



Foto original: João Zinclar

PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO 2016-2025

 PLANO DE
RECURSOS HÍDRICOS DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
SÃO FRANCISCO

ATUALIZAÇÃO
2016 - 2025

**RP1A - DIAGNÓSTICO DA DIMENSÃO
TÉCNICA E INSTITUCIONAL**
Volume 2 - Caracterização da
bacia hidrográfica - 2ª parte
REV1- ago 2015


CBHSF
COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO SÃO FRANCISCO

PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO

RP1A – Diagnóstico da Dimensão Técnica e Institucional

Volume 1 – Caracterização da bacia hidrográfica – 1ª parte

Volume 2 – Caracterização da bacia hidrográfica – 2ª parte

Volume 3 – Caracterização da bacia hidrográfica – Apêndices

**Volume 4 – Análise qualitativa e quantitativa – Águas
superficiais**

**Volume 5 – Análise qualitativa e quantitativa – Águas
subterrâneas**

Volume 6 – Análise qualitativa e quantitativa – Apêndices

Volume 7 – Usos, balanço hídrico e síntese do diagnóstico

**Volume 8 – Usos, balanço hídrico e síntese do diagnóstico –
Apêndices**

Volume 9 – Mapas e Quadros Notáveis



Associação Executiva de Apoio à Gestão
de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo



COMITÉ DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO SÃO FRANCISCO

Registro de Controle de Documentos *Document Control Record*

| | |
|----------------------------------|--|
| Cliente <i>Client</i> | Associação Executiva de Apoio à Gestão de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo |
| Projeto <i>Project</i> | Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco |
| Documento <i>Document</i> | RP1A – Diagnóstico da Dimensão Técnica e Institucional Volume 2 – Caracterização da bacia hidrográfica – 2ª parte |

Aprovação do Autor *Author's Approval*

| | | | |
|---|---------------------------|-------------------------|------------|
| Supervisionado por <i>Supervised by</i> | Pedro Bettencourt Correia | Revisão <i>Revision</i> | 1 |
| Aprovado por <i>Approved by</i> | Pedro Bettencourt Correia | Data <i>Date</i> | 26.08.2015 |

Aprovação do Cliente *Client's Approval*

| | |
|---------------------|-----------------------------|
| Data <i>Date</i> | Assinatura <i>Signature</i> |
| ____ / ____ / _____ | |

| Revisão <i>Revision</i> | Data <i>Date</i> | Descrição Breve <i>Short Description</i> | Autor <i>Author</i> | Supervisão <i>Supervision</i> | Aprovação <i>Approval</i> |
|----------------------------|---------------------|---|------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| 0 | 07.05.2015 | RP1A; Volume 2 | NEMUS | | |
| 1 | 26.08.2015 | RP1A; Volume 2 | NEMUS | | |
| | | | | | |

Elaborado por *Prepared by*

nemus

NEMUS, Gestão e Requalificação Ambiental, Lda.
HQ: Campus do Lumiar – Estrada do Paço do Lumiar,
 Edifício D – 1649-038 Lisboa, Portugal
T: +351 217 103 160 • **F:** +351 217 103 169
www.nemus.pt

Brasil: Avenida Santa Luzia, n.º 1136, sala 506,
 Horto Florestal, Salvador – Bahia, CEP 40295-50
T : 55 (71) 3357 3979 • **F:** +55 (21) 2158 1115
nemus.geral@nemus.com.br
nemus@nemus.pt



Associação Executiva de Apoio à Gestão
de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo



Página deixada intencionalmente em branco

Apresentação

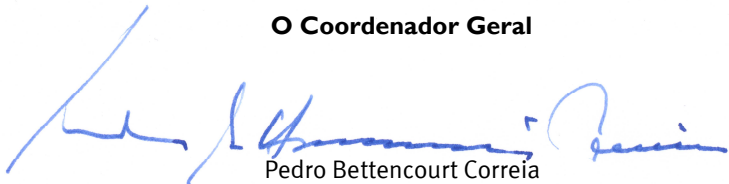
A NEMUS – Gestão e Requalificação Ambiental, Lda. apresenta o **Relatório de Diagnóstico da Dimensão Técnica e Institucional (RP1A)** do **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**, composto pelos seguintes volumes:

- Volume 1 – Caracterização da bacia hidrográfica – 1ª parte
- Volume 2 – Caracterização da bacia hidrográfica – 2ª parte
- Volume 3 – Caracterização da bacia hidrográfica – Apêndices
- Volume 4 – Análise qualitativa e quantitativa – Águas superficiais
- Volume 5 – Análise qualitativa e quantitativa – Águas subterrâneas
- Volume 6 – Análise qualitativa e quantitativa – Apêndices
- Volume 7 – Usos, balanço hídrico e síntese do diagnóstico
- Volume 8 – Usos, balanço hídrico e síntese do diagnóstico – Apêndices
- Volume 9 – Mapas e Quadros Notáveis

A NEMUS agradece a confiança demonstrada, o acompanhamento e todo o apoio prestados pelo Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e pela Associação Executiva de Apoio à Gestão de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo durante a realização do trabalho.

Salvador, agosto de 2015

O Coordenador Geral



Pedro Bettencourt Correia



Associação Executiva de Apoio à Gestão
de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo



Página deixada intencionalmente em branco

PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO

RP1A – Diagnóstico da Dimensão Técnica e Institucional

Volume 2 – Caracterização da bacia hidrográfica – 2ª parte

SUMÁRIO

| | | |
|-----------|---|------------|
| 1. | Introdução | 1 |
| 2. | Caracterização da Bacia Hidrográfica (continuação) | 3 |
| 2.1. | Caracterização Física | 3 |
| 2.1.1. | Fisiografia | 3 |
| 2.1.2. | Clima e condições meteorológicas | 18 |
| 2.1.3. | Geologia | 43 |
| 2.1.4. | Geomorfologia | 53 |
| 2.1.5. | Recursos minerais | 78 |
| 2.1.6. | Solos | 93 |
| 2.2. | Caracterização Biótica | 102 |
| 2.2.1. | Flora e cobertura vegetal | 102 |
| 2.2.2. | Fauna | 142 |
| 2.2.3. | Áreas protegidas e prioritárias para conservação | 159 |
| | Referências Bibliográficas | 183 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Área drenada em função do comprimento da calha fluvial do rio São Francisco. | 5 |
| Figura 2 – Sub-bacias contribuintes para cada estação fluviométrica. | 7 |
| Figura 3 – Identificação das sub-bacias de nível 3 (Mapa 15 do Volume 9, reduzido). | 10 |
| Figura 4 – Bacias hidrográficas resultantes da identificação dos principais divisores de água. | 14 |
| Figura 5 – Climatologia mensal da temperatura máxima e mínima do ar para o período de 1961-2014, por região fisiográfica. | 22 |
| Figura 6 – Temperatura máxima na bacia (Mapa 16 do Volume 9, reduzido). | 23 |
| Figura 7 – Temperatura mínima na bacia (Mapa 17 do Volume 9, reduzido). | 24 |
| Figura 8 – Climatologia mensal da intensidade do vento para o período de 1961-2014, por região fisiográfica. | 25 |
| Figura 9 – Intensidade do vento na bacia (Mapa 18 do Volume 9, reduzido). | 26 |
| Figura 10 – Climatologia mensal da evaporação para o período de 1961-2014, por região fisiográfica. | 27 |
| Figura 11 – Evaporação na bacia (Mapa 19 do Volume 9, reduzido). | 28 |
| Figura 12 – Climatologia mensal da umidade relativa para o período de 1961-2014, por região fisiográfica. | 29 |
| Figura 13 – Umidade relativa na bacia (Mapa 20 do Volume 9, reduzido). | 30 |
| Figura 14 – Climatologia mensal da insolação total mensal para o período de 1961-2014, por região fisiográfica. | 31 |
| Figura 15 – Insolação na bacia (Mapa 21 do Volume 9, reduzido). | 32 |
| Figura 16 – Precipitação média na bacia (dados Inmet) (Mapa 22 do Volume 9, reduzido). | 34 |
| Figura 17 – Precipitação média na bacia (dados Hidroweb) (Mapa 23 do Volume 9, reduzido). | 35 |
| Figura 18 – Climatologia mensal da precipitação para o período de 1961-2014, por região fisiográfica. | 37 |
| Figura 19 – Climatologia mensal do índice SDII para o período de 1961-2014, por região fisiográfica. | 38 |
| Figura 20 – Climatologia mensal do índice R10mm para o período de 1961-2014, por região fisiográfica. | 39 |
| Figura 21 – Índice CWD e CDD para o período de 1961-2014, por região fisiográfica. | 40 |
| Figura 22 – Geologia (Mapa 24 do Volume 9, reduzido). | 45 |
| Figura 23 – Distribuição das Eras geológicas pelas regiões. | 46 |
| Figura 24 – Geologia por natureza de rochas predominantes (Mapa 25 do Volume 9, reduzido). | 47 |
| Figura 25 – Distribuição da favorabilidade hidrogeológica na bacia. | 52 |
| Figura 26 – Favorabilidade hidrogeológica por região. | 53 |
| Figura 27 – Domínios morfoestruturais (Mapa 26 do Volume 9, reduzido). | 55 |
| Figura 28 – Distribuição dos domínios morfoestruturais na bacia do S. Francisco. | 56 |
| Figura 29 – Compartimentos de relevo (Mapa 27 do Volume 9, reduzido). | 58 |
| Figura 30 – Principais compartimentos de relevo na bacia do S. Francisco. | 59 |
| Figura 31 – Unidades fisiográficas (Mapa 28 do Volume 9, reduzido). | 62 |
| Figura 32 – Distribuição da altimetria na bacia hidrográfica do S. Francisco. | 65 |
| Figura 33 – Hipsometria (Mapa 29 do Volume 9, reduzido). | 66 |
| Figura 34 – Distribuição de declives na bacia hidrográfica do S. Francisco. | 68 |
| Figura 35 – Declives (Mapa 30 do Volume 9, reduzido). | 69 |



Associação Executiva de Apoio à Gestão
de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo



| | |
|---|-----|
| Figura 36 – Principais riscos geológicos no Alto S. Francisco (Mapa 31 do Volume 9, reduzido). | 72 |
| Figura 37 – Principais riscos geológicos no Médio S. Francisco (Mapa 31 do Volume 9, reduzido). | 74 |
| Figura 38 – Principais riscos geológicos no Submédio S. Francisco (Mapa 31 do Volume 9, reduzido). | 76 |
| Figura 39 – Principais riscos geológicos no Baixo S. Francisco (Mapa 31 do Volume 9, reduzido). | 77 |
| Figura 40 – Províncias minerais (Mapa 32 do Volume 9, reduzido). | 80 |
| Figura 41 – Processos minerários (Mapa 33 do Volume 9, reduzido). | 84 |
| Figura 42 – Distribuição, por região, das áreas de concessão de lavra. | 85 |
| Figura 43 – Distribuição, por região, das áreas ocupadas por processos minerários. | 86 |
| Figura 44 – Distribuição das áreas de concessão de lavra pelas regiões e por tipologias de recursos minerais. | 87 |
| Figura 45 – Tipologia de recursos minerais (Mapa 34 do Volume 9, reduzido). | 88 |
| Figura 46 – Tipo de solo na BHSF e por região fisiográfica (2001) (Mapa 35 do Volume 9, reduzido). | 95 |
| Figura 47 – Potencial agrícola na BHSF e por região fisiográfica (2002). | 97 |
| Figura 48 – Potencial de irrigação das terras da BHSF e das suas regiões fisiográficas (2002). | 100 |
| Figura 49 – Cobertura vegetal (Mapa 36 do Volume 9, reduzido). | 116 |
| Figura 50 – Porcentagem de sobreposição entre a extensão de ocorrência das espécies ameaçadas e a rede de áreas e proteção do Brasil. | 123 |
| Figura 51 – Unidades de conservação localizadas na bacia hidrográfica do rio São Francisco (Mapa 37 do Volume 9, reduzido). | 165 |
| Figura 52 – Cursos d'água principais e secundários de maior relevância com identificação das matas ciliares. | 169 |
| Figura 53 – Áreas da bacia prioritárias para conservação (Mapa 38 do Volume 9, reduzido). | 174 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – Estações fluviométricas na calha fluvial do rio São Francisco. | 5 |
| Quadro 2 – Sub-bacias contribuintes para cada estação. | 8 |
| Quadro 3 – Caracterização das quatro regiões fisiográficas. | 9 |
| Quadro 4 – Caracterização das 34 sub-bacias de nível 3. | 12 |
| Quadro 5 – Características das bacias hidrográficas. | 15 |
| Quadro 6 – Bacias limítrofes. | 17 |
| Quadro 7 – Precipitação média anual por região fisiográfica. | 33 |
| Quadro 8 – Precipitação média anual por região fisiográfica (1961-1990). | 36 |
| Quadro 9 – Índices de precipitação extrema. | 37 |
| Quadro 10 – Índice de aridez por região fisiográfica. | 41 |
| Quadro 11 – Níveis de susceptibilidade à desertificação de acordo com o índice de aridez. | 41 |
| Quadro 12 – Classificação climática de acordo com o índice de aridez. | 42 |



Associação Executiva de Apoio à Gestão
de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo



| | |
|---|-----|
| Quadro 13 – Principais tipos de rochas por Era na bacia hidrográfica do S. Francisco. | 48 |
| Quadro 14 – Principais unidades geológicas aflorantes na bacia hidrográfica do rio S. Francisco. | 50 |
| Quadro 15 – Principais bacias sedimentares na bacia hidrográfica do rio S. Francisco. | 56 |
| Quadro 16 – Distribuição de compartimentos de relevo, por região, na bacia hidrográfica do rio S. Francisco. | 59 |
| Quadro 17 – Principais serras na bacia hidrográfica do rio S. Francisco. | 60 |
| Quadro 18 – Principais unidades de relevo na bacia hidrográfica do rio S. Francisco. | 61 |
| Quadro 19 – Distribuição de compartimentos de relevo, por região, na bacia hidrográfica do rio S. Francisco. | 70 |
| Quadro 20 – Principais aspectos de suscetibilidade ao risco geológico na bacia hidrográfica do rio S. Francisco. | 71 |
| Quadro 21 – Municípios do estado de Minas Gerais, na Bacia de S. Francisco, com suscetibilidade a movimentos de massa de vertente. | 71 |
| Quadro 22 – Províncias minerais abrangidas pela bacia hidrográfica do rio S. Francisco e tipologias dos contextos geológicos associados. | 79 |
| Quadro 23 – Principais substâncias nas áreas de relevante interesse mineral abrangidas pela bacia hidrográfica do rio S. Francisco. | 81 |
| Quadro 24 – Áreas ocupadas por tipologias e substâncias exploradas na bacia hidrográfica do rio S. Francisco. | 89 |
| Quadro 25 – Porcentagem das áreas das principais substâncias exploradas na bacia hidrográfica do rio S. Francisco. | 92 |
| Quadro 26 – Produção Anual (toneladas), em 2013, em algumas das maiores minas do país localizadas na bacia hidrográfica do rio S. Francisco. | 93 |
| Quadro 27 – Tipo de solo, na BHSF e por região fisiográfica, em porcentagem (2001). | 94 |
| Quadro 28 – Potencial agrícola na BHSF e por região fisiográfica, em porcentagem (2002). | 98 |
| Quadro 29 – Potencial de irrigação das terras da BHSF e das suas regiões fisiográficas, em porcentagem (2002). | 101 |
| Quadro 30 – Comparação qualitativa entre a cobertura vegetal do PRH-SF 2004-2013 e a cobertura vegetal atualizada. | 114 |
| Quadro 31 – N.º de taxa elencados para a BHSF por grupo taxonômico. | 120 |
| Quadro 32 – Espécies de plantas da Classe Magnoliopsida com estatuto Criticamente em Perigo. | 125 |
| Quadro 33 – Espécies de plantas da Classe Liliopsida com estatuto Criticamente em Perigo. | 126 |
| Quadro 34 – Espécies de plantas com estatutos de ameaça EN, VU, NT ou DD de acordo com as listas nacional e internacional das espécies ameaçadas. | 128 |
| Quadro 35 – Algumas espécies de interesse epidemiológico presentes na BHSF. | 141 |
| Quadro 36 – N.º de taxa elencados para a BHSF por grupo taxonômico. | 144 |
| Quadro 37 – Espécies de vertebrados com estatuto “Criticamente Em Perigo” | 149 |
| Quadro 38 – Espécies raras de vertebrados da BHSF mais ameaçadas | 151 |
| Quadro 39 – Espécies piscícolas presentes na BHSF pescadas ou cultivadas | 157 |
| Quadro 40 – Unidades de Conservação na BHSF e respectivas regiões fisiográficas, por esferas, grupos e categorias. | 161 |
| Quadro 41 – Área ocupada por UC na BHSF e respectivas regiões fisiográficas, por esferas, grupos e categorias. | 162 |



Associação Executiva de Apoio à Gestão
de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo



| | |
|---|-----|
| Quadro 42 – Unidades de Conservação na BHSF criadas a partir de 2004, inclusive, por esferas e regiões fisiográficas. | 163 |
| Quadro 43 – Matas ciliares em APPs: quantificação da área protegida e desprotegida. | 168 |
| Quadro 44 – Áreas de Proteção Especial no estado de Minas Gerais. | 171 |
| Quadro 45 – Áreas prioritárias (ha) para conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira | 172 |
| Quadro 46 – Grau de proteção das UCs face ao desmatamento nos biomas presentes | 177 |

LISTA DE NOMENCLATURAS E SIGLAS

AGB Peixe Vivo – Associação Executiva de Apoio à Gestão de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo

ANA – Agência Nacional de Águas

APE – Área de Proteção Especial

APP – Áreas de Preservação Permanente

BHO – Base Hidrográfica Ottocodificada

BHSF – Bacia Hidrográfica do rio São Francisco

CECAV – Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas

CNUC – Cadastro Nacional de Unidades de Conservação

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Serviço Geológico do Brasil)

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ETCCDMI – *Expert Team for Climate Detection Monitoring and Indices*

Ga – Mil milhões de anos

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

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IEF – Instituto Estadual de Florestas

IMA – Instituto do Meio Ambiente de Alagoas



Associação Executiva de Apoio à Gestão
de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo



INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

Ma – Milhões de anos

MMA – Ministério do Meio Ambiente

PMDBBS - Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PRH-SF – Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco

SEMARH – Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos

SEMAS – Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade

SF – São Francisco

SFA – Alto São Francisco

SFB – Baixo São Francisco

SFM – Médio São Francisco

SFSM – Submédio São Francisco

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*

UC – Unidade de Conservação

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UICN – União Internacional para a Conservação da Natureza

USGS – *United States Geological Survey*



Associação Executiva de Apoio à Gestão
de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo



Página deixada intencionalmente em branco

1. INTRODUÇÃO

O presente documento constitui o Volume 2 – Caracterização da bacia hidrográfica – 2ª parte, do Relatório de Diagnóstico da Dimensão Técnica e Institucional (RP1A) do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco elaborado para o período 2016-2025.

Os trabalhos inerentes à prestação de serviços ao Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF), através da Associação Executiva de Apoio à Gestão de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo (AGB-PV), estão a cargo da empresa NEMUS – Gestão e Requalificação Ambiental, Lda.

A elaboração do Plano, iniciada em Novembro de 2014, está em consonância com a Lei n.º 9433/1997, de 8 de janeiro, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, bem como com a Resolução CNRH n.º 145/2012, que estabelece diretrizes para a elaboração de Planos de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas.

A bacia hidrográfica do rio São Francisco abrange sete Unidades de Federação (Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Goiás e Distrito Federal) e 507 municípios.

O Relatório de Diagnóstico da Dimensão Técnica e Institucional apresenta a seguinte estrutura:

- Volume 1 – Caracterização da bacia hidrográfica – 1ª parte;
- Volume 2 – Caracterização da bacia hidrográfica – 2ª parte;
- Volume 3 – Caracterização da bacia hidrográfica – Apêndices;
- Volume 4 – Análise qualitativa e quantitativa – Águas superficiais;
- Volume 5 – Análise qualitativa e quantitativa – Águas subterrâneas;
- Volume 6 – Análise qualitativa e quantitativa – Apêndices;
- Volume 7 – Usos, balanço hídrico e síntese do diagnóstico;
- Volume 8 – Usos, balanço hídrico e síntese do diagnóstico – Apêndices;
- Volume 9 – Mapas e Quadros Notáveis.

O presente volume completa a caracterização da bacia hidrográfica apresentada no Volume 1, e inclui os seguintes capítulos:

- Capítulo 1 – Introdução;
- Capítulo 2 – Caracterização da Bacia Hidrográfica: Caracterização Física e Biótica.

2. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA (CONTINUAÇÃO)

2.1. Caracterização Física

No presente ponto analisa-se a fisiografia (seção 2.1.1), o clima e condições meteorológicas (seção 2.1.2), a geologia (seção 2.1.3), a geomorfologia (seção 2.1.4), os recursos minerais (seção 2.1.5) e os solos (seção 2.1.6).

2.1.1. Fisiografia

A. INTRODUÇÃO

No Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2004-2013 (ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2004), a bacia hidrográfica foi caracterizada segundo os níveis 1, 2 e 3, sendo que o primeiro nível considera a totalidade da bacia hidrográfica, o segundo nível resulta na divisão da bacia hidrográfica em quatro regiões fisiográficas, e o terceiro nível corresponde à divisão da bacia hidrográfica em 34 sub-bacias.

Utilizando os mesmos níveis de análise do PRH-SF 2004-2013, e as *shapefiles* disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas, são calculadas as seguintes propriedades, utilizando ferramentas SIG: i) Comprimento do rio São Francisco, comprimento da rede de drenagem e área da bacia; ii) Área das regiões fisiográficas e comprimento da rede de drenagem associada; iii) Área das sub-bacias e comprimento da rede de drenagem associada.

Além das *shapefiles* dos três níveis acima indicados, a Agência Nacional de Águas disponibiliza uma outra, com os cursos d' água que compõem a rede de drenagem do Brasil. Esta última corresponde à Base Hidrográfica Ottocodificada - BHO utilizada pela ANA na gestão de recursos hídricos e obtida a partir do Mapeamento Sistemático Brasileiro (ANA, 2013). A BHO foi gerada a partir da cartografia digital da hidrografia do país e organizada de modo a gerar informações hidrológicamente consistentes, tendo sido desenvolvida a partir da cartografia digital da hidrografia do país, na qual foram feitas edições de modo a conferir consistência topológica para uma correta

representação da rede hidrográfica, por meio de trechos conectados e com sentido de fluxo, conforme o manual de Topologia Hídrica da ANA.

Com base na BHO, procede-se à: i) Identificação dos principais divisores de água e cursos d' água e sua caracterização (área, declive médio da bacia, comprimento total e declive médio dos cursos d' água); ii) Identificação e descrição das bacias afluentes e limítrofes.

B. BACIA HIDROGRÁFICA

Relativamente à bacia hidrográfica do rio São Francisco (nível 1), e tomando por base a *shapefile* que contém a rede de drenagem do Brasil, é possível obter o comprimento total da rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio São Francisco, bem como o comprimento deste rio isoladamente. No mapa 14 do Volume 9 são apresentadas de forma detalhada e identificadas pelos respectivos nomes os cursos d'água com comprimento superior a 40 km, com base na referida *shapefile*.

Assim, o comprimento do rio São Francisco é de 2.697 km e o comprimento total da rede de drenagem da respectiva bacia hidrográfica é de 121.657 km. A área desta bacia hidrográfica de 638.883 km².

Avaliando a área drenada em função do comprimento da calha fluvial do rio São Francisco verifica-se, com base no gráfico da Figura 1, que a primeira aumenta de forma relativamente uniforme considerando o aumento do comprimento da calha do rio São Francisco de montante para jusante.

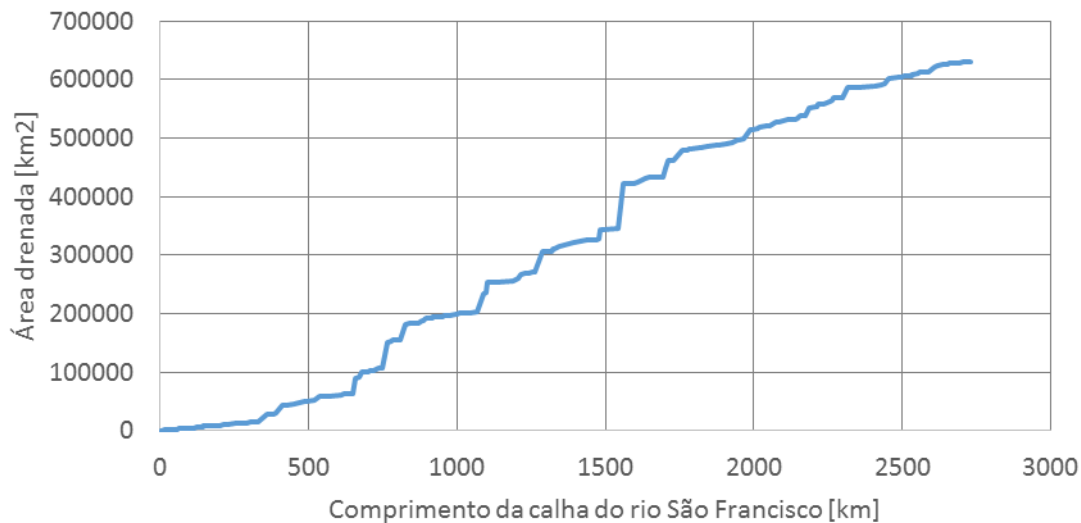


Figura 1 – Área drenada em função do comprimento da calha fluvial do rio São Francisco.

Fonte: ANA, 2013.

Por forma a comparar os valores de vazão calculados com os valores presentes na bibliografia e com os valores medidos pelas estações fluviométricas localizadas na calha fluvial do rio São Francisco, importa definir quais as sub-bacias que drenam para cada uma das estações consideradas.

Para esta análise consideraram-se as estações fluviométricas apresentadas no Quadro 1, sendo que as mesmas estão localizadas na calha fluvial do rio São Francisco e a sua área de drenagem é superior a 50.000 km².

Quadro 1 – Estações fluviométricas na calha fluvial do rio São Francisco.

| Código da estação | Área drenada [km ²] | Distância à nascente [km] |
|-------------------|---------------------------------|---------------------------|
| 41020002 | 50.816,4 | 533 |
| 41135000 | 62.200 | 638 |
| 42210000 | 107.000 | 745 |
| 43200000 | 154.000 | 791 |
| 44200000 | 184.000 | 869 |
| 44290002 | 194.000 | 938 |
| 44500000 | 202.000 | 1.050 |
| 45298000 | 254.000 | 1.111 |

| Código da estação | Área drenada [km ²] | Distância à nascente [km] |
|-------------------|---------------------------------|---------------------------|
| 45480000 | 271.000 | 1.250 |
| 46035000 | 309.000 | 1.279 |
| 46105000 | 314.000 | 1.313 |
| 46150000 | 323.000 | 1.377 |
| 46360000 | 345.000 | 1.462 |
| 48020000 | 516.000 | 1.929 |
| 48590000 | 561.000 | 2.160 |
| 49030000 | 592.000 | 2.331 |
| 49330000 | 610.000 | 2.447 |
| 49370000 | 615.000 | 2.487 |
| 49660000 | 630.000 | 2.549 |
| 49705000 | 631.000 | 2.574 |

Fonte: *Shapefile* disponibilizada pela ANA (2014) e Hidroweb, com cálculos próprios.

Como se verifica na Figura 2, algumas estações fluviométricas situam-se no interior do limite das sub-bacias de nível 3, o que impede uma definição direta de quais as sub-bacias que drenam para determinada estação fluviométrica.

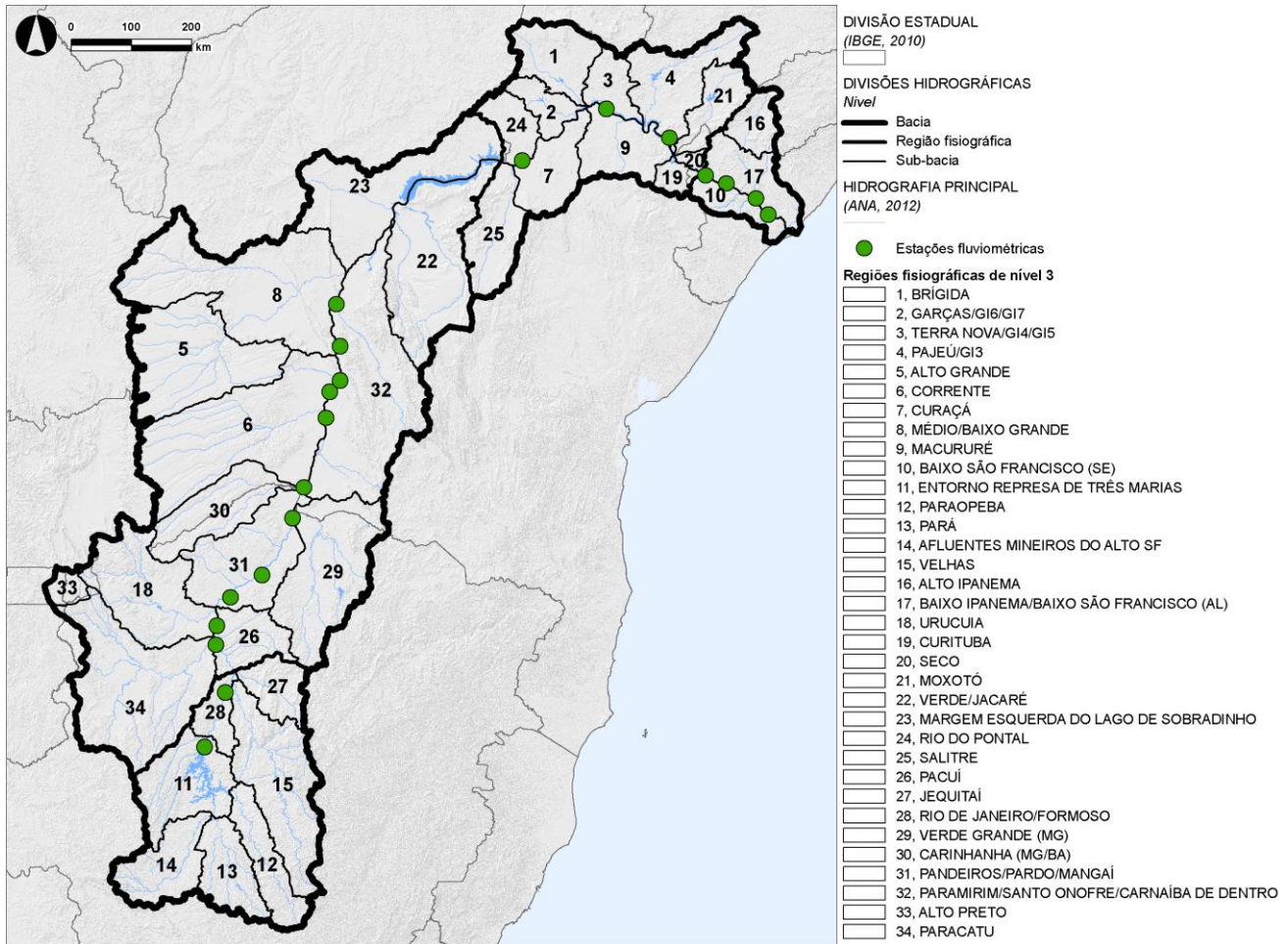


Figura 2 – Sub-bacias contribuintes para cada estação fluviométrica.

Fonte: ANA, 2013.

Tendo em conta esse fato, foram definidas as sub-bacias que contribuem para cada estação fluviométrica selecionada, como se mostra no Quadro 2, sendo que, para a análise de vazões, é necessário somar as sub-bacias associadas a cada estação e as sub-bacias a montante das mesmas. No entanto, é importante ressaltar que:

1. Optou-se por considerar que a sub-bacia dos rios Pandeiros, Pardo e Manga drena para a estação 44290002, uma vez que os dois principais afluentes desta sub-bacia se situam a montante desta estação;

2. A sub-bacia dos rios Paramirim, Santo Onofre e Carnaíba de Dentro drena para a estação 4636000, uma vez que a área drenada por esta estação contém uma grande parte da área desta sub-bacia. O erro associado a esta decisão é desprezável uma vez que a quantidade água gerada na bacia dos rios Paramirim, Santo Onofre e

Carnaíba de Dentro não é relevante quando comparado com a vazão transportada pelo rio São Francisco;

3. A sub-bacia do rio Pontal drena para a estação 48590000, uma vez que a estação 48020000 apenas recebe uma pequena parte da água gerada na bacia deste rio. Como no caso anterior, o erro associado a esta decisão é desprezável, uma vez que a quantidade de água não contabilizada para a contribuição na estação 48020000 é muito inferior à vazão do rio São Francisco;

4. As sub-bacias do Alto Rio Ipanema, Baixo Ipanema e Baixo São Francisco e Baixo São Francisco em Sergipe drenam para a estação 49660000, uma vez que as medições de vazão nesta estação já contemplam uma grande parte das vazões geradas naquelas sub-bacias.

Quadro 2 – Sub-bacias contribuintes para cada estação.

| Código da estação | Sub-bacias contribuintes |
|--------------------------|--|
| 41020002 | Afluentes Mineiros do Alto São Francisco, Rio Pará, Rio Paraopeba, Entorno da Represa de Três Marias |
| 41135000 | Rio de Janeiro e Formoso |
| 42210000 | Rio das Velhas, Rio Jequitáí, Rio Pacuí |
| 43200000 | Alto Rio Preto, Rio Paracatu |
| 44200000 | Rio Urucuia |
| 44290002 | Rios Pandeiros, pardo e Manga |
| 44500000 | Rios Pandeiros, pardo e Manga |
| 45298000 | Rio Verde Grande, Rio Carinhanha |
| 45480000 | Rio Verde Grande, Rio Carinhanha |
| 46035000 | Rio Corrente |
| 46105000 | Rio Corrente |
| 46150000 | Rio Corrente |
| 46360000 | Rios Paramirim, Santo Onofre e Carnaíba de Dentro |
| 48020000 | Alto Rio Grande, Médio e Baixo Grande, Rios Verde e Jacaré, Margem Esquerda do Lago do Sobradinho, Rio Salitre |
| 48590000 | Rio Pontal, Rio Garças, Rio Curaçá, Rio Brígida |
| 49030000 | Rio Terra Nova, Rio Macururé, Rio Pajeú |
| 49330000 | Rio Moxotó, Rio Curituba, Talhada |
| 49370000 | Rio Moxotó, Rio Curituba, Talhada |

| Código da estação | Sub-bacias contribuintes |
|-------------------|---|
| 49660000 | Alto Rio Ipanema, Baixo Ipanema e Baixo São Francisco, Baixo São Francisco em Sergipe |
| 49705000 | Alto Rio Ipanema, Baixo Ipanema e Baixo São Francisco, Baixo São Francisco em Sergipe |

Fonte: *Shapefile* disponibilizada pela ANA (2014).

C. REGIÕES FISIAGRÁFICAS

A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco está dividida em quatro regiões fisiográficas (nível 2): Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco (Mapa 1; Volume 9):

- Alto São Francisco (16% da área da bacia): Corresponde à região compreendida entre a nascente do rio principal, na serra da Canastra, estado de Minas Gerais, e a confluência com o rio Jequitaiá.
- Médio São Francisco (63% da área da bacia): É o trecho de maior extensão, da confluência com o rio Jequitaiá à barragem do Sobradinho.
- Submédio São Francisco (17% da área da bacia): estende-se da barragem de Sobradinho até à barragem de Xingó.
- Baixo São Francisco (4% da área da bacia): Corresponde ao trecho a jusante de Xingó até a foz no oceano Atlântico.

São apresentadas no quadro seguinte as respectivas áreas, e o comprimento da rede de drenagem em cada região.

Quadro 3 – Caracterização das quatro regiões fisiográficas.

| Região fisiográfica | Área [km ²] | Comprimento da rede de drenagem [km] |
|------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Alto São Francisco | 100.384 | 24.539 |
| Médio São Francisco | 402.530 | 67.926 |
| Submédio São Francisco | 110.445 | 23.479 |
| Baixo São Francisco | 25.524 | 5.713 |

Fonte: *Shapefile* disponibilizada pela ANA (2014), com cálculos próprios.

D. SUB-BACIAS

Quando considerada a divisão da bacia hidrográfica do rio São Francisco nas 34 sub-bacias de nível 3 identificadas na Figura 3, cada uma delas é caracterizada de acordo com os valores apresentados no quadro seguinte.

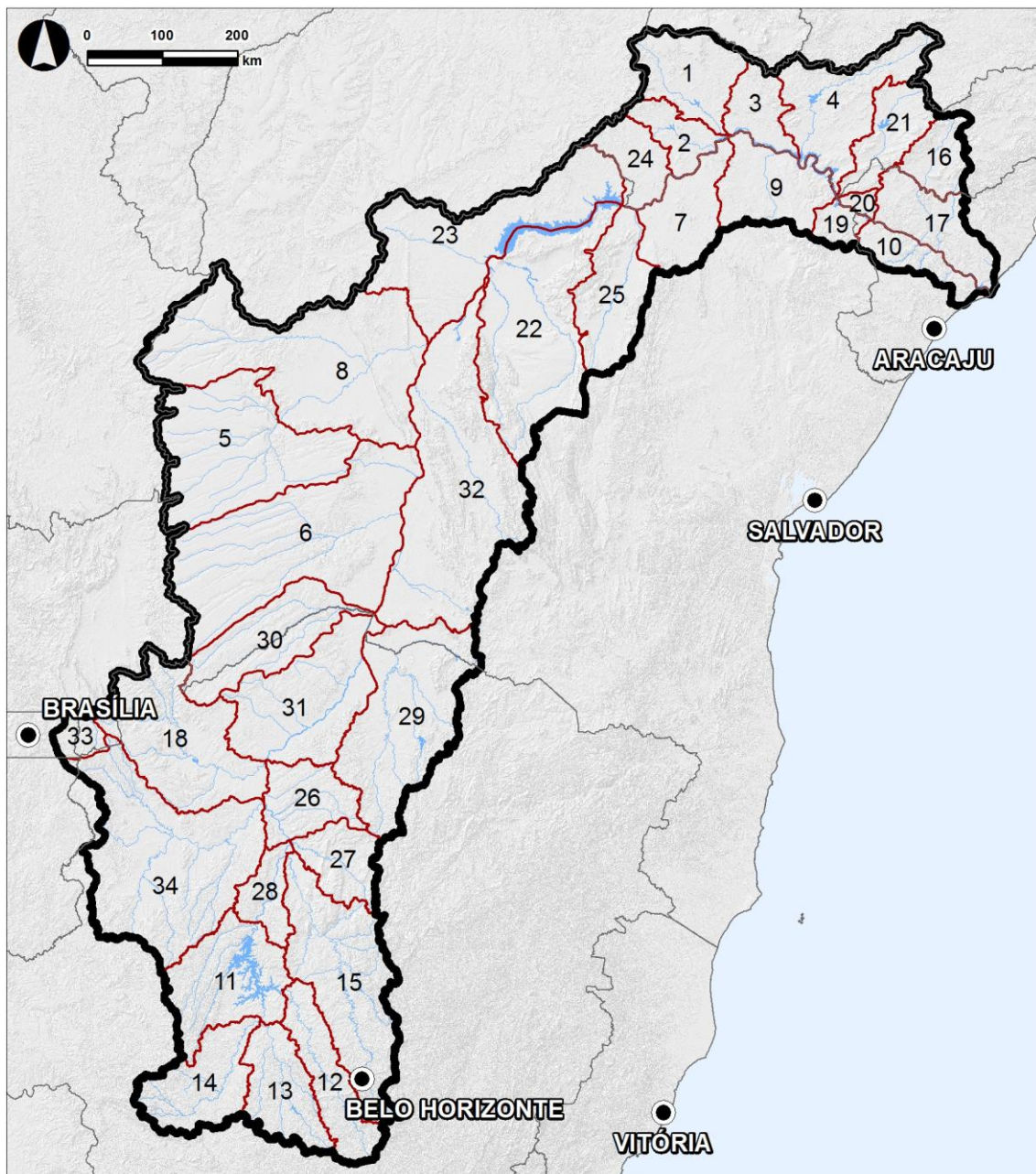


Figura 3 – Identificação das sub-bacias de nível 3 (Mapa 15 do Volume 9, reduzido).

