia e seca, quando muitos sedimentos são carregados ao longo do rio, devido ao mau uso das terras da bacia (ANTAQ; UFSC, 2013) (RAMINA, 2014a). É navegado em corrente livre, com lâmina de água dependente das condições hidrológicas e da operação da UHE de Três Marias. Com uma extensão de 720 km, profundidade mínima de 1,70 m e calado de 1,20 m (na época de estiagem), apresenta inúmeros baixios, pedrais e migração de bancos de areia. São necessárias constantes obras de manutenção e dragagem que dificultam a navegação. Existem restrições à navegação nos pedrais da Ressaca, Umburana I e Cachoeira de Carinhanha (MT et al., 2015);
- **Trecho Ibotirama-BA – Pilão Arcado-BA:** este trecho apresenta leito migratório e fundo móvel, grande aporte de sedimentos e ausência de mata ciliar. O canal de navegação sofre grande mobilidade devido a estas características e a sua extensão é de 300 km, com calado de 1,50 m e profundidade de 2,00 m, na época de estiagem.
- **Subtrecho Pilão Arcado-BA – Barragem Sobradinho-BA:** possui 314 km de extensão, sem restrição de calado e caracteriza-se, sobretudo, pelo assoreamento no início do trecho. A falta de sinalização e locais de atracação, a presença de baixios e pedrais, a formação de enseadas e o deplecionamento do lago (mudança drástica do nível do mesmo, que pode atingir até 12 m) são exemplos que interferem com a navegação. Por vezes, podem surgir ondas até 1,5 metros, o que pode comprometer a navegação (MT et al., 2015).
- **Subtrecho Barragem Sobradinho-BA – Juazeiro-BA/Petrolina-PE):** o problema neste sub-trecho, com 40 km de extensão e calado de 1,20 m (na altura de estiagem) é, essencialmente, a variação de vazões. Existem descargas de águas da barragem de forma irregular, o que acaba prejudicando a navegação. A vazão pode chegar a valores iguais ou inferiores a 1.100 m<sup>3</sup>/s, valor que é considerado inadequado para o calado do trecho, segundo a AHSFRA (ANTAQ; UFSC, 2013). É navegado em corrente livre, com lâmina de água dependente das descargas praticadas na UHE de Sobradinho. Se a navegação comercial conseguir evoluir nos próximos anos, a capacidade da eclusa deverá ser aumentada (MT et al., 2015).

O trecho compreendido entre Piranhas-AL – Foz do Rio São Francisco localiza-se no Baixo São Francisco, tendo uma extensão de 208 km. No entanto o assoreamento é visível, e por este motivo ANTAQ (2013) classifica a navegação deste trecho como inexpressiva (Figura 136), sendo, como relatadas as embarcações pesqueiras mais comuns.

Existem ainda dois afluentes do Rio São Francisco onde pode ocorrer navegação: o rio Corrente e o rio Grande, ambos no Médio São Francisco. Somente embarcações de médio e pequeno porte podem navegar nestes trechos, segundo a ANTAQ (2013):

- **Trecho Barreiras-BA – Barra-BA:** tem aproximadamente 366 km e forma sinuosa, terminando seu trajeto na foz do rio Grande. Pode ser melhorado para um maior fluxo de transporte. Nos primeiros 40 km do trecho, o canal é estreito e de sentido único. Já nos 80 km seguintes, não há condições para a navegação de embarcações de maior porte. É realizado atualmente o transporte de farinha, gado e carga geral. Porém, não há registro de navegação comercial de grandes proporções;
- **Trecho Santa Maria Vitória-BA – Sítio do Mato-BA:** com extensão de 120 km, tendo seu fim na foz do rio Corrente, não apresenta obstáculos à navegação. Não apresenta registro de navegação comercial.

As restrições operacionais, referentes a manutenção da hidrovia São Francisco, são aquelas referentes às vazões mínimas regularizadas. Porém, tais restrições não podem ser respeitadas durante os períodos de seca, observados nos últimos anos (desde 2013).

Fica evidente que os trechos mais navegáveis da BHSF se encontram no Médio São Francisco. No Baixo São Francisco apenas a calha do Rio São Francisco é navegável, mas para embarcações de pequeno porte (pesqueiras). Os trechos do Submédio São Francisco apresentam inúmeras cascatas e inúmeros barramentos que impedem a navegação. Já o Alto São Francisco tem uma navegação considerada inexpressiva.

As hidrovias da BHSF podem desempenhar um papel fundamental para o desenvolvimento econômico da região. O transporte de carga fluvial é um atrativo para o crescimento do agronegócio, uma vez que os produtores poderão escoar sua produção a um custo bem inferior, ao se comparar com outras vias de transporte disponíveis (viário e aéreo), devido ao transporte fluvial possuir uma grande capacidade de carga. Além disto, o transporte hidroviário apresenta baixos índices de poluição, sendo tido como o modo de transporte ecologicamente adequado.

A revitalização das hidrovias da BHSF traria inúmeros benefícios para a população local. Deve-se então analisar a viabilidade da revitalização a médio e longo prazo. A simples dragagem do Rio em alguns pontos solucionaria os problemas das hidrovias temporariamente. Mas, após algum tempo, devido a ocupação inadequada das margens, os rios voltariam a estar assoreados, impossibilitando a navegação.

Assim, são necessárias também medidas não estruturais, tais como educação ambiental para a população e zoneamento ecológicos-econômicos. Pois, além de intervenções pontuais no Rio, é necessário efetuar atividades de planejamento e gestão da Bacia, referentes ao meio ambiente, atividades econômicas e, principalmente, a população, pois é esta que precisa ver as hidrovias da BHSF como oportunidade de melhoria da qualidade de vida da região.

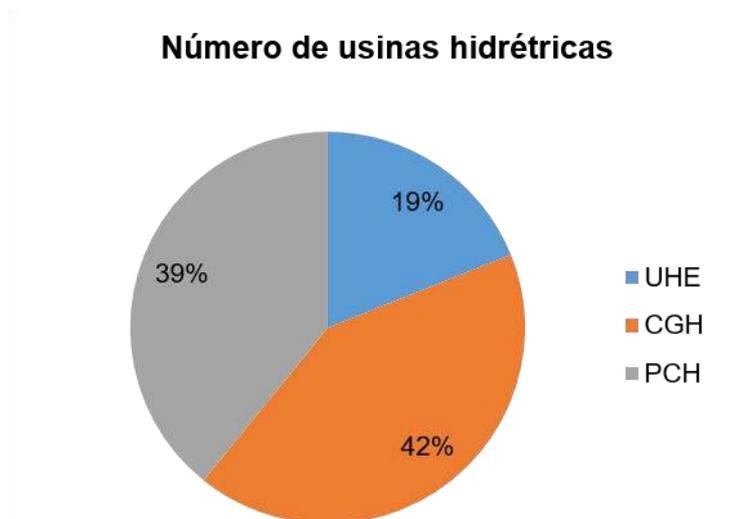
## 2.6.5 Informações sobre a produção de energia hidrelétrica

A produção de energia elétrica na BHSF foi iniciada em 1913 com o funcionamento da Usina Hidroelétrica de Angiquinho, colocada em funcionamento por Delmiro Gouveia, com a finalidade de fornecer energia a sua empresa da indústria têxtil, além de assegurar a iluminação elétrica da vila operária e a alimentação de uma bomba de água para abastecer tanto a empresa como a população. Ao longo dos anos,

principalmente a partir da segunda metade do século XX, outras usinas foram instaladas na BHSF tornando-a um dos principais centros de produção de energia no Brasil.

Segundo o banco de dados da ANEEL (2016), existem 74 empreendimentos hidrelétricos em operação na BHSF, sendo 14 (19%) Usinas Hidrelétricas (UHE) com mais de 30MW de potência, 29 (39%) Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) com potência entre 1,1 e 30 MW e 31 (42%) Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH) com um máximo de 1 MW de potência. A Figura 138 indica a distribuição de usinas hidroelétricas por tipo na BHSF. A geração de energia na bacia do São Francisco é da ordem de 45.000 GWh/ano, ou seja, aproximadamente 5.000 MW/med. Tais valores são atingidos mantendo-se uma vazão média de turbinação de 2.000 m<sup>3</sup>/s (PRH-SF 2016-2025).

**Figura 138- Número de usinas hidroelétricas na BHSF.**



**FONTE:** ANEEL (2016).

O Quadro 46 abaixo apresenta as usinas hidrelétricas existentes na BHSF, classificadas de acordo com o seu tipo e destino da energia.

**Quadro 46- Usinas hidrelétricas instaladas na BHSF.**

Nome	Município	UF	Rio	Pot. Inst. (MW)	Tipo	Região Fisiográfica
Três Marias	Três Marias	MG	Rio São Francisco	396,00	UHE	Alto SF
Paulo Afonso II	Paulo Afonso	BA	Rio São Francisco	443,00	UHE	Submédio SF
Paulo Afonso I	Paulo Afonso	BA	Rio São Francisco	180,00	UHE	Submédio SF
Xingó	Canindé de São Francisco	SE	Rio São Francisco	3.162,00	UHE	Baixo SF
Cajuru	Carmo do Cajuru	MG	Rio Pará	7,20	UHE	Alto SF
Paulo Afonso III	Paulo Afonso	BA	Rio São Francisco	794,20	UHE	Submédio SF
Queimado	Unaí	MG	Rio Preto	105,00	UHE	Médio SF
Retiro Baixo	Pompéu	MG	Rio Paraopeba	83,66	UHE	Alto SF
Gafanhoto	Divinópolis	MG	Rio Pará	14,00	UHE	Alto SF
Sobradinho	Sobradinho	BA	Rio São Francisco	1.050,30	UHE	Médio SF
Alto Fêmeas I	São Desidério	BA	Rio das Fêmeas	10,65	UHE	Médio SF
Apolônio Sales (Antiga Moxotó)	Delmiro Gouveia	AL	Rio São Francisco	400,00	UHE	Submédio SF
Paulo Afonso IV	Paulo Afonso	BA	São Francisco	2.462,40	UHE	Submédio SF
Luiz Gonzaga (Itaparica)	Glória	BA	Rio São Francisco	1.479,60	UHE	Submédio SF
Coronel Jove Soares Nogueira (Antiga Benfica)	Itaúna	MG	São João ou Cornélio	1,00	CGH	Alto SF
Gameleira	Gameleira de Goiás	GO	Piracanjuba	0,99	CGH	Alto SF
Fazenda Água Branca	Buritzeiro	MG	Córrego Braço Grande	0,10	CGH	Alto SF
Camarão	Pedra do Indaiá	MG	Lambari	0,91	CGH	Alto SF
Pedro Falco	Formoso	MG	Rio São Francisco	0,98	CGH	Médio SF
Cachoeira Velonorte	Cachoeira da Prata	MG	Ribeirão dos Macacos	0,16	CGH	Alto SF
Abaeté	São Gotardo	MG	Rio Abaeté	0,52	CGH	Alto SF
Samburá	São Roque de Minas	MG	Rio Samburá	0,96	CGH	Alto SF
Rieger	São Desidério	BA	Rio das fêmeas	2,20	CGH	Médio SF
Britos	Igaratinga	MG	São João ou Cornélio	0,68	CGH	Alto SF
Dourado	Jaborandi	BA	Rio Pratudão	0,98	CGH	Médio SF
Bosque dos Chalés	Sabará	MG	Brumado	0,01	CGH	Alto SF
Caquende	Piedade dos Gerais	MG	Macaúbas	0,95	CGH	Alto SF
Buriti Queimado	Buritzeiro	MG	Barreirinha	0,01	CGH	Médio SF
W. Egido	Unaí	MG	Ribeirão São Miguel	0,02	CGH	Médio SF
Coronel João de Cerqueira Lima	Itaúna	MG	São João	1,15	CGH	Alto SF
Fazenda Maracanã	São Desidério	BA	Galheirão	0,45	CGH	Médio SF
Braço	Itabirito	MG	Córrego Braço	0,46	CGH	Alto SF
Florestal	Florestal	MG	Ribeirão Florestal	0,46	CGH	Alto SF
Poço da Cruz (Antiga Geraldo Fonseca)	Ibimirim	PE	Rio Moxotó	1,00	CGH	Submédio SF
Doutor Augusto Gonçalves	Itaúna	MG	São João	1,65	CGH	Alto SF
Retiro do Indaiá	Bom Despacho	MG	Lambari	0,99	CGH	Alto SF
Agostinho Rodrigues	Itabirito	MG	Ribeirão Mata Porcos	0,50	CGH	Alto SF