Fonte: ANA, 2014.

LEGENDA:

DIVISÃO ADMINISTRATIVA

Divisão estadual

DIVISÕES HIDROGRÁFICAS

(ANA, 2015)

 Bacia

 HIDROGRAFIA PRINCIPAL

SUB-BACIAS DE NÍVEL 3

N_ID, NOME_UHR

- 1, BRÍGIDA
- 2, GARÇAS/GI6/GI7
- 3, TERRA NOVA/GI4/GI5
- 4, PAJEÚ/GI3
- 5, ALTO GRANDE
- 6, CORRENTE
- 7, CURAÇÁ
- 8, MÉDIO/BAIXO GRANDE
- 9, MACURURÉ
- 10, BAIXO SÃO FRANCISCO (SE)
- 11, ENTORNO REPRESA DE TRÊS MARIAS
- 12, PARAPEBA
- 13, PARÁ
- 14, AFLUENTES MINEIROS DO ALTO SF
- 15, VELHAS
- 16, ALTO IPANEMA
- 17, BAIXO IPANEMA/BAIXO SÃO FRANCISCO (AL)
- 18, URUCUIA
- 19, CURITUBA
- 20, SECO
- 21, MOXOTÓ
- 22, VERDE/JACARÉ
- 23, MARGEM ESQUERDA DO LAGO DE SOBRADINHO
- 24, RIO DO PONTAL
- 25, SALITRE
- 26, PACUÍ
- 27, JEQUITAÍ
- 28, RIO DE JANEIRO/FORMOSO
- 29, VERDE GRANDE (MG)
- 30, CARINHANHA (MG/BA)
- 31, PANDEIROS/PARDO/MANGAÍ
- 32, PARAMIRIM/SANTO ONOFRE/CARNAÍBA DE DENTRO
- 33, ALTO PRETO
- 34, PARACATU

Quadro 4 – Caracterização das 34 sub-bacias de nível 3.

| Sub-bacia | Identificação Nível 3 | Área [km ²] | Área [%] | Comprimento da rede de drenagem [km] |
|--|--------------------------|----------------------------|----------|---|
| Brígida | Brigida 01 | 13.667 | 2,1 | 3.076 |
| Carinhanha (MG/BA) | Carinhanha 01 | 16.856 | 2,6 | 2.643 |
| Corrente | Corrente 01 | 47.265 | 7,4 | 6.911 |
| Curaçá | Curaca 01 | 12.577 | 2,0 | 2.188 |
| Curituba | Cutiruba 01 | 3.207 | 0,5 | 597 |
| Garças/GI6/GI7 | Garcas 01 | 6.489 | 1,0 | 1.609 |
| Alto Grande | Grande SF 01 | 33.447 | 5,2 | 4.196 |
| Médio/Baixo Grande | Grande SF 02 | 50.100 | 7,8 | 7.415 |
| Jequitaiá | Jequitai 01 | 8.671 | 1,4 | 2.384 |
| Macururé | Macurure 01 | 13.753 | 2,2 | 2.288 |
| Moxotó | Moxoto 01 | 9.817 | 1,5 | 2.326 |
| Pacuí | Pacui 01 | 10.417 | 1,6 | 1.928 |
| Pajeú/GI3 | Pajeu 01 | 19.494 | 3,1 | 4.772 |
| Pará | Para 01 | 12.656 | 2,0 | 2.654 |
| Alto Preto | Paracatu 01 | 3.235 | 0,5 | 563 |
| Paracatu | Paracatu 02 | 41.803 | 6,5 | 8.443 |
| Paraopeba | Paraopeba 01 | 12.092 | 1,9 | 2.710 |
| Rio do Pontal | Pontal 01 | 7.793 | 1,2 | 1.746 |
| Afluentes Mineiros do Alto SF | S Franc 01 | 14.204 | 2,2 | 3.514 |
| Entorno Represa Três Marias | S Franc 02 | 18.714 | 2,9 | 3.995 |
| Rio de Janeiro/Formoso | S Franc 03 | 6.041 | 0,9 | 1.385 |
| Pandeiros/Pardo/Manga | S Franc 04 | 24.480 | 3,8 | 4.138 |
| Paramirim/Santo Onofre/Carnaíba de Dentro | S Franc 05 | 48.151 | 7,5 | 9.154 |
| Margem Esquerda do Lago de Sobradinho | S Franc 06 | .98 | 5,2 | 6.627 |
| Verde/Jacaré | S Franc 07 | 36.120 | 5,7 | 5.232 |
| Talhada/Seco | S Franc 08 | 1.260 | 0,2 | 166 |
| Alto Ipanema | S Franc 09 | 6.847 | 1,1 | 1.699 |
| Baixo Ipanema/Baixo São Francisco (AL) | S Franc 10 | 11.906 | 1,9 | 2.273 |
| Baixo São Francisco (SE) | S Franc 11 | 6.771 | 1,1 | 1.741 |
| Salitre | Salitre 01 | 15.091 | 2,4 | 2.505 |

| Sub-bacia | Identificação Nível 3 | Área [km ²] | Área [%] | Comprimento da rede de drenagem [km] |
|--------------------|--------------------------|----------------------------|----------|---|
| Terra Nova/GI4/GI5 | Terra Nova 01 | 7.297 | 1,1 | 2.282 |
| Urucuia | Urucuia 01 | 26.048 | 4,1 | 4.785 |
| Rio das Velhas | Velhas 01 | 28.006 | 4,4 | 7.982 |
| Rio Verde Grande | Verde Gr 01 | 31.210 | 4,9 | 5.888 |

Fonte: *Shapefile* disponibilizada pela ANA (2014), com cálculos próprios.

O somatório das áreas das sub-bacias no plano vigente (634.781 km²) difere do mesmo somatório tendo por base os dados associados à *shapefile* disponibilizada pela ANA (638.883 km²). Tal deve-se, particularmente, à diferença de área considerada para a sub-bacia do rio Verde Grande. A comparação das áreas em cada sub-bacia é apresentada no Apêndice F, Volume 3 – Caracterização da bacia hidrográfica – Apêndices.

E. DIVISORES DE ÁGUA E CURSOS D' ÁGUA

Os divisores de água são as linhas que permitem definir a área de cada bacia hidrográfica e, deste modo, identificar para que curso d' água se dirige o escoamento em cada ponto dessa bacia. Estes divisores são frequentemente denominados como linhas de festo.

A identificação dos principais cursos d' água da bacia hidrográfica do rio São Francisco teve por base a *shapefile* disponibilizada pela ANA, referida anteriormente, e a topografia SRTM 90 m, obtida de Jarvis *et al.* (2008) - em graus decimais e datum WGS84, convertida para o datum SIRGAS 2000. A última fonte de dados referida tem por base dados USGS / NASA SRTM que foram, posteriormente, processados por Jarvis *et al.* (2008) para fornecer superfícies sem descontinuidades ou falta de dados de topografia. O preenchimento foi feito recorrendo a métodos de interpolação.

Em uma primeira fase, a partir das características disponíveis na tabela associada à *shapefile* da ANA, foram selecionados todos os cursos d' água com número de ordem menor ou igual a 2, sendo que a hierarquização atribui o número 1 ao rio que deságua diretamente no oceano, o número 2 ao que deságua nele, e assim sucessivamente. Em seguida, do conjunto de cursos d' água sobranes, foram selecionados aqueles

cujo comprimento total do curso d' água é maior que 100 km, exceção feita ao rio Pardo, devido à sua localização e características da respectiva bacia hidrográfica.

Com base na identificação das principais linhas d' água, e com recursos à aos dados da topografia, foram identificadas 43 bacias hidrográficas, cuja delimitação foi feita com recurso às extensões do *software* ArcGIS. Importa referir que todos os cursos d' água afluentes ao rio São Francisco e cujo comprimento é menor que 100 km foram englobados em uma outra unidade hidrográfica, como se pode ver pelo mapa da Figura 4. O nome atribuído a cada bacia hidrográfica tem por base o curso ou cursos d' água principais dessa bacia.

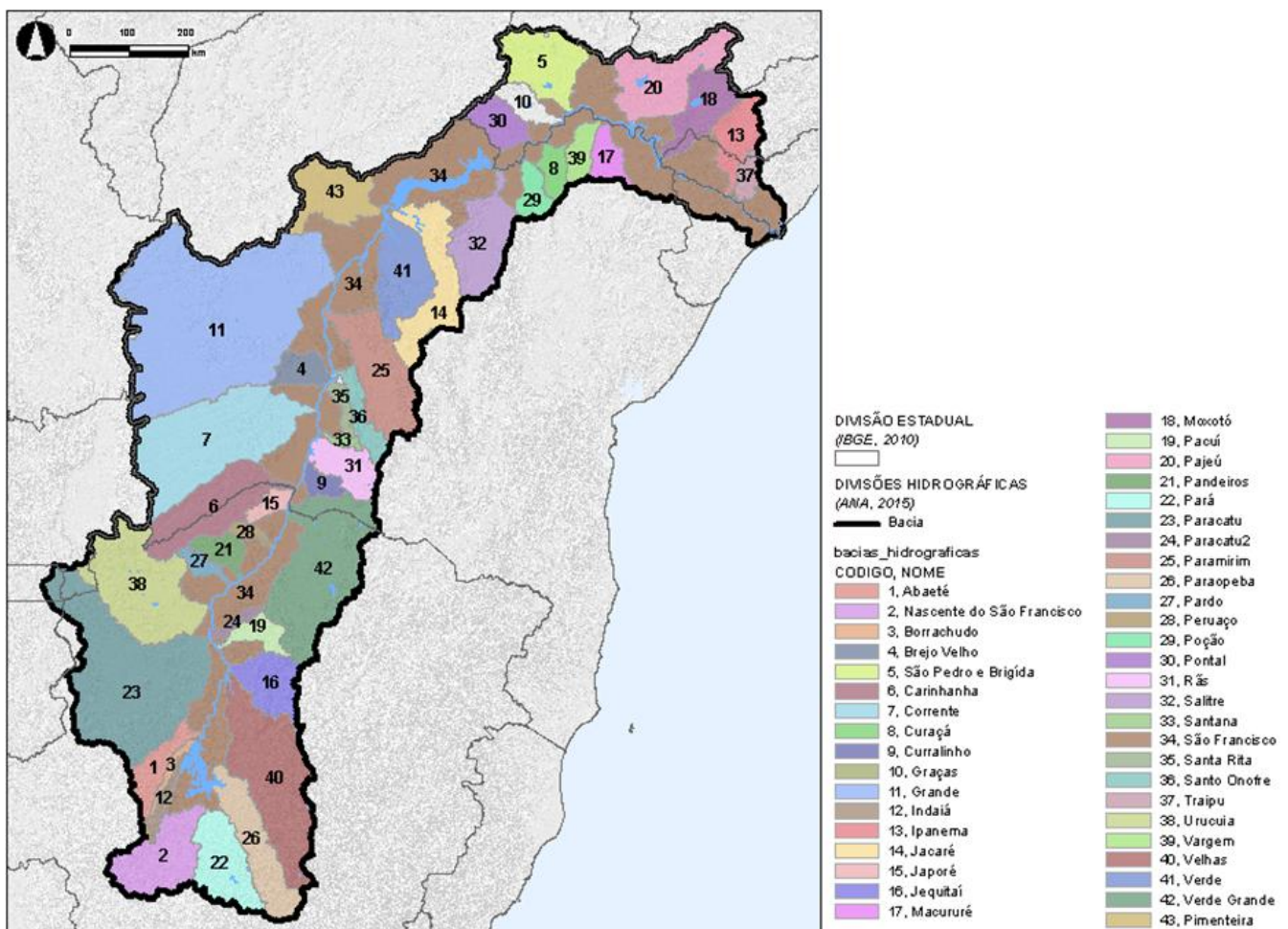


Figura 4 – Bacias hidrográficas resultantes da identificação dos principais divisores de água.

Fonte: ANA, 2015 (Excerto de unidades fisiográfica de <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>).

F. BACIAS AFLUENTES E LIMÍTROFES

As bacias hidrográficas definidas e apresentadas na Figura 4 são as principais bacias afluentes ao rio São Francisco. Assim, e de forma idêntica à apresentada anteriormente para a caracterização das regiões fisiográficas, apresenta-se em seguida a caracterização das 43 bacias hidrográficas definidas segundo os principais divisores naturais.

Para cada bacia hidrográfica, são apresentados no Quadro 5, a respectiva área, o declive médio da bacia, o comprimento total dos cursos d' água e o respectivo declive médio. Desta forma, o declive médio de cada bacia hidrográfica resulta da média dos declives calculados entre cada célula do SRTM, enquanto o declive de cada curso d' água é calculado com base na diferença de altitude entre a nascente e a foz do mesmo e o respectivo comprimento total.

Quadro 5 – Características das bacias hidrográficas.

| Bacia hidrográfica | Área [km ²] | Declive médio da bacia [%] | Comprimento total dos cursos d' água [km] | Declive médio dos cursos d' água [%] |
|---------------------------|-------------------------|----------------------------|---|--------------------------------------|
| Abaeté | 5.816 | 9,37 | 1.483 | 0,64 |
| Borrachudo | 1.589 | 10,16 | 341 | 0,35 |
| Brejo Velho | 4.481 | 3,32 | 687 | 0,45 |
| Carinhanha | 17.159 | 3,81 | 2.646 | 0,46 |
| Corrente | 34.101 | 3,05 | 5.099 | 0,46 |
| Curaçá | 3.638 | 2,20 | 626 | 0,49 |
| Curralinho | 2.558 | 2,10 | 464 | 0,49 |
| Garças | 4.094 | 4,55 | 1019 | 0,64 |
| Grande | 76.336 | 3,03 | 10.882 | 0,52 |
| Indaiá | 2.886 | 12,08 | 504 | 0,78 |
| Ipanema | 7.814 | 6,98 | 1.930 | 0,86 |
| Jacaré | 15.647 | 5,41 | 2.547 | 0,80 |
| Japoré | 2.395 | 2,71 | 381 | 0,31 |
| Jequitaiá | 8.637 | 7,38 | 2.290 | 0,94 |
| Macururé | 4.321 | 2,99 | 776 | 0,38 |
| Moxotó | 9.700 | 4,92 | 2.325 | 0,81 |
| Nascente do São Francisco | 14.071 | 7,82 | 3.507 | 0,72 |
| Pacuí | 3.899 | 5,71 | 719 | 0,53 |

| Bacia hidrográfica | Área [km ²] | Declive médio da bacia [%] | Comprimento total dos cursos d' água [km] | Declive médio dos cursos d' água [%] |
|---------------------|-------------------------|----------------------------|---|--------------------------------------|
| Pajeú | 16.582 | 5,79 | 4.163 | 0,66 |
| Pandeiros | 3.986 | 3,35 | 618 | 0,65 |
| Pará | 12.206 | 10,15 | 2.768 | 1,01 |
| Paracatu | 44.715 | 5,09 | 8.977 | 0,62 |
| Paracatu 2 | 1.447 | 4,52 | 268 | 0,37 |
| Paramirim | 17.198 | 7,76 | 3.169 | 1,10 |
| Paraopeba | 13.599 | 9,34 | 3.075 | 1,02 |
| Pardo | 2.237 | 4,91 | 406 | 0,39 |
| Peruaço | 1.443 | 3,39 | 164 | 0,32 |
| Pimenteira | 11.995 | 2,26 | 2.455 | 0,37 |
| Poção | 4.187 | 3,26 | 837 | 0,42 |
| Pontal | 6.018 | 3,08 | 1.459 | 0,36 |
| Rãs | 7.313 | 4,23 | 1.370 | 0,53 |
| Salitre | 14.365 | 3,47 | 2.289 | 0,70 |
| Santa Rita | 2.029 | 4,64 | 435 | 1,59 |
| Santana | 1.078 | 5,91 | 290 | 0,37 |
| Santo Onofre | 5.016 | 8,66 | 1.305 | 0,75 |
| São Francisco | 129.872 | 3,78 | 24.923 | 0,54 |
| São Pedro e Brígida | 13.393 | 4,09 | 3.081 | 0,57 |
| Traipu | 2.627 | 6,98 | 632 | 1,13 |
| Urucuia | 25.126 | 5,13 | 4.693 | 0,68 |
| Vargem | 4.015 | 3,05 | 756 | 0,50 |
| Velhas | 27.779 | 9,36 | 7.933 | 0,84 |
| Verde | 13.456 | 4,50 | 1.499 | 0,70 |
| Verde Grande | 30.600 | 6,26 | 5.828 | 0,78 |

Fonte: Topografia de Jarvis (2008) e Shapefile disponibilizada pela ANA (2014), com cálculos próprios.

Além das características apresentadas, é importante definir as bacias limítrofes de cada bacia afluente. Assim, e uma vez que as bacias limítrofes de uma determinada bacia são aquelas que dividem fronteiras com a mesma, apresentam-se no Quadro 6 os nomes das bacias limítrofes para cada bacia definida. Salienta-se que todas as bacias definidas afluem ao rio São Francisco (excetuando o próprio rio São Francisco que afluem ao Oceano Atlântico e para a bacia do qual não se listam as bacias limítrofes).

Quadro 6 – Bacias limítrofes.

| Bacia hidrográfica | Bacias limítrofes |
|---------------------------|---|
| Abaeté | Paracatu, Borrachudo, Indaiá |
| Borrachudo | Indaiá, Abaeté |
| Brejo Velho | Grande, Corrente |
| Carinhanha | Corrente, Japoré, Paracatu, Pandeiros, Pardo |
| Corrente | Carinhanha, Grande, Brejo Velho |
| Curaçá | Poção, Vargem |
| Curralinho | Rãs, Verde Grande |
| Garças | São Pedro e Brígida, Pontal |
| Grande | Pimenteira, Corrente, Brejo Velho |
| Indaiá | Abaeté, Borrachudo, Nascente do São Francisco |
| Ipanema | Traipu, Moxotó |
| Jacaré | Salitre, Verde, Paramirim |
| Japoré | Japoré, Peruaço, Carinhanha |
| Jequitaí | Pacuí, Velhas, Verde Grande |
| Macururé | Vargem |
| Moxotó | Pajeú, Ipanema |
| Nascente do São Francisco | Pará, Indaiá |
| Pacuí | Paracatu2, Jequitaí, Verde Grande |
| Pajeú | Moxotó |
| Pandeiros | Peruaço, Pardo, Carinhanha |
| Pará | Nascente do São Francisco, Paraopeba |
| Paracatu | Abaeté, Uruçua |
| Paracatu2 | Pacuí, Verde Grande |
| Paramirim | Santo Onofre, Verde, Jacaré |
| Paraopeba | Pará, Velhas |
| Pardo | Uruçua, Pandeiros, Carinhanha |
| Peruaço | Carinhanha, Pandeiros, Japoré |
| Pimenteira | Grande |
| Poção | Curaçá |
| Pontal | Garças |
| Rãs | Santana, Santo Onofre, Curralinho, Verde Grande |
| Salitre | Jacaré, Poção |
| Santa Rita | Santana, Santo Onofre |
| Santana | Rãs, Santa Rita, Santo Onofre |
| Santo Onofre | Paramirim, Santa Rita, Santana, Rãs |
| São Pedro e Brígida | Garças |

| Bacia hidrográfica | Bacias limítrofes |
|--------------------|---|
| Traipu | Ipanema |
| Urucuia | Paracatu, Pardo, Carinhanha, Corrente |
| Vargem | Curaçá, Macururé |
| Velhas | Paraopeba, Jequitaiá |
| Verde | Paramirim, Jacaré |
| Verde Grande | Jequitaiá, Pacuí, Paracatu 2, Japoré, Curralinho, Rãs |

Fonte: Topografia de Jarvis (2008) e *Shapefile* disponibilizada pela ANA (2014), com cálculos próprios.

2.1.2. Clima e condições meteorológicas

A. INTRODUÇÃO

Uma das principais características da bacia do rio São Francisco é a sua complexidade climática por influência da latitude, longitude, cobertura vegetal, proximidade ao mar, continentalidade e sistemas atmosféricos associados. A atuação destes fatores fisiográficos e meteorológicos causa variação interanual e espacial do clima, que é analisada no presente capítulo, juntamente com a classificação climática por região fisiográfica e com a caracterização climática de um conjunto de variáveis meteorológicas.

Esta caracterização tem o objetivo de estabelecer condições de referência para outras análises, com especial ênfase nas disponibilidades hídricas. Com os valores da temperatura, umidade relativa, vento e radiação solar recolhidos e analisados neste capítulo, será possível calcular a evapotranspiração potencial. Por seu lado, a precipitação, associada à evapotranspiração, permite a regionalização das vazões e cálculo de recarga dos aquíferos.

Com base em medições entre 1961 e 2014, provenientes de um conjunto de estações meteorológicas do INMET, calcularam-se as médias mensais para as variáveis: temperatura do ar (máxima e mínima), intensidade do vento, evaporação, umidade, insolação total e precipitação. Os resultados confirmam a variabilidade espaço-temporal em todas as variáveis analisadas.

Pela importância da quantidade de água disponível para a bacia, apresenta-se uma análise mais detalhada aos dados de precipitação, através do cálculo de índices de eventos de precipitação.

B. VARIABILIDADE CLIMÁTICA INTERANUAL

Uma característica da Bacia do Rio São Francisco é a variação espacial e temporal na precipitação gerada por fatores fisiográficos, como a latitude, longitude, cobertura vegetal, proximidade ao mar e continentalidade (VIANELLO; ALVES, 1991), e por influência de vários sistemas atmosféricos associados (ARAÚJO *et al.*, 2008).

Como mecanismos de grande escala, Molion e Bernado (2002) destacam 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). Relativamente a mecanismos de mesoescala, Molion e Bernado (2002) referem as perturbações Ondulatórias no Campo de Alísios, os complexos convectivos de mesoescala e as brisas marinha e terrestre. Quanto à microescala, indicam como os principais mecanismos, as circulações orográficas e pequenas células convectivas.

Dos sistemas atmosféricos, destaca-se a influência da Zona de Convergência da América do Sul no campo da precipitação. Esta consiste em uma banda de nebulosidade semi-estacionária, que passa pela Região Sudeste e Centro-Oeste e prolonga-se para o Oceano Atlântico, transportando chuvas que podem ser intensas (AMARO *et al.*, 2010). Quanto aos vórtices ciclônicos em Altos Níveis que atuam na Região Nordeste do Brasil (região que engloba a área de estudo, exceto o Alto SF), são de origem tropical e em geral persistentes, deslocando-se lentamente do oceano para o continente e vice-versa, e provocando céu limpo na região sul e central do Nordeste e chuvas no setor norte do Nordeste do Brasil (CALBETE; SATYAMURTY, 1996).

Quanto aos ventos, a Zona de Convergência Intertropical é uma estreita faixa de nuvens onde se encontram os ventos alísios dos hemisférios (ventos persistentes, nesta região predominantemente de SE, que sopram sobre vastas regiões de um

anticiclone subtropical em direção às regiões equatoriais). Influi diretamente nas chuvas da região Nordeste.

C. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN

Para caracterizar o clima, a Classificação Climática de Köppen (KÖPPEN, 1936) é das mais utilizadas. O sistema baseia-se no conceito de que a vegetação nativa é a melhor expressão do clima. Assim, os limites das zonas climáticas são selecionados com a distribuição de vegetação em mente. Esta classificação combina as temperaturas médias e precipitação anual e mensal, e a sazonalidade da precipitação, tendo sido aplicada a todo o Brasil por ALVARES *et al.* (2014). A bacia hidrográfica do rio São Francisco tem uma grande variabilidade climática, pelo que é de interesse apresentar a Classificação Climática de Köppen para cada região fisiográfica.

De acordo com Bernardes (1951), a bacia apresenta diversos tipos de clima na classificação de Köppen. A sua extensão e diferentes ambientes percorridos, está também na gênese da divisão em quatro regiões fisiográficas:

- No Alto SF, o clima predominante é do tipo Aw, quente e úmido com chuvas de verão. O trimestre mais chuvoso (de novembro a janeiro) concentra 60% do total das chuvas.
- O Médio SF possui um clima predominante Aw (quente e úmido), apresentando também outra variação climática, que é o clima BShw, semiárido.
- O Submédio SF apresenta clima BShw, ou seja, um clima semiárido.
- No Baixo SF, o clima predominante é o AS (quente e úmido, com chuvas de inverno). No entanto, existem zonas a noroeste com características climáticas BSh, isto é, semiárido com curta estação chuvosa no outono/inverno.

D. CLIMATOLOGIA POR REGIÃO FISIAGRÁFICA

Pela influência dos sistemas meteorológicos anteriormente referidos, o volume de água disponível na bacia depende do espaço e do regime atual. Apesar de a precipitação ser uma das principais variáveis meteorológicas para a gestão da bacia hidrográfica, é fundamental conhecer a tendência interanual das restantes variáveis meteorológicas na área de estudo.

Para a caracterização do clima de cada uma das regiões fisiográficas da Bacia do rio São Francisco, foi realizada uma análise mensal às seguintes variáveis meteorológicas: temperatura máxima e mínima do ar, intensidade do vento, umidade relativa, insolação total diária, evaporação e precipitação. Para tanto, foram utilizadas medições diárias disponibilizadas pelo INMET para o período 1961-2014 consoante a disponibilidade dos dados.

Foram consideradas 37 estações na bacia do rio São Francisco (enumeradas no Apêndice G (Volume 3 – Caracterização da bacia hidrográfica – Apêndices). Utilizando os dados meteorológicos das estações localizadas em cada uma das regiões fisiográficas (Alto, Baixo, Médio e Submédio da Bacia do São Francisco), são apresentadas médias mensais utilizando os meses de todos os anos, desde que o mês tenha mais que 25 valores, de acordo com TREWIN *et al.* (2007), um critério estabelecido devido à falha de dados das diferentes variáveis meteorológicas. Foram ainda calculadas as médias anuais para a precipitação com base nas referidas medições do INMET, mas também utilizando as medições da Hydroweb.

Em apêndice (Apêndice G; Volume 3 – Caracterização da bacia hidrográfica – Apêndices) apresenta-se o nome das estações do INMET com o respectivo intervalo de dados disponíveis e percentagem de dados disponíveis por variável meteorológica. Apresentam-se também as estações do Hydroweb, com o respectivo intervalo e percentagem de dados disponíveis.

A Figura 5 apresenta as médias mensais da **temperatura máxima e mínima do ar**, calculadas a partir da média mensal para cada estação e, posteriormente, por região fisiográfica.

A temperatura do ar (máxima e mínima) apresenta um padrão sazonal que varia consoante a região fisiográfica. As regiões mais próximas da costa (Baixo e

Submédio) apresentam uma menor diferença entre a temperatura máxima e mínima, ou seja, um clima mais ameno pela influência do oceano. Esta diferença é próxima dos 10°C e este valor é aproximadamente constante ao longo de todo o ano. Os valores inferiores da temperatura (máximas de 27-28°C e mínimas de 18-19°C) ocorrem em Julho e Agosto e as mais elevadas entre Outubro e Março (máximas de 32-33°C e mínimas de 20-21°C).

O Alto e Médio SF são regiões mais frias (em especial o Alto SF) e a diferença entre a temperatura máxima e mínima é superior, relativamente às duas regiões anteriores, diferindo ao longo do ano (12°C a 16°C). A região do Alto São Francisco apresenta temperaturas menores nos meses de Junho, Julho e Agosto (mínimas de 11-12°C e máximas de 26-27°C) e mais elevadas entre Setembro e Março (mínimas de 17-19°C e máximas de 29-31°C). Na região do Médio São Francisco verificam-se temperaturas máximas mais elevadas entre Maio e Outubro, comparativamente às restantes regiões.

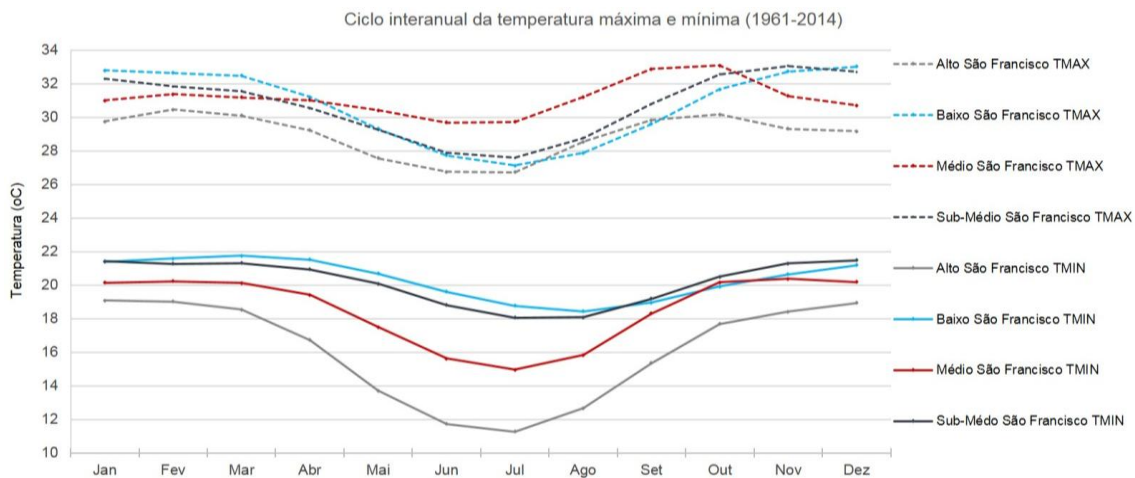


Figura 5 – Climatologia mensal da temperatura máxima e mínima do ar para o período de 1961-2014, por região fisiográfica.

Fonte: INMET, 2015.

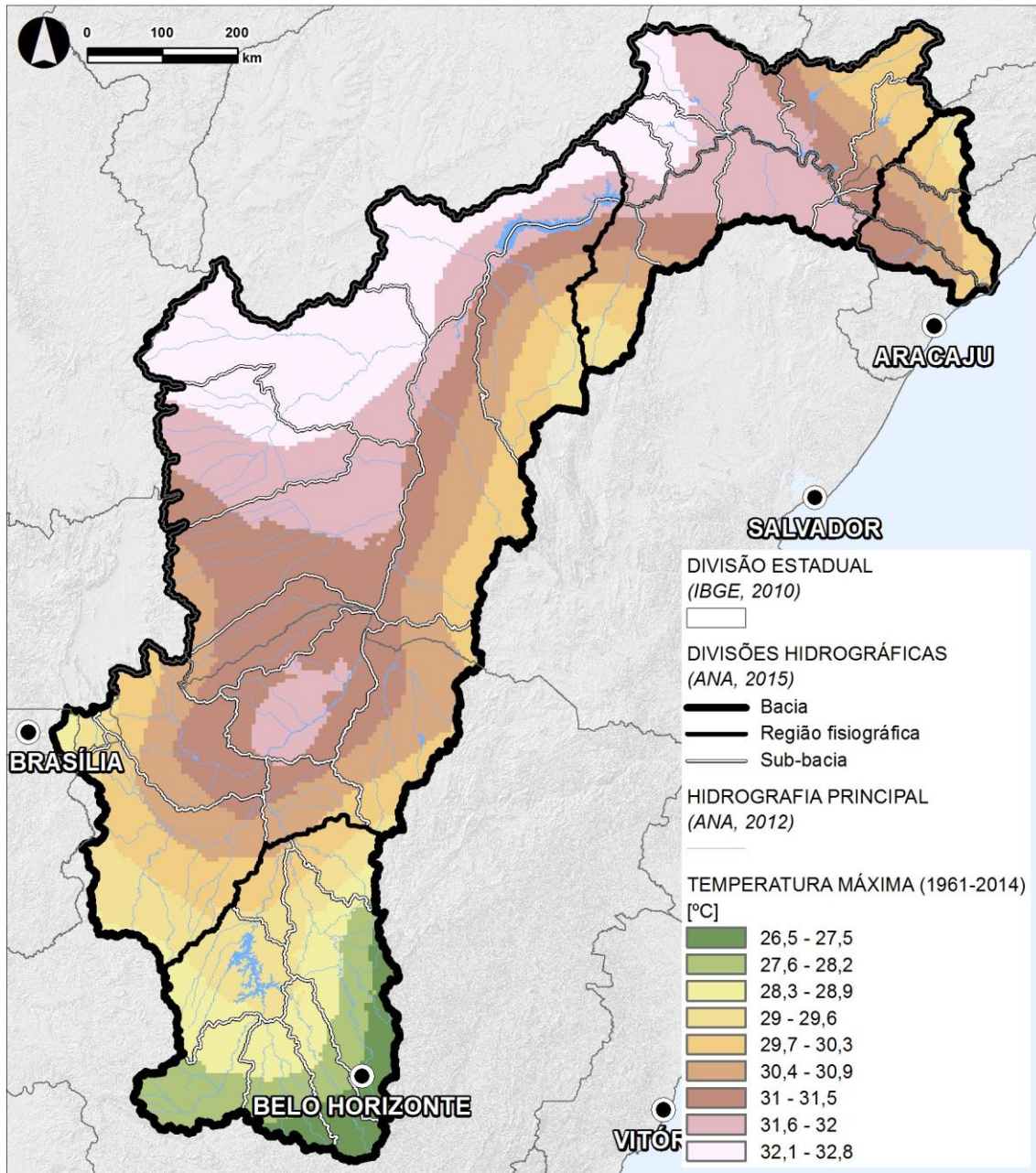


Figura 6 – Temperatura máxima na bacia (Mapa 16 do Volume 9, reduzido).

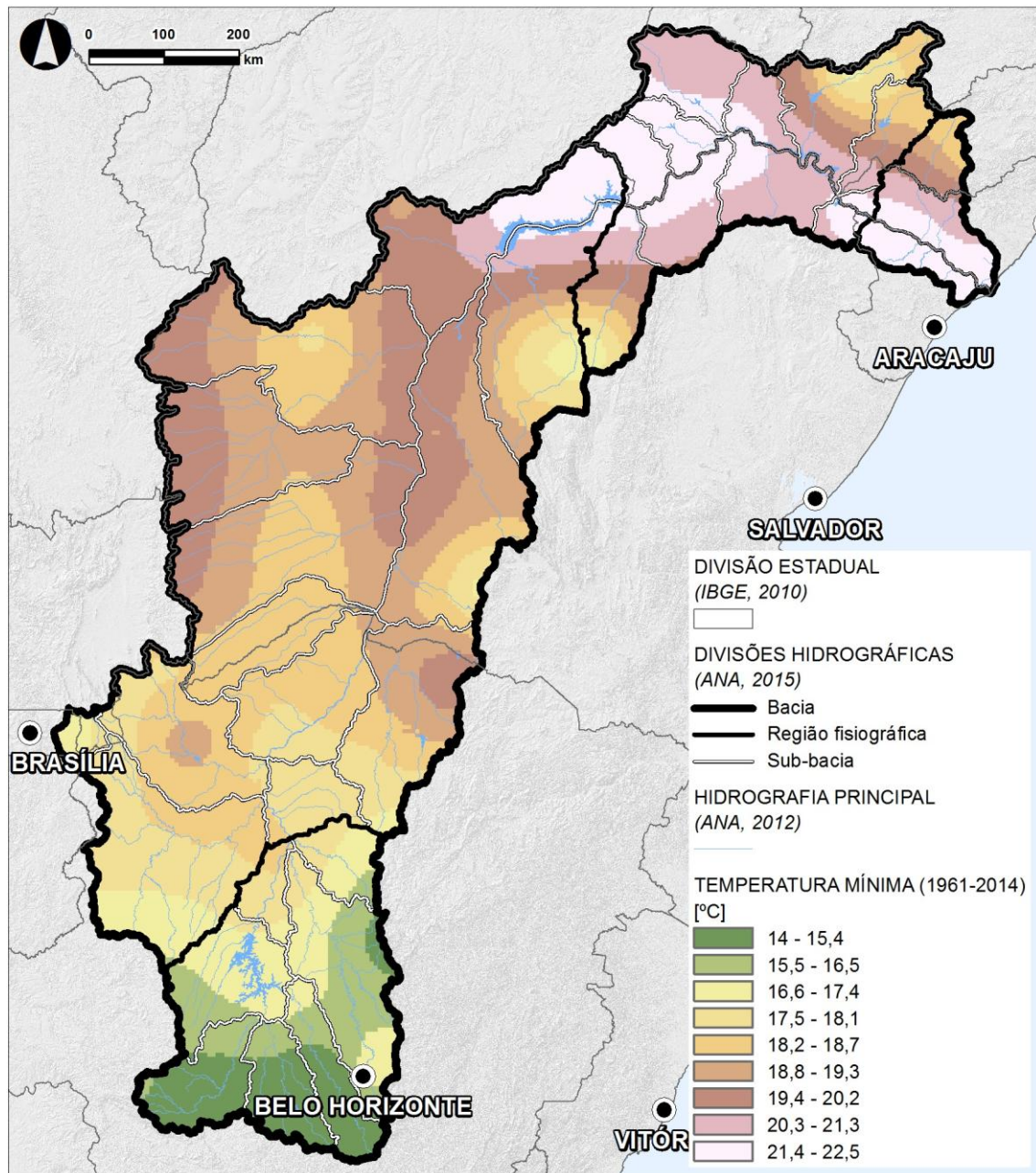


Figura 7 – Temperatura mínima na bacia (Mapa 17 do Volume 9, reduzido).

A Figura 8 representa as médias mensais para a **intensidade do vento**. Do mesmo modo, foi primeiro calculada a média mensal por estação e, posteriormente, foi determinada a média mensal por região fisiográfica.

Observando a média mensal da intensidade do vento, verifica-se um padrão sazonal semelhante entre as regiões do Alto e Médio SF, que é diferente do padrão sazonal identificado entre as regiões do Baixo e Submédio SF. Em geral, o vento na bacia do São Francisco é fraco, especialmente na região Alto e Médio SF, apresentando médias anuais de 1,4 e 1,8 m/s, respectivamente. A variação sazonal nestas regiões é da ordem dos 0,5-0,6 m/s, com intensidades do vento mais elevadas entre Agosto e Outubro, mantendo um valor relativamente constante ao longo dos restantes meses.

Quanto às regiões do Submédio e Baixo SF, a intensidade média anual do vento é superior relativamente às regiões anteriores (3,3 m/s e 3,0 m/s, respectivamente) assim como a sua variação interanual, comparativamente às regiões Alto e Médio SF. Na região do Baixo SF, região mais costeira, a intensidade do vento é mais elevada entre Outubro e Janeiro (intensidade do vento na ordem dos 3,6-3,8 m/s) e as intensidades mais baixas correspondem aos meses de Maio a Agosto (2,4 m/s). No Submédio SF, a intensidade do vento é mais elevada nos meses de Agosto e Setembro (acima de 3,8 m/s) e as intensidades mais baixas ocorrem entre Dezembro e Abril (2,8-3,0 m/s). Os meses de ventos mais intensos correspondem aos meses imediatamente anteriores aos meses de temperaturas mais elevadas.

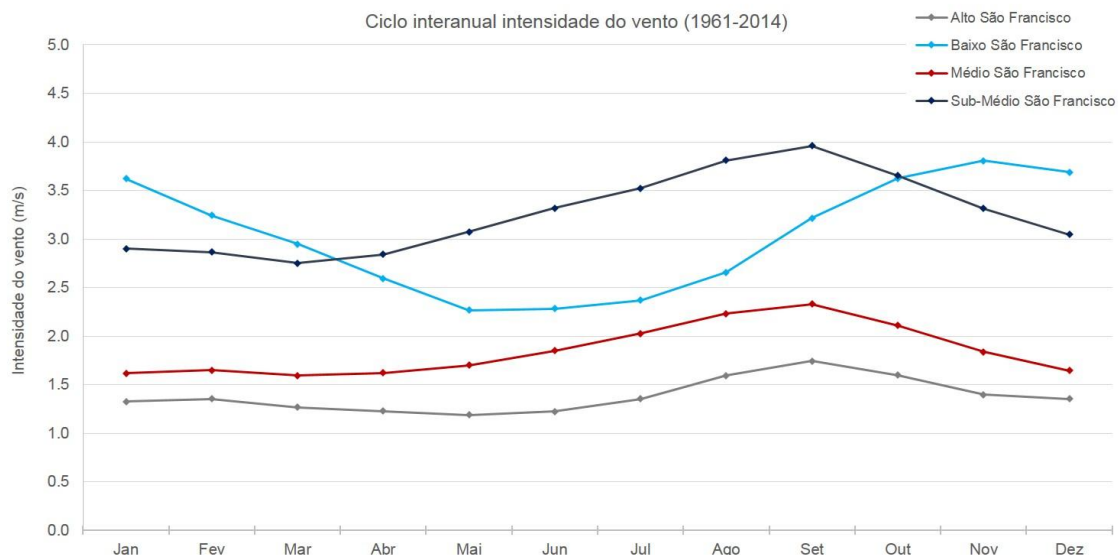


Figura 8 – Climatologia mensal da intensidade do vento para o período de 1961-2014, por região fisiográfica.

Fonte: INMET, 2015.

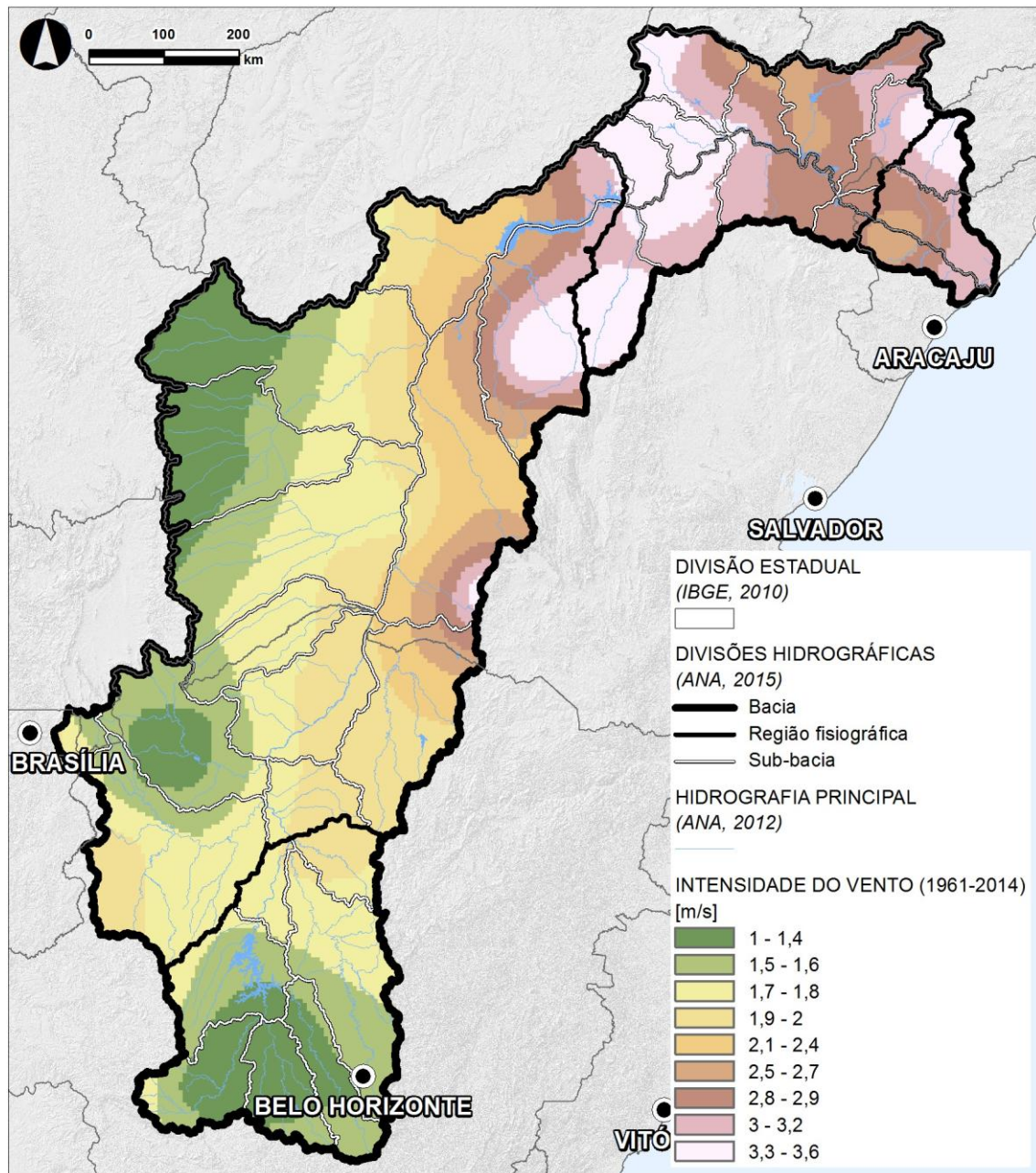


Figura 9 – Intensidade do vento na bacia (Mapa 18 do Volume 9, reduzido).

Por sua vez, a evaporação é maior quanto maior é a intensidade do vento e a temperatura.

Os resultados obtidos para a **evaporação** são apresentados na Figura 10. Foram obtidos calculando a média mensal (utilizando todos os anos de análise) por estação e posteriormente, por região fisiográfica.

Observando o ciclo anual, os máximos de evaporação ocorrem entre Agosto e Outubro, para o Alto e Médio SF (8 mm no Alto e 6,3 mm no Médio), entre Setembro e Dezembro no Submédio (9 mm), e entre Novembro a Fevereiro para o Baixo SF (7 mm). Estes máximos coincidem com os meses em que a temperatura do ar é mais elevada (meses de verão no hemisfério sul).

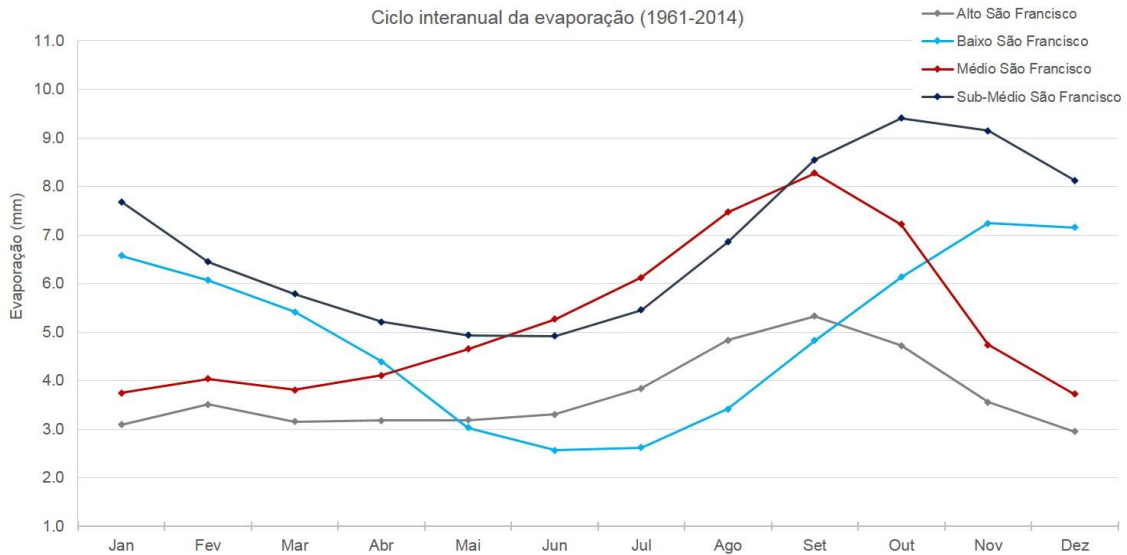


Figura 10 – Climatologia mensal da evaporação para o período de 1961-2014, por região fisiográfica.

Fonte: INMET, 2015.

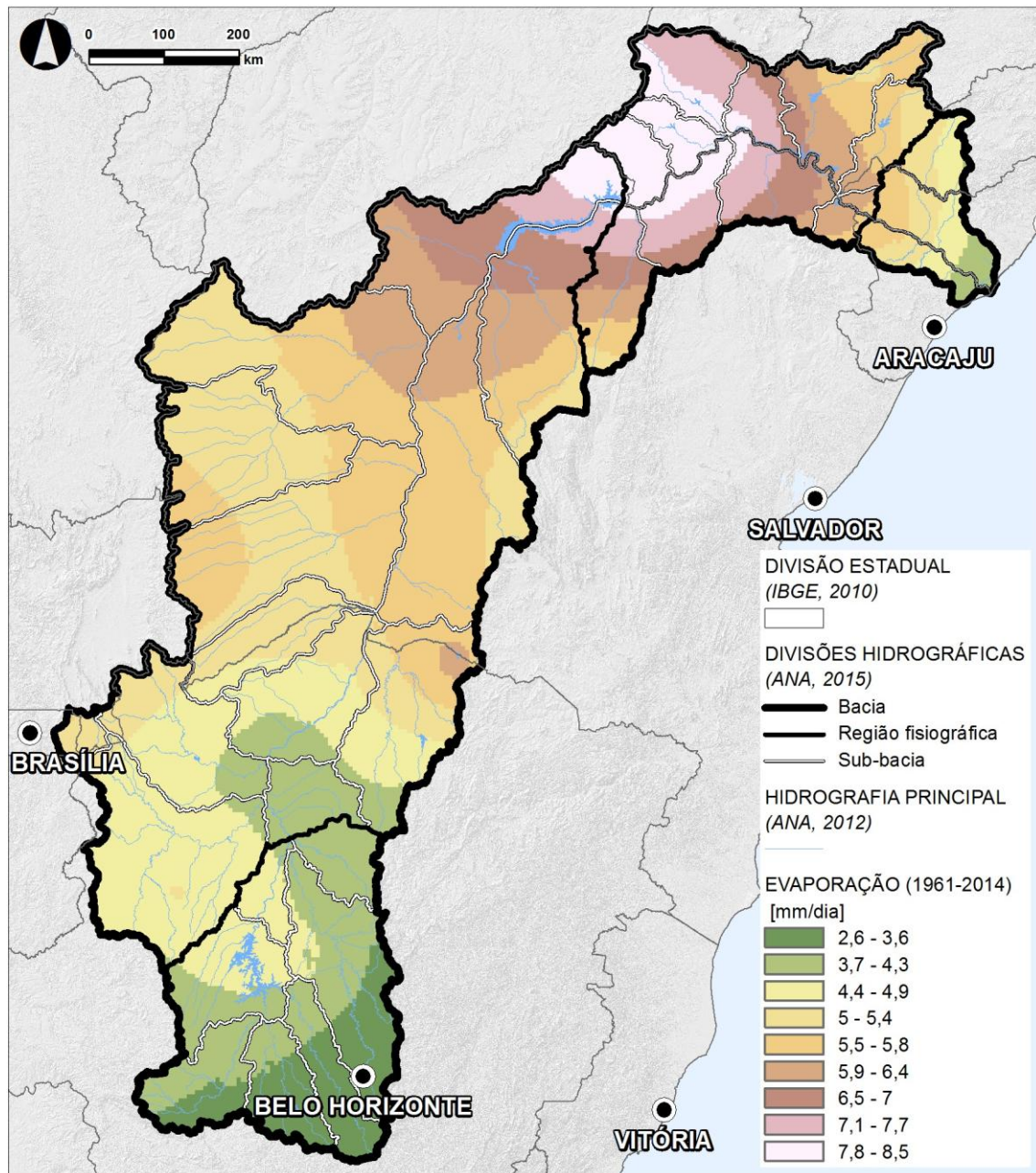


Figura 11 – Evaporação na bacia (Mapa 19 do Volume 9, reduzido).

A Figura 12 apresenta as médias mensais referentes à **umidade relativa**. Estas médias foram primeiramente calculadas por estação e foi feita em seguida a média mensal por região fisiográfica.

A umidade está relacionada com a quantidade de água existente no ar. Assim sendo, espera-se que os locais mais costeiros, os mais amenos, sejam também os mais úmidos.

Confirma-se que o Baixo de SF é a região mais úmida, atingindo valores máximos nos meses de inverno (80-85%). A mesma tendência sazonal é identificada na região do Submédio, mas é uma região menos úmida comparativamente ao Baixo (máximos de 72-74% entre Maio e Junho). Em regiões costeiras, e em especial no inverno, os ventos procedentes do mar, ao atingirem o continente que está mais frio em comparação com o oceano, causam aumento da umidade relativa. Contrariamente, se os ventos são continentais provocam a diminuição da umidade relativa. Na região Nordeste do Brasil predominam os ventos de SE (Sudeste), E (Este) e NE (Nordeste) (TUBELIS; NASCIMENTO, 1980), ou seja, os ventos predominam do oceano. Consoante a posição semi-fixa do anticiclone do Atlântico Sul, o regime de ventos predominantes no Brasil fica condicionado às atividades desse centro de ação (VAREJÃO-SILVA, 2001). Em Janeiro, a região NE está sujeita a ventos alísios de NE e de SE, e aos ventos de E da convergência intertropical. Em Julho, o regime dos ventos é bastante semelhante, havendo intensificação dos ventos de SE na região Nordeste. Nas regiões do Alto e Médio, é visível a influência da umidade relativa na tendência interanual da evaporação. A diminuição da umidade relativa (mínimos de 50% e 60%, para o Médio e Alto São Francisco, respectivamente) durante os meses de Agosto a Novembro, provoca uma diminuição da evaporação.

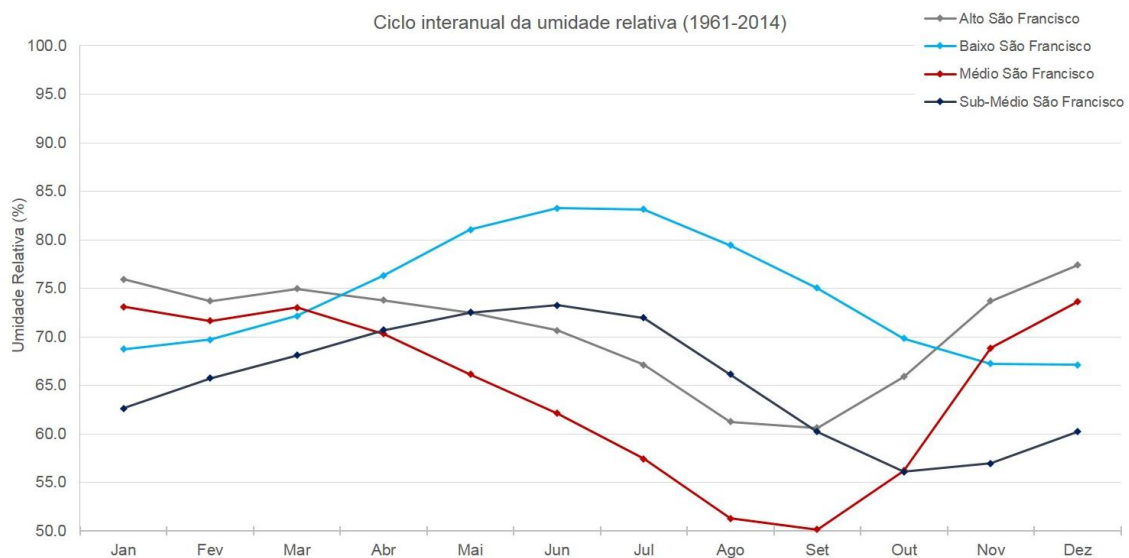


Figura 12 – Climatologia mensal da umidade relativa para o período de 1961-2014, por região fisiográfica.

Fonte: INMET, 2015.

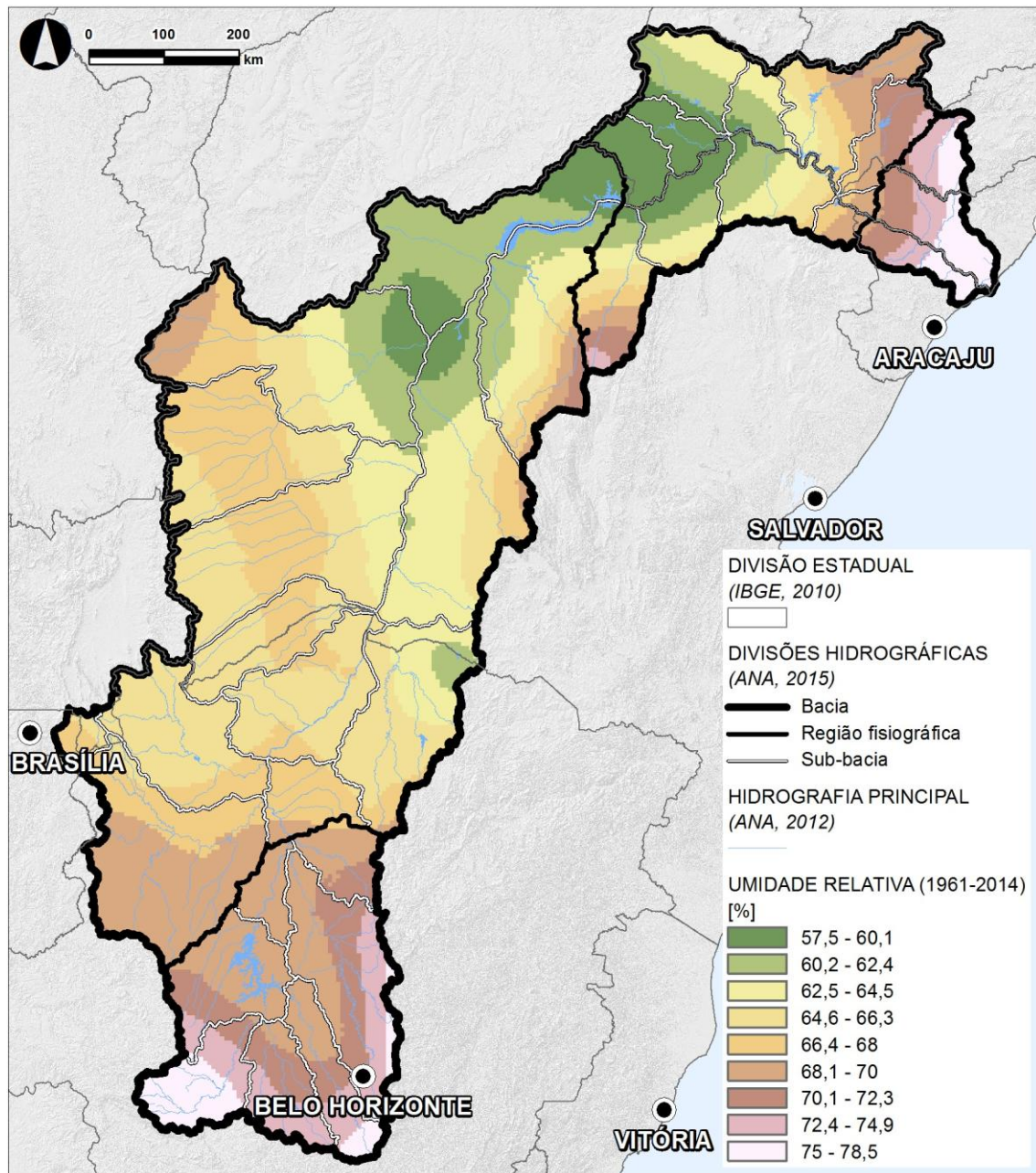


Figura 13 – Umidade relativa na bacia (Mapa 20 do Volume 9, reduzido).

A umidade relativa pode ainda ser relacionada com a formação de nuvens, se forem verificadas condições para a formação destas e por conseguinte, com a insolação.

A partir de valores de insolação total diária, foram calculadas as médias mensais da **insolação** total por mês, representadas na Figura 14. Para tanto, primeiro foi calculada a insolação total num mês para cada estação e em cada ano, depois fez-se a média mensal por estação (média da insolação total por mês considerando todos os

anos de análise) e por fim, foram calculadas as médias mensais para cada uma das regiões.

Na presença de nuvens, o total de horas de insolação diminui. No ciclo interanual apresentado na Figura 14 é possível verificar que as regiões com mais insolação são o Alto e Médio SF, e em especial nos meses de Verão do Hemisfério Sul (máximo mensal de 280 horas, ou seja, aproximadamente 10 h/dia), contrariamente às regiões mais costeiras. Em regiões montanhosas, ocorre a subida do ar da base ao topo da montanha durante o dia. O ar ao subir contrai e se houver condições para tanto condensa e forma nuvens. Durante a noite, o processo é inverso, a circulação do ar ocorre do topo para a base da montanha e as nuvens tendem a dissipar.

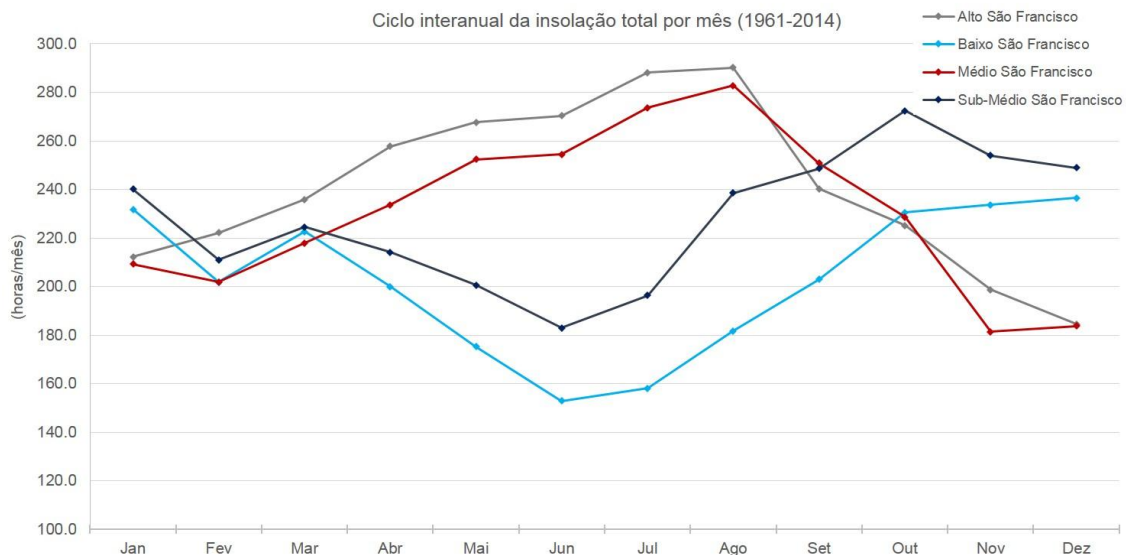


Figura 14 – Climatologia mensal da insolação total mensal para o período de 1961-2014, por região fisiográfica.

Fonte: INMET, 2015.

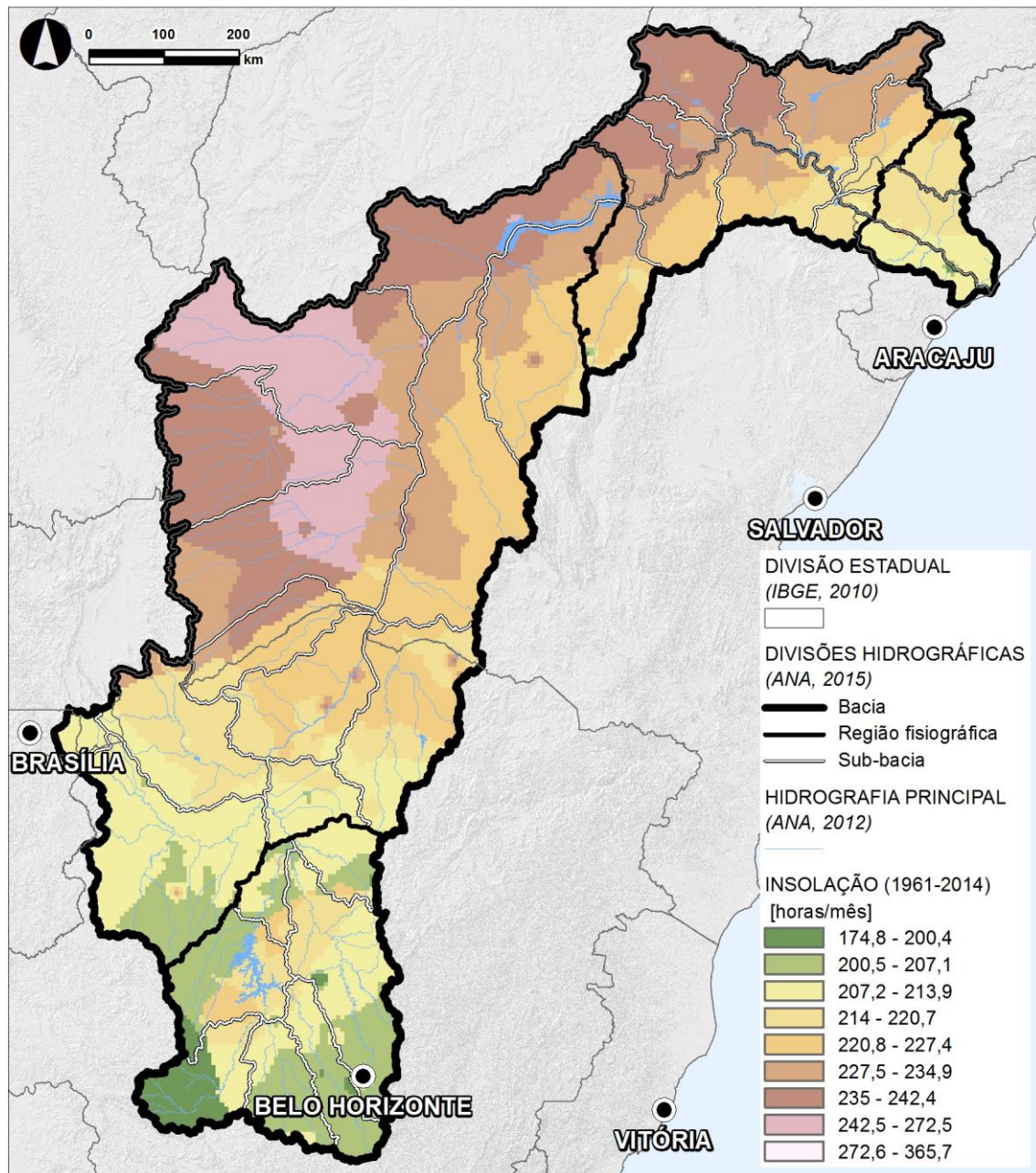


Figura 15 – Insolação na bacia (Mapa 21 do Volume 9, reduzido).

Por fim, apresenta-se a média anual e a climatologia mensal da **precipitação**, usando valores de precipitação acumulada diária. Para o cálculo médio anual da precipitação fez-se o somatório por ano e, em seguida, a média desse somatório para todos os anos, para cada estação, indicando-se a estação com a precipitação média anual mais baixa e mais alta (Quadro 7).

Os resultados para a climatologia mensal foram obtidos calculando a precipitação acumulada por mês e por estação e, em seguida, a média desses valores por região fisiográfica.

Quadro 7 – Precipitação média anual por região fisiográfica.

| Região fisiográfica | Precipitação média anual entre 1961-2014 (mm/ano) | | | | | | | |
|---------------------|---|------------|--------------|-----------|--------------|------------|--------------|------------|
| | INMET | | | | Hydroweb | | | |
| | <i>Média</i> | <i>Min</i> | <i>Máx</i> | <i>N</i> | <i>Média</i> | <i>Min</i> | <i>Máx</i> | <i>N</i> |
| Alto SF | 1.295 | 987 | 1.525 | 8 | 1.327 | 806 | 1.801 | 100 |
| Baixo SF | 759 | 520 | 1.029 | 3 | 742 | 387 | 1.257 | 18 |
| Médio SF | 990 | 580 | 1.375 | 19 | 993 | 511 | 2.719 | 85 |
| Submédio SF | 583 | 463 | 616 | 7 | 571 | 307 | 1.365 | 45 |
| Total | 921 | 463 | 1.525 | 37 | 1.033 | 307 | 2.719 | 248 |

Fonte: INMET, 2015; Hidroweb, 2015.

Legenda: Média - precipitação média anual (mm/ano); Min - mínima precipitação média anual em uma estação da região fisiográfica; Máx - máxima precipitação média anual em uma estação da região fisiográfica; N - número de estações consideradas por região fisiográfica.

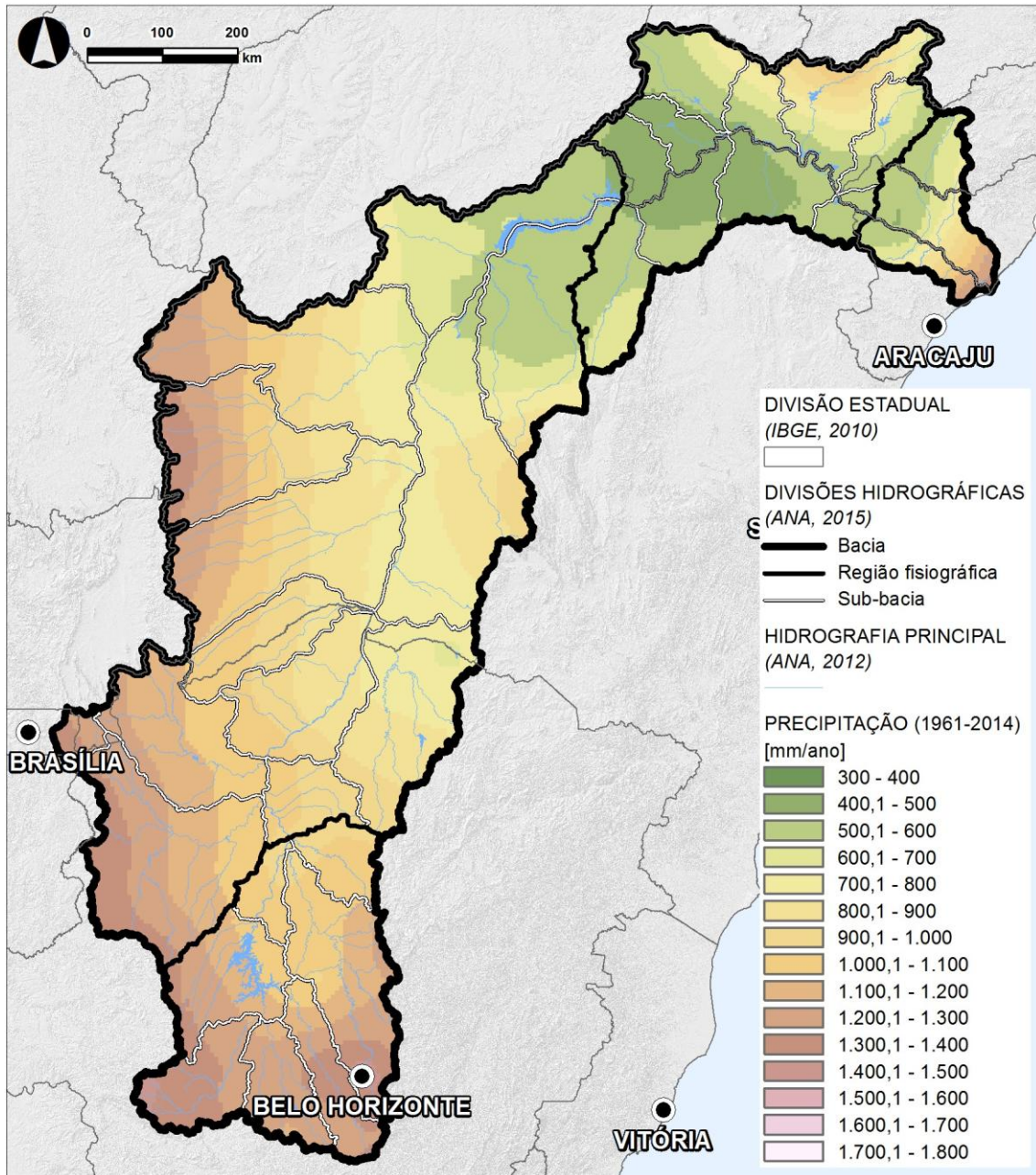


Figura 16 – Precipitação média na bacia (dados Inmet) (Mapa 22 do Volume 9, reduzido).

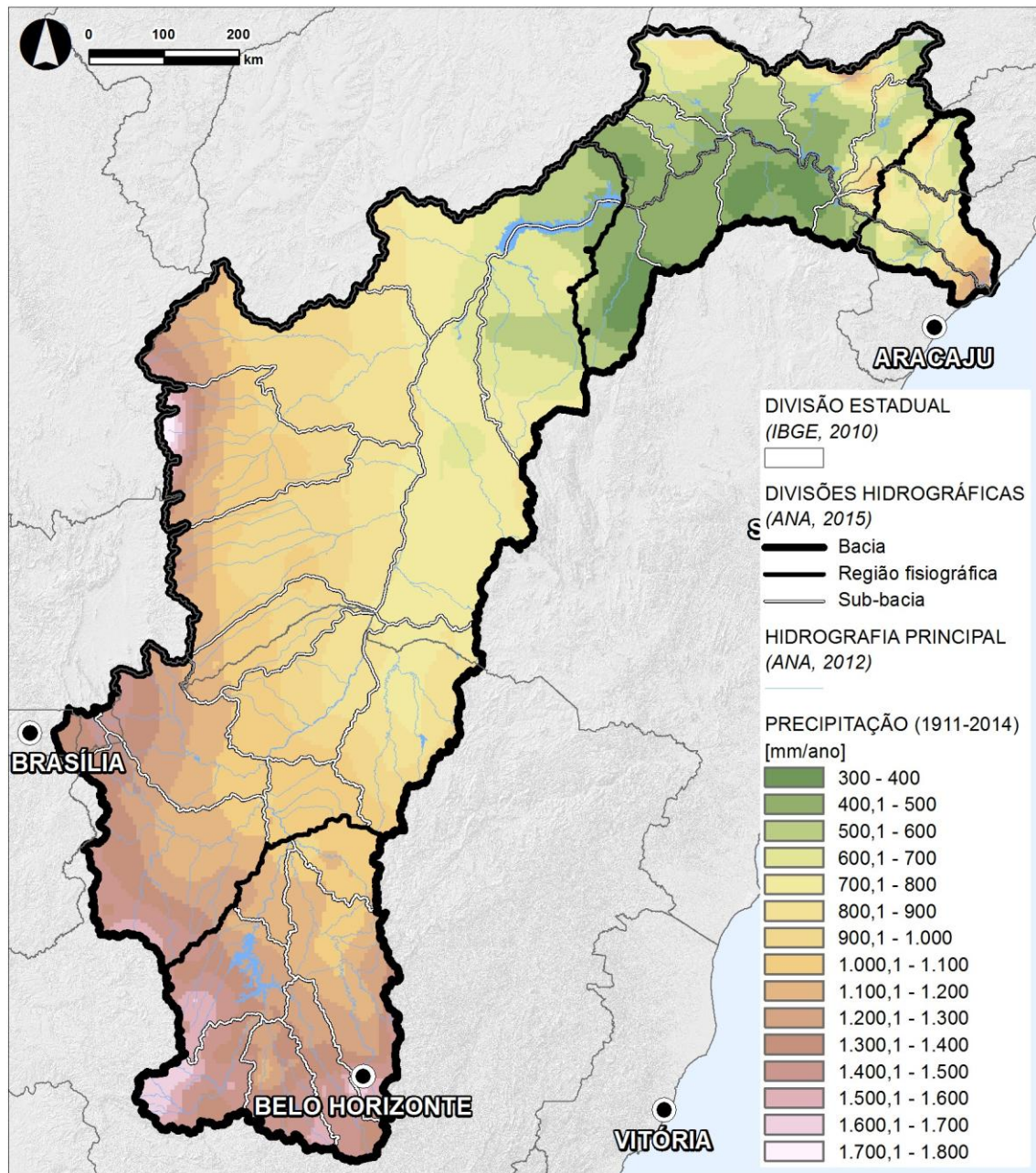


Figura 17 – Precipitação média na bacia (dados Hidroweb) (Mapa 23 do Volume 9, reduzido).

O Quadro 8 mostra os valores de precipitação média anual apurados no plano vigente. Os dados correspondem a 30 anos de chuva (1961 a 1990) em estações pluviométricas operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

Quadro 8 – Precipitação média anual por região fisiográfica (1961-1990).

| Região fisiográfica | Precipitação média anual entre 1961-1990 (mm/ano) |
|---------------------|---|
| Alto SF | 1.372 |
| Baixo SF | 957 |
| Médio SF | 1.052 |
| Submédio SF | 693 |
| Total | 1.036 |

Fonte: PRH-SF 2004-2013 (ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2004).

Na distribuição da precipitação por região fisiográfica, considerando o período de 1961-2014 mantém-se o padrão apresentado no PRH-SF 2004-2013 para o período 1961-1990, ainda que as médias anuais obtidas apresentem valores ligeiramente inferiores.