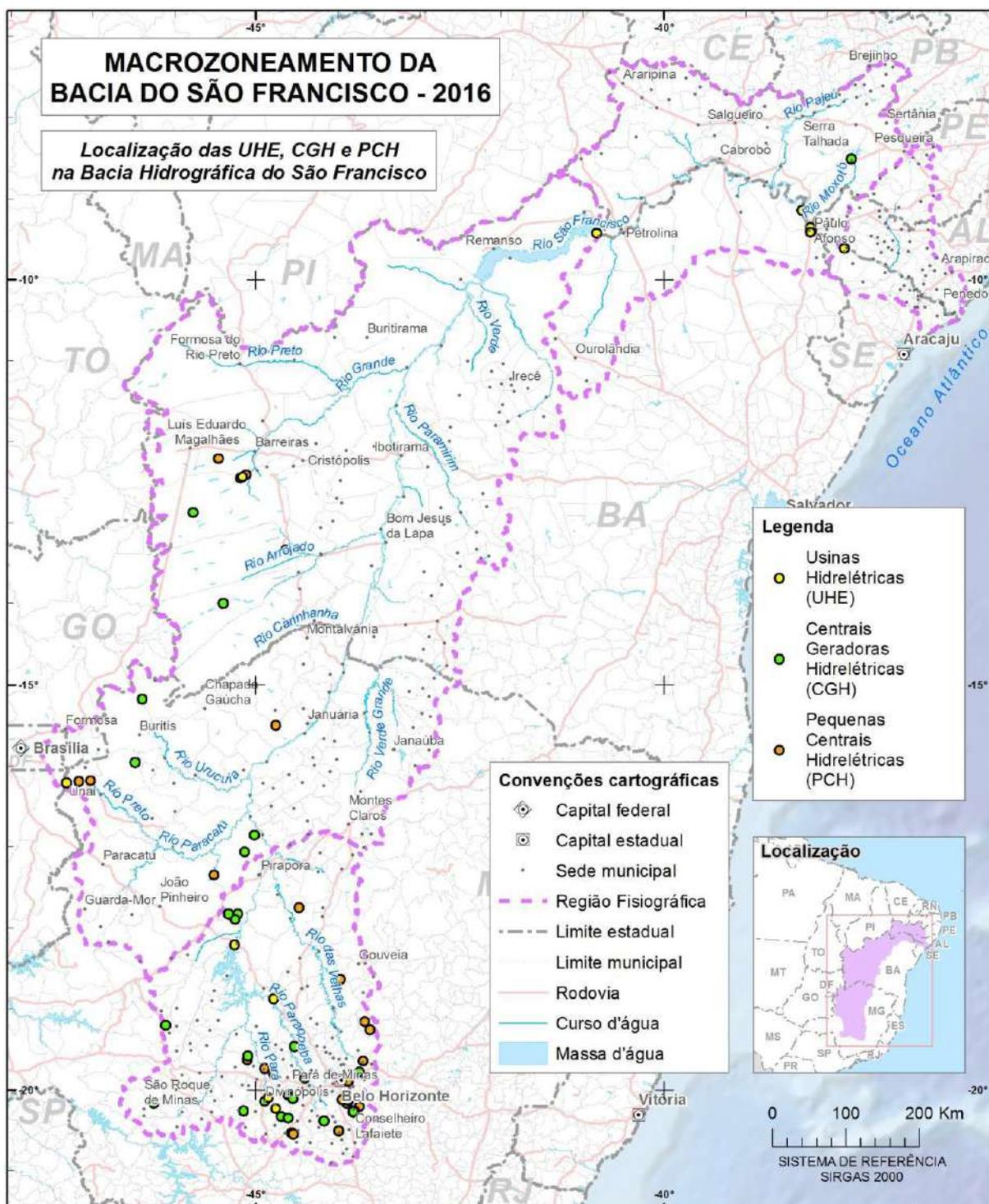
Nome	Município	UF	Rio	Pot. Inst. (MW)	Tipo	Região Fisiográfica
Fazenda Nazaré	Buritzeiro	MG	Ribeirão do Gado	0,02	CGH	Alto SF
Fazenda Riga	Buritzeiro	MG	Ribeirão do Gado	0,01	CGH	Alto SF
Bração	Itabirito	MG	Córrego Bração	1,22	CGH	Alto SF
Pratudão	Jaborandi	BA	Rio Pratudão	0,98	CGH	Médio SF
Fazenda Tabua	Buritzeiro	MG	Córrego da Onça	0,03	CGH	Médio SF
Divinópolis	Divinópolis	MG	Itapecerica	1,00	CGH	Alto SF
Girassol	Jaborandi	BA	Rio Pratudão	1,00	CGH	Médio SF
-	Nova Lima	MG	Ribeirão Capitão do Mato	0,94	CGH	Alto SF
Paraúna	Gouveia	MG	Rio Paraúna	4,28	PCH	Alto SF
Santa Cruz	Barreiras	BA	Rio de Pedras	3,97	PCH	Médio SF
Mata Velha	Cabeceira Grande	MG	Rio Preto	24,00	PCH	Médio SF
Madame Denise (Cachoeira do Furado)	Taquaraçu de Minas	MG	Rio Taquaraçu	2,88	PCH	Alto SF
-	Nova Lima	MG	Córrego Capitão do Mato	1,40	PCH	Alto SF
Pacífico Mascarenhas	Santana do Riacho	MG	Rio Parauninha	2,94	PCH	Alto SF
João de Deus	Bom Despacho	MG	Rio Lambari	1,55	PCH	Alto SF
Codorna	Nova Lima	MG	Ribeirão Marinhos	1,94	PCH	Alto SF
Coronel Américo Teixeira	Santana do Riacho	MG	Ribeirão Riachinho	5,60	PCH	Alto SF
-	Nova Lima	MG	Córrego Capitão do Mato	3,97	PCH	Alto SF
Unai Baixo	Unai	MG	Rio Preto	26,00	PCH	Médio SF
Maria Célia Mauad Notini	Carmópolis de Minas	MG	Rio Curral Recreio	1,50	PCH	Alto SF
Presidente Goulart	Correntina	BA	Rio Correntina	8,00	PCH	Médio SF
Pitangui (Cachoeira Bento Lopes)	Conceição do Pará	MG	Rio Pará	1,40	PCH	Alto SF
Carioca (Antiga Cachoeira do Rosário)	Pará de Minas	MG	Rio São João	1,60	PCH	Alto SF
Piloto	Paulo Afonso	BA	São Francisco	2,00	PCH	Submédio SF
Dorneles	Passa Tempo	MG	Rio Pará	4,70	PCH	Alto SF
E Nova	Nova Lima	MG	Córrego Capitão do Mato	2,74	PCH	Alto SF
Santa Helena	Lassance	MG	Córrego da Corrente	5,34	PCH	Alto SF
-	Nova Lima	MG	Córrego Capitão do Mato	1,44	PCH	Alto SF
Caixão	Itaúna	MG	Rio São João	1,17	PCH	Alto SF
Pandeiros	Januária	MG	Rio Pandeiros	4,20	PCH	Médio SF
Cocais Grande	Antônio Dias	MG	Ribeirão Grande	10,00	PCH	Alto SF
-	Nova Lima	MG	Córrego Capitão do Mato	1,36	PCH	Alto SF
Almas	Buritzeiro	MG	Sono	8,00	PCH	Médio SF
Sítio Grande	São Desidério	BA	Rio das Fêmeas	25,00	PCH	Médio SF
Marzagão	Sabarará	MG	Ribeirão Arrudas	2,03	PCH	Alto SF
Rio de Pedras	Itabirito	MG	Rio de Pedras	9,28	PCH	Alto SF
Salto do Paraopeba	Jeciaba	MG	Rio Paraopeba	2,46	PCH	Alto SF

FONTE: ANEEL (2016).

Segundo a ANEEL (2016), o potencial hidrelétrico instalado na BHSF é de 10.781 MW, correspondendo a 10,1% do total instalado no Brasil. Desses 10.781 MW de potência instalada, 7.906 MW são garantidos por empreendimentos na calha principal do Rio, sendo estes as UHE Três Marias, Sobradinho, Luiz Gonzaga, Apolônio Sales, Paulo Afonso IV e Xingó, que em cascata têm a capacidade de turbinar nos trechos de jusante do Rio mais de 2.500 m<sup>3</sup>/s. Tendo em conta as quedas nominais das várias usinas, um m<sup>3</sup> liberado de Três Marias produz cerca de 0,86 kWh até chegar à foz do Rio.

A maioria das usinas estão concentradas no Alto SF, totalizando 46, sendo 21 delas CGH, 21 PCH e 4 UHE. Destas quatro UHE, destaca-se Três Marias com uma potência instalada de 396,00 MW. Ao todo o Alto SF concentra uma potência instalada de 585,12 MW. No Médio SF encontram-se 19 usinas com uma potência instalada total de 1.271,77 MW, onde 9 são CGH, 7 são PCH e 3 são UHE, destas últimas três, uma se destaca: a UHE Sobradinho com uma potência instalada de 1.050,30 MW. Na região do Submédio SF existem oito empreendimentos hidrelétricos, totalizando uma potência instalada de 5.752,20 MW, onde uma dessas é CGH, e outra é PCH, e as seis restantes são UHE, sendo essas últimas a Apolônio Sales, com potência instalada de 400,00 MW, a Luiz Gonzaga (Itaparica), com 1.479,60 MW de potência instalada, e as Paulo Afonso I a IV com 180,00 MW, 443,00 MW, 794,20 MW e 2.462,40 MW respectivamente. No Baixo SF existe apenas a UHE de Xingó com uma potência instalada de 3.162 MW. A Figura 139 exibe a distribuição dos empreendimentos hidrelétricos ao longo da BHSF.