O ciclo anual da precipitação apresentada na Figura 18 mostra uma significativa diferença entre a precipitação mensal nas regiões Baixo e Submédio SF comparativamente com Alto e Médio SF.

O Baixo e Submédio SF apresentam uma precipitação média anual pouco superior a 1 mm/dia (máximos de 2,5 mm/dia entre Abril e Junho e de 2,2 mm/dia no mês de Março, para o Baixo e Submédio, respectivamente) e uma pequena variabilidade ao longo do ano. Por outro lado, a climatologia do Alto e Médio São Francisco mostra que os meses chuvosos ocorrem de Novembro a Fevereiro (máximos de 7,5 e 4,5 mm/dia entre Dezembro e Janeiro, para o Alto e Médio São Francisco) e os meses secos correspondem aos meses de Maio a Setembro (inferior a 0 mm/dia). Os meses mais chuvosos correspondem aos meses de temperaturas mais elevadas.

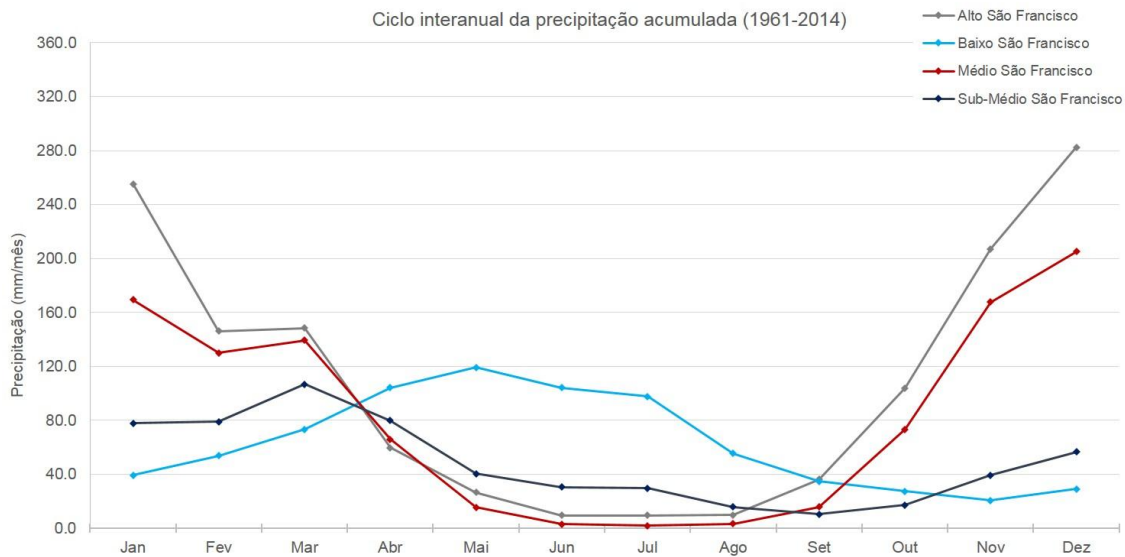


Figura 18 – Climatologia mensal da precipitação para o período de 1961-2014, por região fisiográfica.

Fonte: INMET, 2015.

Pela importância que a precipitação representa no ciclo hidrológico, e neste caso em particular, sobre a bacia do rio São Francisco, foi realizada uma análise mais detalhada recorrendo a índices climáticos definidos para valores diários da precipitação. Estes permitem analisar a climatologia de eventos extremos de precipitação em frequência, intensidade e duração de episódios de precipitação intensa, mas também em períodos de seca. Para esta análise, foram calculados quatro índices de extremos de precipitação (Quadro 9), recomendados pelo ETCCDMI (*Expert Team for Climate Detection Monitoring and Indices*) (PETERSON *et al.*, 2001): SDII, R10mm, CDD e CWD.

Quadro 9 – Índices de precipitação extrema.

| Índice (unidades do índice) | Descrição | Fórmula |
|-----------------------------|--------------------------------------|--|
| SDII (mm/dia) | Precipitação média dos dias chuvosos | Precipitação média dos dias chuvosos (≥ 1 mm) |
| R10mm (dias) | Dias de precipitação intensa | Número de dias com precipitação ≥ 10 mm |
| CDD (dias) | Dias consecutivos secos | Número máximo de dias secos consecutivos (< 1 mm) |

| Índice (unidades do índices) | Descrição | Fórmula |
|------------------------------|----------------------------|--|
| CWD (dias) | Dias consecutivos chuvosos | Número máximo de dias molhados consecutivos (≥ 1 mm) |

Fonte: *Expert Team for Climate Detection Monitoring and Indices, 2001.*

Para o cálculo do SDII foram apenas utilizadas precipitações acima de 1 mm. Os resultados mostram a média mensal da precipitação por região fisiográfica (Figura 19). Em detalhe, foram filtradas todas as precipitações acima de 1 mm e calculada a média da precipitação por mês e por estação e, em seguida, fez-se a média por região fisiográfica. A tendência sazonal do SDII é semelhante à média de precipitação anteriormente apresentada. No entanto, verificam-se intensidades de precipitação significativamente superiores. Os máximos atingem valores de 17 mm/dia no Alto SF e 15 mm/dia no Médio SF, entre Novembro e Janeiro, 13 mm/dia no Submédio e 11 mm/dia no Baixo SF, entre Fevereiro e Abril. Estes resultados mostram que existem muitos dias com precipitações baixas, entre 0 e 1 mm/dia; quando são extraídas essas precipitações, a média de precipitação em dias de chuva anual para a bacia de São Francisco é de aproximadamente 10 mm/dia.

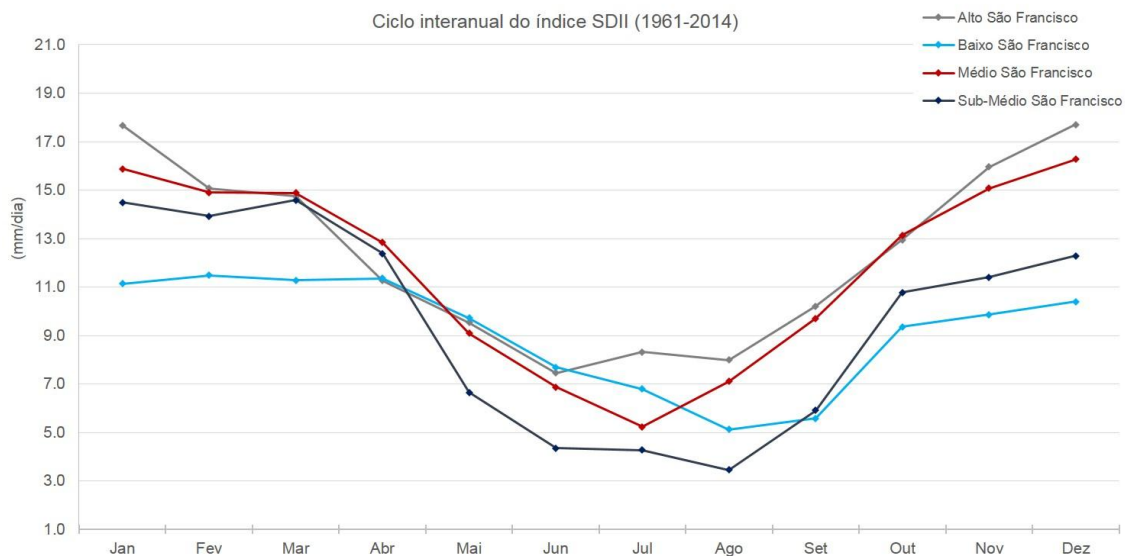


Figura 19 – Climatologia mensal do índice SDII para o período de 1961-2014, por região fisiográfica.

Fonte: INMET, 2015.

Posteriormente, o R10mm representa a contagem de dias em que a precipitação é superior a 10 mm e os resultados mostram uma média desses dias por mês e por região. O índice R10mm é apresentado na Figura 20. Para o cálculo foram selecionadas todas as precipitações acima de 10 mm e feita a média desse número de dias por mês e estação. Por fim, fez-se a média mensal por região fisiográfica. O padrão obtido para este índice é semelhante aos dois últimos gráficos, ou seja, os dias com precipitação acima de 10 mm provocam aumento do SDII. Para o Alto e Médio SF existem em média 9-10 dias e 6 dias com precipitação acima de 10 mm em Janeiro e Dezembro, respectivamente, e 2 dias entre Abril e Setembro. O número de dias com precipitação acima dos 10 mm é menor para o Submédio e Baixo SF, com uma média anual de 2-3 dias por ano.

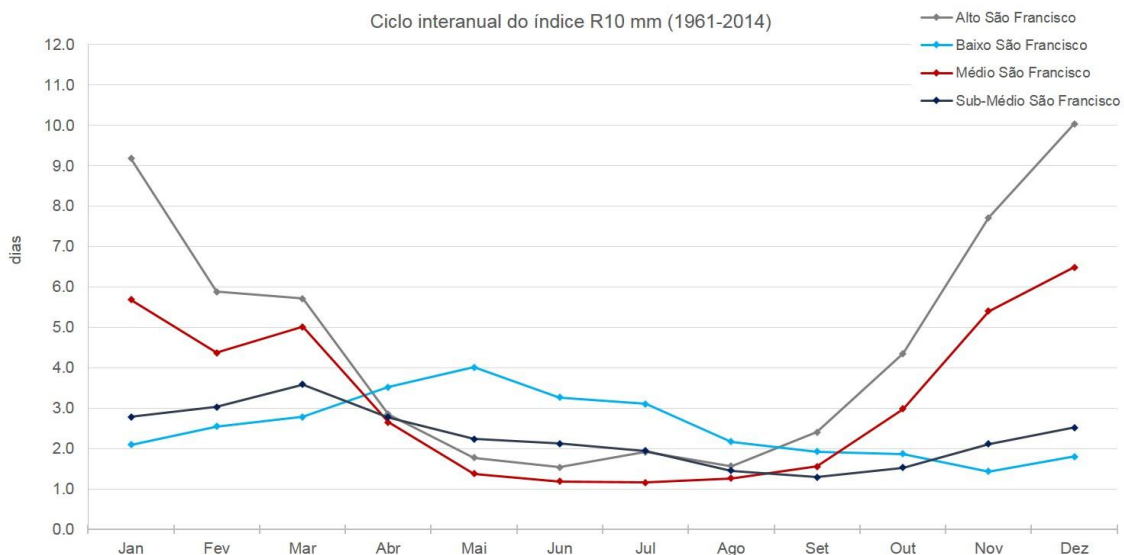


Figura 20 – Climatologia mensal do índice R10mm para o período de 1961-2014, por região fisiográfica.

Fonte: INMET, 2015.

Por fim, na Figura 21, são apresentados os resultados para o índice CWD (dias consecutivos chuvosos) e do índice CDD (dias consecutivos secos). Para o cálculo deste índice fez-se uma contagem do maior número de dias com precipitação acima ou igual a 1 mm (CWD) e abaixo deste valor (CDD), por cada ano analisado e por estação. Depois, determinou-se a média desses máximos obtidos por cada ano e por cada região. Os resultados mostram que o Médio de SF apresenta um maior número de dias consecutivos sem chuva (mais de 3 meses), seguido do Alto e Submédio SF

com cerca de 2 meses e o Baixo SF com 47 dias. Relativamente aos dias consecutivos de precipitação superiores a 1 mm, os resultados variam entre 10, 8, 7 e 5 dias por ano, para o Alto, Médio, Baixo e Submédio SF, respectivamente.

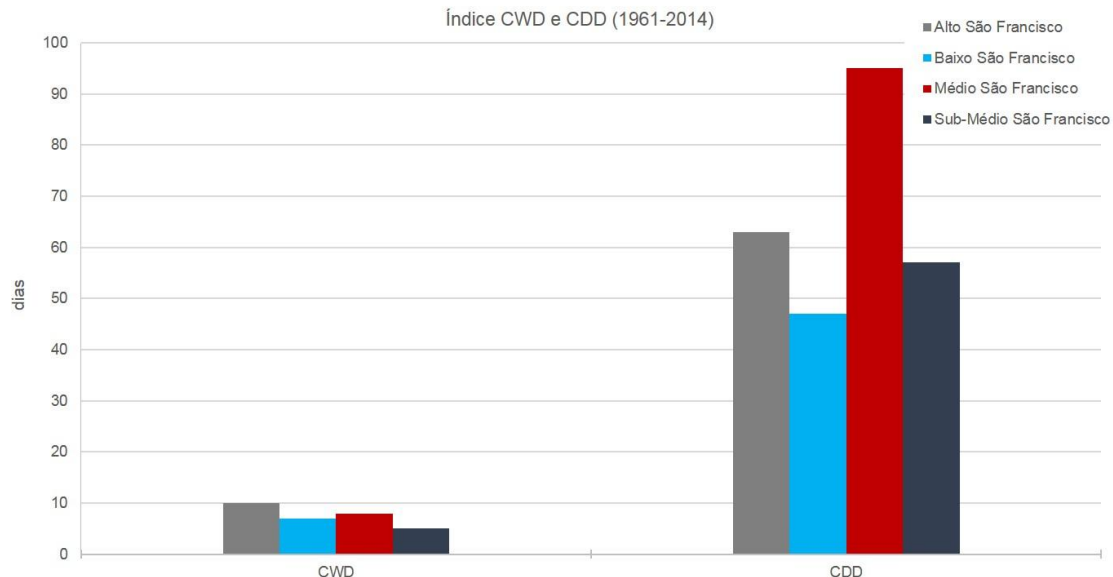


Figura 21 – Índice CWD e CDD para o período de 1961-2014, por região fisiográfica.

Fonte: INMET, 2015.

A disponibilidade dos dados meteorológicos apresentados neste capítulo permitiu ainda o cálculo do índice de aridez. São várias as metodologias apresentadas para a determinação da aridez de uma região, como o índice de aridez de Martonne, o índice de aridez de Lang e o índice de Thornthwaite, sendo este último o mais conhecido e aceite na comunidade científica. Nesta análise foi calculado o índice de aridez elaborado por Thornthwaite (1948) e ajustado posteriormente por Penman (1953), que é definido como a razão entre a quantidade de água proveniente da precipitação e as potenciais perdas de água para a atmosfera através da evaporação e transpiração (evapotranspiração potencial):

$$I = \frac{Pr}{ETP}$$

em que I representa o índice de aridez, Pr a precipitação acumulada anual e ETP a evapotranspiração potencial. Para este cálculo foi utilizada a precipitação acumulada anual por região do INMET apresentada no Quadro 7 e a evapotranspiração potencial

calculada pelo método Penman-Monteith (considerado o método padrão internacional, de acordo com o Boletim *Irrigation and Drainage* da FAO) utilizando dados de temperatura máxima e mínima, umidade relativa, vento e insolação das estações do INMET.

Quadro 10 – Índice de aridez por região fisiográfica.

| Região fisiográfica | Índice de aridez |
|---------------------|------------------|
| Alto SF | 0,86 |
| Médio SF | 0,56 |
| Submédio SF | 0,29 |
| Baixo SF | 0,43 |

Fonte: Para o cálculo do índice de aridez foram utilizados dados das estações meteorológicas do INMET, 2015.

A partir do índice de aridez, os valores foram interpretados em relação à susceptibilidade à desertificação (Quadro 11) e à classificação climática (Quadro 12) citadas por Matallo (2003).

Quadro 11 – Níveis de susceptibilidade à desertificação de acordo com o índice de aridez.

| Nível de susceptibilidade à desertificação | Índice de Aridez |
|--|------------------|
| Muito Alta | 0,05 até 0,20 |
| Alta | 0,21 < 0,50 |
| Moderada | 0,51 < 0,65 |

Fonte: Matallo Júnior, 2003.

No que se refere à desertificação, quanto menor o índice de aridez, maior a susceptibilidade a este processo (MATALLO, 2003) o que indica que no Submédio e Baixo SF (nível alto) a probabilidade de ocorrência de desertificação é superior face ao Médio SF (nível moderado). Quanto ao Alto SF, não apresenta risco de desertificação (> 0.65).

Quadro 12 – Classificação climática de acordo com o índice de aridez.

| Classes climáticas | Índice de aridez |
|--------------------|------------------|
| Hiperárido | < 0,05 |
| Árido | 0,05 < 0,20 |
| Semiárido | 0,21 < 0,50 |
| Subúmido seco | 0,51 < 0,65 |
| Subúmido úmido | > 0,65 |

Fonte: Matallo Júnior, 2003.

Quanto ao clima, os valores de índices de aridez obtidos classificam o Alto SF em Subúmido úmido, o Médio SF em Subúmido Seco e o Baixo e Submédio em árido. Deve ser tido em atenção que o Submédio SF é uma região extensa (a região mais extensa da bacia de SF) e que apresenta uma variabilidade climática espacial.

Em síntese, o ciclo interanual apresentado para todas as variáveis meteorológicas e índices calculados permite identificar padrões semelhantes entre o Alto e Médio SF e, por outro lado, 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, que por sua vez correspondem aos meses de temperaturas mais baixas. No final dos meses de Inverno, ocorre o máximo de evaporação, que coincide com o mês de maior da intensidade do vento e de menor umidade relativa. Os sistemas frontais, que permanecem estacionários sobre o Alto e Médio SF, constituem o principal mecanismo da ocorrência de eventos de precipitação, durante os meses de Novembro a Março. Esta é a designada Zona de Convergência do Atlântico Sul, que ocorre durante o Verão na América do Sul e provoca episódios de estiagem prolongada e enchentes (concordante com os valores obtidos para os índices de eventos de precipitação extrema). Quando permanece, estaciona por vários dias e provoca chuvas contínuas ou intensas (Fisch *et al.*, 2001).

Segundo Da Silva *et al.* (2001, 2003) o mecanismo dinâmico de precipitação tem origem na Zona de Convergência do Atlântico Sul, mas atua em períodos distintos: de Novembro a Março nas sub-bacias do Alto e Médio SF, e de Abril a Agosto na sub-bacia do Baixo SF. Estes autores referem ainda que a ausência da Zona de Convergência do Atlântico Sul é notável entre os meses de Agosto e Novembro.

Observando as climatologias obtidas para o Submédio e Baixo SF conclui-se que são regiões mais amenas, com uma intensidade do vento superior e menor intensidade de precipitação, comparativamente ao Alto e Médio SF. Ao longo do ano, a climatologia da precipitação mostra que os meses com precipitações mais elevadas são de Janeiro a Abril, para o Submédio SF, e de Março a Agosto, para o Baixo SF.

Esta análise às variáveis meteorológicas permite confirmar a variabilidade espacial e temporal na região Nordeste do Brasil. Apesar de a variabilidade ser notável em todas as variáveis meteorológicas, é na precipitação que se destacam as diferenças.

Na análise de índices de extremos de precipitação, a intensidade de precipitação dos dias chuvosos é máxima entre Novembro e Março (índice SDII), para todas as regiões, no entanto, o número de dias com precipitação superior a 10 mm é maior de Março a Agosto para a região do Baixo SF, tal como Da Silva *et al.* (2001, 2003) refere. De acordo com o índice CWD, é no Alto e Médio SF que ocorrem mais dias consecutivos de chuva (máximos de 10 dias), seguido do Médio, Baixo e por último Submédio SF. O índice CDD, mais relacionado às secas, indica que é também no Alto e Médio SF que ocorrem mais dias sem chuva acima de 1 mm. Por outras palavras, no Alto e Médio SF ocorrem mais dias consecutivos de precipitação mas também maior número de dias consecutivos sem precipitação (inferior a 1 mm). Quanto ao Baixo e Submédio SF, estes apresentam uma menor intensidade de precipitação (muitas vezes inferiores a 1 mm), para além de serem regiões mais úmidas e com menos insolação solar. Consequentemente, a probabilidade de ocorrência de desertificação é maior no Baixo e Submédio, consideradas as regiões áridas.

2.1.3. Geologia

A bacia hidrográfica do rio S. Francisco abrange cinco das 10 províncias estruturais em que se encontra subdividido o território Brasileiro, de acordo com as suas feições estratigráficas, tectônicas, metamórficas e magmáticas. A bacia integra-se majoritariamente na **Província Estrutural de São Francisco**. A Norte e a Oeste são abrangidos terrenos das **Províncias Estruturais Borboreama** e **Tocatins**, respectivamente. No seio da Província Estrutural Borboreama individualiza-se a

Província de Parnaíba, enquanto o Baixo e o Submédio S. Francisco abrangem de forma localizada a **Província Costeira**, em particular a Bacia de Tucano-Jatobá.

A bacia hidrográfica do rio São Francisco abrange uma vasta diversidade de formações geológicas e com uma ampla gama de idades. As rochas mais antigas – do Eoarqueano (mais de 3,6 Ga¹) ocorrem de forma localizada, enquanto as mais recentes (menos de 65 Ma²) ocorrem de forma dispersa, em todas as regiões fisiográficas, sobre os terrenos do embasamento (Mapa 24, Volume 9).

¹ Ga – mil milhões de anos
² Ma – milhões de anos

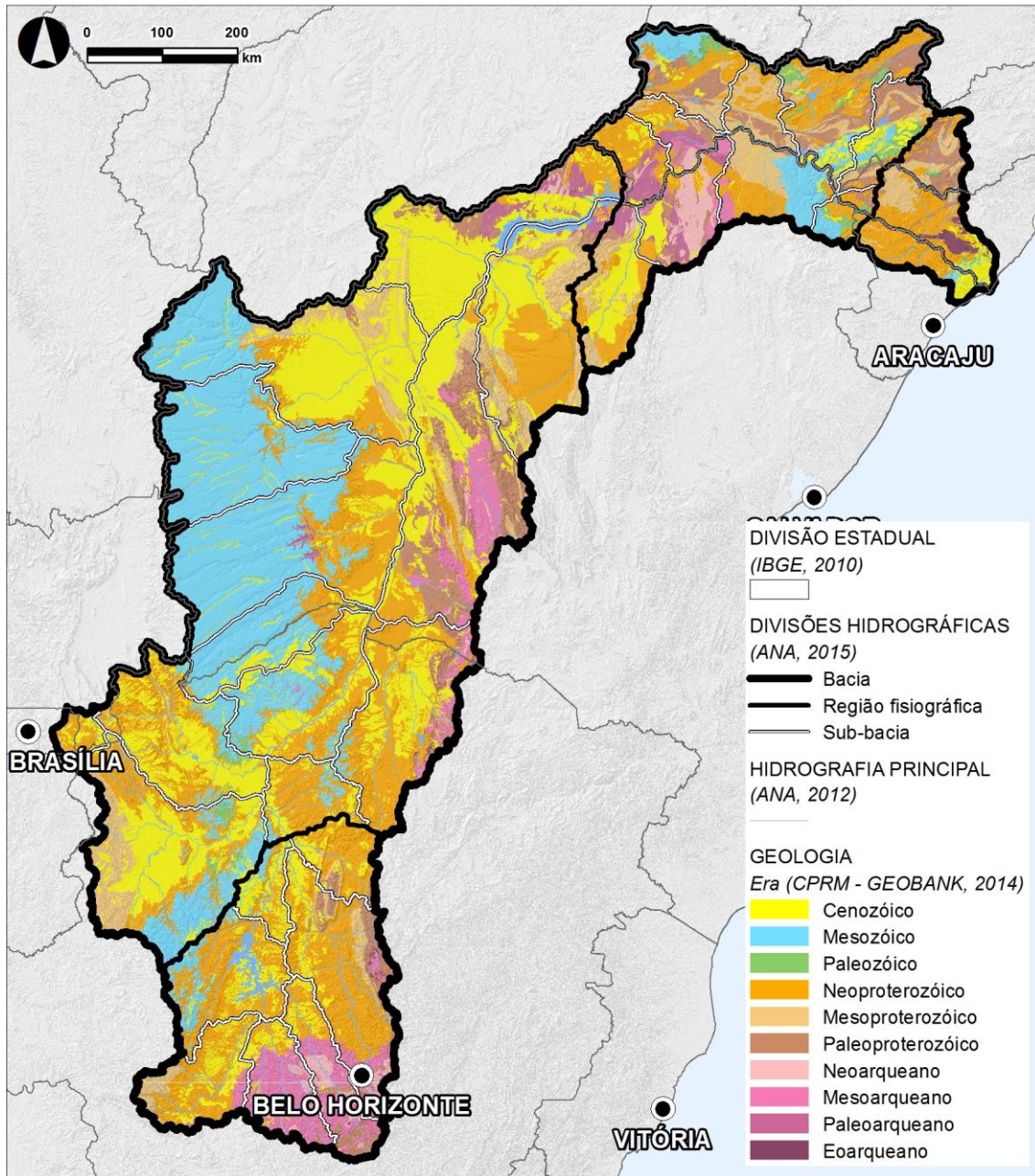


Figura 22 – Geologia (Mapa 24 do Volume 9, reduzido).

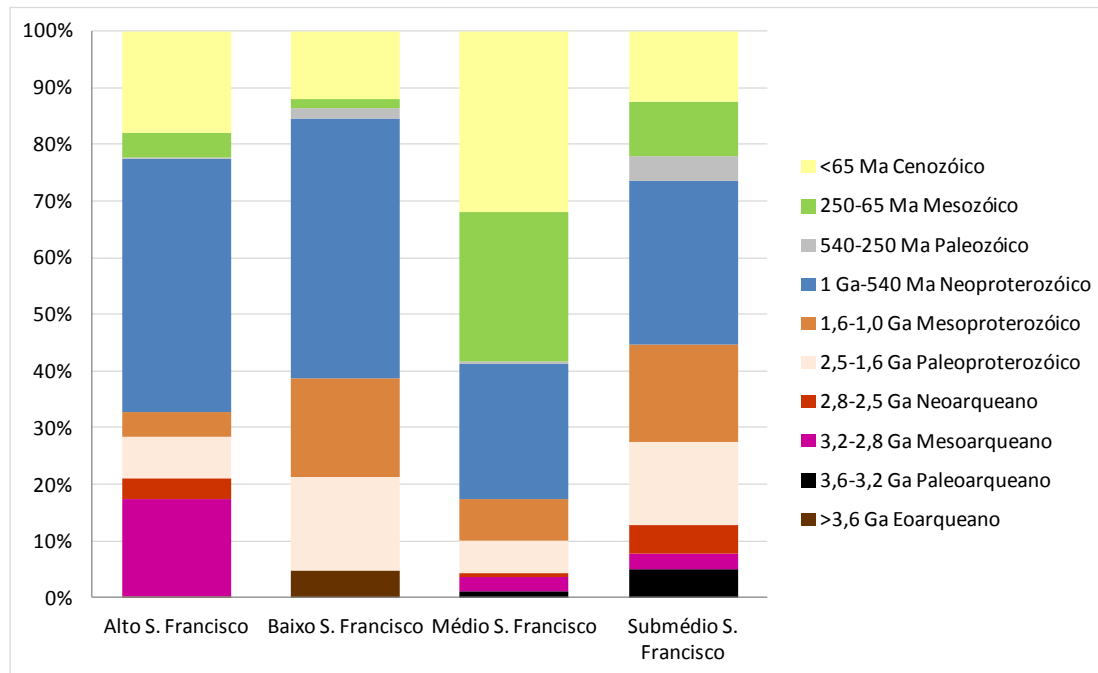


Figura 23 – Distribuição das Eras geológicas pelas regiões.

Fonte: CPRM, 2004a-2004g.

Considerando toda a extensão da bacia do S. Francisco predominam os terrenos do Proterozóico (cerca de 46% da sua área, sendo 29% do Neoproterozóico), sobretudo as rochas de natureza sedimentar (69% da bacia), seguidas das rochas metamórficas, metassedimentares e metaígneas (26% do total). Só em 5% da bacia afloram rochas ígneas.

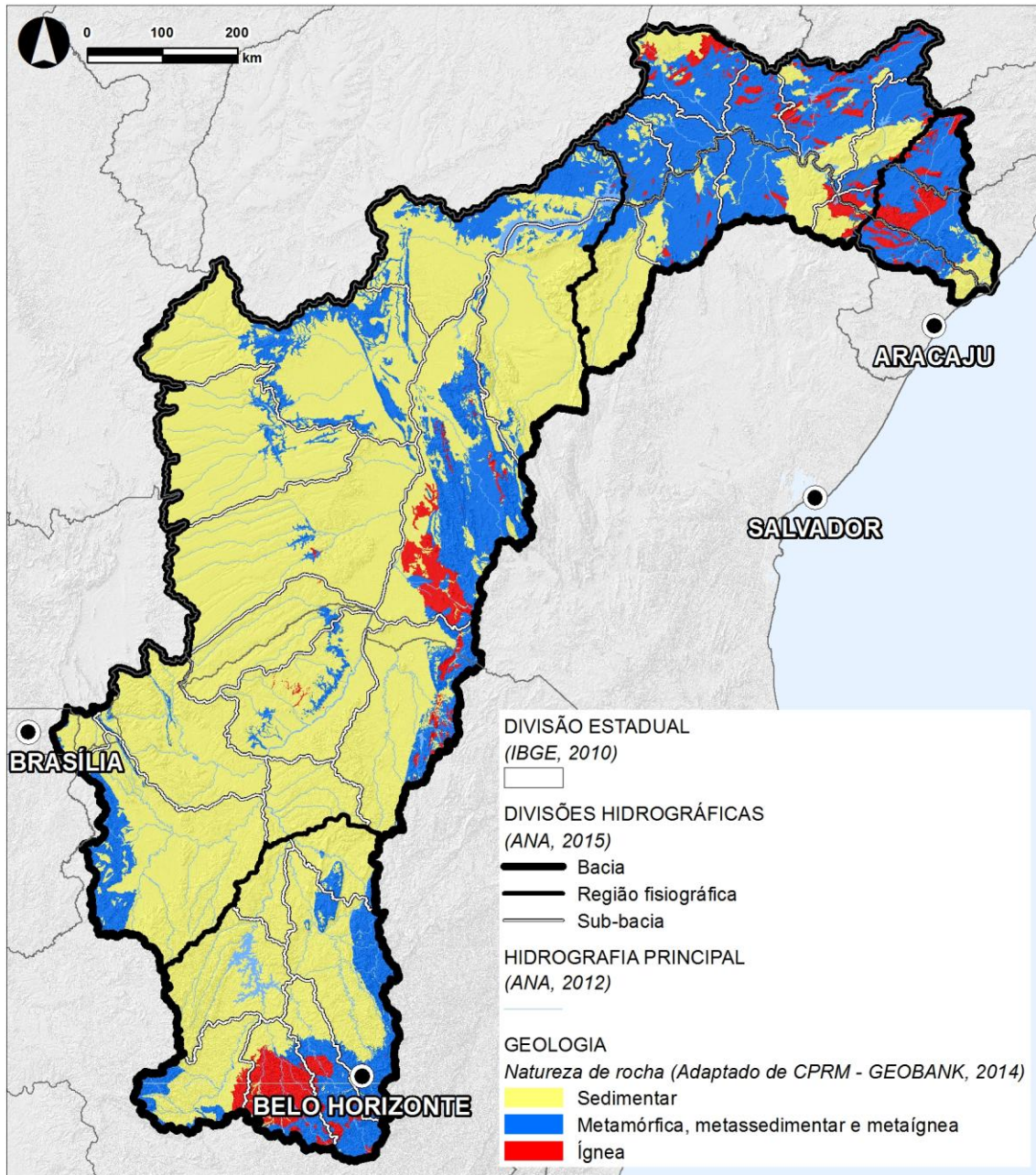


Figura 24 – Geologia por natureza de rochas predominantes (Mapa 25 do Volume 9, reduzido).

Quadro 13 – Principais tipos de rochas por Era na bacia hidrográfica do S. Francisco.

| Era | | % da área da bacia | Principais tipos de rochas |
|--------------|-------------------|--------------------|--|
| Cenozóico | | 26 | Aglomerado, areia, argila, laterita, cascalho, sedimentos eólicos |
| Mesozóico | | 19 | Arenito, arenito conglomerático, pelito, conglomerado, folhelho, siltito |
| Paleozóico | | 1 | Arenito, conglomerado, diamictito, pelito tonalito, granodiorito, folhelho, siltito |
| Proterozóico | Neoproterozóico | 46 | Arcóseo, argilito, calcarenito, dolomito, folhelho, siltito, ritmito, marga, arcóseo, argilito, siltito, calcarenito |
| | Mesoproterozóico | | Ardósia, foscorito, arenito, biotita gnaïsse, biotita xisto, mármore, migmatito, muscovita-biotita gnaïsse, muscovita-biotita xisto, metagrauvaca, metarcóseo, metadiorito, metagranito, metamonzodiorito, ortognaïsse granodiorítico, augengnaïsse, xisto, filito |
| | Paleoproterozóico | | Metagranito, metagranodiorito, augengnaïsse, ortognaïsse tonalítico, migmatito, metadiorito, ortognaïsse granodiorítico, ortognaïsse granítico, quartzo sienito, quartzo monzonito, monzonito |
| Arqueano | Neoarqueano | 8 | Gnaïsse quartzo-feldspático, metamonzogranito, metassienogranito, metapelito, metarenito, ortognaïsse, tonalito, granito, granodiorito |
| | Mesoarqueano | | Gnaïsse, gnaïsse granítico, migmatito, monzogranito, ortognaïsse granodiorítico, granito, granodiorito |
| | Paleoarqueano | | Migmatito, ortognaïsse granodiorítico |
| Eoarqueano | | 0.3 | Formação ferrífera bandada, mármore, micaxisto, rocha metaultramáfica, ortognaïsse, paragnaïsse, migmatito, metadiorito, metagranito, metagranodiorito, metamonzonito, metatonalito, xisto |

Fonte: CPRM, 2004a-2004g.

No **Alto S. Francisco** predominam os terrenos do Neoproterozóico (45% da região), sendo a unidade geológica com maior extensão de afloramento pertencente à Formação da Serra de Santa Helena. Esta unidade geológica aflora na parte central da região e é constituída por folhelhos, siltitos e margas.

Também do Neoproterozóico há que considerar os afloramentos do Subgrupo Paraopeba que ocorrem nos limites Oeste e Norte da região (arcóseo, argilito, calcarenito, dolomito, folhelho, siltito, ritmito e marga). Sobre os terrenos mais antigos assenta uma cobertura sedimentar dispersa de areia, argila, cascalho e laterita (unidade das coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas do Paleogéno/Cenozóico, ocupando 18% da região).

Na parte Sul da região há que se considerar os afloramentos de rochas metamórficas, ígneas e metaígneas do Mesoarqueano e Neorqueano (21% da região). 12% dos terrenos correspondem a unidades geológicas do Meso e do Paleoproterozóico, aflorando nas zonas de fronteira a Sul (sobretudo rochas ígneas e metamórficas do Alto Maranhão), Oeste (rochas metamórficas xistentas do Grupo Canastra indiviso) e Este (dunas eólicas da Formação do Galho do Miguel).

No **Médio S. Francisco** verifica-se uma distribuição relativamente eqüitativa entre os afloramentos do Neoproterozóico (24%), Cenozóico (32%) e Mesozóico (26%).

A unidade geológica com maior expressão espacial corresponde ao Grupo Uruçuia (limite Oeste da região). Esta unidade sedimentar do Mesozóico (Cretáceo) é constituída por arenitos, arenitos conglomeráticos e pelitos. Os terrenos do Cenozóico são majoritariamente representados pelas coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas, destacando-se ainda depósitos colúvio-eluviais, depósitos eólicos continentais, coberturas residuais e depósitos aluvionares depositados na dependência do rio S. Francisco. Os terrenos do Neoproterozóico pertencem a diferentes unidades geológicas, destacando-se pela representatividade espacial os afloramentos do Subgrupo Paraopeba.

Os terrenos do Meso e Paleoproterozóico (13% da região) ocorrem no limite Sudoeste e Nordeste da região. Os terrenos do Arqueano, aproximadamente 4% da região, ocorrem de forma relativamente localizada na porção Este e correspondem aos afloramentos de rochas metamórficas do Complexo Paramirim.

No **Submédio S. Francisco** predominam os terrenos do Proterozóico (61% da região), embora o universo das unidades geológicas seja relativamente extenso. As unidades geológicas com afloramentos mais extensos pertencem ao Neoproterozóico (29%). 13% das unidades geológicas aflorantes pertencem ao Arqueano, enquanto 12% ao Cenozóico e 10% ao Mesozóico.

Os afloramentos do Arqueano correspondem essencialmente a rochas de natureza metamórfica e metaígneas. Os terrenos do Mesozóico pertencem a importantes bacias sedimentares: Araripe, Tucano e Jatobá, enquanto os terrenos do Cenozóico estão em grande parte depositados sobre a bacia sedimentar Tucano-Jatobá.

À semelhança do que se verifica na maior parte das regiões, os terrenos do Neoproterozóico são os mais extensos no **Baixo S. Francisco** (46%). É ao Neoproterozóico que pertence uma das unidades mais representativas da região – os xistos aluminosos, micaxistos, quartzitos, metagrauvaques, metarritmitos e rochas calciclásticas.

Os terrenos do Meso e do Paleoproterozóico totalizam 34% da região, aflorando na parte Norte e central da região. Junto à costa afloram os terrenos do Cenozóico (12%), representados por depósitos litorâneos e do tipo Barreiras. Esta é a única região onde os afloramentos do Eorquiano têm expressão (5% do total da região), correspondendo a rochas metamórficas do Jirau do Ponciano e do Complexo Nicolau–Campo Grande.

Quadro 14 – Principais unidades geológicas aflorantes na bacia hidrográfica do rio S. Francisco.

| Região fisiográfica | Principais unidades geológicas aflorantes |
|----------------------------|---|
| Alto | Formação de Serra de Santa Helena (18%), coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas (13%), Subgrupo Paraopeba (9%) |
| Médio | Grupo Urucua (24%), Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas (21%), Subgrupo de Paraopeba (7%) |
| Submédio | Formação Caatinga (4%), Formação Marizal (4%), Complexo São Caetano (4%), Complexo Sobradinho – Remanso (4%), Complexo Belém do São Francisco (4%), |
| Baixo | Complexo Belém do São Francisco (16%), Macururé (13%), Grupo Barreiras (8%) |

Fonte: CPRM, 2004a-2004g.

As características geológicas, quer do ponto de vista litológico, quer do ponto de vista da sua evolução, sobretudo relacionadas com o grau de alteração e fraturação, influenciam a maior ou menor favorabilidade hidrogeológica e, conseqüentemente, o desenvolvimento de aquíferos.

Grande parte da bacia hidrográfica possui uma **favorabilidade hidrogeológica variável** (47% da área da bacia hidrográfica). Esta favorabilidade está associada à significativa diversidade de terrenos e às respectivas condições de permeabilidade, adquirindo particular expressão no Alto e Médio S. Francisco.

As formações geológicas sedimentares consideradas de favorabilidade hidrogeológica variável integram, quer formações cenozóicas, que em geral possuem média a alta potencialidade aquífera, quer formações sedimentares litificadas sujeitas ou não a metamorfismo.