Figura 139 - Localização dos empreendimentos hidrelétricos em operação.

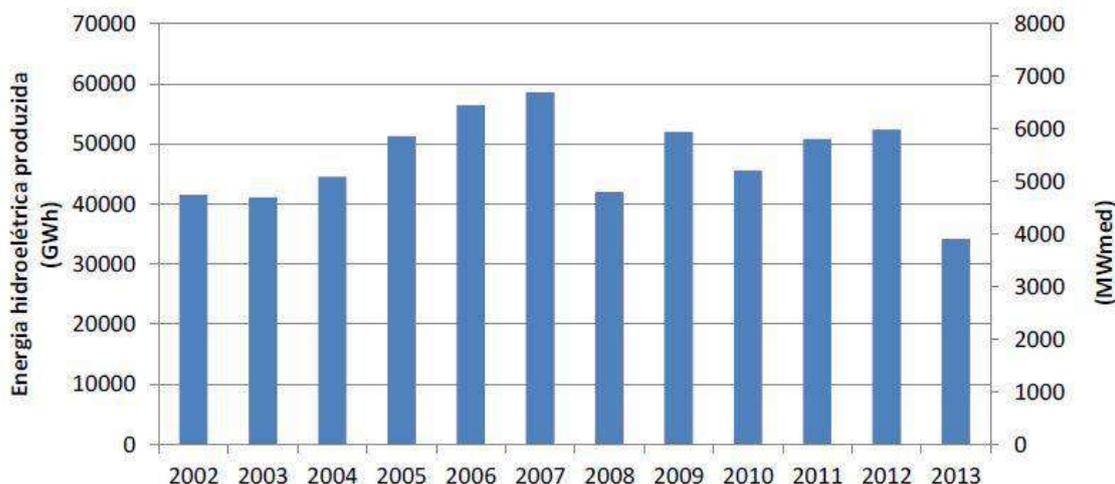


FONTE: ANEEL (2016).

Em resumo, podem-se citar, em termos de potencial outorgado, as usinas de Xingó com produção de 3.162 MW, Paulo Afonso IV com 2.462 MW, Luiz Gonzaga com 1.479 MW e Sobradinho com 1.050 MW. Ainda existem mais 48 CGH, 203 PCH e 19 UHE em fase de projeto básico aprovado, construção não iniciada e construção com outorga.

A Figura 140 mostra a produção de energia hidrelétrica na bacia hidrográfica do Rio São Francisco entre 2002 e 2013, segundo dados do PRH-SF 2016-2025. A produção situou-se sempre acima de 40.000 GWh, com exceção do ano de 2013, em que, devido à situação de escassez, a produção não atingiu os 35.000 GWh.

**Figura 140- Produção de energia hidrelétrica na BHSF.**



**FONTE:** PRH-SF 2016-2025.

Devido às secas dos últimos anos, a ANA publicou a Resolução nº 1.492/2015 e 66/2016 a pedido da CHESF, permitindo a redução temporária da descarga mínima defluente nos reservatórios de Sobradinho e Xingó para 800 m³/s. Tal medida foi atestada pelo IBAMA através da Autorização Especial Nº 07/2015. Essa prática vem sendo mantida até o presente momento.

As principais usinas hidroelétricas da BHSF estão inseridas nos subsistemas do Nordeste (NE) e Sudeste/Centro Oeste (SE/CO) do Sistema Interligado Nacional (SIN), o sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil que reúne a quase na totalidade das unidades de produção.

O Quadro 47 apresenta a potência instalada das UHE da BHSF integradas no SIN. Verifica-se que as usinas da bacia garantem cerca de 92% da potência hidrelétrica instalada no subsistema do Nordeste e menos de 2% nos subsistemas do Sudeste/Centro Oeste.

**Quadro 47- Potência instalada nas usinas hidroelétricas das BHSF integradas no SIN em 2014.**

SIN	Nome da Usina	Potência Instalada (MW)
Sudeste/Centro Oeste Nordeste	Queimado	105
	Retiro Baixo	82
	Três-Marias	396
	<b>Total</b>	<b>583</b>
Nordeste	P. Afonso I	180
	P. Afonso II	443
	P. Afonso III	794
	Apolônio Sales	400
	Sobradinho	1.050
	P. Afonso IV	2.460
	Luiz Gonzaga	1.479
	Xingó	3.162
	<b>Total</b>	<b>9.968</b>

FONTE: PRH-SF 2016-2025.

A geração de energia hidrelétrica ainda é preponderante sobre as demais formas de obtenção de energia, porém observa-se um decréscimo da contribuição de 77% em 2006 para 67% em 2014, tendo sido compensada por um aumento da produção de origem térmica (de 21% para 28%) e eólica (de praticamente 0% para 4%). Este ligeiro decréscimo da contribuição da energia hidroelétrica e o aumento da relevância das fontes eólicas e térmicas deverá manter-se no futuro.

As usinas hidrelétricas que tem o maior potencial para geração de energia elétrica estão situadas na calha do Rio São Francisco, devidos as condições naturais vantajosas encontradas. Esta geração de energia elétrica não emite poluentes, além de proporcionar outros usos dos recursos hídricos na BHSF, tais como irrigação, navegação, amortecimento de cheias e turismo.

Pôde-se notar a importância das hidroelétricas instaladas na BHSF para produção de energia elétrica para o país, em especial para a região Nordeste. Estas foram durante muito tempo fundamentais para o desenvolvimento econômico da região, e ainda serão no futuro. Porém, a capacidade instalada já está próxima daquela disponível, sendo necessário a busca por outras fontes de geração de energia para a região. Como a geração de energia elétrica é imprescindível para o contínuo desenvolvimento de uma região, como apresentado no item 2.1 deste relatório, a BHSF tem potencial para a geração de energia de fonte solar e eólica, que são fontes renováveis de energia, indicando um desenvolvimento sustentável.

É importante para o desenvolvimento da BHSF o investimento em fontes renováveis de produção de energia elétrica, criando uma matriz energética abrangente em fontes. Assim, épocas de escassez, como a observada desde 2013, não afetariam consideravelmente a geração e fornecimento de energia elétrica para a população e para as atividades econômicas na bacia.

### 3 REFERÊNCIAS

AGB Peixe Vivo/NEMUS. Associação Executiva de Apoio à Gestão de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo/Gestão e Requalificação Ambiental, Ltda. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, 2016-2025. Disponível em: <[http://cbhsaofrancisco.org.br/planoderecursoshidricos/wp-content/uploads/2015/04/RP2\\_V1\\_Diagnostico\\_Consolidado.pdf](http://cbhsaofrancisco.org.br/planoderecursoshidricos/wp-content/uploads/2015/04/RP2_V1_Diagnostico_Consolidado.pdf)>. Acessado em: 14 de maio de 2016.

ANA, Agência Nacional de Águas. Vulnerabilidade a inundações Brasil, 2014. Disponível em: <[http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/en/resources.get?id=243&fname=VULNERABILIDADE\\_INUNDACOES.zip&access=private](http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/en/resources.get?id=243&fname=VULNERABILIDADE_INUNDACOES.zip&access=private)>. Acessado em: 09 de junho de 2016.

ANA, Agência Nacional de Águas. Inundações, 2016. Disponível em: <[http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/en/resources.get?id=387&fname=SNIRH\\_Inundacao.zip&access=private](http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/en/resources.get?id=387&fname=SNIRH_Inundacao.zip&access=private)>. Acessado em: 09 junho de 2016.

ANA, Agência Nacional de Águas. Secas, 2016. Disponível em: <[http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/en/resources.get?id=397&fname=SNIRH\\_Secas.zip&access=private](http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/en/resources.get?id=397&fname=SNIRH_Secas.zip&access=private)>. Acessado em: 09 junho de 2016.

ANA, Agência Nacional de Águas. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, 2011 – Relatório Síntese. 180p.

ANA, Agência Nacional de Águas. Cadernos de Recursos Hídricos. Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil. Brasília, 2005. 80 p.

ANA, Agência Nacional de Águas. Presidente da ANA fala da transposição do rio São Francisco na Câmara. Publicado em 17 de Março de 2015. Disponível em: <[http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id\\_noticia=12678](http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=12678)>. Acessado em: Março de 2015.

ANA, Agência Nacional de Águas. Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do São Francisco (2004-2013): síntese executiva com apreciação das deliberações do CBHSF aprovadas na III Reunião Plenária de 28 a 31 jul. 2004. Brasília: ANA, 142 p., 2005.

ANA, Agência Nacional de Águas. Excerto de unidades fisiográficas. Disponível em: <<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>>. Acessado em: Dezembro de 2014.

ANA, Agência Nacional de Águas. Portal da Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/>>. Acessado em: Abril de 2015.

ANA, Agência Nacional de Águas. Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil: 2012/Agência Nacional de Águas - Brasília: 2012.

ANA, Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2013. Brasília, DF, 2013.

ANA, Agência Nacional de Águas. Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Resultados.aspx>>. Acessado em: Julho de 2015.

ANA, Agência Nacional de Águas. Lâminas estimadas de irrigação para culturas e métodos ideais para cada município, dadas mês a mês. Um arquivo Microsoft Excel (FUNARBE\_Lâminas.xlsx). Disponibilizado em 3 de Agosto de 2015.

ANA, Agência Nacional de Águas. Material de irrigação do São Francisco. Três arquivos Microsoft Excel (incluindo RHSF\_Irriga2015.xlsx, com áreas irrigadas na RHSF em 2013 e SENIR\_Info2014.xlsx, com “Projetos Públicos de Irrigação (PPIs)”), 1 arquivo Microsoft Word (SFR\_DadosSobreIrrigação.docx) e 1 arquivo KML (Perímetros\_Informação Consolidada.kml). Disponibilizados em 6 de Julho de 2015.

ANA, Agência Nacional de Águas. RESOLUÇÃO Nº 1.492/2015 de 18 de dezembro de 2015. Diário Oficial da União, Brasília, 01 fev. 2016. Dispõe sobre a redução temporária da descarga mínima defluente dos reservatórios de Sobradinho e Xingó, no rio São Francisco. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/diarios/108186471/dou-secao-1-01-02-2016-pg-121>>. Acessado em: 14 de junho de 2016.

ANA, Agência Nacional de Águas. RESOLUÇÃO Nº 66/2016 de 28 de janeiro de 2016. Dispõe sobre a redução temporária da descarga mínima defluente dos reservatórios de Sobradinho e Xingó, no rio São Francisco. Disponível em: <<http://cbhsaofrancisco.org.br/wp-content/uploads/2012/05/66-2016.pdf>>. Acessado em: 14 de junho de 2016.

ANA, Agência Nacional de Águas. Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil: 2012/Agência Nacional de Águas - Brasília: 2012.