Os terrenos arenosos cenozóicos apresentam, em geral, boa porosidade e permeabilidade, refletindo-se no armazenamento aquífero e na produtividade das captações. Contudo, a maior presença de argila ou o menor desenvolvimento dos depósitos sedimentares (como no caso dos depósitos aluvionares) pode condicionar o interesse aquífero e as vazões dos poços.

No caso das formações sedimentares arenosas de maior compacidade, bem como nos terrenos cristalinos, o interesse hidrogeológico decorre das condições de permeabilidade secundária conferidas pela fraturação e alteração a que as unidades geológicas estão sujeitas. Se a fraturação for desenvolvida e o manto de alteração superficial espesso e com boas condições de permeabilidade pode verificar-se um incremento do interesse aquífero e da produtividade dos poços. O inverso acontece se a fraturação e a alteração não permitirem o desenvolvimento da permeabilidade secundária.

No caso dos terrenos carbonatados, os fenômenos de dissolução cárstica são pouco desenvolvidos e embora exista uma permeabilidade secundária que permita o armazenamento de água em profundidade, o desenvolvimento aquífero é limitado espacialmente.

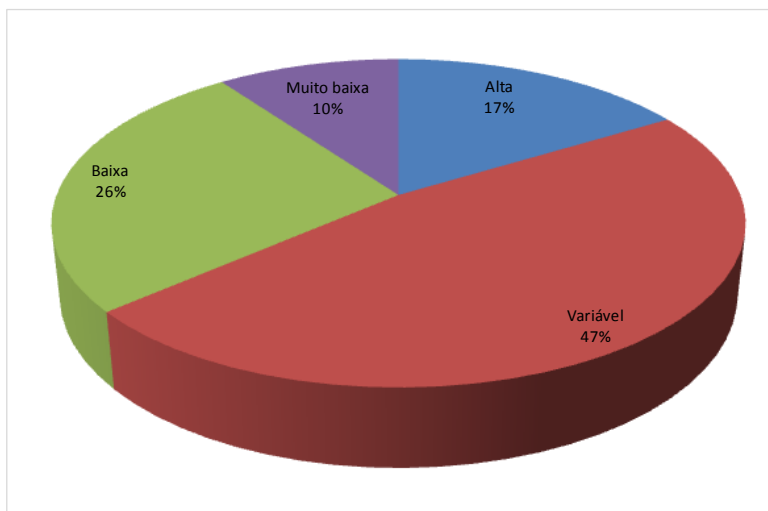


Figura 25 – Distribuição da favorabilidade hidrogeológica na bacia.

Fonte: CPRM, 2003; CPRM, 2010a; CPRM, 2010b; CPRM, 2010c; CPRM, 2012; CPRM, 2013a.

A **favorabilidade hidrogeológica baixa a muito baixa** (36%) está associada às diferentes naturezas dos terrenos cristalinos (rochas metamórfica, metassedimentar, metaígneia e ígneia), mas também sedimentares.

A favorabilidade baixa a muito baixa é atribuída essencialmente à reduzida permeabilidade dos terrenos cristalinos, sendo que o armazenamento de água se restringe às fissuras. A estes terrenos estão associados pequenos aquíferos locais e descontínuos espacial e verticalmente, sendo as vazões dos poços limitadas. A favorabilidade muito baixa adquire particular expressão no Baixo S. Francisco, sendo que praticamente metade da região do Submédio também possui reduzida favorabilidade ao desenvolvimento de aquíferos.

A **favorabilidade hidrogeológica alta** (17% da bacia) está essencialmente associada aos terrenos sedimentares detríticos e carbonatados. Destaca-se pela importância regional os terrenos sedimentares do Grupo Urucuaia, que permitem o desenvolvimento de um meio de escoamento poroso com produtividade significativa.

As extensas séries detríticas que colmatam as bacias sedimentares (Araripe, Panaíba e Tucano-Jatobá, entre outras de menor dimensão que ocorrem sobretudo no Submédio S. Francisco), bem como as coberturas detríticas cenozóicas, aliadas às condições de porosidade e permeabilidade, têm elevado interesse hidrogeológico.

Estes meios de escoamento porosos possuem elevada capacidade de armazenamento e boa produtividade nas captações neles instalados.

Os fenômenos de carstificação a que os terrenos de natureza carbonatada foram sujeitos em algumas zonas, permitem o desenvolvimento de meios de elevada produtividade associada à permeabilidade secundária adquirida pela dissolução de carbonatos. As cavernas, sumidouros, dolinas e outras feições erosivas típicas do modelado cárstico podem originar aquíferos de elevada produtividade.

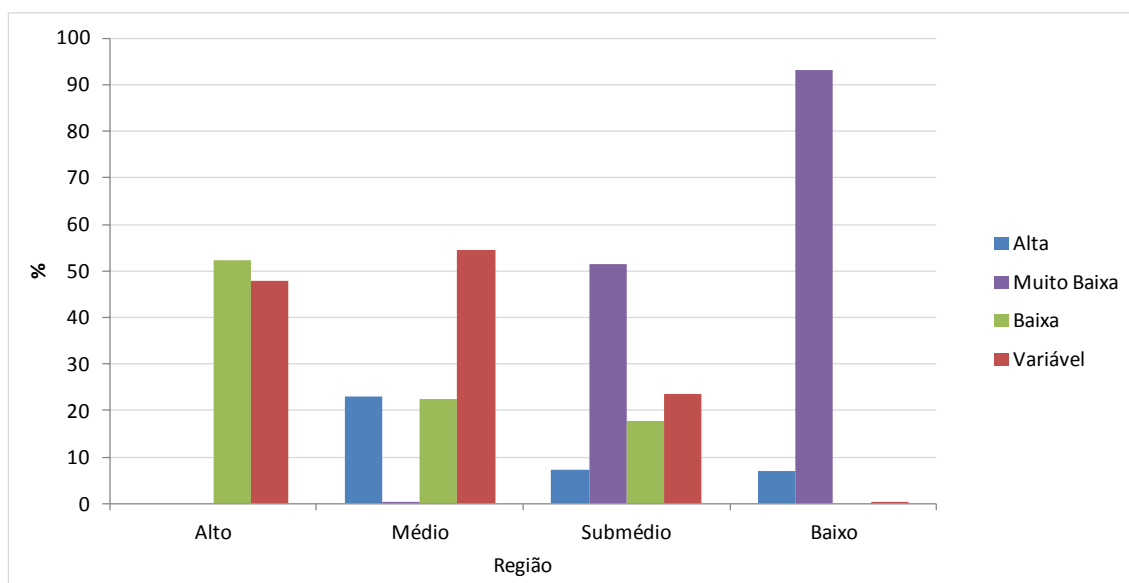


Figura 26 – Favorabilidade hidrogeológica por região.

Fonte: CPRM, 2003; CPRM, 2010a; CPRM, 2010b; CPRM, 2010c; CPRM, 2012; CPRM, 2013a.

2.1.4. Geomorfologia

A. DOMÍNIOS MORFOESTRUTURAIS E MORFOCLIMÁTICOS

A compartimentação geomorfológica da bacia do S. Francisco é particularmente influenciada pelo arcabouço geológico (natureza das rochas) e a complexa evolução experimentada pelo território brasileiro (tectônica), à qual se associam as condições climáticas variáveis regionalmente e ao longo do tempo.

Cerca de metade da bacia do S. Francisco abrange o domínio morfoestrutural dos **Crátons Neoproterozóicos**, em particular o Cratón S. Francisco. O Cratón S.

Francisco corresponde a uma zona relativamente estável de terrenos mais antigos de natureza metamórfica e granitóide sujeitos a diversos fenômenos erosivos que originaram diversificados compartimentos morfológicos como depressões, patamares, serras e chapadas.

Parte significativa deste domínio na bacia do S. Francisco (pertencente ao Nordeste brasileiro) corresponde a zonas de depressões intermontanhas e interplanálticas semiáridas (domínio morfoclimático de Caatinga). Já na parte oriental e Sul da bacia há uma relativa correspondência com o domínio morfoclimático Chapadões tropicais interiores com cerrados e florestas-galerias (Cerrado).

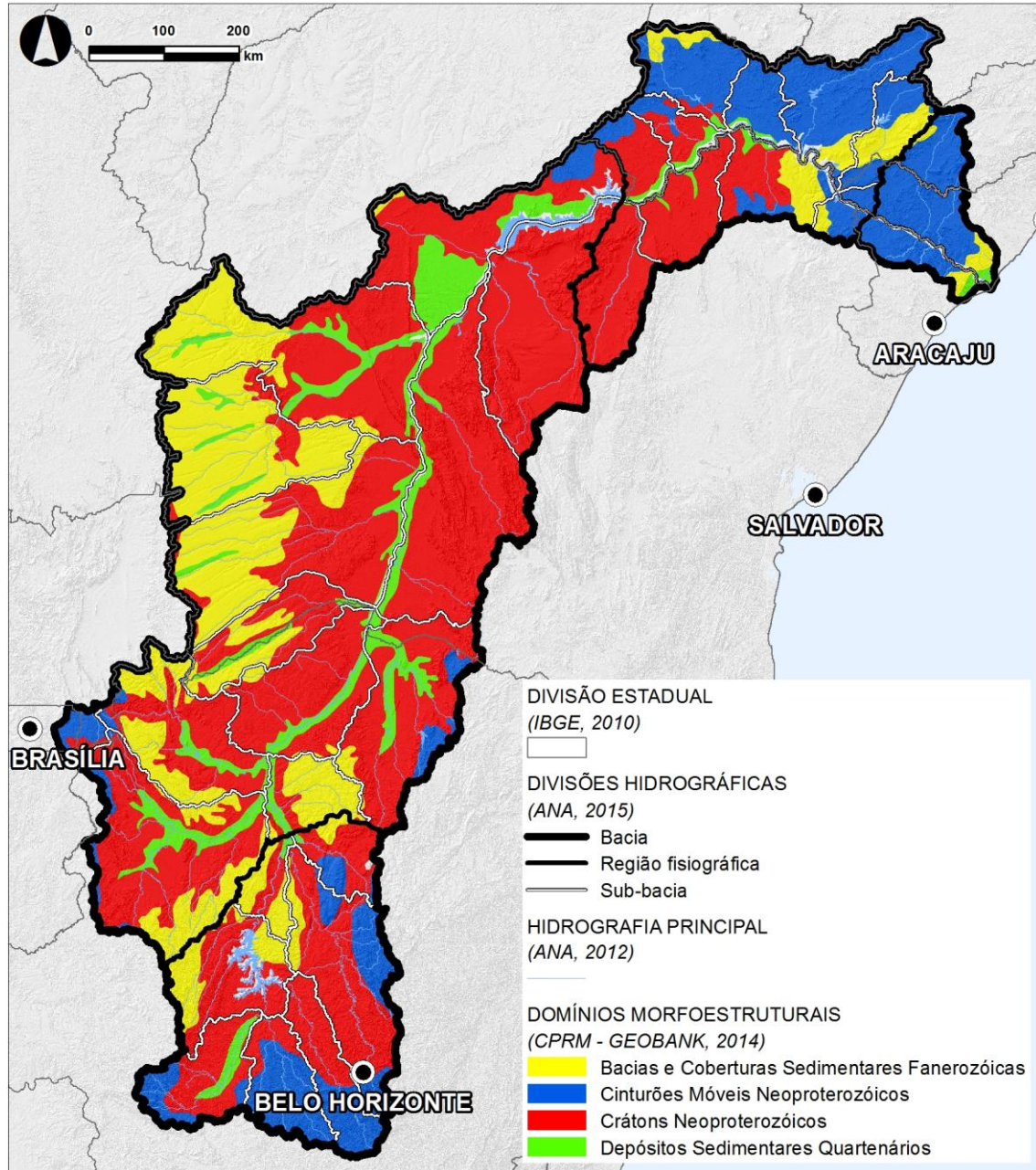


Figura 27 – Domínios morfoestruturais (Mapa 26 do Volume 9, reduzido).

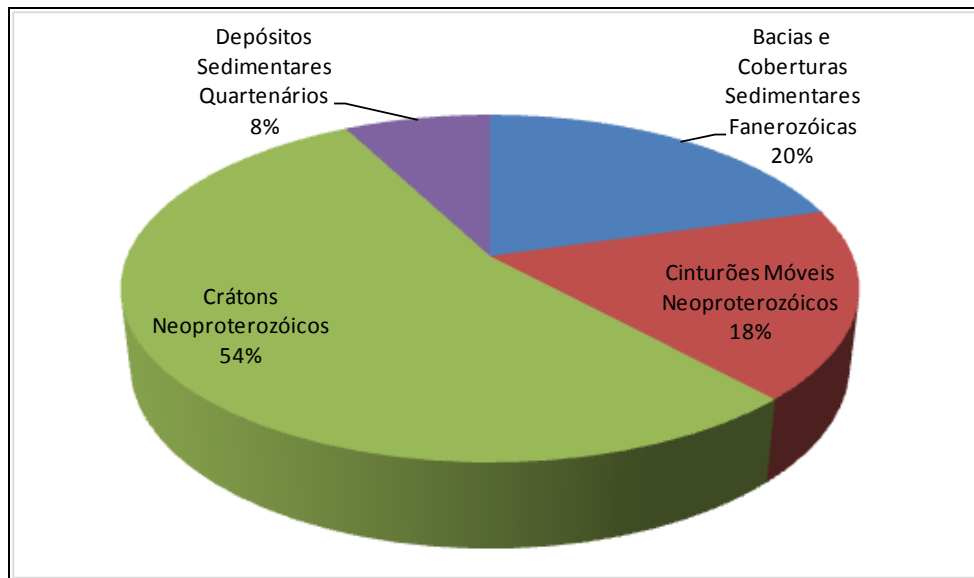


Figura 28 – Distribuição dos domínios morfoestruturais na bacia do S. Francisco.

Fonte: INDE, 2014.

Sobre as rochas do embasamento cristalino do Cratón desenvolvem-se as **Bacias e coberturas sedimentares do Fanerozóico**. Estas zonas de baixa altitude coincidem com um conjunto de bacias sedimentares de particular destaque no Nordeste Brasileiro e de coberturas detríticas dispersas, a maioria do Cenozóico, mas também do Mesozóico, como é o caso dos terrenos sedimentares cretáceos do Grupo Urucuia. Devido, em grande parte, às características geológicas ocorrem associadas a chapadas e a zonas de tabuleiro.

Quadro 15 – Principais bacias sedimentares na bacia hidrográfica do rio S. Francisco.

| Região fisiográfica | Bacias sedimentares |
|---------------------|---|
| Alto | ----- |
| Médio | Parnaíba (Mesozóico), Urucuia (Mesozóico) |
| Submédio | Tucano (Mesozóico), Jatobá (Cenozóico), Araripe (Cenozóico) |
| Baixo | Alagoas (Cenozóico), Sergipe (Cenozóico) |

A única região da bacia de S. Francisco que não abrange o domínio dos Crátons Neoproterozóicos é o Baixo S. Francisco. Nesta região predominam os terrenos dos **Cinturões Móveis Neoproterozóicos** (84% da região). Estes terrenos ocorrem de forma também expressiva no Alto e no Submédio S. Francisco (sobretudo no estado de Pernambuco). Os Cinturões Móveis Neoproterozóicos estão associados aos terrenos metamórficos e ígneos do Proterozóico e do Eoarqueano, representados por extensas áreas de planalto, serras e depressões interplanálticas resultantes da erosão de antigas cadeias montanhosas.

A cobrir todos os domínios ocorrem os **Depósitos sedimentares quaternários**, representados por zonas deprimidas de acumulação de sedimentos na dependência de ambientes aquáticos fluviais, marinhos, de transição ou eólicos. Este domínio tem maior expressão nas zonas de influência direta do rio S. Francisco, nos cursos de água adjacentes e junto à foz, mas também nas zonas de afloramento de depósitos eólicos no estado da Bahia.

B. COMPARTIMENTOS E UNIDADES DE RELEVO

As **depressões** são o compartimento de relevo com maior expressão na bacia hidrográfica (40%). Correspondem a relevos planos e ondulados que ocupam, em grande parte dos casos, mais de metade da área das regiões em que se subdivide. Das principais depressões abrangidas refiram-se a do Alto-Médio e a do Baixo-Médio Rio São Francisco, que ocupam 18% e 12% da região hidrográfica, respectivamente (Mapa 27, Volume 9).

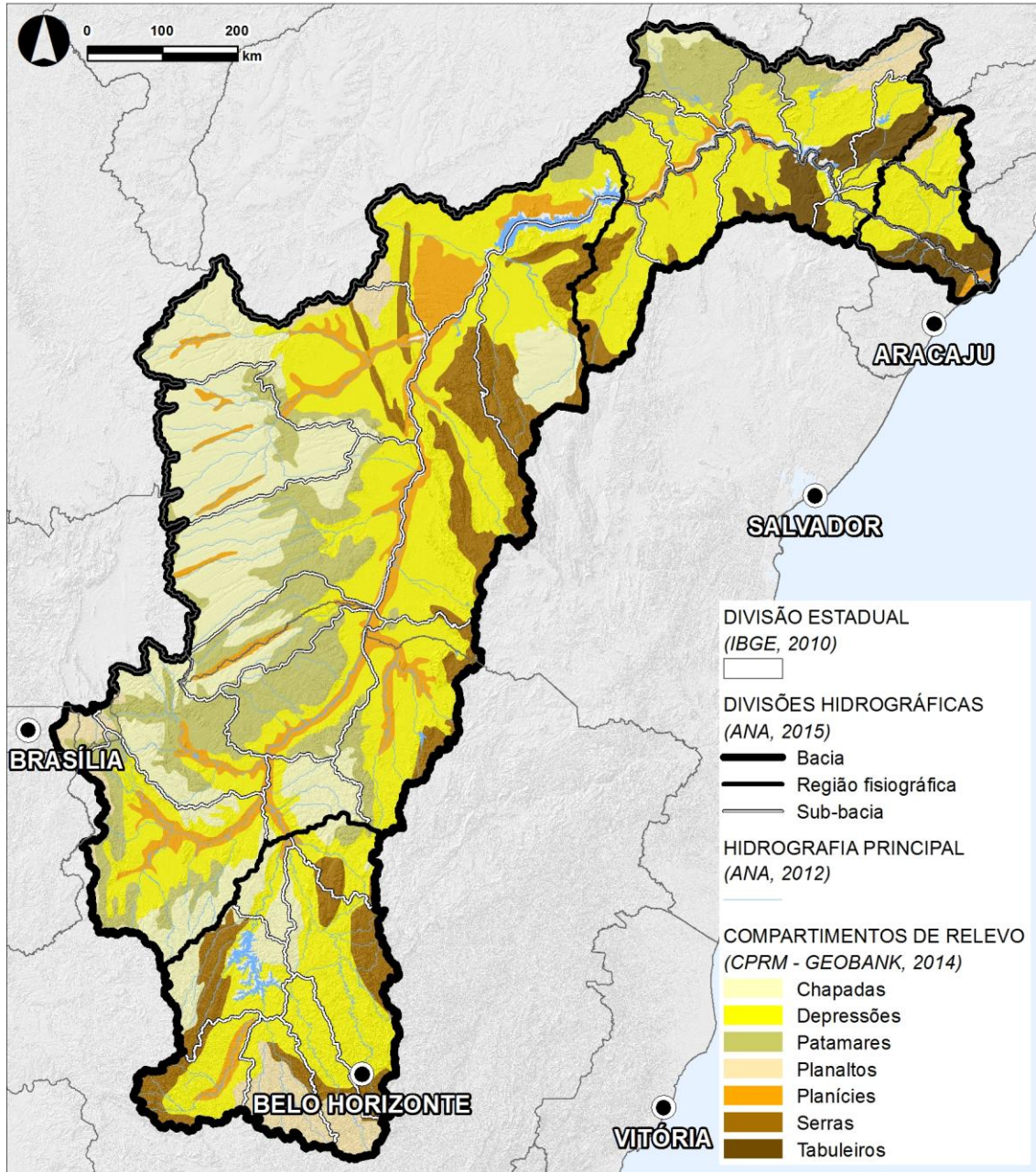


Figura 29 – Compartimentos de relevo (Mapa 27 do Volume 9, reduzido).

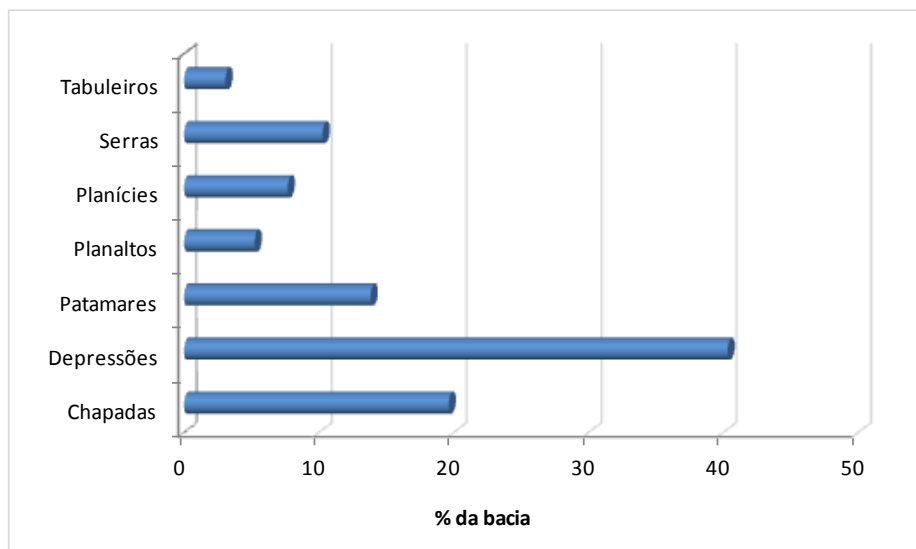


Figura 30 – Principais compartimentos de relevo na bacia do S. Francisco.

Fonte: INDE, 2014.

Em termos de área seguem-se as **chapadas** (20% da região hidrográfica), relevos relativamente altos de topo aplanado, com zonas escarpadas no seu limite e suportadas em rochas sedimentares. De todas as áreas de chapada, pela área que ocupam, destacam-se as Chapadas do Rio São Francisco (18% da área da bacia hidrográfica), em particular no Médio S. Francisco (16% da região).

Quadro 16 – Distribuição de compartimentos de relevo, por região, na bacia hidrográfica do rio S. Francisco.

| Compartimento | Região fisiográfica (% de área ocupada) | | | |
|----------------|---|-------|----------|-------|
| | Alto | Médio | Submédio | Baixo |
| Planícies | 2,4 | 10,3 | 3,0 | 3,7 |
| Depressões | 46,3 | 33,0 | 53,3 | 58,8 |
| Serras | 22,4 | 9,2 | 4,6 | ----- |
| Planaltos | 13,4 | 2,6 | 6,4 | 7,7 |
| Patamares | 0,9 | 16,6 | 17,2 | ----- |
| Chapadas | 13,1 | 26,8 | 2,1 | ----- |
| Tabuleiros | ----- | ----- | 11,4 | 26,8 |
| Corpos de água | 1,5 | 1,4 | 2,1 | 3,1 |

Fonte: INDE, 2014.

Os **patamares**, relevos altos de superfície irregular, ocupam 14% do total da bacia hidrográfica, destacando-se pela sua extensão os Patamares dos Rios São Francisco/Tocantins (Médio S. Francisco) e Sertanejo (Submédio S. Francisco).

Cerca de 10% do território da bacia são ocupadas por **serras**, sendo que grande parte ocupa áreas do Alto e Médio S. Francisco. As serras da bacia hidrográfica correspondem a relevos irregulares, orientados, em geral, segundo duas direções principais: NNW-SSE e NNE-SSW.

Quadro 17 – Principais serras na bacia hidrográfica do rio S. Francisco.

| Região fisiográfica | Serras |
|---------------------|---|
| Alto | Quadrilátero Ferrífero, Espinhaço Meridional, Canastra, Saudade |
| Médio | Espinhaço Meridional, Espinhaço Setentrional, Diamantina |
| Submédio | Diamantina, Jacobina e do Orobó |
| Baixo | ----- |

As zonas baixas e aplanadas de **planície** ocupam 8% da região, ou seja, todas as zonas de dependência do rio S. Francisco e de influência do domínio marinho onde ocorre a deposição de sedimentos. No compartimento planície integram-se ainda os Campos de Dunas do Médio Rio São Francisco (Médio S. Francisco).

Os **planaltos**, compartimentos de relevo elevados relativamente aos adjacentes, ocupam zonas bem delimitadas geograficamente (5% da bacia): Planaltos Centro-Sul Mineiro (Alto S. Francisco), do Distrito Federal (Médio S. Francisco) e da Borborema (Submédio S. Francisco).+

Por fim refiram-se os **tabuleiros**, relevos de altitude relativamente baixa e com superfície tabular, que ocupam apenas 3% da bacia hidrográfica, concentrando-se no Submédio e Baixo S. Francisco (Tabuleiros de Tonã/Jatobá e dos Rios Real/Vaza-Barris).

**Quadro 18 – Principais unidades de relevo na bacia hidrográfica do rio S.
Francisco.**

| Região fisiográfica | % das principais unidades de relevo por região |
|----------------------------|--|
| Alto | Depressão do Alto-Médio Rio São Francisco (41%), Chapadas do Rio São Francisco (13%), Planalto Centro-Sul Mineiro (13%), Serras do Espinhaço Meridional (8%), Depressão de Belo Horizonte (6%), Serra da Saudade (6%), Serras do Quadrilátero Ferrífero (4%), Serra da Canastra (3%), corpos de água (2%), Planície do Rio São Francisco (2%), Patamares dos Rios São Francisco/Tocantins (1%) |
| Médio | Chapadas do Rio São Francisco (25%), Depressão do Alto-Médio Rio São Francisco (18%), Patamares dos Rios São Francisco/Tocantins (16%), Depressão do Médio-Baixo Rio São Francisco (12%), Planície do Rio São Francisco (8%), Serras da Diamantina (6%), Baixadas dos Rios Jacaré/Salitre (3%), Serras do Espinhaço Setentrional (3%), Campos de Dunas do Médio Rio São Francisco (2%), Chapadas de Irecê e Utinga (2%). Patamar Sertanejo (1%), Planalto da Tabatinga (1%), Planalto do Distrito Federal (1%), Serras do Espinhaço Meridional (1%), corpos de água (1%) |
| Submédio | Depressão do Médio-Baixo Rio São Francisco (24%), Patamar Sertanejo (17%), Depressão de Floresta (13%), Tabuleiros de Tonã/Jatobá (10%), Baixadas dos Rios Jacaré/Salitre (9%), Planalto da Borborema (6%), Depressão do Baixo Rio São Francisco (5%), Serras da Diamantina (4%), Planície do Rio São Francisco (3%), Chapada do Araripe (2%), Tabuleiros dos Rios Real/Vaza-Barris (2%), corpos de água (2%), Depressão dos Rios Paraguaçu/Itapicuru (1%), Planalto Sertanejo (1%) |
| Baixo | Depressão do Baixo Rio São Francisco (59%), Tabuleiros dos Rios Real/Vaza-Barris (17%), Planalto da Borborema (8%), Tabuleiros Costeiros (8%), Planícies Marinhas (3%), Tabuleiros de Tonã/Jatobá (2%), corpos de água (2%) |

Fonte: INDE, 2014.

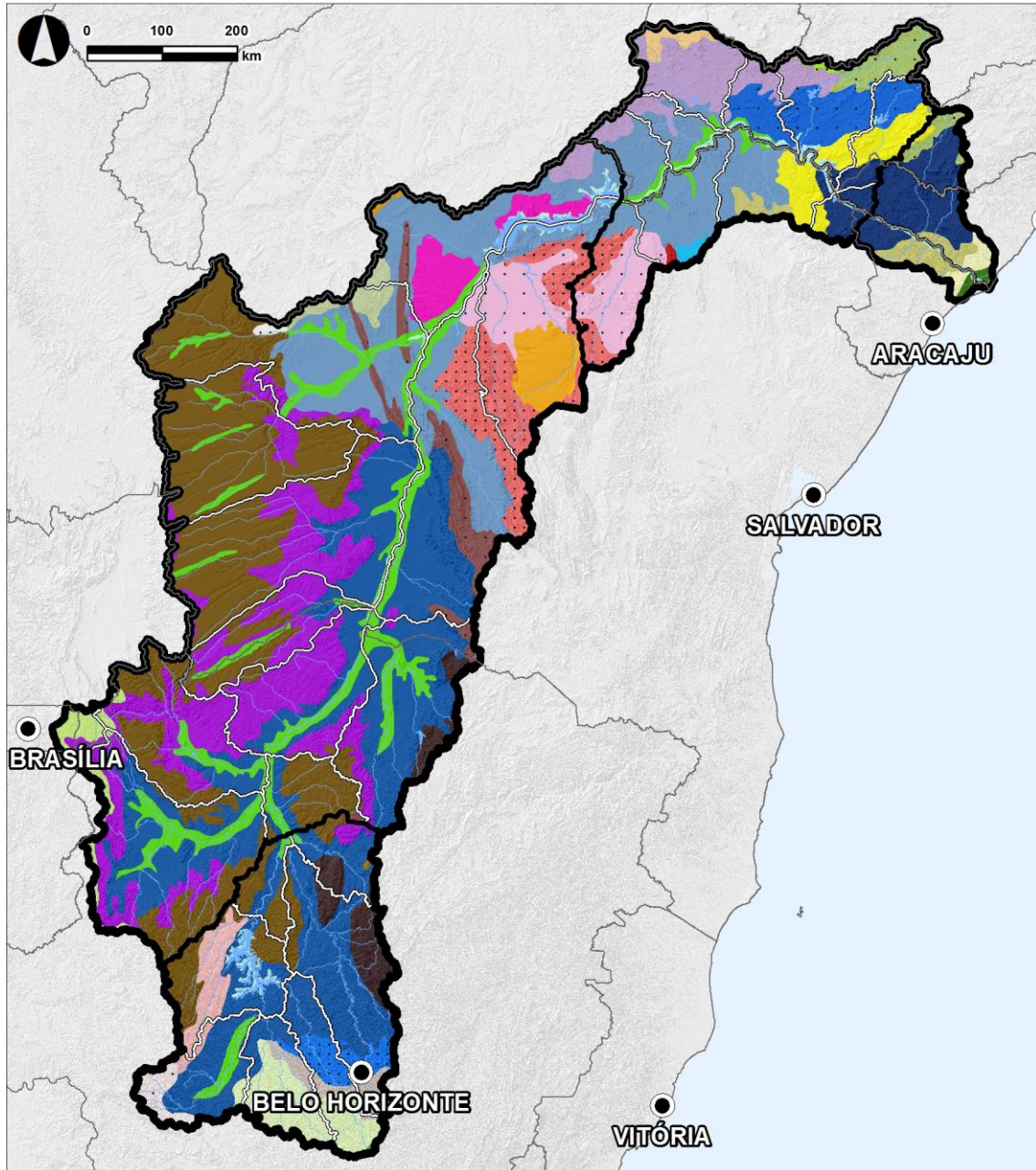





Figura 31 – Unidades fisiográficas (Mapa 28 do Volume 9, reduzido).

LEGENDA:

DIVISÃO ESTADUAL (IBGE, 2010)















DIVISÕES HIDROGRÁFICAS (ANA, 2015)

-  Bacia
-  Região fisiográfica
-  Sub-bacia

HIDROGRAFIA PRINCIPAL (ANA, 2012)



NOME DE UNIDADE (CPRM - GEOBANK, 2014)

-  Baixadas dos Rios Jacaré/Salitre
-  Campos de Dunas do Médio Rio São Francisco
-  Chapada do Araripe
-  Chapadas de Irecê e Utinga
-  Chapadas do Alto Rio Parnaíba
-  Chapadas do Rio Jequitinhonha
-  Chapadas do Rio São Francisco
-  Depressão de Belo Horizonte
-  Depressão de Floresta
-  Depressão do Alto-Médio Rio São Francisco
-  Depressão do Baixo Rio São Francisco
-  Depressão do Médio-Baixo Rio São Francisco

-  Depressão dos Rios Paraguaçu/Itapicuru
-  Massas de água
-  Patamar Sertanejo
-  Patamares dos Rios São Francisco/Tocantins
-  Planalto Centro-Sul Mineiro
-  Planalto Sertanejo
-  Planalto da Borborema
-  Planalto da Tabatinga
-  Planalto do Distrito Federal
-  Planalto dos Campos das Vertentes
-  Planície do Rio São Francisco
-  Planícies Marinhas
-  Rampas das Cabeceiras do Rio Parnaíba
-  Serra da Canastra
-  Serra da Saudade
-  Serras da Diamantina
-  Serras de Jacobina e do Orobó
-  Serras do Espinhaço Meridional
-  Serras do Espinhaço Setentrional
-  Serras do Quadrilátero Ferrífero
-  Tabuleiros Costeiros
-  Tabuleiros de Tonã/Jatobá
-  Tabuleiros do Recôncavo/Tucano
-  Tabuleiros dos Rios Real/Vaza-Barris
-  Vão do Paraná

C. MODELADO E FORMAS DE RELEVO

As principais unidades e padrões de relevo estão associados, em geral, a modelados característicos resultantes de uma gênese comum e de processos morfogenéticos atuantes. Na bacia hidrográfica do S. Francisco as principais formas de relevo estão sobretudo relacionadas com modelados de aplanamento, dissecação, acumulação e dissolução.

Os modelados de **aplanamento** ocupam grande parte da bacia, sobretudo as depressões e as chapadas, mas também os topos de serras. Inclui as superfícies de aplanamento por erosão, levemente onduladas, dos climas semiáridos (pediplanação).

Seguem-se as formas associadas ao modelado de **dissecação**, que ocorrem em zonas de transição de chapada e de planaltos para as depressões, mas também nas serras, patamares e planaltos. As formas de dissecação incluem topos aguçados, convexos e tabulares, e perfis de vertentes em ravina.

Por fim, e embora menos extensas, refiram-se as áreas ocupadas por formas do modelado de **acumulação**, associadas aos ambientes fluviais e marinhos, e aos depósitos de acumulação eólica. Incluem as planícies e os terraços fluviais, bem como as planícies marinhas e de transição entre o domínio terrestre e marinho.

O modelado de **dissolução** está essencialmente associado às rochas de natureza carbonatada e as formas predominantes são as cavidades cársticas, em alguns casos preenchidas por solos. Ocorrem ainda algumas cavidades associadas à dissolução de fraturas em rochas cristalinas e sedimentares consolidadas (quartzitos, arenitos, minérios de ferro, entre outras litologias).

O Plano de Ação Nacional para a Conservação do Patrimônio Espeleológico nas Áreas Cársticas da Bacia do Rio São Francisco (ICMBio, 2012) refere serem conhecidas, aproximadamente, 10.000 cavernas na área do plano. De acordo com o (CECAV, 2014), no Alto e Médio S. Francisco estão atualmente identificadas mais de 5.300 cavidades, sendo que os fenômenos de dissolução terão tido um papel de particular relevância no seu desenvolvimento.

D. HIPSOMETRIA

A bacia hidrográfica do S. Francisco apresenta uma ampla variabilidade altimétrica desde a nascente até à foz. As cotas mais altas (entre 2.000 e 2.050 m) são atingidas na Serra Diamantina. Aproximadamente 75% da área da bacia do S. Francisco tem altitudes compreendidas entre 350 e 800 m. As cotas inferiores a 50 m ocorrem na parte jusante do S. Francisco, sobretudo na proximidade da foz (Mapa 29, Volume 9).

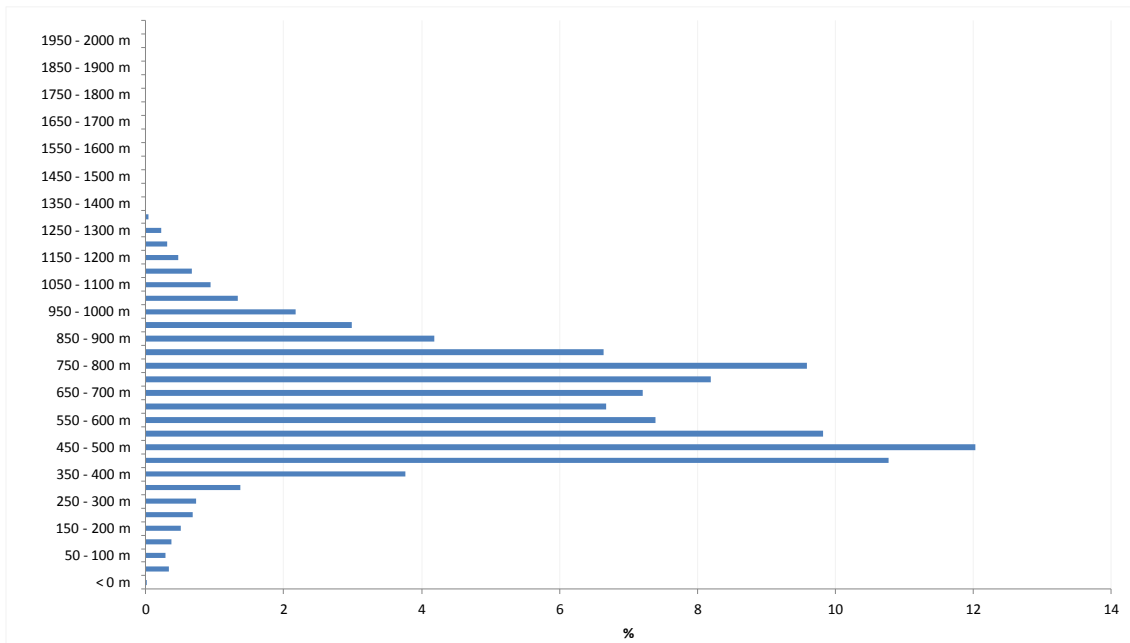


Figura 32 – Distribuição da altimetria na bacia hidrográfica do S. Francisco.

Fonte: MDT obtido através de SRTM ~90 m.

No **Alto S. Francisco** as cotas variam entre os 450 e os 1.850 m, sendo que 86% da área apresenta altitudes entre os 600 e os 1.200 m. As cotas mais elevadas ocorrem sobretudo no município de Ouro Preto, nas Serras do Quadrilátero Ferrífero. As restantes zonas altas (superiores a 900 m) ocorrem associadas às outras serras da região (Espinhaço Meridional, Saudade e Canastra) e no limite Sul da bacia ao Planalto Centro-Sul Mineiro.