ANA, Agência Nacional de Águas. RESOLUÇÃO Nº 66/2016 de 28 de janeiro de 2016. Dispõe sobre a redução temporária da descarga mínima defluente dos reservatórios de Sobradinho e Xingó, no rio São Francisco. Disponível em: <<http://cbhsaofrancisco.org.br/wp-content/uploads/2012/05/66-2016.pdf>>. Acessado em: 14 de junho de 2016.

ANTAq, Agência Nacional de Transportes Aquaviários (Brasil). Plano Nacional de Integração Hidroviária. Brasília: ANTAq; Labtrans/UFSC, 2013.

Almeida, F.F.M.; Hasui, Y.; Neves, B.B.B; Fuck, R.A.; 1977 – Províncias estruturais brasileiras. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 8, Campina Grande (PB). Atas... Campina Grande (PB): SBG. 1977. P.363-391

ANDRADE, J.B.M. DE; & CASCAES, O.S.F. Panorama Hidrogeológico do Grupo Bambuí no oeste da Bahia. In: CONGRESSO BRAILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 6, Porto Alegre, 1993. Anais Porto alegre, ABAS, p, 50-57.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Banco de Informações de Geração. Disponível em: <[http:// sigel.aneel.gov.br/siph/sigel.html](http://sigel.aneel.gov.br/siph/sigel.html)>. Acessado em: 23 de agosto de 2016.

ARAUJO, C. B. Contribuição ao estudo do comportamento de barragens de rejeito de mineração de ferro. 2006. 133 f. Dissertação (Mestrado em engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2006.

Barbosa, V. V. Ecoturismo na região da Lapa Grande. Montes Claros: Editora UNIMONTES, Revista Verde Grande, volume I, nº 2/2005.

BIONDI, J.C. Processos Metalogenéticos e os Depósitos Minerais Brasileiros, 2003.

BOLETIM UFMG. Estudo mapeia presença de metais tóxicos em trechos do Rio São Francisco, 07 fev. 2011. Disponível em: <http://www.ufmg.br/online/arquivos/018138.shtml>. Acesso em: 17 out. 2011.

BORGES, et. al. Vulnerabilidade natural: a perda de solo da bacia do rio Carinhonha (MG/BA) usando uma abordagem qualitativa da equação universal de perda de solos. 2003. Universidade Federal Fluminense.

BRANCO, Pércio de Moraes. *Dicionário de Mineralogia e Gemologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 608 p. il.

BRASIL. MME-DNPM. Anuário Mineral 1996. Brasília, DNPM (arquivos da Internet, endereço [http://www.dnpm.gov.br/assuntos/ao-publico/anuario-mineral/arquivos/ANUARIO\\_MINERAL\\_2010.pdf](http://www.dnpm.gov.br/assuntos/ao-publico/anuario-mineral/arquivos/ANUARIO_MINERAL_2010.pdf), 2010.

CARDOSO, R. S. B.; PIRES, L. V. Algumas considerações sobre a monocultura do eucalipto e suas implicações. Universidade Federal de Viçosa. [S.l.: s.n.] [2008].

CAVALCANTI, L.F. et al. A situação atual do patrimônio espeleológico brasileiro – dados preliminares. Anais do 32º Congresso Brasileiro de Espeleologia Barreiras-BA, 11-14 de julho de 2013 – Sociedade Brasileira de Espeleologia. Disponível em: [http://www.cavernas.org.br/anais32cbe/32cbe\\_231-238.pdf](http://www.cavernas.org.br/anais32cbe/32cbe_231-238.pdf).

CEPED-UFSC, Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres – Universidade Federal de Santa Catarina. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2011 – Alagoas, Bahia, Goiás, Minas Gerais, Pernambuco e Sergipe. Florianópolis, 2011.

CERB, Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia. Portal da CERB. Disponível em: <<http://www.cerb.ba.gov.br/>>. Acessado em: outubro de 2014.

CPRM, Serviço Geológico Do Brasil. GEOBANK. Disponível em: <<http://geobank.cprm.gov.br/>>. Acessado em: Junho de 2016.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. Mapa Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo. 2014b.1 mapa e Nota técnica. 45 p. Escala 1:5.000.000.

DA SILVA, Alexandre Marco. *Rainfall erosivity map for Brazil*. 2003. Laboratório de Ecologia Isotópica-Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, Piracicaba.

Delaney P. Gemstones of Brazil. Geology et occurrence. Ouro Preto: REM, 125 p., 1996.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. Cadastro Mineiro. Dados consultados em 1º fevereiro 2013.

DAVIES, M. P.; MARTIN, T. E. Mine tailings dams: when things go wrong in proceedings of tailing dams. Las Vegas: Association of State Dam Safety Officials, U.S. Committee on Large Dams, 2000. p. 261-273.

DARDENE, M. A.; SCHOBENHAUS, C. Metalogênese do Brasil. Brasília: UnB, 2001. 392 p.

ESPÓSITO, T. J. Metodologia probabilística e observacional aplicada a barragens de rejeito construídas por aterro hidráulico. 2000. 363 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2000.

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Avaliação da susceptibilidade natural à erosão dos solos da bacia do Olaria – DF. 2001. Distrito Federal.

FAO. *Sources of Incentives. Incentives for Ecosystem Services*. 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/in-action/incentives-for-ecosystem-services/toolkit/sources-of-incentives/en/>>. Acesso em 01 de outubro de 2016.

FEAM, Fundação Estadual de Meio Ambiente. Inventário de áreas contaminadas do Estado de Minas Gerais – 2014. 31 p., 2014.

FUNCEME. Guia operacional para elaboração das cartas dos espelhos d'água do Brasil. Convênio Ministério da Integração Nacional. MI. Agência Nacional das Águas. ANA. Fortaleza. 2006.

G1 (23 de setembro de 2014). «Diretor de parque diz que principal nascente do Rio São Francisco secou». G1. Consultado em 23 de setembro de 2014.

Gaspar, M.T.P. & Campos, J.E.G., 2007. O Sistema Aquífero Urucuia. Revista Brasileira de Geociências, 37(4 - suplemento): 216-226.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Hidroquímica dos Mananciais Subterrâneos – Região Nordeste. 1 p., 2013.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Dados históricos. Publicado em 2015. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acessado em: 01 de junho de 2016."

KÖPPEN W. Das geographische System der Klimate. In: Köppen W, Geiger R (Ed.) Handbuch der Klimatologie. Gebrüder Borntraeger, Berlin, p 1-44, 1936.

KOUSKY, V. E. Frontal influences on northeast Brazil. Monthly Weather Review, v. 107, p. 1140-1153. DOI: <[dx.doi.org/10.1175/1520-0493\(1979\)107%3C1140:FIONB%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1979)107%3C1140:FIONB%3E2.0.CO;2)>, 1979.

KOUSKY, V. E.; GAN, M. A. Upper tropospheric cyclones vortices in the tropical south atlantic. Tellus, v. 33, p. 538-551. DOI: <[dx.doi.org/10.1111/j.2153-3490.1981.tb01780.x](https://doi.org/10.1111/j.2153-3490.1981.tb01780.x)>, 1981.

LIMA, Eduardo Rodrigues Viana de. Erosão do solo: fatores condicionantes e modelagem matemática. 2003. Universidade Federal da Paraíba. Laboratório e oficina de geografia da Paraíba. Departamento de geociências. Paraíba, João Pessoa.

LOPES, J. E. G., BARROS, M. T. L., BRANDÃO, J. L. B. Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco – subprojeto 4.4: determinação de subsídios para procedimentos operacionais dos principais reservatórios da bacia do São Francisco. Brasília: ANA. GEF/PNUMA/OEA, 2002.

MAPA DA INJUSTIÇA AMBIENTAL E SAÚDE NO BRASIL. Atividade de empresas de Mineração e Siderurgia, em Vazante e Três Marias, é foco importante da contaminação do rio São Francisco. Pescadores artesanais já denunciaram as graves

consequências para as águas e peixes da região, 21 dez. 2009. Disponível em: <http://www.conflitoambiental.icict.fiocruz.br/index.php?pag=ficha&cod=224>. Acesso em: 18 out. 2011

MASCARENHAS, J. F. Uma síntese sobre a geologia da Bahia. Salvador: SGM, 1990. 96 p.

MEDEIROS, P. R. P. Aporte fluvial, transformação e dispersão da matéria em suspensão e nutrientes no estuário do Rio São Francisco, após a construção da Usina Hidroelétrica do Xingó (AL/SE). Tese (Doutorado em Geociências), - Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2003.

MENEZES, F. J. de S.; SILVA NETA, C. R. da; SILVA, P. T. de S. e; MENDES, A. M. S. Avaliação da concentração dos metais pesados na água do Lago de Sobradinho-BR.

MI/FUNCEME, Ministério da Integração Nacional; Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Mapeamento dos espelhos d'água do Brasil. Convênio nº 00535/2005. [Brasília]: MI: FUNCEME, 2008.

MONTEIRO, F.A.D.. Espeleologia e legislação – proteção, desafios e o estado do conhecimento. In: RASTEIRO, M.A.; MORATO, L. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 32, 2013. Barreiras. Anais... Campinas: SBE, 2013. p.197-206.

MOREIRA, Gilvander. Votorantim continua causando morte no rio São Francisco. Adital, Fortaleza, 06 out. 2009. Disponível em: <http://www.adital.com.br/site/noticia.asp?lang=PT&cod=41716>. Acesso em: 16 jun. 2010

OLIVEIRA, Mara Regina de. Investigação da contaminação por metais pesados da água e do sedimento de corrente nas margens do rio São Francisco e tributários, a jusante da Represa da Cemig, no município de Três Marias, Minas Gerais, 13 dez. 2007. 149 f. Tese (Doutorado em Geologia), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. Disponível em: [http://dSPACE.lcc.ufmg.br/dSPACE/bitstream/1843/MPBB-7ECMJ8/1/tesemara\\_regina.pdf](http://dSPACE.lcc.ufmg.br/dSPACE/bitstream/1843/MPBB-7ECMJ8/1/tesemara_regina.pdf). Acesso em: 16 jun. 2010.

OLIVEIRA, E. Expansão da eucaliptocultura no Planalto da Conquista. Singularidades no processo de implantação da monocultura, 2012. 357f. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão.

RAMOS, M.L.S.; PAIXÃO, M.M.O.M. Disponibilidade hídrica de águas subterrâneas – Produtividade de poços e reservas explotáveis dos principais sistemas aquíferos. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), 2003. 41 p

Ramos, S.O.; Araújo, H.A.; Leal, L.R.B.; Da Luz, J.A.G.; Dutton, A.R., 2007. Variação temporal do nível freático do aquífero cárstico de Irecê - Bahia: contribuição para uso e gestão das águas subterrâneas no semi-árido. Revista Brasileira de Geociências, 37(4 - suplemento): 227-233.

RIBEIRO, A.A.. Ameaças à conservação do patrimônio espeleológico em litologias ferríferas. Revista Brasileira de Espeleologia – RBEsp, v. 1, nº 5, 2015.