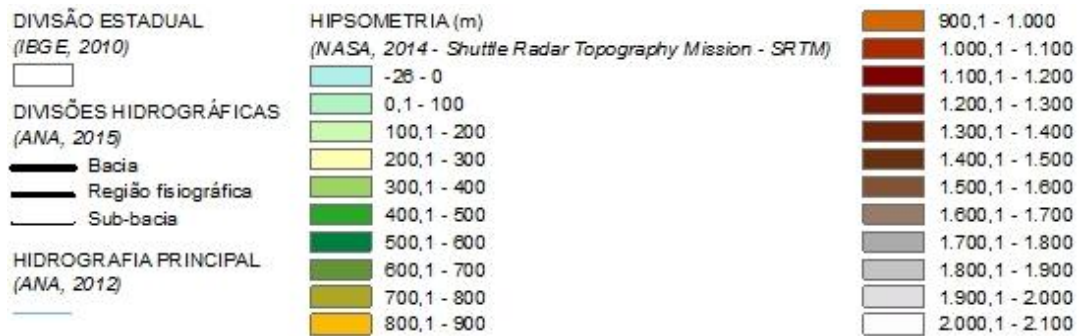
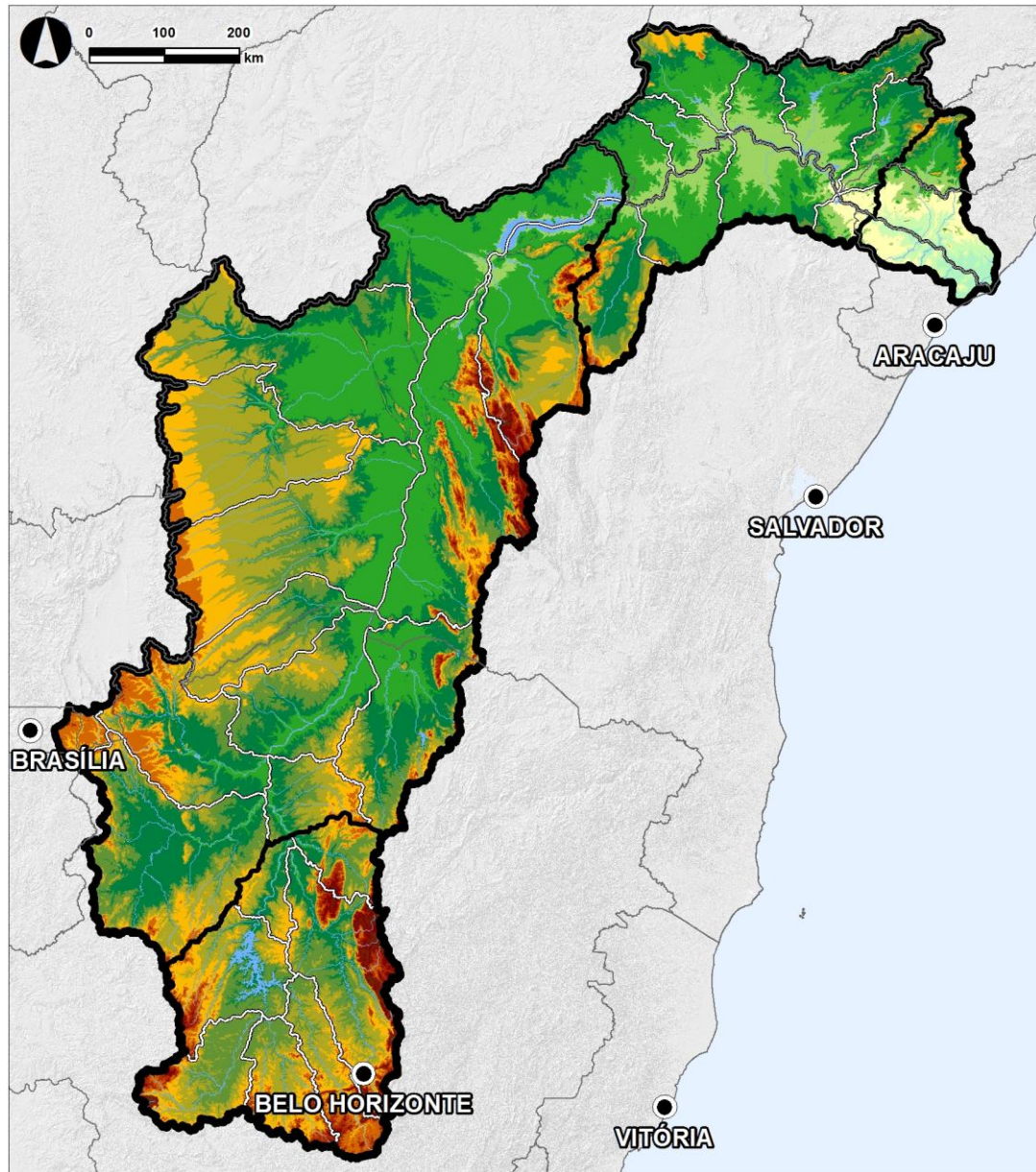


Figura 33 – Hipsometria (Mapa 29 do Volume 9, reduzido).

No **Médio S. Francisco** as cotas variam entre 350 e 2.050 m, sendo que 90% estão compreendidas entre os 400 e os 900 m. 27% da região apresenta cotas entre 350 e 500 m, grande parte abrangendo a extensa zona das Depressões do Alto-Médio-Baixo S. Francisco, bem como as Baixadas dos Rios Jacaré/Salitre ou os Campos de Dunas do Médio Rio São Francisco. Na parte ocidental da região referam-se as cotas compreendidas entre os 650 e os 950 m, coincidentes com as Chapadas do Rio S. Francisco.

No **Submédio S. Francisco** verifica-se uma diminuição expressiva da altitude relativamente ao Médio S. Francisco, registrando-se cotas entre zero e 1.300 m. Aproximadamente 84% da região apresenta altitudes compreendidas entre 300 e 650 m. As cotas superiores a 1.200 m ocorrem no estado da Bahia, associadas aos flancos Nordeste das Serras da Diamantina. Refiram-se ainda as cotas da Bacia do Araripe, no extremo Norte da região, entre 800 e 900 m.

No **Baixo S. Francisco** as cotas variam entre zero e 1.150 m, sendo que as cotas superiores a 1.000 m estão sobretudo associadas ao planalto Borboreama. 81% da região tem altitudes até aos 450 m. As altitudes abaixo dos 50 m ocorrem junto à foz, associadas aos tabuleiros costeiros.

E. DECLIVES

Uma das características da bacia do S. Francisco é o relevo aplanado de grande parte da sua extensão (Mapa 30, Volume 9). De fato, metade da bacia apresenta declives inferiores a 3%, sendo que apenas 3% do território apresenta declives muito acentuados (> 25%). Os declives muito acentuados ocorrem sobretudo no Alto e Médio S. Francisco e, à semelhança do que se verifica com as altitudes, ocorrem associadas às principais serras destas regiões, mas também às zonas de patamares.

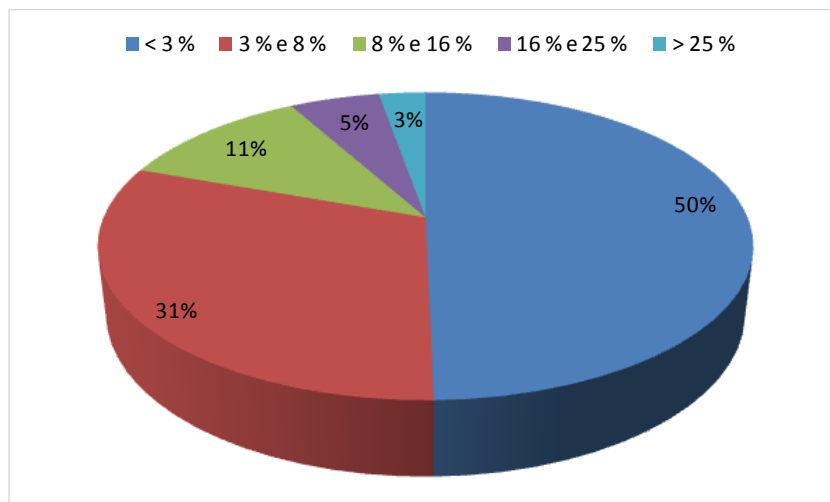


Figura 34 – Distribuição de declives na bacia hidrográfica do S. Francisco.

Fonte: MDT obtido através de SRTM ~90 m.

Não obstante a declividade mais acentuada do **Alto S. Francisco**, 53% da região apresenta um relevo suave a plano, consonante com o predomínio espacial da Depressão do Alto-Médio Rio São Francisco. Aproximadamente 28% da região apresenta relevo moderadamente acentuado (declives compreendidos entre 8 e 16%).

No **Médio S. Francisco** o relevo aplanado a suave distribui-se por 85% da região, ocorrendo associado às Depressões do Alto-Médio e Médio-Baixo Rio São Francisco, mas também às Chapadas do Rio São Francisco, às Baixadas dos Rios Jacaré/Salitre, aos Campos de Dunas do Médio Rio São Francisco e às Chapadas de Irecê e Utinga.

No **Submédio e Baixo S. Francisco** predomina também o relevo aplanado-suave (respectivamente 89% e 77%), sendo que à medida que o rio S. Francisco avança em direção à foz, na zona de encaixe dos metassedimentos-metavulcânitos da Depressão do Baixo Rio São Francisco e dos Tabuleiros dos Rios Real/Vaza-Barris, ocorrem declives muito acentuados.

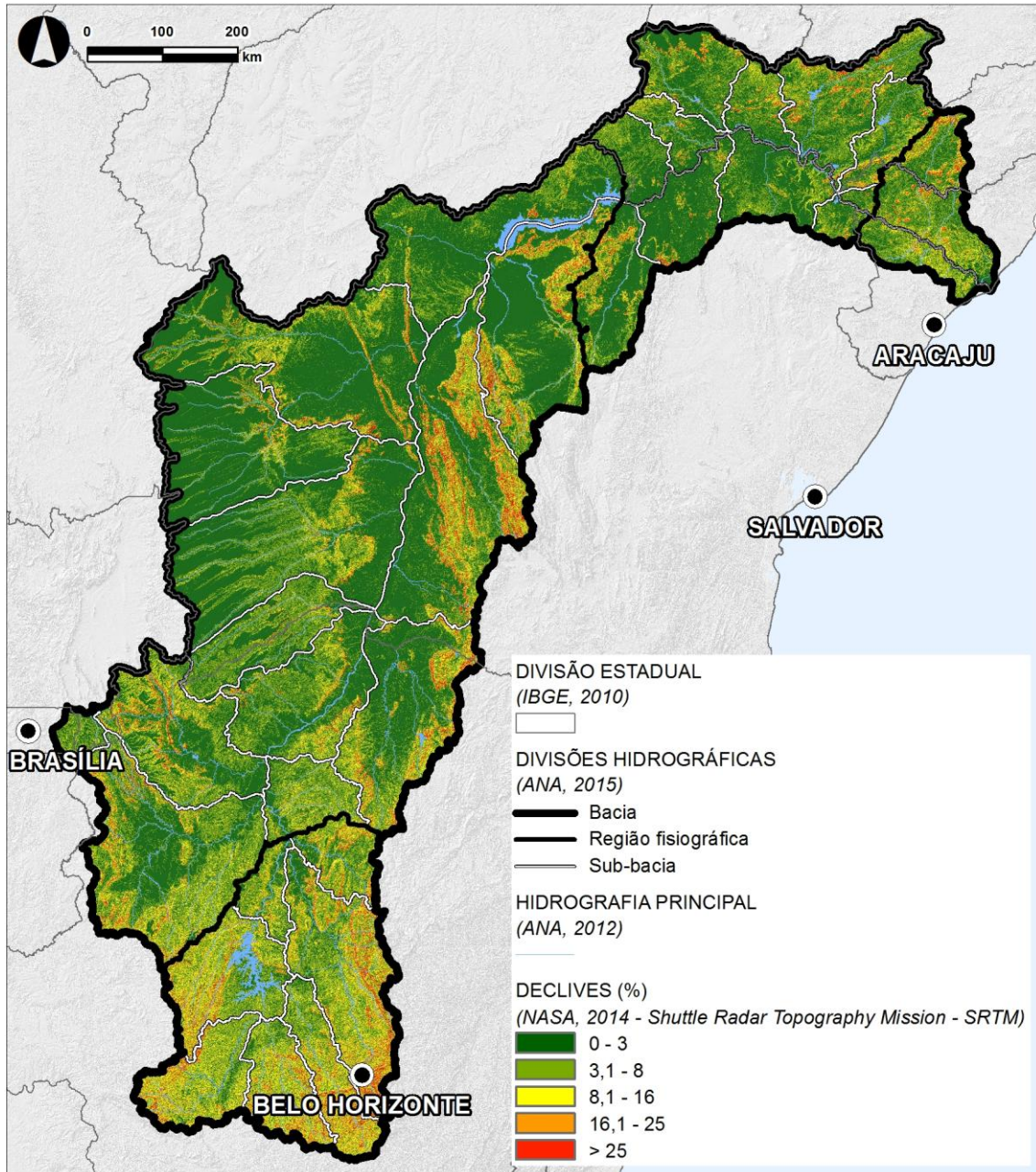


Figura 35 – Declives (Mapa 30 do Volume 9, reduzido).

Quadro 19 – Distribuição de compartimentos de relevo, por região, na bacia hidrográfica do rio S. Francisco.

| Classe de declive | Relevo | Região fisiográfica (% de área ocupada) | | | |
|-------------------|-----------------|---|-------|----------|-------|
| | | Alto | Médio | Submédio | Baixo |
| < 3 % | Plano | 16 | 57 | 56 | 33 |
| 3 % e 8 % | Suave | 37 | 28 | 33 | 44 |
| 8 % e 16 % | Moderado | 28 | 9 | 6 | 14 |
| 16 % e 25 % | Acentuado | 14 | 4 | 3 | 6 |
| > 25 % | Muito acentuado | 5 | 2 | 2 | 3 |

F. SUSCETIBILIDADE A RISCOS GEOLÓGICOS

A bacia hidrográfica do rio S. Francisco apresenta suscetibilidade a um conjunto de processos condicionantes de riscos geológicos, fruto da complexidade do contexto geológico, fisiográfico e climatológico.

De acordo com as Cartas de Geodiversidade do Brasil ao Milionésimo dos estados abrangidos pelo plano, existem várias áreas com condições predisponentes para a ocorrência preferencial de **movimentos de massa de vertente**. São também suscetíveis de ocorrer situações de subsidência cárstica, bem como processos erosivos, instabilidade de terrenos de fundação, enchentes e alagamentos e, de forma localizada, o avanço de dunas (Mapa 31, Volume 9).

Quadro 20 – Principais aspectos de suscetibilidade ao risco geológico na bacia hidrográfica do rio S. Francisco.

| 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: CPRM, 2003; CPRM, 2010a; CPRM, 2010b; CPRM, 2010c; CPRM, 2012; CPRM, 2013a.

Embora a suscetibilidade a movimentos de massa de vertente seja relativamente comum a todas as regiões, é no Alto S. Francisco que se podem verificar as ocorrências mais críticas, sobretudo nas sub-bacias das Velhas, Paraopeba e, pontualmente, Pará.

De fato, de acordo com o Mapa Previsional de Suscetibilidade a Movimentos de Massa nos Municípios Brasileiros (CPRM, 2011), vários municípios do estado de Minas Gerais estão identificados como pertencendo a um dos duzentos e cinquenta e um municípios com graus muito alto e alto a processos de deslizamento. Refira-se inclusivamente que o município de Ibitaré foi um dos mais atingidos no Brasil com movimentos de massa de vertente entre as ocorrências verificadas entre 1991 e 2012 (UFSC, 2013).

Quadro 21 – Municípios do estado de Minas Gerais, na Bacia de S. Francisco, com suscetibilidade a movimentos de massa de vertente.

| Suscetibilidade | Municípios de Minas Gerais na Bacia de S. Francisco |
|-----------------|--|
| Muito Alta | Belo Horizonte, Betim, Contagem, Ibitaré, Nova Lima, Ouro Preto, Ribeirão das Neves, Sabará, Santa Luzia, Vespasiano |
| Alta | Caeté, Belo Vale, Brumadinho, Congonhas, Itaúna, Raposos |

Fonte: UFSC, 2013.

Esta suscetibilidade a movimentos de massa de vertente está essencialmente relacionada com afloramentos de rochas cristalinas metamórficas e ígneas do Mesoarqueano em zonas de maior declividade (nas zonas de serra) e à influência da estação das chuvas (entre Setembro e Março).

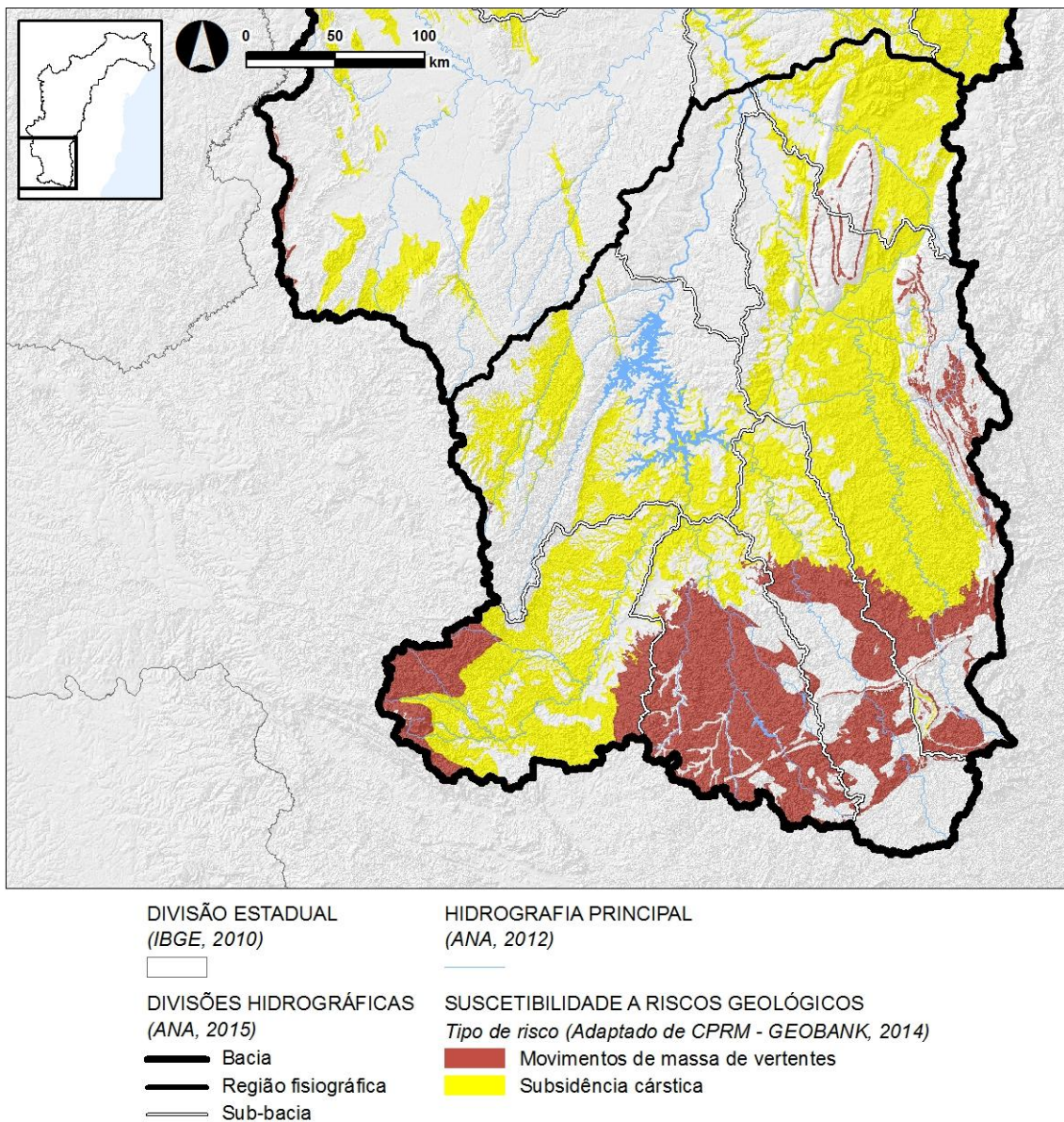


Figura 36 – Principais riscos geológicos no Alto S. Francisco (Mapa 31 do Volume 9, reduzido).

Fonte: CPRM, 2003; CPRM, 2010a; CPRM, 2010b; CPRM, 2010c; CPRM, 2012; CPRM, 2013a.

Nos estados de Sergipe, Pernambuco e Alagoas (Baixo e Submédio S. Francisco), para além dos terrenos do Neoproterozóico, há ainda situações da suscetibilidade associada às rochas metamórficas do Paleoproterozóico. As zonas de maior suscetibilidade a movimentos de massa de vertente nesta região ocorrem sobretudo na transição das zonas de tabuleiro para as de depressão.

A **suscetibilidade à subsidência cárstica** é igualmente expressiva no estado de Minas Gerais, mas em particular no estado da Bahia, devido ao afloramento de rochas carbonatadas e metacarbonatadas do Neoproterozóico (Alto e Médio S. Francisco). As zonas de subsidência cárstica ocorrem associadas a 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).

No estado da Bahia destacam-se as sub-bacias Corrente, Verde/Jacaré (Médio S. Francisco), Salitre e Curaça (Submédio S. Francisco). No estado de Minas Gerais as áreas com maior suscetibilidade à subsidência cárstica localizam-se em sub-bacias do Alto S. Francisco (Velhas, Afluentes Mineiros, Jequitai e Entorno Três Marias). No Médio S. Francisco abrangido pelo estado de Minas Gerais referam-se as sub-bacias Pandeiros/Pardo/Manga, Verde Grande, Paracatu e Pacuí.

Para além dos contextos geológico e geomorfológico, algumas destas áreas de maior suscetibilidade à subsidência cárstica, sobretudo no estado de Minas Gerais, mas também na Bahia, estão relacionadas com a retirada excessiva de água, com poços tubulares, que terão provocado situações de rebaixamento do nível de água no subsolo e o afundamento de terrenos.

Refira-se, contudo, que apesar desta suscetibilidade e de terem existido ocorrências desta natureza, os registros de recentemente terem ocorrido eventos significativos na bacia hidrográfica do S. Francisco são pontuais.

Um caso deste tipo foi identificado, em 2013, no município de Lapão (Médio S. Francisco/sub-bacia Verde/Jacaré), em que é referida a potencial interferência da exploração de águas subterrâneas na deformação/colapso dos terrenos carbonatados e, conseqüentemente, nos danos provocados em edifícios.

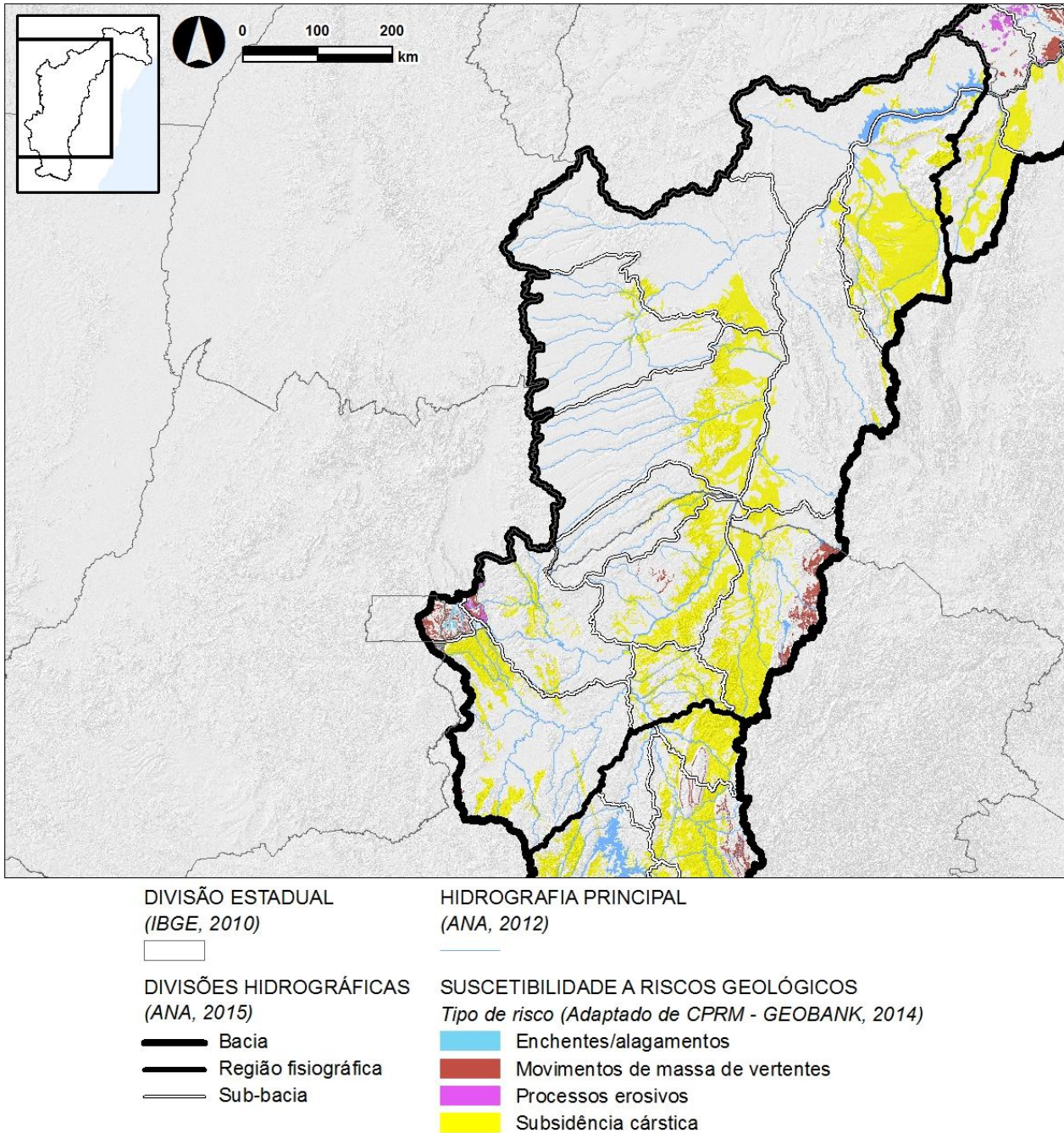


Figura 37 – Principais riscos geológicos no Médio S. Francisco (Mapa 31 do Volume 9, reduzido).

Fonte: CPRM, 2003; CPRM, 2010a; CPRM, 2010b; CPRM, 2010c; CPRM, 2012; CPRM, 2013a.

No Relatório Final da Ação Emergencial na Cidade do Lapão (CPRM, 2013b) é referido *”Com milhares de poços tubulares na cidade extraído de forma ininterrupta a água do subsolo na região para abastecimento e irrigação de culturas... sem que haja um conhecimento sustentável do volume de água que o aquífero pode fornecer, tem causado um rápido rebaixamento do nível de base do aquífero, levando a drenagem das cavidades subterrâneas”*.

A **suscetibilidade à instabilidade de terrenos de fundação** está assinalada exclusivamente nos estados de Sergipe e Alagoas (Baixo e Submédio S. Francisco). Estas áreas estão relacionadas com terrenos do Neoproterozóico e do Cenozóico em que escavações podem alcançar materiais portadores de argilominerais expansivos ou portadores de descontinuidades estruturais que comprometem obras. No estado de Sergipe a sub-bacia com maior suscetibilidade à instabilidade de terrenos de fundação é o Baixo S. Francisco, enquanto em Alagoas é o Baixo Ipanema/Baixo São Francisco (AL).

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 S. Francisco e afluentes, dos estados de Alagoas e Sergipe (Baixo e Submédio S. Francisco).

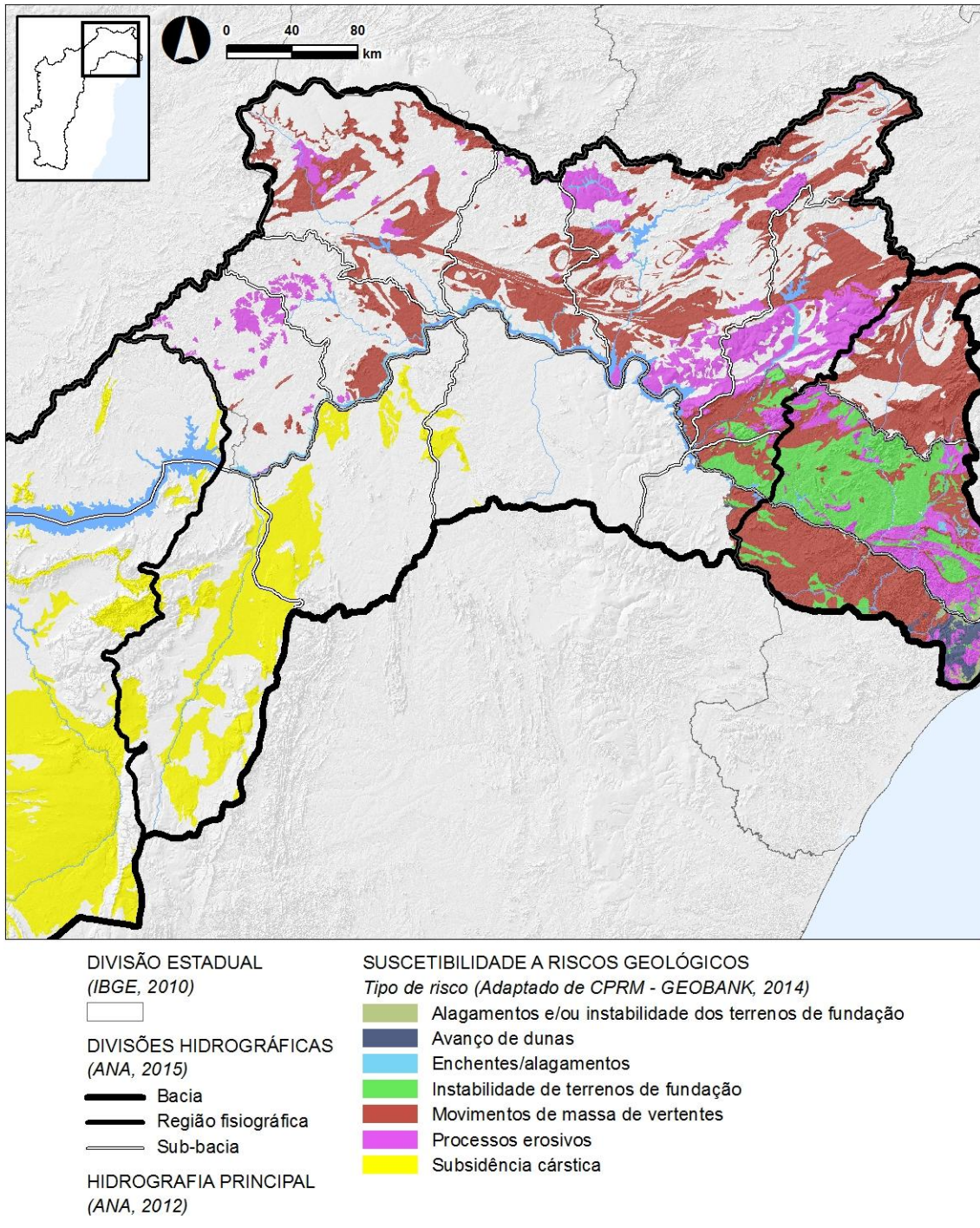


Figura 38 – Principais riscos geológicos no Submédio S. Francisco (Mapa 31 do Volume 9, reduzido).

Fonte: CPRM, 2003; CPRM, 2010a; CPRM, 2010b; CPRM, 2010c; CPRM, 2012; CPRM, 2013a.

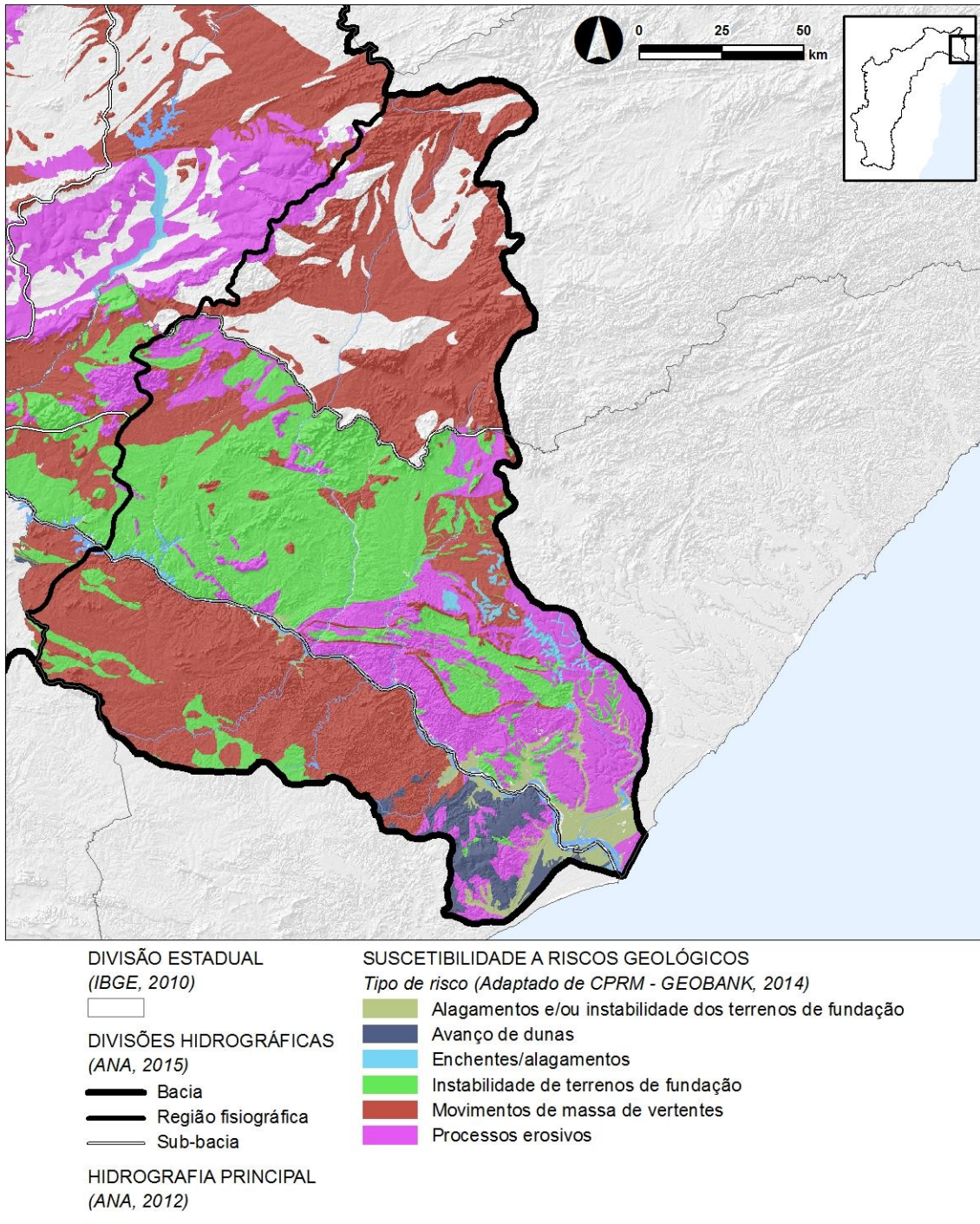


Figura 39 – Principais riscos geológicos no Baixo S. Francisco (Mapa 31 do Volume 9, reduzido).

Fonte: CPRM, 2003; CPRM, 2010a; CPRM, 2010b; CPRM, 2010c; CPRM, 2012; CPRM, 2013a.

A **suscetibilidade a processos erosivos** está assinalada em áreas de afloramento de terrenos do Neoproterozóico, em particular no estado de Goiás (Médio S. Francisco), devido à homogeneidade geomecânica lateral e ao espesso manto de alteração das rochas. Nos estados de Sergipe, Alagoas e Pernambuco os processos erosivos ocorrem associados aos terrenos sedimentares do Cenozóico (Baixo e Submédio S. Francisco).

O **avanço de dunas** não tem praticamente expressão na bacia do S. Francisco e está associado aos depósitos litorâneos cenozóicos do Baixo S. Francisco, no estado de Sergipe (margem Sul do rio S. Francisco, sub-bacia do Baixo S. Francisco (SE)).

2.1.5. Recursos minerais

A. PROVÍNCIAS MINEIRAS

A significativa diversidade do contexto geológico e evolutivo do Brasil explica a enorme diversidade dos recursos minerais presentes na bacia hidrográfica do rio S. Francisco e do número de províncias minerais³ por ela abrangidas.

³ Província Mineral – Área de grandes dimensões, com tamanho médio de 50.000 km², que abrange um ou mais ambientes geológicos geradores de várias concentrações de bens poliminerálicos (CPRM, 2009)

Quadro 22 – Províncias minerais abrangidas pela bacia hidrográfica do rio S. Francisco e tipologias dos contextos geológicos associados.

| Região fisiográfica | Províncias minerais | Contexto geológico associado |
|---------------------|---------------------------|---|
| Alto | Quadrilátero Ferrífero | Sequências metavulcanossedimentares tipo Greenstone Belt, sequências metassedimentares clásticas e clásto-químicas e corpos máficos/ultramáficos diferenciados associados a sequências vulcanossedimentares |
| | Espinhaço Meridional | Sequências metavulcanossedimentares, rochas sedimentares, processos intempéricos e intrusões félsicas |
| | Bacia do Bambuí | Rochas sedimentares e processos intempéricos |
| Médio | Centro-Sul Baiano | Sequências metavulcanossedimentares do tipo Greenstone Belt, rochas extrusivas, processos intempéricos e rochas sedimentares |
| Submédio | Centro-Norte Baiano | Sequências metavulcanossedimentares, rochas sedimentares e processos intempéricos |
| | Serrinha | Sequências vulcanossedimentares máficas e intrusões máficas-ultramáficas |
| | Borboreama | Metassedimentos clástoquímicos e intrusões félsicas |
| Baixo | Bacia do Recôncavo-Tucano | Rochas sedimentares |
| | Bacia Sergipe - Alagoas | Intrusões máfico-ultramáficas e processos intempéricos |

Fonte: CPRM, 2009.

Das várias províncias minerais abrangidas, destaca-se o **Quadrilátero Ferrífero** (Alto S. Francisco), em Minas Gerais, na qual existem significativos recursos minerais metálicos, em especial **ferro** e **ouro**. Refira-se que o Brasil possui 13,6% das reservas mundiais de ferro, sendo que 72,5% dessas reservas ocorrem no estado de Minas Gerais (DNPM, 2014c). Para além de uma importante região produtora de ferro, destacam-se ainda o **manganês** (do qual o Brasil possui 8,8% das reservas mundiais) e as **pedras preciosas** (esmeraldas, águas-marinhas, topázios imperiais e diamantes).

Especificamente no caso do ouro, há que considerar as reservas na província mineira da **Bacia do Bambuí**, onde se localiza o maior produtor deste recurso mineral (Médio S. Francisco).

Pela importância que tem a **barita** nas reservas mundiais (o Brasil possui 53,3% das reservas mundiais (DNPM, 2014b)), destacam-se também as explorações na província mineira do **Centro-Sul Baiano** (Médio S. Francisco).