RIBEIRO, J.F. E TELES, B.M.. Mata de Galeria disponível em [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01\\_61\\_911200585234.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_61_911200585234.html)

SANTOS, E. J.; Brito Neves, b. b. 1984. Província borborema. in: almeida, f. f. m. & hasui, y. (coords.) o pré-cambriano do brasil são paulo, edgard blücher. p. 123-186.

SAPIECINSKI, F.B. et al, Monocultura e silvicultura do eucalipto e suas possíveis complicações na metade sul do Brasil. Relatório técnico-científico. XXIII Seminário de Iniciação Científica. Salão do Conhecimento, UNIJUI, 2015.

Sociedade Nacional de Agricultura. Indicação Geográfica Vale do Submédio São Francisco. Publicado em 4/05/2015 in <http://sna.agr.br/indicacao-geografica-vale-do-submedio-sao-francisco/>.

Silva, A.B. 1973. Contribuição à hidrogeologia dos karsts da região da Bahia. Rev. Água Subterrânea, 3:11-16.

Silva, A.B. et al., 1981. Pesquisa e avaliação de recursos hídricos subterrâneos em “karsts” por sensores remotos – Relatório Final. CETEC/CNPq, Belo Horizonte/MG.

SILVA, Alexandre Marco da; ALVARES, Clayton Alcarde. Levantamento de informações e estruturação de um banco dados sobre a erodibilidade de classes de solos no estado de São Paulo. 2005. Laboratório de Ecologia Isotópica, Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós, Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo.

SILVA, Richarde Marques; PAIVA, Fernanda Maria de L.; SANTOS, Celso Augusto Guimarães. Análise do grau de erodibilidade e perdas de solo na bacia do rio Capiá baseado em SIG e sensoriamento remoto. 2009. RBGF- Revista Brasileira de Geografia Física. Pernambuco, Recife.

UOL NOTÍCIAS, <http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2016/01/11/minas-gerais-vai-proibir-metodo-de-barragem-usado-pela-samarco.htm>.

UVO, C. R. B. A zona de convergência intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação na região Norte e Nordeste brasileiro. São José dos Campos: USP. 99p., Dissertação Mestrado, 1989.

VIANA, M. B. O Eucalipto e os efeitos ambientais do seu plantio em escala. Câmara dos deputados. Brasília. 2004. 29 p

## ANEXOS

## Anexo I – Estações Fluviométricas

Nome	Código	Data de início	Data de fim	Falhas de dados	Coordenadas		Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	Região fisiográfica
					Lat.	Long.		
ABREUS	47900000	17/ago/84	31/dez/07	0%	-10,01	-40,7	12.500	Submédio
ÁGUAS BELAS	49480000	01/jan/80	13/jun/04	66%	-9,09	-37,16	3.910	Baixo
ARAÚJOS	40380000	10/ago/39	31/jul/81	3%	-19,93	-45,13	1.250	Alto
ARINOS-MONTANTE	43429998	01/out/77	31/dez/07	5%	-15,92	-46,11	11.800	Médio
BARRA DO ESCURINHO	42257000	01/out/74	31/dez/07	3%	-17,51	-46,65	2.000	Médio
BARRA DO ESCURO	43980002	15/ago/86	31/dez/07	9%	-16,27	-45,24	24.600	Médio
BARRA DO PARAPEBA	40535000	01/jan/43	31/jul/59	5%	-18,82	-45,2	29.400	Alto
BOCA DA CAATINGA	44950000	24/mai/69	31/dez/05	9%	-14,78	-43,55	29.400	Médio
BOM JESUS DA LAPA	45480000	12/jul/72	31/dez/07	3%	-13,26	-43,44	271.000	Médio
BOQUEIRÃO	46902000	09/ago/33	31/dez/06	5%	-11,36	-43,85	46.400	Médio
BURITIS - JUSANTE	43250002	13/out/76	31/dez/07	10%	-15,61	-46,41	3.020	Médio
CAATINGA	42750000	01/mai/55	31/dez/07	3%	-17,14	-45,88	33.500	Médio
CACHOEIRA DA MANTEIGA	42210000	30/jan/59	31/dez/07	4%	-16,66	-45,08	107.000	Médio
CACHOEIRA DAS ALMAS	42850000	14/set/73	31/dez/07	14%	-17,35	-45,53	4.390	Médio
CACHOEIRA DO PAREDÃO	42860000	01/jan/67	31/dez/07	8%	-17,12	-45,44	5.700	Médio
CAPITÂNEA	45220000	11/nov/67	31/dez/07	0%	-14,42	-44,48	2.380	Médio
CAPIVARA II	49600000	29/jan/00	31/dez/07	3%	-9,77	-37,01	2.020	Baixo
CARINHANHA	45298000	11/set/27	31/dez/07	3%	-14,3	-43,76	254.000	Médio
CARMO DA MATA	40180000	25/jun/38	31/dez/80	15%	-20,55	-44,85	188	Alto
CARMO DO CAJURU	40150000	19/mar/36	31/dez/07	1%	-20,18	-44,79	2.500	Alto
CLARO DOS POÇÕES	42100000	27/set/73	31/dez/07	1%	-17,09	-44,24	532	Alto
COLÔNIA DO JAIBA	44670000	01/jul/62	31/dez/07	1%	-15,34	-43,68	12.200	Médio
DIVINÓPOLIS	40190002	01/mar/36	30/set/77	20%	-20,15	-44,88	1.960	Alto
ESTAÇÃO ALVARO DA SILVEIRA	40400000	19/nov/35	31/dez/05	18%	-19,75	-45,12	1.820	Alto
FAZENDA BARRA DA ÉGUA	42435000	21/out/74	23/out/07	2%	-16,87	-46,59	1.590	Médio
FAZENDA BOM RETIRO	44540000	20/set/74	30/nov/07	0%	-14,65	-44,09	624	Médio
FAZENDA CARVALHO	43300000	22/mai/73	31/dez/07	3%	-15,52	-46,28	3.160	Médio

Nome	Código	Data de início	Data de fim	Falhas de dados	Coordenadas		Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	Região fisiográfica
					Lat.	Long.		
FAZENDA CONCEIÇÃO	43675000	11/mai/84	31/dez/07	1%	-16,43	-45,74	2.300	Médio
FAZENDA CÓRREGO DO OURO	42251000	24/jul/73	31/dez/07	16%	-17,61	-46,86	1.870	Médio
FAZENDA LIMEIRA	42460000	01/mai/72	31/dez/07	9%	-16,21	-47,23	3.890	Médio
FAZENDA LIMOEIRO	42250000	21/jul/73	31/dez/07	0%	-17,92	-47,01	464	Médio
FAZENDA NOLASCO	42255000	22/jul/73	31/dez/07	1%	-17,23	-47,02	248	Médio
FAZENDA O RESFRIADO	42545500	28/dez/72	31/dez/07	9%	-16,5	-46,66	680	Médio
FAZENDA POÇÕES	42440000	20/set/73	31/dez/07	5%	-17,04	-46,82	551	Médio
FAZENDA PORTO ALEGRE	45170001	01/dez/63	31/dez/07	0%	-14,26	-44,52	5.850	Médio
FAZENDA RIO VERDE	42645000	16/set/73	17/ago/85	0%	-17,25	-46,2	914	Médio
FAZENDA RONCADOR	42545002	15/set/79	31/dez/07	11%	-16,25	-46,8	424	Médio
FAZENDA SANTA CRUZ	42546000	26/set/73	31/dez/07	2%	-16,13	-46,75	553	Médio
FAZENDA SOBRADINHO	40811500	18/mai/73	25/jun/81	7%	-20,02	-44,37	139	Alto
FLORESTA	48860000	20/dez/72	31/dez/07	25%	-8,61	-38,58	12.300	Submédio
FORMOSA DO RIO PRETO	46790000	22/ago/41	31/dez/06	8%	-11,05	-45,2	14.300	Médio
GAMELEIRA	46035000	01/jan/69	31/dez/06	8%	-12,87	-43,38	309.000	Médio
IBÓ	48590000	15/jan/77	31/dez/06	0%	-8,63	-39,24	561.000	Submédio
IBOTIRAMA	46150000	02/ago/52	31/dez/07	8%	-12,18	-43,22	323.000	Médio
IGUATAMA	40050000	01/jan/31	31/dez/07	6%	-20,17	-45,72	5.560	Alto
INAJÁ	49160000	15/jan/77	13/jul/07	28%	-8,92	-37,83	8.250	Submédio
ITAÚNA - MONTANTE	40269900	01/jun/76	31/dez/07	2%	-20,07	-44,58	338	Alto
JACARÉ	48460000	16/jan/98	31/dez/07	23%	-8,27	-39,85	5.220	Submédio
JAGUARACI	47480000	01/jan/69	31/dez/07	11%	-10,9	-41,57	9.330	Médio
JAGUARUNA	40300000	01/mai/38	31/dez/76	3%	-19,77	-44,8	1.490	Alto
JUAZEIRO	48020000	01/set/28	31/dez/06	0%	-9,41	-40,5	516.000	Submédio
JUNCO	47961000	01/jan/73	31/jan/80	48%	-9,67	-40,6	13.900	Submédio
JUNCO - MONTANTE	47960000	01/jan/69	31/dez/73	35%	-9,68	-40,6	13.900	Submédio
JUVENÍLIA	45260000	01/abr/64	31/dez/07	0%	-14,26	-44,15	16.300	Médio
LAGOA DAS PEDRAS	45210000	28/mai/69	31/dez/07	0%	-14,28	-44,41	12.600	Médio
LAGOA DO BOI	48070000	21/jan/77	31/dez/06	9%	-9,49	-40,21	3.540	Submédio

Nome	Código	Data de início	Data de fim	Falhas de dados	Coordenadas		Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	Região fisiográfica
					Lat.	Long.		
LAMOUNIER	40160000	22/jun/38	26/jun/63	0%	-20,47	-45,02	157	Alto
MANGA	44500000	13/out/32	31/dez/07	6%	-14,76	-43,93	202.000	Médio
MARILÂNDIA (PONTE BR-494)	40170000	14/out/67	31/dez/07	3%	-20,22	-44,92	1040	Alto
MARTINHO CAMPOS	40500000	24/set/65	31/dez/07	6%	-19,33	-45,22	769	Alto
MORPARÁ	46360000	01/jun/54	31/dez/06	0%	-11,56	-43,28	345.000	Médio
PÃO DE AÇÚCAR	49370000	01/jan/31	30/dez/07	0%	-9,75	-37,45	615.000	Baixo
PARATINGA	46105000	01/nov/69	31/dez/07	0%	-12,7	-43,23	314.000	Médio
PARI	40185000	01/jan/73	31/dez/07	0%	-20,18	-44,89	1910	Alto
PEDRAS DE MARIA DA CRUZ	44290002	01/set/72	31/dez/07	0%	-15,61	-44,4	194.000	Médio
PETROLÂNDIA	49030000	01/jan/37	08/nov/87	0%	-9,07	-38,3	592.000	Submédio
PIRANHAS	49330000	01/jan/31	31/dez/07	4%	-9,63	-37,76	610.000	Baixo
PIRAPORA - BARREIRO	41135000	01/jun/68	31/dez/07	1%	-17,37	-44,94	62.200	Alto
POÇO DO FUMO	48430000	14/mar/66	20/mai/69	5%	-8,18	-39,73	3.650	Submédio
PONTE BR-242	46295000	01/jan/77	31/dez/07	45%	-12,25	-42,76	12.600	Médio
PONTE DA BR-040 - PARACATU	42290000	01/ago/65	31/dez/07	0%	-17,5	-46,57	7.750	Médio
PONTE DA BR-040 - PRATA	42365000	01/jan/76	31/dez/05	8%	-17,66	-46,36	3.350	Médio
PONTE DO CHUMBO	40070000	27/set/65	06/dez/05	18%	-19,78	-45,48	10.000	Alto
PONTE DOS CIGANOS	42187000	22/set/73	31/dez/07	0%	-16,47	-44,38	1.310	Médio
PORTO ALEGRE	42980000	21/set/52	31/dez/07	25%	-16,91	-45,38	41.300	Médio
PORTO DA EXTREMA	42690001	26/abr/55	31/dez/07	6%	-17,03	-46,01	30.100	Médio
PORTO DAS ANDORINHAS	40100000	19/ago/56	31/dez/07	1%	-19,28	-45,29	14.000	Alto
PORTO DO MESQUITA	40865002	28/out/39	15/dez/46	0%	-19,17	-44,68	10.200	Alto
PORTO DOS POÇÕES	42600000	20/nov/56	31/dez/07	10%	-16,84	-46,36	9.400	Médio
PORTO INDAIÁ	40963000	24/abr/77	30/dez/01	0%	-18,68	-45,56	2.215	Alto
PORTO NOVO	45960001	01/jan/77	31/dez/07	0%	-13,29	-43,91	31.000	Médio
PORTO PARÁ	40450000	16/mai/39	31/dez/65	8%	-19,3	-45,07	11.200	Alto
PROPRIÁ	49705000	01/jan/77	31/dez/07	1%	-10,21	-36,82	631.000	Baixo
PRÓXIMO A CURAÇA II	48259000	01/jan/89	31/dez/00	0%	-9,1	-39,94	3.180	Submédio
RIO VERDE II	47249000	27/jun/77	31/dez/07	6%	-10,98	-42,34	6.750	Médio

Nome	Código	Data de início	Data de fim	Falhas de dados	Coordenadas		Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	Região fisiográfica
					Lat.	Long.		
SANTA ROSA	42395000	04/mai/55	31/dez/07	4%	-17,26	-46,47	12.800	Médio
SANTANA DO IPANEMA	49490000	09/jan/77	30/set/07	53%	-9,37	-37,25	5.140	Baixo
SANRO ANTÔNIO DO BOQUEIRÃO	42540000	15/nov/56	31/dez/07	6%	-16,53	-46,72	5.910	Médio
SANTO INÁCIO	43880000	21/set/62	31/dez/07	11%	-16,28	-45,41	23.800	Médio
SÃO FRANCISCO	44200000	01/jan/34	31/dez/07	0%	-15,95	-44,87	184.000	Médio
SÃO GONÇALO	45131000	11/ago/45	31/dez/07	1%	-14,31	-44,46	6.020	Médio
SÃO ROMÃO	43200000	01/ago/52	31/dez/07	0%	-16,37	-45,07	154.000	Médio
SÃO SEBASTIÃO	46610000	01/jan/77	31/dez/07	0%	-11,98	-44,88	33.100	Médio
TRAIPI	49660000	01/jan/77	31/dez/07	0%	-9,97	-37	630.000	Baixo
UHE TRÊS MARIAS JUSANTE	41020002	01/jan/57	31/out/06	7%	-18,19	-45,25	50.816	Alto
UNAÍ	42490000	14/fev/64	31/dez/05	4%	-16,35	-46,88	5.360	Médio
USINA DO PANDEIROS - MONTANTE	44250000	01/ago/73	31/dez/07	0%	-15,48	-44,77	3.230	Médio
VARGEM BONITA	40025000	27/jun/39	31/dez/07	10%	-20,33	-46,37	301	Alto
VÂRZEA DA PALMA	41990000	18/jun/38	31/dez/06	1%	-17,59	-44,71	26.500	Alto
VELHO DA TAIPA	40330000	01/jul/38	31/dez/05	0%	-19,69	-44,93	7.350	Alto
VEREDAS	42840000	30/jul/73	31/dez/07	0%	-18,14	-45,76	210	Médio

## Anexo II – Estações Pluviométricas

Nome	Região	Código	Início	Fim	Nº Dias	Nº Valores	Valores Dispo.
AFOGADOS DA INGAZEIRA (DNOCS)	Submédio SF	737023	fev/14	dez/14	36858	36462	98,93%
SÃO JOSÉ DO EGITO	Submédio SF	737036	set/14	fev/91	27939	27209	97,39%
SÃO JOSÉ DO BELMONTE	Submédio SF	738029	set/11	mar/92	29432	28920	98,26%
SERRA TALHADA	Submédio SF	738030	set/11	dez/91	29341	27878	95,01%
TRIUNFO	Submédio SF	738035	jan/61	dez/85	9130	6022	65,96%
EXÚ (NOVO EXÚ)	Submédio SF	739023	dez/34	jan/94	21611	20059	92,82%
SERRITA (SERRINHA)	Submédio SF	739028	dez/34	abr/93	21335	20820	97,59%
SÍTIO DOS MOREIRAS	Submédio SF	739029	dez/34	dez/94	21945	19842	90,42%
ARARIPINA (SÃO GONÇALO)	Submédio SF	740013	dez/34	mai/93	21366	19417	90,88%
BARRA DE SÃO PEDRO (MANACA)	Submédio SF	740016	dez/34	jan/93	21246	20088	94,55%
FEITORIA (SÃO FÉLIX)	Submédio SF	740017	dez/34	mai/89	19905	18683	93,86%
PEDRA	Baixo SF	836029	jun/20	set/92	26419	21879	82,82%
TARA (SANTO ANTÔNIO DO TARA)	Baixo SF	836053	mar/34	abr/94	21975	19236	87,54%
ARCOVERDE (RIO BRANCO)	Baixo SF	837003	ago/13	dez/84	26085	22741	87,18%
BUÍQUE	Baixo SF	837009	jun/20	nov/89	25384	21302	83,92%
CUSTÓDIA	Submédio SF	837011	nov/33	jan/92	21275	18902	88,85%
IBIMIRIM (JERITACO)	Submédio SF	837025	nov/34	jan/92	20910	20487	97,98%
MOXOTÓ	Submédio SF	837028	nov/34	nov/89	20118	19660	97,72%
SERTÂNIA (ALAGOA DE BAIXO)	Submédio SF	837033	ago/11	jul/88	28124	26541	94,37%
ALGODÕES	Submédio SF	837039	nov/33	abr/93	21730	20270	93,28%
AIRI (ROCHEDO)	Submédio SF	838000	nov/34	nov/14	29249	28759	98,32%
BELÉM DE SÃO FRANCISCO	Submédio SF	838003	jan/35	out/98	23314	17961	77,04%
BELÉM DE SÃO FRANCISCO	Submédio SF	838004	set/46	dez/14	24943	23673	94,91%
BETÂNIA	Submédio SF	838005	nov/34	mai/01	24318	20361	83,73%
CONCEIÇÃO DAS CRIOULAS	Submédio SF	838009	jan/31	ago/94	23253	19752	84,94%
FLORESTA	Submédio SF	838020	dez/14	jan/84	25261	18805	74,44%
ICÓ	Submédio SF	838023	jan/37	dez/83	17165	15643	91,13%
CABROBÓ	Submédio SF	839002	abr/11	dez/83	26572	18995	71,49%
PARNAMIRIM (LEOPOLDINA)	Submédio SF	839012	abr/11	jun/86	27484	26510	96,46%
FAZENDA RODRIGUES	Submédio SF	839015	set/35	mai/62	9769	8885	90,95%
SALGUEIRO	Submédio SF	839016	abr/11	nov/89	28733	27851	96,93%

Nome	Região	Código	Início	Fim	Nº Dias	Nº Valores	Valores Dispo.
SANTA MARIA DA BOA VISTA	Submédio SF	839018	jun/11	dez/81	25781	23666	91,80%
CHORROCHÓ	Submédio SF	839027	jan/37	nov/87	18595	17896	96,24%
ARIZONA	Submédio SF	840001	mai/34	jan/95	22190	19940	89,86%
JUTAI (JATOBÁ DE STA. BARBARA)	Submédio SF	840012	jan/35	abr/93	21304	19084	89,58%
PAU FERRO	Submédio SF	840017	mai/34	dez/93	21794	20729	95,11%
SANTA CRUZ (CRUZ DE MALTA)	Submédio SF	840019	jan/35	mar/93	21274	20479	96,26%
SANTA FILOMENA (MUNDURI)	Submédio SF	840021	dez/34	out/93	21519	21060	97,87%
JUNQUEIRO	Baixo SF	936020	fev/13	abr/87	27116	25050	92,38%
MAJOR ISIDORO	Baixo SF	936028	jun/13	abr/99	31379	28765	91,67%
TRAIPU	Baixo SF	936050	jun/12	set/94	30071	28273	94,02%
ARAPIRACA	Baixo SF	936065	jan/61	dez/62	729	668	91,63%
ÁGUAS BELAS	Baixo SF	937000	jun/20	jul/91	25992	24714	95,08%
POÇO DAS TRINCHEIRAS	Baixo SF	937004	jun/20	dez/89	25415	25175	99,06%
SANTANA DO IPANEMA	Baixo SF	937006	jun/12	nov/00	32324	29836	92,30%
ÁGUA BRANCA	Submédio SF	937008	jan/77	ago/93	6086	2750	45,19%
CAPIA DA IGREJINHA	Baixo SF	937012	mai/37	jan/01	23286	21459	92,15%
MATA GRANDE	Submédio SF	937014	jan/41	fev/01	21973	15064	68,56%
PIRANHAS	Baixo SF	937022	jun/12	set/99	31897	29218	91,60%
CURRALINHO	Baixo SF	937029	abr/37	jun/00	23101	16954	73,39%
ILHA DO OURO	Baixo SF	937030	abr/36	dez/84	17806	15429	86,65%
PÃO DE AÇÚCAR	Baixo SF	937034	jan/77	mar/89	4471	2359	52,76%
GLÓRIA	Submédio SF	938007	mar/18	dez/97	29160	26695	91,55%
VÁRZEA DA EMA	Submédio SF	938015	abr/36	set/95	21731	20304	93,43%
BARRO VERMELHO (IBIPITANGA)	Submédio SF	939000	jan/34	abr/90	20573	20359	98,96%
PATAMUTE	Submédio SF	939008	jun/11	mar/91	29158	28982	99,40%
MALHADA REAL	Submédio SF	940005	mai/34	jan/92	21094	19447	92,19%
PETROLINA	Submédio SF	940006	mar/11	dez/85	27334	26813	98,09%
BARRINHA	Submédio SF	940009	jan/34	ago/97	23253	22098	95,03%
CAMPO DOS CAVALOS	Submédio SF	940018	jan/47	out/14	24775	23389	94,41%
JUREMAL (JUREMA)	Submédio SF	940020	nov/33	jan/95	22371	20667	92,38%
SÃO PEDRO (SÃO PEDRO DO AÇUDE)	Submédio SF	941004	jun/42	nov/99	21001	17684	84,21%
CASA NOVA	Médio SF	941011	jul/11	dez/96	31230	29924	95,82%
REMANSO	Médio SF	942016	nov/11	dez/91	29280	28856	98,55%
CAMPESTRE	Médio SF	942020	abr/11	dez/94	30590	26116	85,37%
PENEDO	Baixo SF	1036005	jan/35	dez/14	29219	29078	99,52%
PIAÇABUÇÚ	Baixo SF	1036007	set/28	dez/14	31532	28468	90,28%