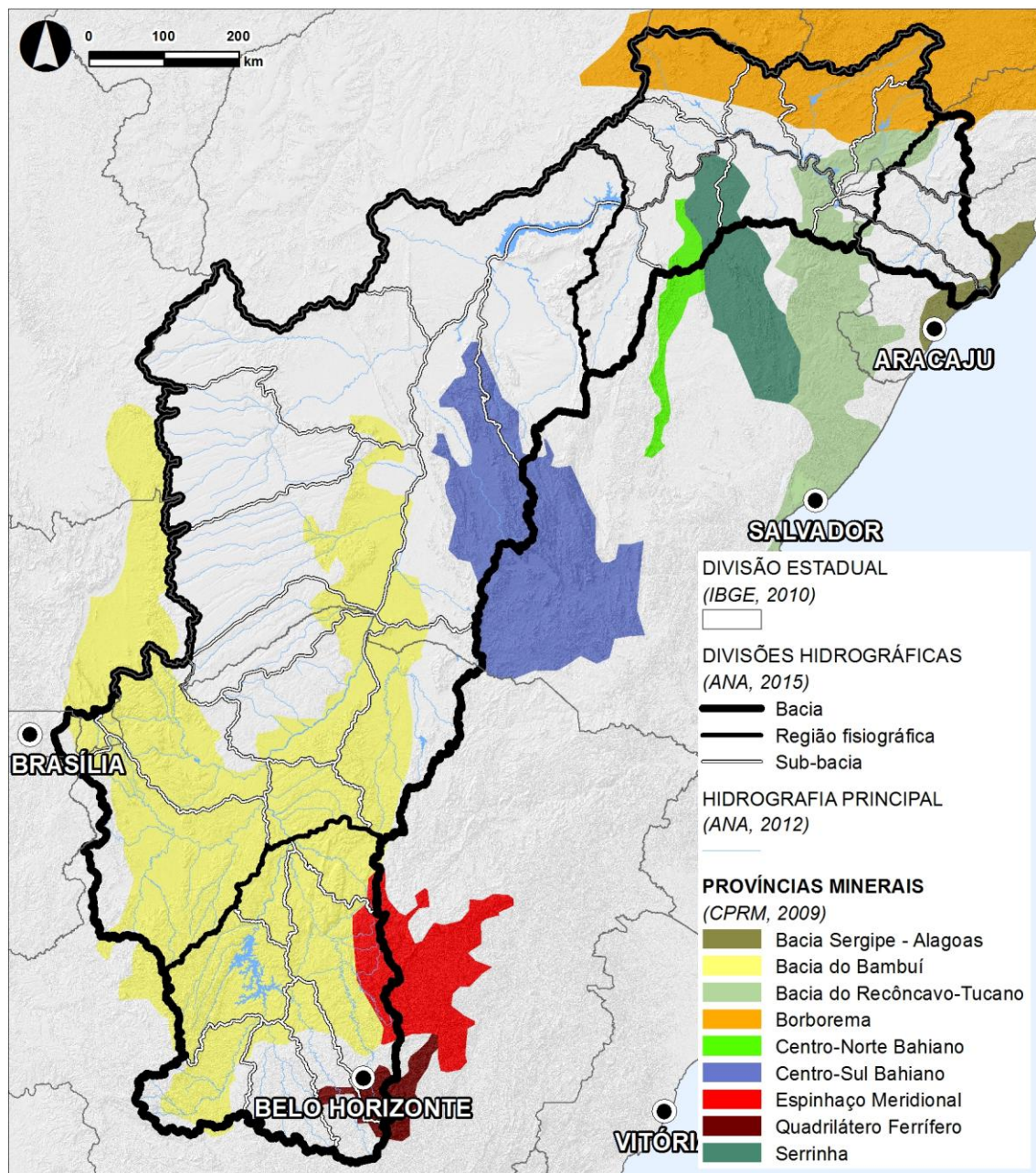


Figura 40 – Províncias minerais (Mapa 32 do Volume 9, reduzido).

B. TIPOLOGIAS DE RECURSOS MINERAIS

Os recursos minerais (potenciais e explotáveis) da bacia de S. Francisco subdividem-se pelas seguintes tipologias:

- Metálicos;
- Não metálicos;
- Gemas e pedras preciosas;
- Energéticos;
- Hídricos minerais.

Nos Mapas de Geodiversidade dos Estados abrangidos pelo plano estão cartografadas diversas **áreas de relevante interesse mineral** (CPRM, 2003; CPRM, 2010a; CPRM, 2010b; CPRM, 2010c; CPRM, 2012; CPRM, 2013a). As áreas de relevante interesse mineral caracterizam-se pelo seu conteúdo mineral comprovado ou pelo seu alto potencial mineral geologicamente reconhecido, tendo como vocação natural o seu aproveitamento pela atividade mineira. Assim, por serem raras e economicamente valiosas, (...) as áreas com recursos minerais comprovados ou potenciais devem ser preferencialmente reservadas para a pesquisa e exploração mineral (DINIZ, 2011).

Quadro 23 – Principais substâncias nas áreas de relevante interesse mineral abrangidas pela bacia hidrográfica do rio S. Francisco.

| Região fisiográfica | Metálicos | Não metálicos | Gemas e pedras preciosas | Energéticos | Hídricos minerais |
|---------------------|--|--|-----------------------------|---------------|-------------------|
| Alto | Ferro, alumínio, antimônio, chumbo, cobre, cromo, ouro, manganês, estanho, mercúrio, pirita, prata, tantálio, titânio, zinco | Agalmatolito, amianto, ardósia, areia, arenito, bentonita, argila, brita, calcário, calcário calcítico, cálcio, caulim, cascalho, cianita, dolomito, enxofre, esteatito, filito, fósforo, gnaiss, grafita, granito, mármore, ocre, | Diamante, ametista, topázio | Urânio, turfa | Águas minerais |

| Região fisiográfica | Metálicos | Não metálicos | Gemas e pedras preciosas | Energéticos | Hídricos minerais |
|---------------------|--|---|-------------------------------|----------------------------|-------------------|
| | | pirofilita, quartzito, quartzo, quartzo hialino, rocha ornamental, saibro, selênio, serpentinito, sílex, talco, xisto | | | |
| Médio | Manganês, ouro, alumínio, cromo, prata, bário, ferro, vanádio, cobre, titânio, chumbo, zinco, pirita | Amianto, areia, argila, bário, bentonita, calcário, calcário dolomítico, quartzito, fósforo, calcário calcítico, quartzo hialino, flúor, fósforo, granito, cascalho, caulim, quartzo, dolomito, saibro, talco | Diamante | Turfa, gás natural, urânio | Água mineral |
| Submédio | Cobre, níquel, titânio, cromo, ouro, manganês, ferro, ouro, estanho | Argila, amianto, argilite, barita, berilo, calcário, caulim, dolomito, gipsita, grafita, mármore, mica, rocha ornamental, rocha para brita, talco | Diamante, ametista, turmalina | ----- | Água mineral |
| Baixo | Chumbo, flúor, ferro, níquel, titânio, zircônio, tório, cobre, ouro, prata, tungstênio | Areia, argila, argilite, calcário, caulim, mármore, saibro, salgema, granito, quartzito, rocha ornamental, sais solúveis, talco | Ametista | Turfa, petróleo e gás | Água mineral |

Fonte: CPRM, 2003; CPRM, 2010a; CPRM, 2010b; CPRM, 2010c; CPRM, 2012; CPRM, 2013a.

C. PROCESSOS MINERÁRIOS

No Mapa 33 (Volume 9) estão representadas as áreas atualmente com processos minerários, com a indicação das substâncias associadas às concessões, de acordo com a informação disponibilizada pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2014a).

A base de dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2014a) tem atualmente cadastrados **milhares de processos minerários** relativos a quase 150 substâncias diferentes distribuídas por cada uma das cinco tipologias de recursos minerais. Embora estes processos minerários abranjam cerca de 31% da área da bacia, só **0,6% correspondem a áreas concessionadas para lavra**.

Existem ainda processos minerários de **lavra garimpeira** com pouca expressão na bacia (27), localizando-se as maiores áreas no Médio S. Francisco (sobretudo na sub-bacia do Paramirim/Santo Onofre/Carnaíba de Dentro). A lavra garimpeira destina-se sobretudo à exploração de quartzo e diamante, e, com menos importância, de ouro e rútilo.

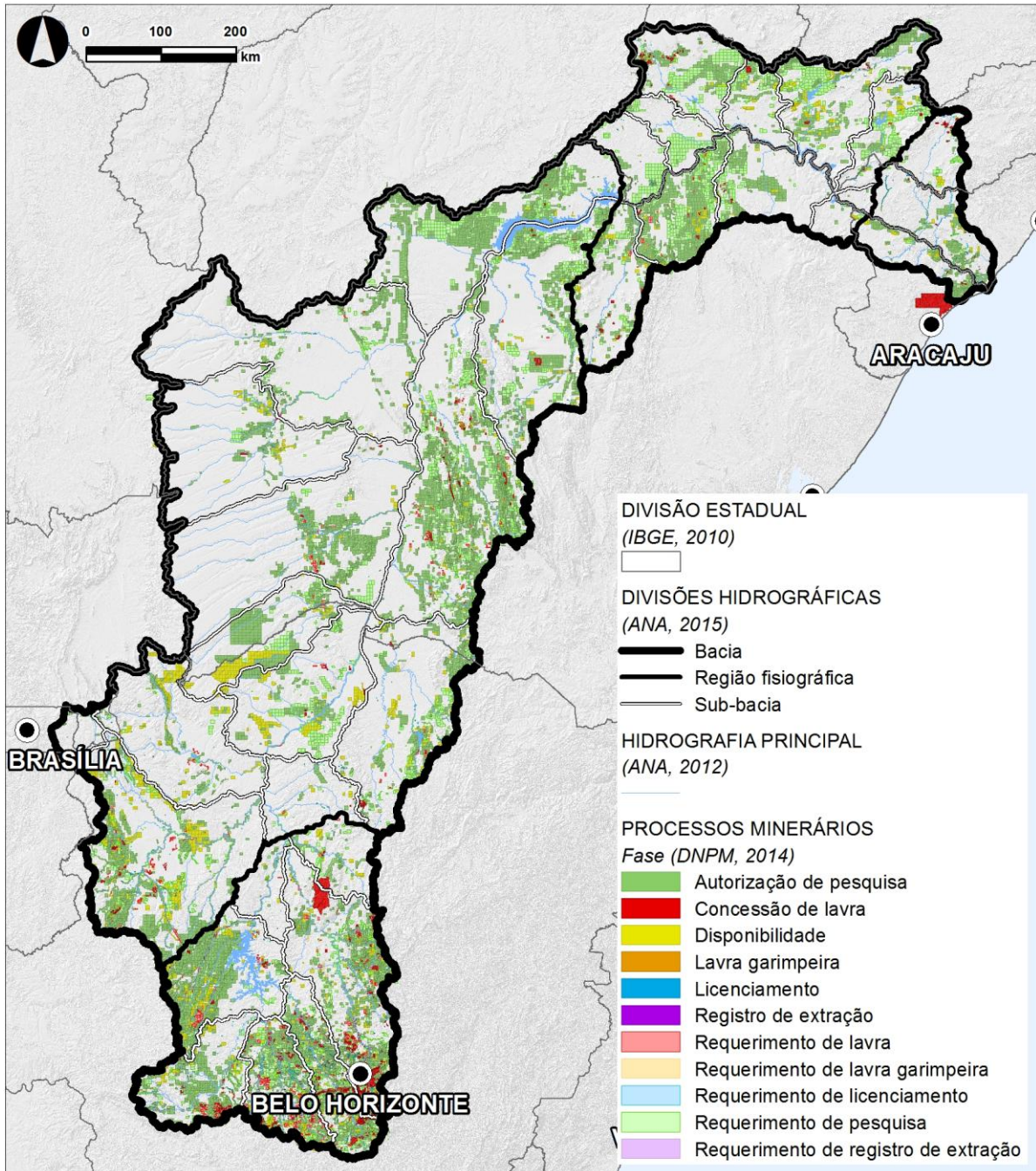


Figura 41 – Processos minerários (Mapa 33 do Volume 9, reduzido).

Cerca de **77% das áreas ocupadas por processos minerários ocorrem nas regiões do Alto e Médio S. Francisco**, havendo uma particular densidade nas províncias Bacia do Bambuí, Quadrilátero Ferrífero, Espinhaço Meridional e Centro-Sul Baiano. 20% das áreas com processos minerários localizam-se no Submédio S. Francisco, abrangendo em particular a província Borborema e Serrinha. As restantes áreas com processos minerários ocorrem em maior densidade na Bacia de Sergipe (Baixo S. Francisco, próximo da zona costeira).

A maioria das áreas de lavra concessionadas localiza-se na região do Alto S. Francisco (73%), em particular nas províncias do Quadrilátero Ferrífero, Espinhaço Meridional e Bacia do Bambuí atravessadas pela sub-bacia das Velhas (sobretudo na porção montante).

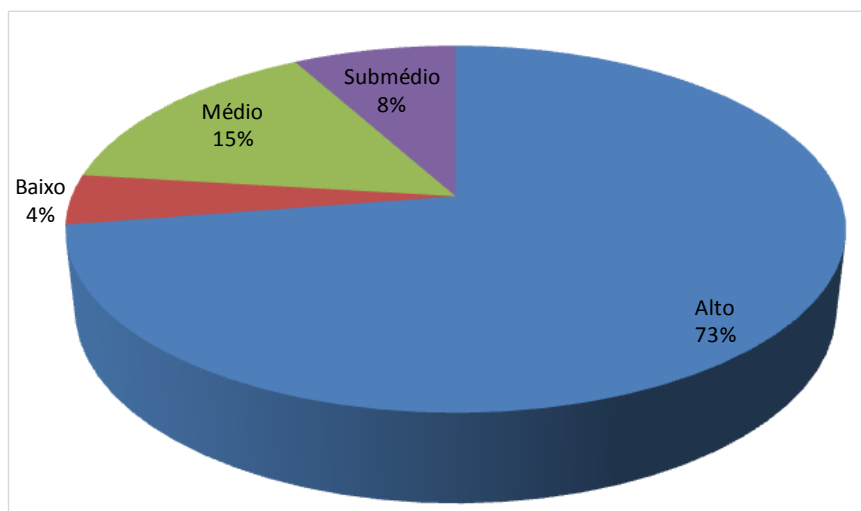


Figura 42 – Distribuição, por região, das áreas de concessão de lavra.

Fonte: DNPM, 2014a

Não obstante as áreas de concessão de lavra serem atualmente relativamente baixas face ao universo dos processos minerários na bacia do S. Francisco, importa ter presente que estão em fase de requerimento, quer de pesquisa, quer de extração, milhares de processos tendo em vista a descoberta e o aproveitamento futuro dos recursos minerais.

Refira-se o caso do município de Caetité (Médio S. Francisco, sub-bacia Paramirim/Santo Onofre/Carnaíba de Dentro), onde foram descobertas reservas de minério de ferro (da ordem dos 10 bilhões de toneladas de concentrado), cuja

exploração seria capaz de fazer da Bahia o terceiro estado em produção do minério no Brasil – atrás apenas de Carajás, no Pará, e do Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais (BAMIN, 2011 apud CETEM/MCTI, 2014).

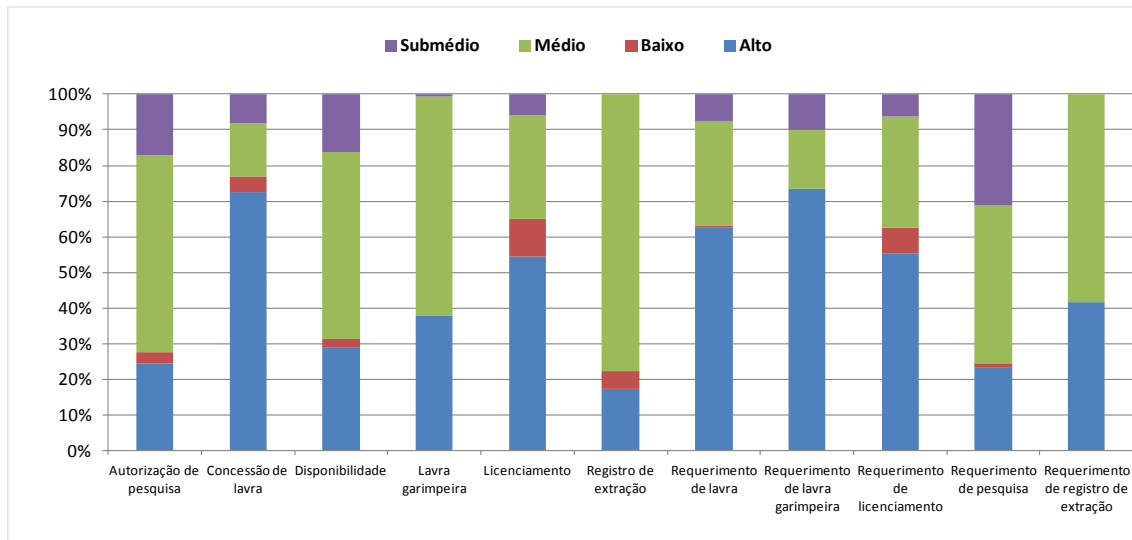


Figura 43 – Distribuição, por região, das áreas ocupadas por processos minerários.

Fonte: DNPM, 2014.

Aproximadamente 93% das áreas concessionadas não possuem informação relativamente ao uso dado às substâncias exploradas. Nas situações em que existe informação o uso predominante é o industrial, seguido do revestimento e a construção civil.

Cerca de 63% das áreas de concessão de lavra na bacia correspondem à exploração de **recursos minerais não metálicos** e 35% a **minerais metálicos**. A maioria das áreas de lavra de recursos minerais não metálicos e metálicos ocorre no Alto S. Francisco, respectivamente 68% e 79% das áreas totais das duas tipologias.

A lavra de **gemas e pedras preciosas** representam aproximadamente 2% das áreas concessionadas na bacia e ocorrem exclusivamente no Alto S. Francisco.

A exploração de **águas minerais** é relativamente pouco expressiva na bacia do rio S. Francisco, ocorrendo também a maioria das áreas de exploração na região do Alto S. Francisco (80%).

Atualmente está concessionada apenas uma exploração de **recursos energéticos** (turfa), localizada no Médio S. Francisco (sub-bacia do Paracatu).

Considerando cada uma das regiões *per si*, é notória a área ocupada pelas explorações de recursos minerais não metálicos relativamente aos recursos minerais metálicos. No Baixo S. Francisco, as explorações de recursos minerais não metálicos representam aproximadamente 97% das áreas concessionadas. No Submédio S. Francisco, 72% das áreas concessionadas são também de recursos minerais não metálicos. No Alto e Médio S. Francisco, embora predominem as áreas de exploração de recursos minerais não metálicos, há que considerar que entre 32% e 38% das áreas concessionadas correspondem a explorações de recursos minerais metálicos.

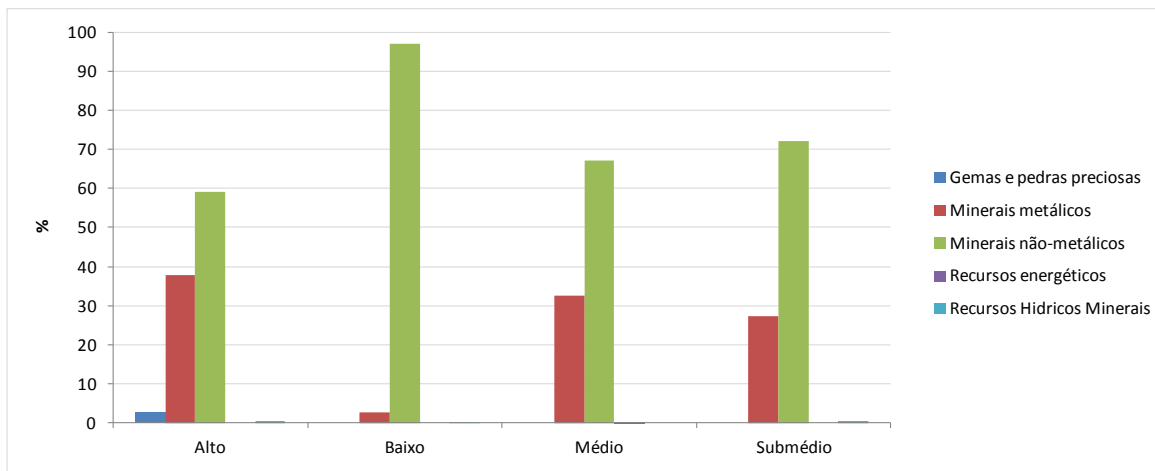


Figura 44 – Distribuição das áreas de concessão de lavra pelas regiões e por tipologias de recursos minerais.

Fonte: DNPM, 2014.

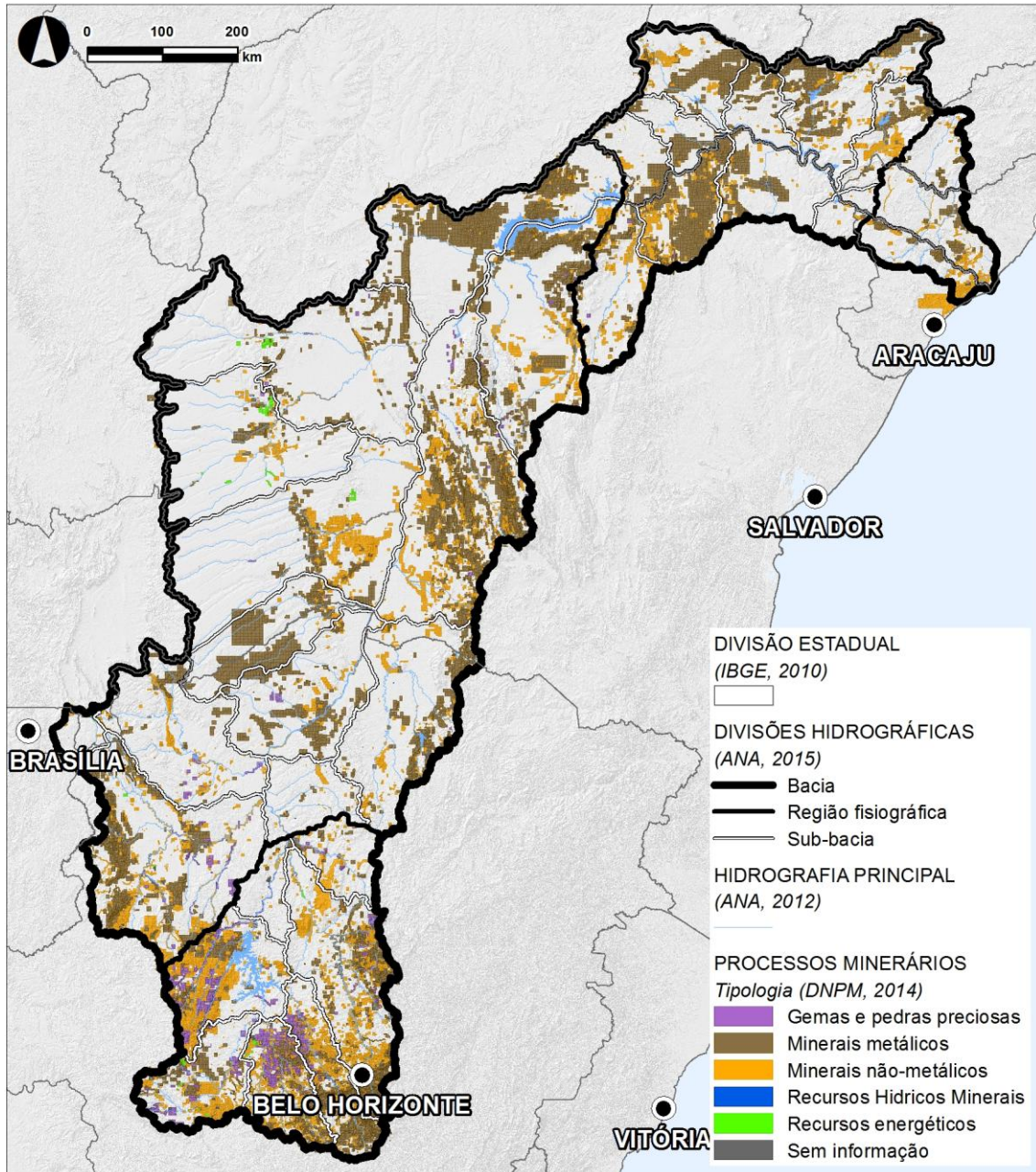


Figura 45 – Tipologia de recursos minerais (Mapa 34 do Volume 9, reduzido).

Considerando as maiores áreas de concessão de lavra refiram-se as seguintes substâncias exploradas:

Quadro 24 – Áreas ocupadas por tipologias e substâncias exploradas na bacia hidrográfica do rio S. Francisco.

| % das áreas concessionadas na bacia | |
|--|--|
| Minerais não metálicos | Minerais metálicos |
| Quartzo (22), calcário (8), granito (5), argila (4), ardósia (3) | Ouro (12), ferro e minério de ferro (11), manganês (4), chumbo (1) |

Fonte: DNPM, 2014.

No **Alto S. Francisco** destaca-se, pela extensa área ocupada, a exploração de quartzo nas sub-bacias das Velhas (porção terminal) e de Jequitaiá (porção Sudoeste) – municípios de Lassance e Francisco Dumont (30% das áreas concessionadas na região).

Pela sua importância, destacam-se as concessões de ferro no estado de Minas Gerais (80% concentradas nos municípios de Brumadinho, Itabirito, Ouro Preto, Congonhas, Nova Lima e Itatiaiuçu, no Quadrilátero Ferrífero). 45 concessões de ferro nesta região pertencem a três empresas consideradas, em 2013, como sendo das duzentas maiores minas do Brasil (Vale, S.A. – sub-bacias do Paraopeba e Velhas; Mineração Usiminas, S.A. – sub-bacias do Paraopeba e Pará; Ferrous Resources do Brasil, S.A. – sub-bacia Paraopeba).

Na província do Quadrilátero Ferrífero encontram-se ainda grande parte das concessões de ouro e minério de ouro do Alto S. Francisco, com predomínio nos municípios de Nova Lima, Raposos, Rio Acima e Sabará (todos localizados na porção montante da sub-bacia das Velhas). Algumas destas concessões pertencem a uma das maiores minas do Brasil (concessões pertencentes à empresa Anglogold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S.A.).

Refiram-se ainda as concessões de lavra de calcário, localizadas no limite Sul da província mineira da Bacia do Bambuí. Destacam-se as áreas ocupadas nas sub-bacias Afluentes Mineiros do Alto S. Francisco (sobretudo na porção Sul, nos municípios de Arcos e Pains) e Velhas (porção montante, nos municípios de Matozinhos e Pedro Leopoldo). Algumas destas concessões pertencem a uma das

maiores minas de calcário do país (Votorantim Cimentos). Embora as concessões referidas ocupem cerca de 81% das áreas concessionadas na região, refiram-se ainda as explorações nas sub-bacias de Paraopeba e Entorno Represa de Três-Marias.

Pela sua importância, e por só ocorrerem no Alto S. Francisco, destacam-se as explorações de agalmatolito (1% do total das áreas concessionadas na região). Estas explorações distribuem-se pelas sub-bacias Pará (a maioria das áreas), Paraopeba e Velhas, com as maiores áreas nos municípios de Onça de Pitangui, Pitangui, Mateus Leme e Gouveia (88% do total de áreas concessionadas).

63% das áreas concessionadas para a exploração das águas minerais localizam-se nas sub-bacias de Paraopeba e Pará. As restantes distribuem-se pelas sub-bacias Afluentes Mineiros do Alto S. Francisco, Entorno Represa de Três Marias e Velhas.

As explorações de diamantes ocorrem majoritariamente no município de Diamantina (sub-bacia das Velhas), em plena província do Espinhaço Meridional (porção Nordeste da sub-bacia das Velhas).

Mesmo sendo uma área relativamente reduzida do total de concessões atribuídas na região (1%), face à importância da grafita (o Brasil tem a maior reserva mundial – 50,7%), refiram-se as áreas ocupadas pelas explorações deste recurso mineral não metálico no município de Itapacerica (limite Sul da sub-bacia Pará).

Na região do **Médio S. Francisco**, embora em número bastante mais reduzido face à extensão da sua área, há uma ampla distribuição das concessões.

Pela área que as concessões ocupam, destacam-se as explorações de calcário, argila, manganês e fosfato.

O calcário é majoritariamente explorado nas sub-bacias Pandeiros/Pardo/Mangaí e Verde Grande (no seu conjunto representam 69% das áreas concessionadas na região), a argila na sub-bacia Verde Grande (sobretudo no município de Montes Claros; província mineira da Bacia de Bambuí), o fosfato na sub-bacia Verde/Jacaré e o manganês na sub-bacia do Alto Grande e Corrente.

Por só existirem na região do Submédio, destacam-se as explorações de chumbo nos municípios de Vazante e Paracatu (estado de Minas Gerais e abrangendo o limite

Sudoeste da província mineira Bacia do Bambuí, sub-bacia Paracatu) e de Boquira (estado da Bahia, abrangendo o limite Oeste da província mineira Centro-Sul Baiano, sub-bacia Paramirim/Santo Onofre/Carnaíba de Dentro).

Nos mesmos municípios em que predominam as explorações de chumbo estão atribuídas 56% das áreas concessionadas de quartzito (município de Boquira) e 47% das concessões de zinco (município de Vazante), sendo que no caso deste último mineral existem 53% das áreas concessionadas no município de Irecê (sub-bacia Verde/Jacaré). As duas concessões no município de Vazante pertencem à empresa Votorantim Metais Zinco S.A., que tem a maior mina de zinco do Brasil e uma das dez maiores do mundo.

Destacam-se ainda uma concessão de água mineral localizada no Distrito Federal (município de Brasília) e uma no estado de Goiás (município de Formosa), ambas na sub-bacia do Alto Preto.

Embora existindo apenas sete concessões mineiras, importa destacar as explorações de barita nos municípios de Novo Horizonte, Piatã, Ibitiara e Rio do Pires (Bahia sub-bacia Paramirim/Santo Onofre/Carnaíba de Dentro) e as duas concessões de ouro no município de Paracatu (Minas Gerais, das quais a explorada pela empresa Kinross Brasil Mineração S A., a maior do Brasil – província mineira da Bacia do Bambuí, sub-bacia Paracatu).

No **Submédio S. Francisco** destacam-se as concessões de lavra de gipsita e gipso no estado de Pernambuco (27% do total das áreas concessionadas na região). A maioria destas concessões localiza-se em dois municípios do limite Oeste da província mineira de Borborema (Arapirina e Ouricuri, sub-bacia Brígida). Refira-se que oito concessões pertencem a duas empresas que possuem duas das maiores minas de gipsita a explorar este mineral não metálico (Mineradora São Jorge, S.A: e Votorantim Cimentos N NE S A.).

As maiores áreas concessionadas pertencem a explorações de calcário. Estas explorações distribuem-se entre as sub-bacias do Salitre (onde são exploradas as rochas da bacia carbonatada do Irecê) e Moxotó (na província mineira Bacia do Recôncavo-Tucano).

Todas as concessões de mármore se localizam no estado da Bahia (município de Ourulândia, Mirangaba e Curaça - sub-bacia Salitre) e as de água mineral no estado de Pernambuco (distribuídas pelas sub-bacias Moxotó e Brígida). Refiram-se as explorações de cobre, sobretudo no município de Jaguarari (sub-bacia Curaça), onde se localizam 12 concessões, algumas destas pertencentes a empresa que já esteve incluída em uma das duzentas maiores minas do Brasil.

No município de Juazeiro (sub-bacia Curaça, estado da Bahia) localizam-se áreas de exploração de granito e em Serrita existem quatro explorações de ouro (distribuídas pelas sub-bacias Brígida e Terra Nova, estado de Pernambuco).

No **Baixo S. Francisco** as explorações predominantes são de granito (41% das áreas concessionadas na região), localizando-se as maiores no estado de Pernambuco, sub-bacia do Alto Ipanema.

A segunda maior exploração nesta região é de silvinita e localiza-se no município de Japarutuba, sub-bacia Baixo São Francisco (SE).

Nesta região está apenas concessionada a exploração de uma área de águas minerais, localizada na sub-bacia Alto Ipanema.

Quadro 25 – Porcentagem das áreas das principais substâncias exploradas na bacia hidrográfica do rio S. Francisco.

| Região fisiográfica | Principais substâncias exploradas e % de áreas concessionadas na região |
|---------------------|---|
| Alto | Quartzo (30), ouro (14), ferro (12), calcário (6), minério de ferro (4), ardósia (4), granito (3), manganês (3), argila (3), minério de ouro (2), minério de manganês (2), diamante (2), gnaiss (2), agalmatolito (1), águas minerais (1), bauxita (1), quartzito (1), mármore (1), caulim (1), grafita (1) |
| Médio | Calcário (11), argila (13), manganês (10), fosfato (10), quartzito (8), barita (7), chumbo (5), zinco (5), ouro (4), argila refratária (3), granito (3), cádmio (2) |
| Submédio | Calcário (19), mármore (15), ouro (14), gipsita (13), gipso (11), granito (8), cobre (6), ilmenita (3) |
| Baixo | Granito (41), silvinita (27), granito ornamental (6), migmatito (6), granodiorito (4), calcário (3), minério de cobre (3), caulim (3), amianto (2), conchas calcárias (2) |

Fonte: DNPM, 2014.

Quadro 26 – Produção Anual (toneladas), em 2013, em algumas das maiores minas do país localizadas na bacia hidrográfica do rio S. Francisco.

| Região fisiográfica | Substância | | | | |
|---------------------|--|--|--|---|--|
| | Ferro | Calcário | Gipsita | Ouro | Zinco |
| Alto | 167.042.219 (Vale+Mineração Usinas; Minas Gerais) | 1.725.044 (Votorantim Cimentos; Minas Gerais) | ----- | 2.175.225 (Anglogold Ashanti Córrego do Sítio Mineração; Minas Gerais) | ----- |
| Médio | ----- | 881.405 (Lafarge Brasil; Minas Gerais) | ----- | 42.860.102 (Kinross Brasil Mineração; Minas Gerais) | 2.199.415 (Votorantim Metais; Minas Gerais) |
| Submédio | ----- | ----- | 739.559 (Mineradora S. Jorge + Votorantim Cimentos; Pernambuco) | 579.886 (Jacobina Mineração e Comércio; Bahia) | ----- |
| Baixo | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Total | 167.042.219 | 2.606.449 | 739.559 | 45.615.213 | 2.199.415 |

Fonte: REVISTA MINÉRIOS & MINERALES, 2014.

2.1.6. Solos

A. INTRODUÇÃO

Para atualizar a caracterização dos solos procede-se à identificação dos tipos de solo na bacia e em cada região fisiográfica, com base na informação da EMBRAPA disponível no portal do INDE, considerando o sistema brasileiro de classificação dos solos de 2006.

É também analisado o potencial agrícola e o potencial de irrigação dos solos, com base na informação disponível no portal do Ministério do Meio Ambiente.

B. TIPOS DE SOLO

Os tipos de solo predominantes na bacia hidrográfica do rio São Francisco são os latossolos (35,3%), os neossolos (26,5%) e os cambissolos (15,8%). Já os solos que têm menor expressão são os plintossolo (0,1%) e os afloramentos de rochas (0,1%) e ao corpos de água costeira (0,0%) (Quadro 27 e Figura 46).

Quadro 27 – Tipo de solo, na BHSF e por região fisiográfica, em porcentagem (2001).

| Tipo de Solo | SFA | SFM | SFSM | SFB | BHSF |
|---------------------------|------|------|------|------|------|
| Argilossolo | 19,7 | 6,5 | 8,3 | 13,3 | 9,1 |
| Cambissolo | 36,6 | 14,0 | 7,0 | 0,0 | 15,8 |
| Espodossolo | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4,0 | 0,2 |
| Gleissolo | 0,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,6 |
| Latossolo | 31,1 | 43,9 | 15,0 | 3,8 | 35,3 |
| Luvissolo | 0,0 | 0,0 | 27,6 | 1,8 | 4,8 |
| Neossolo | 10,6 | 31,1 | 22,9 | 32,5 | 26,5 |
| Planossolo | 0,0 | 2,0 | 16,1 | 41,5 | 5,7 |
| Plintossolo | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,1 |
| Vertissolo | 0,0 | 0,0 | 1,0 | 0,0 | 0,2 |
| Afloramentos de Rochas | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 |
| Massa de Água Continental | 1,5 | 1,4 | 2,1 | 2,6 | 1,6 |
| Massa de Água Costeira | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,6 | 0,0 |

Fonte: EMBRAPA, 2001 (valores obtidos através de cálculos com base na informação georreferenciada disponível no portal do INDE).

Nota: A classificação dos tipos de solo aqui apresentada foi harmonizada tendo em consideração o sistema brasileiro de classificação dos solos vigente em 2006.

A descrição de cada tipo de solo, de acordo com as especificidades da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), encontra-se no Apêndice H (Volume 3 – Caracterização da bacia hidrográfica – Apêndices).

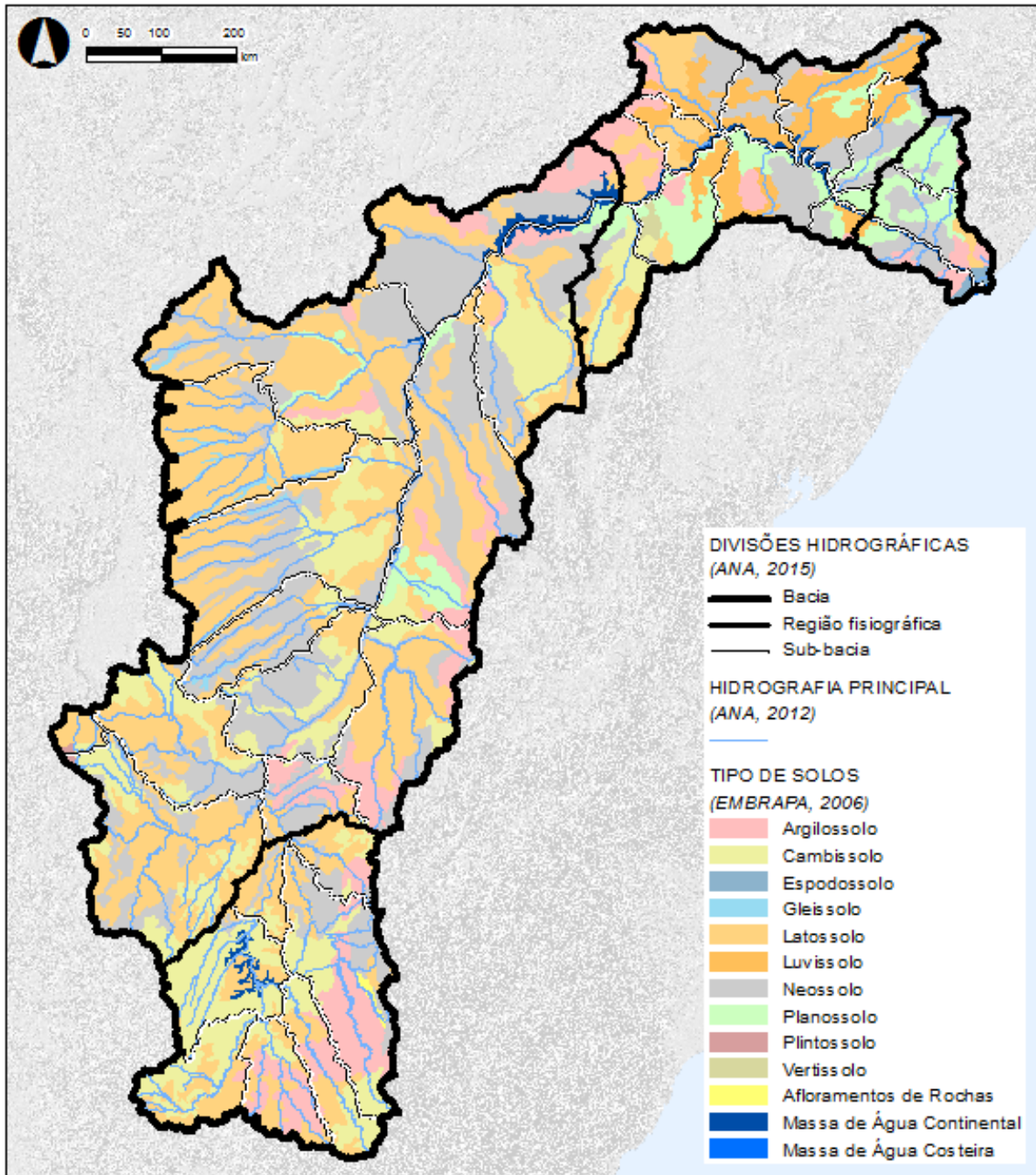


Figura 46 – Tipo de solo na BHSF e por região fisiográfica (2001) (Mapa 35 do Volume 9, reduzido).