Nome	Região	Código	Início	Fim	Nº Dias	Nº Valores	Valores Dispo.
PORTO REAL DO COLÉGIO	Baixo SF	1036009	fev/12	fev/98	31439	29708	94,49%
PACATUBA (PACATIBA)	Baixo SF	1036021	jun/20	dez/84	23589	23315	98,84%
AQUIDABÃ	Baixo SF	1037003	mar/12	mar/97	31076	25658	82,57%
NOSSA SENHORA DA GLÓRIA	Baixo SF	1037034	jun/12	jun/99	31805	28997	91,17%
SÃO TOMÉ	Submédio SF	1040018	nov/37	fev/99	22399	19935	89,00%
JAGUARACI	Médio SF	1041002	jan/64	dez/91	10226	9831	96,14%
CAMPO LARGO	Médio SF	1041007	jul/19	dez/91	26481	25933	97,93%
IBITIARA (BOM SUCESSO)	Médio SF	1042001	nov/37	ago/90	19296	18806	97,46%
PILÃO ARCADEO	Médio SF	1042007	jun/11	jun/91	29249	27395	93,66%
RIO VERDE II	Médio SF	1042012	nov/77	ago/14	13452	13299	98,86%
MANSIDÃO	Médio SF	1044007	ago/36	nov/98	22766	20422	89,70%
FAZENDA CABACEIRAS	Médio SF	1142017	mai/72	set/14	15479	14942	96,53%
FAZENDA REFRIGÉRIO - JUSANTE	Médio SF	1142020	jul/77	ago/14	13575	13304	98,00%
MORPARÁ	Médio SF	1143002	nov/45	out/14	25201	23863	94,69%
BOQUEIRÃO	Médio SF	1143010	jan/37	out/14	28427	27218	95,75%
FAZENDA MACAMBIRA	Médio SF	1144005	dez/63	out/14	18597	18252	98,14%
SÃO SEBASTIÃO	Médio SF	1144014	jul/72	out/14	15462	15157	98,03%
IBIPETUBA	Médio SF	1144027	nov/11	out/14	37620	31715	84,30%
FORMOSA DO RIO PRETO	Médio SF	1145001	set/41	out/14	26723	25013	93,60%
PONTE SERAFIM - MONTANTE	Médio SF	1145013	mar/62	out/14	19215	14318	74,51%
NOVA VIDA - MONTANTE	Médio SF	1145014	jul/72	out/14	15462	14847	96,02%
CARIPARE	Médio SF	1145019	abr/84	out/14	11160	10875	97,45%
BROTAS DE MACAÚBAS	Médio SF	1242015	jan/76	out/14	14183	13809	97,36%
PONTE BR-242	Médio SF	1242016	jul/72	out/14	15462	15125	97,82%
GAMELEIRA	Médio SF	1243000	mar/62	out/14	19237	16021	83,28%
IBOTIRAMA	Médio SF	1243011	ago/52	out/14	22736	21059	92,62%
BARREIRAS	Médio SF	1244011	mai/36	out/14	28672	27233	94,98%
FAZENDA COQUEIRO	Médio SF	1244019	jun/72	out/14	15465	15373	99,41%
FAZENDA REDENÇÃO	Médio SF	1245004	jun/72	out/14	15492	14948	96,49%
DEROCAL	Médio SF	1245005	jun/72	set/14	15433	15082	97,73%
SÍTIO GRANDE	Médio SF	1245007	ago/52	out/14	22736	16150	71,03%
FAZENDA JOHÁ	Médio SF	1245014	jul/84	out/14	11062	10834	97,94%
RODA VELHA	Médio SF	1245015	jul/84	out/14	11063	10468	94,62%
PORTO NOVO	Médio SF	1343008	dez/36	out/14	28458	26867	94,41%
MOCAMBO	Médio SF	1344002	nov/45	out/14	25201	23955	95,06%
GATOS	Médio SF	1344013	out/52	out/14	22675	19063	84,07%
CORRENTINA	Médio SF	1344014	mai/72	out/14	15523	15208	97,97%
COLÔNIA DO FORMOSO	Médio SF	1344015	mar/62	out/14	19237	15989	83,12%
ARROJADO	Médio SF	1344016	jan/77	out/14	13817	13696	99,12%
SANTA MARIA DA VITÓRIA	Médio SF	1344017	mar/45	out/14	25446	23530	92,47%
ARROJOLÂNDIA	Médio SF	1345000	jun/81	out/14	12189	11621	95,34%
FAZENDA PLANALTO	Médio SF	1346006	jun/81	out/14	12186	11774	96,62%
BOCA DA CAATINGA	Médio SF	1443000	mai/69	jun/08	14267	14104	98,86%

Nome	Região	Código	Início	Fim	Nº Dias	Nº Valores	Valores Dispo.
CARINHANHA	Médio SF	1443002	jan/37	out/14	28427	19547	68,76%
PALMAS DE MONTE ALTO	Médio SF	1443026	mai/84	out/14	11124	11062	99,44%
SÃO GONÇALO	Médio SF	1444000	jun/46	out/14	24989	24623	98,54%
CAPITÃNEA	Médio SF	1444001	abr/53	out/14	22493	22003	97,82%
JUVENÍLIA	Médio SF	1444004	fev/64	out/14	18535	18168	98,02%
LAGOA DAS PEDRAS	Médio SF	1444005	mai/69	out/14	16592	15973	96,27%
FAZENDA PORTO ALEGRE	Médio SF	1444017	jun/46	out/14	24989	23216	92,90%
COLÔNIA DO JAÍBA	Médio SF	1543002	jul/62	out/14	19115	18969	99,24%
JANAÚBA	Médio SF	1543013	mai/69	out/14	16599	16570	99,83%
SÃO FRANCISCO	Médio SF	1544012	jan/38	nov/14	28092	27475	97,80%
PEDRAS DE MARIA DA CRUZ	Médio SF	1544017	set/72	jul/14	15308	14629	95,56%
SÃO JOÃO DA PONTE	Médio SF	1544019	out/75	nov/14	14284	13985	97,91%
ARINOS - MONTANTE	Médio SF	1546000	out/62	nov/14	19053	18563	97,43%
BARREIRO DF-130	Médio SF	1547021	nov/78	jun/07	10468	10408	99,43%
CAPITÃO ENÉAS	Médio SF	1643020	jul/72	set/14	15431	15048	97,52%
SÃO JOÃO DA VEREDA	Médio SF	1644028	out/75	nov/14	14290	14290	100,00%
SÃO ROMÃO	Médio SF	1645000	jul/52	nov/14	22780	22779	100,00%
VILA URUCUIA	Médio SF	1645005	jan/67	ago/14	17409	17409	100,00%
PORTO ALEGRE	Médio SF	1645007	set/52	mar/14	22476	20170	89,74%
CACHOEIRA DA MANTEIGA	Médio SF	1645009	fev/62	out/14	19265	16016	83,14%
FAZENDA ÁGUA BRANCA	Médio SF	1645013	nov/74	out/14	14596	14545	99,65%
PORTO DOS POÇÕES	Médio SF	1646000	fev/61	nov/14	19660	18889	96,08%
UNAI	Médio SF	1646001	out/64	nov/14	18322	17597	96,04%
SANTO ANTÔNIO DO BOQUEIRÃO	Médio SF	1646003	fev/62	nov/14	19295	15216	78,86%
FAZENDA O RESFRIADO	Médio SF	1646004	nov/73	out/14	14974	13359	89,21%
FAZENDA LIMEIRA	Médio SF	1647008	nov/73	out/14	14974	13867	92,61%
JEQUITAI	Alto SF	1744001	nov/64	dez/95	11382	10744	94,39%
JATOBÁ	Alto SF	1744002	nov/64	mai/99	12629	9681	76,66%
TRAIRAS	Alto SF	1744004	out/64	jan/85	7427	6821	91,84%
PIRAPORA - BARREIRO	Alto SF	1744006	set/69	dez/93	8887	8867	99,77%
JEQUITAI	Alto SF	1744008	jan/68	jul/87	7131	7010	98,30%
VÁRZEA DA PALMA	Alto SF	1744009	mar/41	nov/14	26924	26901	99,91%
LASSANCE	Alto SF	1744010	set/41	nov/14	26753	24376	91,12%
MONTANTE BARRA DO JEQUITAI	Alto SF	1744020	jul/72	dez/89	6392	5705	89,25%
ESTAÇÃO DE CURIMATAI	Alto SF	1744030	jan/83	nov/14	11643	11390	97,83%
FAZENDA CORRENTE	Alto SF	1744034	jun/87	set/96	3390	2999	88,47%
CAATINGA	Médio SF	1745000	fev/62	jun/10	17655	17223	97,55%
CACHOEIRA DO PAREDÃO	Médio SF	1745001	jan/67	nov/14	17500	17397	99,41%
PORTO DO CAVALO	Médio SF	1745007	abr/74	nov/10	13392	13166	98,31%
FAZENDA SANTANA	Médio SF	1745014	abr/84	out/14	11153	10329	92,61%
PORTO DA EXTREMA	Médio SF	1746001	nov/62	out/14	18992	18428	97,03%
SANTA ROSA	Médio SF	1746002	fev/62	out/14	19265	17976	93,31%
FAZENDA RIO VERDE	Médio SF	1746004	jan/74	ago/85	4246	4235	99,74%

Nome	Região	Código	Início	Fim	Nº Dias	Nº Valores	Valores Dispo.
PONTE DA BR-040 - PRATA	Médio SF	1746006	jun/72	ago/12	14679	14586	99,37%
PONTE DA BR-040 - PARACATU	Médio SF	1746007	jun/72	nov/14	15500	15310	98,77%
PARACATU	Médio SF	1746008	mai/76	dez/93	6453	6454	100,02%
FAZENDA POÇÕES	Médio SF	1746017	jan/83	ago/14	11549	10886	94,26%
FAZENDA LIMOEIRO	Médio SF	1746018	nov/71	nov/14	15735	13183	83,78%
FAZENDA CÔRREGO DO OURO	Médio SF	1746019	fev/83	out/14	11578	9863	85,19%
GUARDA-MOR	Médio SF	1747005	nov/73	nov/14	15004	14815	98,74%
USINA PARAUNA	Alto SF	1843000	ago/41	out/14	26739	26706	99,88%
GOUVEIA	Alto SF	1843002	out/41	out/14	26676	26202	98,22%
PRESIDENTE JUSCELINO - JUSANTE	Alto SF	1844009	nov/73	nov/14	15004	14844	98,93%
PONTE DO LICÍNIO - JUSANTE	Alto SF	1844010	nov/73	out/14	14974	14794	98,80%
CORINTO	Alto SF	1844017	jan/84	nov/14	11267	11268	100,01%
PONTE DO BICUDO	Alto SF	1844018	jan/83	out/14	11614	10527	90,64%
MORRO DA GARÇA	Alto SF	1844019	ago/88	out/14	9565	9509	99,41%
FAZENDA SÃO FÉLIX	Alto SF	1845002	ago/68	nov/14	16922	16852	99,59%
SÃO GONÇALO DO ABAETÉ	Alto SF	1845013	jul/58	nov/14	20598	19852	96,38%
TIROS	Alto SF	1845014	jul/58	set/14	20530	19920	97,03%
CANOEIROS	Alto SF	1845021	jan/71	nov/14	16039	15706	97,92%
BARRA DO RIO DE JANEIRO	Alto SF	1845027	fev/84	out/14	11230	11026	98,18%
MAJOR PORTO	Alto SF	1846003	ago/68	out/14	16890	16891	100,01%
PRESIDENTE OLEGÁRIO	Alto SF	1846005	out/74	nov/14	14647	14674	100,18%
VAZANTE	Médio SF	1846015	jul/58	set/14	20532	18758	91,36%
PONTE FIRME	Médio SF	1846016	jul/58	nov/14	20596	20466	99,37%
LEAL DE PATOS	Médio SF	1846017	jul/58	nov/14	20606	20376	98,88%
LAGAMAR	Médio SF	1846023	fev/83	nov/14	11615	11614	99,99%
MINERAÇÃO MORRO VELHO	Alto SF	1943000	out/41	nov/03	22705	22841	100,60%
JABOTICATUBAS	Alto SF	1943004	set/41	out/14	26723	26338	98,56%
SABARÁ	Alto SF	1943006	jun/41	ago/14	26745	26309	98,37%
VESPASIANO	Alto SF	1943009	abr/41	out/14	26848	26421	98,41%
CAETÉ	Alto SF	1943010	jun/41	nov/14	26830	26862	100,12%
CAIXA DE AREIA	Alto SF	1943022	dez/40	dez/13	26693	24928	93,39%
TAQUARAÇU	Alto SF	1943023	fev/42	nov/14	26592	26592	100,00%
JOSÉ DE MELO	Alto SF	1943024	fev/44	jul/14	25748	25175	97,77%
VAU DA LAGOA	Alto SF	1943035	nov/55	out/14	21526	21339	99,13%
FAZENDA CARAIBAS	Alto SF	1943042	out/74	set/14	14595	14574	99,86%
PONTE RAUL SOARES	Alto SF	1943049	jun/72	abr/13	14931	14380	96,31%
PONTE NOVA DO PARAPEBA	Alto SF	1944004	mar/41	out/14	26884	26824	99,78%
FAZENDA ESCOLA FLORESTAL	Alto SF	1944007	mar/41	nov/14	26914	26229	97,45%
PEDRO LEOPOLDO	Alto SF	1944009	mai/41	out/14	26846	26718	99,52%
HORTO FLORESTAL	Alto SF	1944010	mai/41	nov/14	26875	21488	79,96%
JAGUARUNA - JUSANTE	Alto SF	1944011	jul/41	set/14	26754	26518	99,12%
PIRAPAMA	Alto SF	1944020	jul/58	nov/14	20606	20261	98,33%

Nome	Região	Código	Início	Fim	Nº Dias	Nº Valores	Valores Dispo.
VELHO DA TAIPA	Alto SF	1944021	fev/59	mar/12	19389	19419	100,15%
FAZENDA VARGEM BONITA	Alto SF	1944024	fev/61	nov/14	19638	19541	99,51%
BARRO PRETO	Alto SF	1944026	mai/70	nov/14	16265	16266	100,01%
JUATUBA	Alto SF	1944027	jun/70	nov/14	16237	15228	93,79%
PONTE DA TAQUARA	Alto SF	1944031	jan/62	nov/14	19326	15947	82,52%
SE PITANGUI	Alto SF	1944032	jan/41	set/04	23283	16852	72,38%
PITANGUI	Alto SF	1944033	jan/41	ago/60	7182	6341	88,29%
MATEUS LEME	Alto SF	1944048	jan/73	abr/01	10346	9648	93,25%
PAPAGAIOS	Alto SF	1944049	ago/75	mai/14	14161	13861	97,88%
BETIM - COPASA	Alto SF	1944055	fev/76	ago/14	14091	13201	93,68%
FORTUNA DE MINAS	Alto SF	1944059	mai/84	nov/14	11162	11163	100,01%
ARAÚJOS	Alto SF	1945000	nov/41	jul/81	14514	14278	98,37%
BARRA DO FUNCHAL	Alto SF	1945002	jun/41	nov/14	26826	23949	89,28%
ESTAÇÃO ALVARO DA SILVEIRA	Alto SF	1945004	set/41	nov/14	26753	25080	93,75%
BOM DESPACHO	Alto SF	1945008	out/74	nov/14	14651	14651	100,00%
ENGENHO RIBEIRO	Alto SF	1945014	dez/74	abr/93	6695	6635	99,10%
DORES DO INDAIÁ (CVSF)	Alto SF	1945019	jul/58	nov/14	20590	19921	96,75%
PORTO PARÁ	Alto SF	1945020	mai/59	abr/93	12389	9647	77,87%
ABAETÉ	Alto SF	1945035	out/74	out/14	14595	14596	100,01%
TAQUARAL	Alto SF	1945037	fev/83	mai/10	9972	9525	95,52%
PORTO DAS ANDORINHAS	Alto SF	1945038	jan/83	out/14	11606	11606	100,00%
MARTINHO CAMPOS	Alto SF	1945039	jan/83	nov/14	11637	11376	97,76%
TAPIRAÍ - JUSANTE	Alto SF	1946000	ago/41	nov/14	26758	26752	99,98%
SÃO GOTARDO	Alto SF	1946009	out/74	nov/14	14651	14587	99,56%
LAGOA GRANDE (MMV)	Alto SF	2043002	jan/41	out/14	26966	26943	99,91%
RIO DO PEIXE (MMV)	Alto SF	2043004	jan/40	set/14	27301	27270	99,89%
CONSELHEIRO LAFAIETE	Alto SF	2043005	dez/40	nov/14	27027	21309	78,84%
REPRESA DAS CODORNAS (MMV)	Alto SF	2043042	set/76	nov/14	13956	13947	99,94%
REPRESA DO MIGUELÃO (MMV)	Alto SF	2043043	set/76	out/14	13927	13928	100,01%
FAZENDA ÁGUA LIMPA - JUSANTE	Alto SF	2043056	jan/84	out/14	11244	11234	99,91%
ITABIRITO - LINIGRAFO	Alto SF	2043060	jan/84	out/14	11235	11062	98,46%
ITAÚNA - MONTANTE	Alto SF	2044002	mar/41	nov/14	26913	21664	80,50%
CARMO DO CAJURU	Alto SF	2044003	abr/41	nov/14	26877	26497	98,59%
CARMO DA MATA	Alto SF	2044005	mai/41	jul/77	13212	13145	99,49%
DIVINÓPOLIS	Alto SF	2044006	mai/41	nov/14	26876	23834	88,68%
ENTRE RIOS DE MINAS	Alto SF	2044007	jul/41	out/14	26769	26704	99,76%
MELO FRANCO	Alto SF	2044008	jul/41	out/14	26773	26623	99,44%
FAZENDA CAMPO GRANDE	Alto SF	2044009	mar/42	out/14	26523	25936	97,79%
IBIRITÉ	Alto SF	2044012	jan/45	nov/14	25535	25447	99,66%
FAZENDA ÁGUA LIMPA	Alto SF	2044017	mai/70	jan/88	6464	6387	98,81%
FAZENDA VISTA ALEGRE	Alto SF	2044019	mai/70	nov/14	16264	16242	99,86%
CALAMBAU	Alto SF	2044020	mai/70	set/14	16203	16108	99,41%

Nome	Região	Código	Início	Fim	Nº Dias	Nº Valores	Valores Dispo.
ALTO DA BOA VISTA	Alto SF	2044021	out/72	out/14	15370	15097	98,22%
FAZENDA CURRALINHO	Alto SF	2044024	dez/72	out/14	15301	15302	100,01%
FAZENDA COQUEIROS	Alto SF	2044026	abr/74	out/14	14814	14802	99,92%
ITAGUARA	Alto SF	2044036	jan/75	abr/93	6664	6635	99,56%
USINA JOÃO RIBEIRO	Alto SF	2044040	set/73	abr/10	13356	13308	99,64%
FAZENDA LARANJEIRAS - JUSANTE	Alto SF	2044041	nov/76	set/14	13838	13839	100,01%
CARMO DA MATA (ETA - COPASA)	Alto SF	2044042	jan/77	out/14	13791	13782	99,93%
ESTIVA	Alto SF	2044043	jan/77	out/14	13817	13808	99,93%
SERRA DA SAUDADE	Alto SF	2044047	fev/78	mar/10	11720	11426	97,49%
JARDIM	Alto SF	2044052	dez/82	out/14	11657	11668	100,09%
ESCOLA DE VETERINÁRIA	Alto SF	2044053	fev/86	out/14	10499	10470	99,72%
SERRA AZUL	Alto SF	2044054	jul/87	out/14	9975	10002	100,27%
BAMBUÍ	Alto SF	2045001	jan/41	nov/14	26996	26189	97,01%
IGUATAMA	Alto SF	2045002	jan/41	nov/14	26996	25390	94,05%
LAMOUNIER	Alto SF	2045005	mai/41	out/14	26819	26528	98,91%
ARCOS (COPASA)	Alto SF	2045010	out/74	nov/14	14655	14556	99,32%
LAGOA DA PRATA	Alto SF	2045011	out/74	nov/14	14654	14654	100,00%
PIUMHI	Alto SF	2045012	jan/75	nov/14	14578	14395	98,74%
SANTO ANTÔNIO DO MONTE	Alto SF	2045013	jan/75	nov/14	14578	14573	99,97%
FAZENDA AJUDAS	Alto SF	2046007	mar/41	jul/14	26815	26586	99,15%
VARGEM BONITA	Alto SF	2046013	set/74	nov/14	14677	14639	99,74%