Fonte: EMBRAPA, 2001 (informação georreferenciada obtida a partir do portal do INDE).
 Nota: A classificação dos tipos de solo foi harmonizada tendo em consideração o sistema brasileiro de classificação dos solos vigente em 2006.

Uma análise mais detalhada para cada região fisiográfica da bacia hidrográfica do rio São Francisco permite verificar algumas diferenciações na distribuição dos tipos de solo.

No Médio e no Alto São Francisco, os tipos de solo dominantes são os mesmos, apesar de terem diferentes proporções – latossolos (43,9% e 31,1%, respectivamente), neossolos (31,1% e 10,6%) e cambissolos (14,0% e 36,6%). Nestas regiões fisiográficas não existem solos do tipo espodossolo, luvisolo e vertissolo. Em linhas gerais, estas duas regiões fisiográficas são as que apresentam maiores semelhanças quanto à distribuição total dos tipos de solo.

No Submédio São Francisco, os luvisolos (27,6%), os neossolos (22,9%) e os planossolos (16,1%) predominam. Em contraponto, estão os espodossolo, os gleissolos, os plintossolos e os afloramentos de rochas, todos eles com 0,0%.

No Baixo São Francisco, os tipos de solo com maior representatividade são os planossolos (41,5%), os neossolos (32,5%) e os argilossolos (13,3%), não existindo cambissolos, gleissolos, plintossolos, vertissolo e afloramentos de rochas.

Do conjunto de solos existentes na bacia de São Francisco importa referir que:

- Os argilossolos e os latossolos têm uma elevada aptidão para a prática de agricultura (incluindo a agricultura de irrigação), apesar deste último tipo de solo carecer do uso intensivo de adubos e, eventualmente, da correção da sua acidez. No que concerne à retenção de água, os latossolos apresentam uma maior capacidade de infiltração do que os argilossolos (MMA, 2006).
- Os luvisolos e os neossolos não têm potencial para a prática agrícola, devido à sua maior susceptibilidade à erosão. No caso dos neossolos, que inclui na nova designação do sistema brasileiro de classificação de solos da EMBRAPA (2006), as areias quartzosas e os regossolos, além da erosão, apresentam uma textura grosseira, altas taxas de infiltração e pouca fertilidade (MMA, 2006).

C. POTENCIAL AGRÍCOLA

Na Figura 47 é possível verificar a distribuição do potencial agrícola na bacia hidrográfica do rio São Francisco.

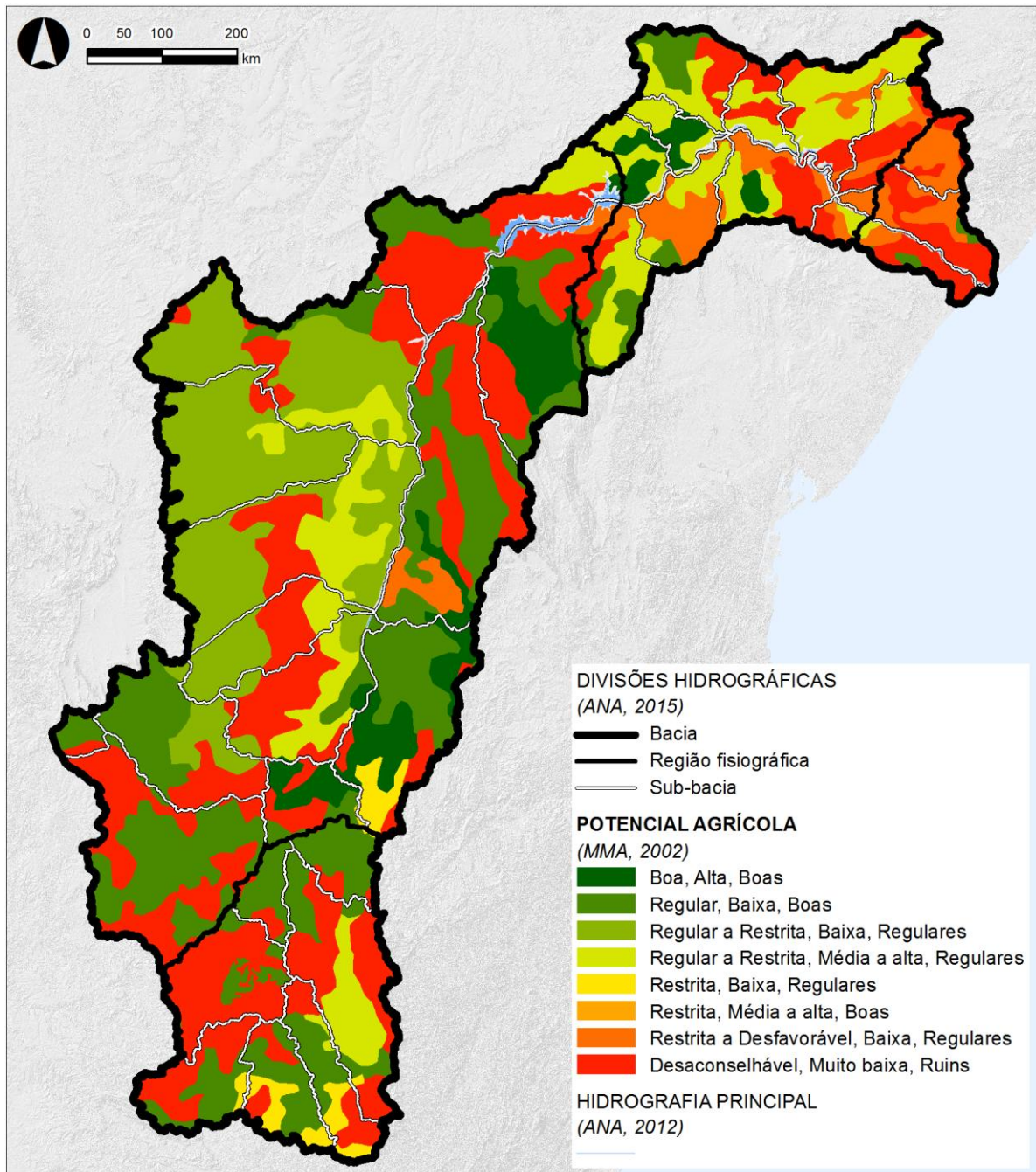


Figura 47 – Potencial agrícola na BHSF e por região fisiográfica (2002).

Fonte: MMA, 2002 (informação georreferenciada obtida a partir do portal do MMA).

O potencial agrícola da bacia hidrográfica do rio São Francisco, mensurado por três variáveis analisadas em conjunto (solo, fertilidade e características) é, em termos gerais, baixo (*vide* classe com solo desaconselhável, com 31,4%, e classe com o solo restrito a desfavorável, com 5,6%). Por oposição, o solo considerado bom ou regular representa 6,3% e 24,0% da área da bacia, respectivamente (Quadro 28).

Quadro 28 – Potencial agrícola na BHSF e por região fisiográfica, em porcentagem (2002).

| Potencial | | | SFA | SFM | SFSM | SFB | BHSF |
|-------------------------|--------------|-----------------|------|------|------|------|------|
| Solo | Fertilidade | Características | | | | | |
| Bom | Alta | Boas | 0,0 | 8,1 | 7,1 | 0,0 | 6,3 |
| Regular | Baixa | Boas | 37,8 | 25,5 | 10,2 | 5,7 | 24,0 |
| Regular a Restrito | Média a alta | Regulares | 8,5 | 7,9 | 42,4 | 1,6 | 13,6 |
| Regular a Restrito | Baixa | Regulares | 0,0 | 27,4 | 0,0 | 0,0 | 17,3 |
| Restrito | Média a alta | Boas | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Restrito | Baixa | Regulares | 7,0 | 0,9 | 0,0 | 0,0 | 1,7 |
| Restrito a Desfavorável | Baixa | Regulares | 0,0 | 1,4 | 17,9 | 41,4 | 5,6 |
| Desaconselhável | Muito baixa | Ruins | 46,6 | 28,8 | 22,4 | 51,3 | 31,4 |

Fonte: MMA, 2002 (valores obtidos através de cálculos com base na informação georreferenciada disponível no portal do INDE).

O Médio e o Submédio São Francisco têm 8,1% e 7,1% de solo com bom potencial agrícola, ao passo que as áreas com menor potencial agrícola (desaconselhável) se concentram no Baixo e no Alto São Francisco (51,3% e 46,6%).

D. POTENCIAL DE IRRIGAÇÃO

A Figura 48 coloca em evidência a distribuição do potencial de irrigação das terras na bacia hidrográfica do rio São Francisco.

A maioria das terras são irrigáveis com aptidão restrita (48,1%), isto é, são territórios com características físicas que se adaptam a um leque restrito de culturas e que têm um maior custo de produção. Apesar das suas limitações⁴, estas terras podem, se bem geridas, criar mais-valias econômico-financeiras. Contudo, a porcentagem de terras não irrigáveis é bastante similar (47,9%) no Quadro seguinte.

Nestes casos, estas terras não reúnem as condições físicas necessárias para a produção agrícola (CAVALCANTI *et al.*, 2012).

⁴As terras irrigáveis com aptidão restrita podem apresentar limitações como a fertilidade muito baixa, a textura arenosa, a topografia irregular, a salinidade ou a drenagem restrita (CAVALCANTI *et al.*, 2012).

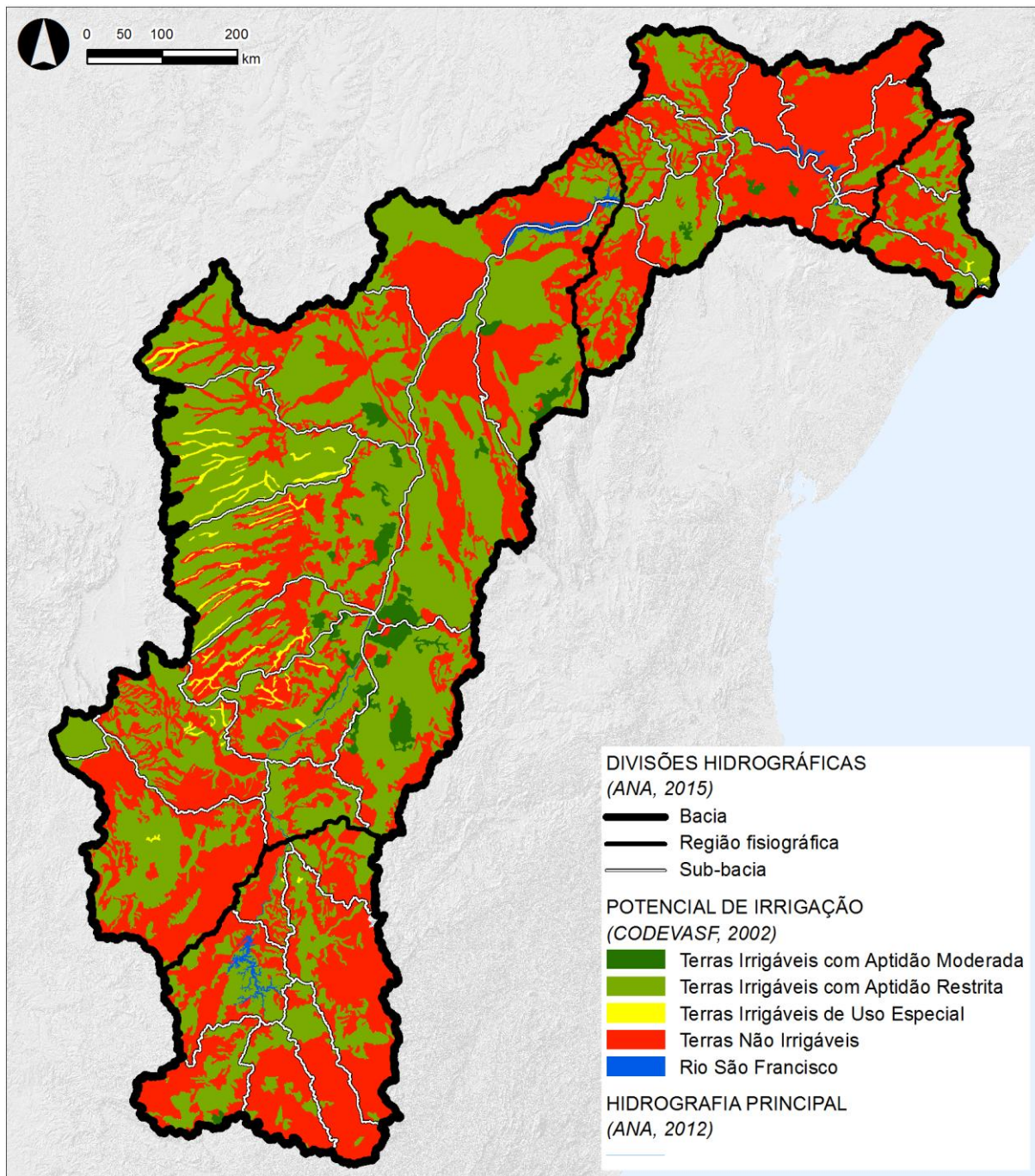


Figura 48 – Potencial de irrigação das terras da BHSF e das suas regiões fisiográficas (2002).

Fonte: CODEVASF, 2002 (informação georreferenciada obtida a partir do portal do MMA).

Quadro 29 – Potencial de irrigação das terras da BHSF e das suas regiões fisiográficas, em porcentagem (2002).

| Tipo de terras irrigáveis | SFA | SFM | SFSM | SFB | BHSF |
|--|------|------|------|------|------|
| Terras irrigáveis com aptidão moderada | 0,3 | 2,9 | 0,7 | 0,0 | 2,0 |
| Terras irrigáveis com aptidão restrita | 34,5 | 56,6 | 30,6 | 41,9 | 48,1 |
| Terras irrigáveis de uso especial | 0,1 | 1,4 | 0,0 | 0,8 | 0,9 |
| Terras não irrigáveis | 63,9 | 38,2 | 67,2 | 56,2 | 47,9 |
| Rio São Francisco | 1,3 | 0,9 | 1,5 | 1,1 | 1,0 |

Fonte: CODEVASF, 2002 (valores obtidos através de cálculos com base na informação georreferenciada disponível no portal do MMA).

Ao nível das regiões fisiográficas, as terras não irrigáveis têm maior representatividade no Submédio, no Alto e no Baixo São Francisco (67,2%, 63,9% e 56,2%, respectivamente). Já o Médio São Francisco apresenta, no conjunto das regiões fisiográficas, a maior proporção de terras irrigáveis com aptidão restrita (56,6%), de terras irrigáveis com aptidão moderada⁵ (2,9%) e de terras irrigáveis de uso especial⁶ (1,4%). Como nesta região fisiográfica predominam latossolos, solos com elevada apetência agrícola, verifica-se uma maior porcentagem de terras irrigáveis.

De notar ainda que, em toda a bacia do rio São Francisco, não existem terras aráveis, classificadas como as mais adequadas para o desenvolvimento da agricultura de irrigação (i.e., capazes de gerar altas produções de várias culturas, a custos razoáveis e sem limitação para de utilização).

⁵ As terras irrigáveis com aptidão moderada adaptam-se a um maior número de culturas, em comparação com as terras irrigáveis com aptidão restrita. As limitações que dispõem podem ser corrigíveis, podendo estar associadas à fertilidade, à permeabilidade e à profundidade dos solos, à topografia, à disponibilidade de água ou à sua capacidade de drenagem (CAVALCANTI *et al.*, 2012).

⁶ As terras irrigáveis de uso especial apresentam deficiências passíveis de correção, mas com elevados custos financeiros. Contudo, estas especificidades podem ser as mais indicadas para algumas culturas específicas. Além das limitações elencadas anteriormente, em terras irrigáveis com aptidão moderada, podem estar na sua génese a excessiva pedregosidade superficial, a textura arenosa, a salinidade, a sodicidade ou a drenagem inadequada (CAVALCANTI *et al.*, 2012).

2.2. Caracterização Biótica

A caracterização biótica inclui a caracterização da flora e da cobertura vegetal (seção 2.2.1), da fauna (seção 2.2.2) e das áreas protegidas e prioritárias para conservação (seção 2.2.3).

2.2.1. Flora e cobertura vegetal

A. OS BIOMAS DA BHSF

A cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio São Francisco contempla, relativamente aos principais biomas brasileiros, fragmentos de mata atlântica em suas cabeceiras, o cerrado no Alto e Médio São Francisco e a caatinga no Médio e Submédio São Francisco. Os biomas cerrado e caatinga são claramente dominantes na bacia (representando, respectivamente, 57,2% e 39,5% da cobertura da BHSF); a mata atlântica apresenta uma cobertura vestigial, da ordem dos 3,3% (MMA, 2011).

O cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, ocupando 25% do território nacional. Em sua zona de ocorrência encontram-se as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (São Francisco, Amazônica/Tocantins e Prata), o que resulta em uma grande disponibilidade de recursos hídricos (IBAMA, 2015). O cerrado brasileiro é conhecido como a savana mais rica do mundo do ponto de vista da biodiversidade (IBAMA, 2015), sendo um dos dois *hotspots* de biodiversidade do território nacional (entre os 35 mundiais), a par da mata atlântica (MYERS *et al.*, 2000 *apud* MARTINELLI; MORAES, 2013, p. 68).

A caatinga tem distribuição restrita ao Brasil, estendendo-se por quase todos os Estados do Nordeste e Minas Gerais, e englobando uma vasta biodiversidade. Dentre os biomas brasileiros, é o menos conhecido cientificamente, não obstante ser um dos mais ameaçados (IBAMA, 2015).

Esse bioma é considerado o único exclusivamente brasileiro, e é composto por pelo menos uma centena de paisagens únicas, com predominância da savana estépica. É um bioma de grande heterogeneidade, onde 932 espécies vegetais estão registradas, 380 das quais são endêmicas e já foram catalogadas (MMA, 2004).

A Caatinga é um dos biomas menos protegido por unidades de conservação de uso restrito (MMA, 2004).

Os biomas Caatinga e Cerrado foram gradativamente alterados e fragmentados. Mais de 67% da área original dos Cerrados e 56% da Caatinga estão alteradas (MMA, 2004).

A mata atlântica tem uma presença muito reduzida na área da BHSF, ocorrendo apenas em cerca de 3% da sua superfície. Não obstante, os seus remanescentes, que se estimam em cerca de 22% da sua área original, possuem uma elevada importância ecológica e a nível dos recursos hídricos, devido ao seu papel regulador do fluxo dos mananciais hídricos, assegurando a fertilidade do solo, controlando o clima e protegendo as encostas e escarpas das serras (IBAMA, 2015).

B. ATUALIZAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DA BHSF

Para efetuar a atualização da cobertura vegetal foi adotada a nomenclatura do IBGE (2012), à semelhança do Diagnóstico do macrozoneamento ecológico-econômico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (MMA, 2011), sendo que neste último caso, foi adotada a nomenclatura da primeira edição da mesma publicação (IBGE, 1992).

A atualização da cobertura vegetal foi efetuada por meio de dados secundários, a partir de imagens de satélite LANDSAT de 2014 e 2015.

O mapeamento da cobertura vegetal mais recente disponível foi o desenvolvido para o Diagnóstico do macrozoneamento ecológico-econômico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (MMA, 2011). Este foi, assim, inicialmente utilizado como base para a atualização. A compilação cartográfica dos corpos de água efetuada para o presente plano forneceu informação especificamente para esta classe de cobertura (MI/FUNCEME, 2008).

C. CARACTERIZAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL AO LONGO DA BACIA

Para auxiliar a atualização da cobertura vegetal da BHSF foi utilizada a informação sobre desmatamento do Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite – PMDBBS, projeto desenvolvido por meio da parceria entre o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD – e o Ministério do Meio Ambiente – MMA, sendo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA – o responsável pela sua execução técnica (MMA/IBGE, 2005; IBAMA, 2015). Este mapeamento revela quais as áreas do território com maior dinâmica de alteração, pelo que se reveste de grande utilidade para a atualização da cobertura vegetal à escala de uma bacia.

A atualização efetuada, representada na Figura 49 e no Mapa 36 (Volume 9) teve em conta a escala de mapeamento prevista para o presente plano; a detecção de alterações foi particularmente dirigida para a identificação das áreas mais significativas de antropização do território e para as classes de vegetação natural com maior valor do ponto de vista da conservação, principalmente para as manchas mais preservadas dos biomas presentes na bacia.

Para tanto, foram verificados todos os polígonos com área igual superior a 4.500 ha (área que corresponde a cerca de 1 mm² na escala do mapa da cobertura vegetal, apresentado no Volume 9) que evidenciaram alterações, tendo sido atualizados, sempre que relevante, por comparação pela cobertura observada nas imagens de satélite de 2014 e 2015.

Apresenta-se em seguida uma caracterização sucinta das classes, ou formações, de cobertura vegetal presentes na bacia (IBGE, 2012). É igualmente apresentada uma descrição das principais espécies presentes em cada uma das formações consideradas. Relativamente a este último aspecto, não são descritas as espécies das formações listadas em seguida, dado que, devido às suas características específicas, não é relevante, ou não se aplica, a atribuição de espécies particulares: áreas de tensão ecológica ou contato florístico, refúgios vegetacionais, sistema da vegetação secundária (tratos antrópicos), agropecuária, reflorestamento e/ou florestamento, sistema das áreas sem vegetação e outras (perímetros urbanos, áreas degradadas, etc.).



Associação Executiva de Apoio à Gestão
de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo



- **Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia):** O conceito ecológico deste tipo florestal é estabelecido em função da ocorrência de clima estacional que determina semideciduidade da folhagem da cobertura florestal. Na zona tropical, associa-se à região marcada por acentuada seca hiberna e por intensas chuvas de verão; na zona subtropical, correlaciona-se a clima sem período seco, porém com inverno bastante frio (temperaturas médias mensais inferiores a 15° C), que determina repouso fisiológico e queda parcial da folhagem. É constituída por fanerófitos com gemas foliares protegidas da seca por escamas (catáfilos ou pelos) e cujas folhas adultas são esclerófilas ou membranáceas decíduas. Dos quatro subgrupos presentes no País, na bacia do rio São Francisco estão presentes três: Aluvial, Submontana e Montana. Este tipo florestal é bastante descontínuo e sempre situado entre dois climas, um úmido e outro árido, sendo: superúmido na linha do Equador, árido na Região Nordeste e úmido na Região Sul. Na Região Centro-Oeste, ocorre o clima continental estacional, aí dominando a Savana (Cerrado), que é um tipo de vegetação de clímax edáfico. Esta floresta possui dominância de gêneros amazônicos de distribuição brasileira, tais como: *Parapiptadenia*; *Peltophorum*; *Cariniana*; *Handroanthus*; *Astronium*; e outros de menor importância fisionômica. Subdivide-se nos grupos seguintes:
 - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial: É uma formação encontrada com maior frequência na grande depressão pantaneira mato-grossense-do-sul; efetivamente, cobre uma área bastante reduzida na BHSF, inferior a 31.000 ha. Nesta formação, existem em grande abundância várias espécies do gênero *Handroanthus*, além dos ecótipos *Calophyllum brasiliense* Cambess., *Tapirira guianensis* Aubl., *Inga* sp., *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, entre outros. O mesofanerófito *Amburana acreana* Ducke, conhecido como cerejeira, de grande valor econômico-madeireiro, é de origem andino-amazônica e de dispersão sul-americana ampla e divergente. Na BHSF, o gênero ocorre nas áreas de Caatinga;
 - Floresta Estacional Semidecidual Submontana: Esta formação, na área de enquadramento da BHSF, distribui-se desde o sul do estado da Bahia até ao estado de Minas Gerais, adentrando pelo sul de Goiás

através do Rio Paranaíba. Na forma disjunta, pode ocorrer entremeada a formações savânicas, especialmente na Região Centro-Oeste. Na BHSF ocupa uma área relativamente reduzida, de aproximadamente 168.340 ha. Nas encostas interioranas das serras marítimas, os gêneros dominantes, com indivíduos decíduais, são os mesmos que ocorrem na Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica), como: *Cedrela*, *Parapiptadenia* e *Cariniana*, sendo que, nos planaltos areníticos, as espécies decíduais que caracterizam esta formação pertencem aos gêneros amazônicos *Hymenaea* (jatobá), *Copaifera* (óleo-vermelho), *Peltophorum* (canafístula), *Astronium*, *Handroanthus* e muitos outros;

- Floresta Estacional Semidecidual Montana: São poucas as áreas ocupadas por esta formação estabelecida acima de 500 m de altitude. Outras áreas ainda menores ocupam os pontos culminantes dos planaltos areníticos. Na BHSF é a floresta estacional semidecidual mais representada em termos de cobertura, estando presente em aproximadamente 550.110 ha. A formação Montana é quase sempre dominada pelo gênero *Anadenanthera*, que às vezes constitui consorciações da ochlospécie *Anadenanthera peregrina* (L) Speg, de origem amazônica, localizada principalmente nos *sills* basálticos ainda conservados.
- **Floresta Estacional Decidual (Floresta Tropical Caducifólia):** Ocorre na forma de disjunções distribuídas por diferentes quadrantes do País, com estrato superior formado de macro e mesofanerófitos predominantemente caducifólios, com mais de 50% dos indivíduos despidos de folhagem no período desfavorável. Compreende grandes áreas descontínuas localizadas, do norte para o sul, entre a Floresta Ombrófila Aberta e a Savana (Cerrado); de leste para oeste, entre a Savana-Estépica (Caatinga do Sertão Árido) e a Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia); e, finalmente, no sul do Brasil na área subtropical. Na área da BHSF está presente a formação Montana. A sua composição florística é preferencialmente constituída por espécies higrófitas decíduais, adaptadas ao ambiente aluvial, onde dominam mesofanerófitos, tais como: *Luehea divaricata* Mart ex Zucc. (açaita-cavalo), *Inga vera* subsp. *affinis* (DC.) T. D. Penn. (ingá), além de outros.

- Floresta Estacional Decidual Montana: Ocorre em áreas disjuntas que se apresentam bastante expressivas, sendo que a sua identificação está relacionada com os parâmetros altimétricos de acordo com as latitudes onde são encontradas. Na BHSF podem ser considerados os seguintes: de 4º latitude Norte a 16º latitude Sul, varia de 600 até em torno de 2.000 m de altitude; e de 16º a 24º latitude Sul, varia de 500 até em torno de 1.500 m de altitude. Esta variação pode ser explicada pelas grandes diferenças de temperatura que influem na composição florística, observando-se que, quanto mais ao sul, menor o espaço da faixa altimétrica. Ocupa cerca de 321.180 ha na BHSF. A formação Montana é quase sempre dominada pelo gênero *Anadenanthera*, que às vezes constitui consorciações da *ochlospécie Anadenanthera peregrina* (L) Speg, de origem amazônica, localizada principalmente nos *sills* basálticos ainda conservados. Na zona do Planalto de Vitória da Conquista (BA), por exemplo, encontra-se uma vegetação florestal de porte médio dominada pelos gêneros *Parapiptadenia* e *Anadenanthera*, sempre associados aos gêneros *Cavanillesia*, *Handroanthus*, *Cedrela*, entre muitos outros.
- **Savana (Cerrado):** O termo Savana é derivado do termo indígena caribenho Habana (COLE, 1963, 1986; MARCHIORI, 2004 *apud* IBGE, 2012). Em IBGE (2012) é adotado o termo “Savana” como prioritário e Cerrado como sinônimo regionalista, por apresentar uma fitofisionomia ecológica homóloga à da África e à da Ásia. A Savana (Cerrado) é conceituada como uma vegetação xeromorfa, que ocorre sob distintos tipos de clima. Reveste solos lixiviados aluminizados, apresentando sinúsias de hemicriptófitos, geófitos, caméfitos e fanerófitos oligotróficos de pequeno porte, com ocorrência em toda a Zona Neotropical e, prioritariamente, no Brasil Central. Em outras partes do País, recebe nomes locais, como: “Tabuleiro”, “Agreste” e “Chapada”, na Região Nordeste; “Campina” ou “Gerais” no norte dos estados de Minas Gerais, Tocantins e Bahia, entre outras denominações. A Savana (Cerrado) está subdividida nos seguintes quatro subgrupos de formação, todos presentes na BHSF:
 - Savana florestada (Cerradão): Formação com fisionomia típica e característica restrita a áreas areníticas lixiviadas com solos profundos, ocorrendo em um clima tropical eminentemente estacional. Apresenta

sinúcias lenhosas de micro e nanofanerófitos, tortuosos com ramificação irregular, providos de macrófitos esclerófitos perenes ou semidecíduos, ritidoma esfoliado corticoso rígido ou córtex maciamente suberoso, com órgãos de reserva subterrâneos ou xilopódios, cujas alturas variam de 6 a 8 m. Em alguns locais, apresenta sinúcias lenhosas de meso e microfanerófitos com altura média superior aos 10 m, sendo muito semelhante, fisionomicamente, a Florestas Estacionais, apenas diferindo destas na sua composição florística. Não apresenta sinúcia nítida de caméfitos, mas sim relvado hemicriptófitico, de permeio com plantas lenhosas raquíticas e palmeiras anãs. Na BHSF ocupa cerca de 1.075.770 ha. Extremamente repetitiva, a sua composição florística reflete-se de norte a sul em uma fisionomia caracterizada por dominantes fanerófitos típicos, como: *Caryocar brasiliense* Cambess. (pequi); *Salvertia convallariodora* A. St. Hil. (pau-de-colher); *Bowdichia virgilioides* Kunth (sucupira-preta); *Dimorphandra mollis* Benth. (faveiro); *Qualea grandiflora* Mart. (pau-terra-de-folhas-grandes); *Qualea parviflora* Mart. (pau-terra-de-folhas-pequenas); *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. (angico-preto); e *Kielmeyera coriacea* Mart. e Zucc. (pau-santo);

- Savana arborizada (Campo Cerrado, Cerrado Ralo, Cerrado Típico e Cerrado Denso): Subgrupo de formação natural ou antropizado, que se caracteriza por apresentar uma fisionomia nanofanerófitica rala e outra hemicriptófitica graminoide contínua, sujeito ao fogo anual. As sinúcias dominantes formam fisionomias ora mais abertas (Campo Cerrado), ora com a presença de um *scrub* adensado, Cerrado propriamente dito. Na BHSF, no conjunto das várias tipologias de savana arborizada (com e sem floresta de galeria e campo-cerrado) ocupa uma área bastante significativa, de aproximadamente 5.846.350 ha. A composição florística, apesar de semelhante à da Savana Florestada, possui espécies dominantes que caracterizam os ambientes de acordo com o espaço geográfico ocupado, sendo que, para Minas Gerais (sul mineiro), entre as espécies mais características está *Dimorphandra mollis* Benth. (faveiro);
- Savana Parque (Campo-sujo-de-Cerrado, Cerrado-de-Pantanal, Campo-de-Murundus ou Covoal e Campo Rupestre): Subgrupo de formação constituído essencialmente por um estrato graminoide,

integrado por hemicriptófitos e geófitos de florística natural ou antropizada, entremeado por nanofanerófitos isolados, com conotação típica de um “Parque Inglês” (*Parkland*). A Savana Parque de natureza antrópica é encontrada em todo o País, enquanto a natural ocorre algumas vezes com feição de campos litossólicos e/ou rupestres. Na BHSF é o subgrupo de savana mais representado, sendo que no conjunto das várias tipologias de savana parque (com e sem floresta de galeria) ocupa a área expressiva de cerca de 10.841.970 ha. Em áreas encharcadas de depressões periodicamente inundadas, ocorrem as tipologias naturais de Cerrado-de-Pantanal, registrando-se, por exemplo, espécies como *Hancornia speciosa* Gomes (mangaba), também presente na BHSF;

- Savana Gramíneo-Lenhosa (Campo-Limpo-de-Cerrado): Prevalecem nesta fisionomia, quando natural, os gramados entremeados por plantas lenhosas raquíticas, que ocupam extensas áreas dominadas por hemicriptófitos e que, aos poucos, quando manejados através do fogo ou pastoreio, vão sendo substituídos por geófitos que se distinguem por apresentar colmos subterrâneos, portanto mais resistentes ao pisoteio do gado e ao fogo. Na BHSF, o conjunto das várias tipologias de savana gramíneo-lenhosa (com e sem floresta de galeria) ocupa uma área de cerca de 1.764.680 ha. A composição florística é bastante diversificada, sendo suas espécies mais representativas as plantas lenhosas, como: *Andira humilis* Mart. ex Benth. (angelim-do-cerrado); *Chamaecrista* spp.; *Byrsonima* spp.; *Bauhinia* spp.; *Attalea* spp. e *Allagoptera campestris* (Mart.) Kuntze (coco-de-raposa). Entre as plantas gramínoides (Poaceae) realçam-se: *Axonopus* spp. (grama-do-cerrado); *Andropogon* spp.; *Echinolaena inflexa* (Poir) Chase; *Paspalum* spp.; *Trachypogon spicatus* (L. f.) Kuntze (capim-redondo) e *Schizachyrium* spp.
- **Savana Estépica (Caatinga):** A expressão caatinga é utilizada para denominar tipologias vegetais campestres, em geral, com estrato lenhoso decidual e espinhoso, distribuídas em diferentes quadrantes do Território Nacional, localizando-se o *core* no Sertão Árido Nordeste. Esta é efetivamente a área mais representativa da Savana-Estépica brasileira, de clima frequentemente marcado por dois períodos secos anuais: um, longo, seguido de chuvas intermitentes, e outro, curto, que

pode passar a torrencialmente chuvoso. Estas chuvas torrenciais são muito inconstantes, chegando a faltar por anos a fio. A Savana Estépica (Caatinga) subdivide-se também em quatro subgrupos de formação, todos presentes na BHSF:

- Savana-Estépica Florestada: Este subgrupo de formação é estruturado fundamentalmente em dois estratos: um, superior, com predominância de nanofanerófitas periodicamente decíduas e mais ou menos adensadas por grossos troncos em geral, profusamente esgalhados e espinhosos ou aculeados; e um estrato inferior gramíneo-lenhoso, geralmente descontínuo e de pouca expressão fisionômica. Cobre uma área aproximada de 3.407.340 ha na BHSF. A flora característica pertence, sobretudo, aos gêneros *Cavanillesia* e *Ceiba* (Malvaceae, de dispersão pantropical); *Schinopsis* (neotropical andino-argentino) e *Astronium* (neotropical afro-amazônico), pertencentes à família pantropical Anacardiaceae; *Vachellia*, *Senegalia*, *Mimosa*, *Chamaecrista* e outros da família Fabaceae, de dispersão pantropical, com distribuição descontínua, apresentando maior número de espécies neotropicais;
- Savana-Estépica Arborizada: Este subgrupo é estruturado em dois nítidos estratos: um, arbustivo-arbóreo superior, esparso, geralmente de características idênticas às da Savana-Estépica Florestada, descrita acima; e outro, inferior gramíneo-lenhoso, também de relevante importância fitofisionômica. É o subgrupo de savana estépica mais representado na bacia, com uma superfície de cerca de 8.455.080 ha. Na sua composição florística, merecem destaque as seguintes espécies: *Spondias tuberosa* Arruda, sendo o gênero de dispersão amazônica, mas a espécie endêmica; *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillett, gênero de dispersão afro-amazônica, mas espécie endêmica; *Cnidoscolus quercifolius* Pohl, com família de dispersão pantropical, porém de espécie endêmica; *Aspidosperma pyrifolium* Mart., gênero com dispersão andino-argentina, mas de espécie endêmica; além de várias espécies do gênero *Mimosa*;
- Savana-Estépica Parque: Este subgrupo de formação apresenta características fisionômicas muito típicas, com arbustos e pequenas árvores, em geral de mesma espécie, e distribuição bastante espaçada, qual fossem plantados. Afigura-se como uma pseudo-ordenação de

plantas lenhosas sobre denso tapete, principalmente, de plantas herbáceas e gramíneas. Ocupa perto de 415.390 ha na BHSF. Dominam várias espécies, dentre as quais se destacam: *Combretum leprosum* Mart. (mofumbo) e *Aspidosperma pyriforme* Mart. (pereiro), ambas famílias pantropicais, contudo, de gêneros afro-amazônicos, sendo o último andino-argentino. Estão sempre associados ao capim-panasco, do gênero *Aristida*, de dispersão mundial, principalmente nas Zonas Paleotropical e Neotropical;

- Savana-estépica Gramíneo-Lenhosa: Este subgrupo, também conhecido como campo espinhoso, apresenta características florísticas e fisionômicas bem típicas, ou seja, um extenso tapete gramíneo salpicado de plantas lenhosas anãs espinhosas. É um tipo de savana estépica vestigial na BHSF, com área descrita de 4,3 ha. A espécie mais característica é o capim-panasco (*Aristida* sp.), um hemipterófito que se apresenta com um aspecto de palha na seca e que enverdece na época das águas. Este campo é entremeado de nanofanerófitos espinhosos, despidos de folhagem na seca e cheios de folhas na época das chuvas, pertencentes ao gênero *Jatropha* (pinhão-brabo), da família Euphorbiaceae, de distribuição pantropical.
- **Vegetação com influência fluviomarinha (Manguezal e campos salinos):** O manguezal é a comunidade microfanerófitica de ambiente salobro, situada na desembocadura de rios e regatos no mar, onde, nos solos limosos (mangitos), cresce uma vegetação especializada, adaptada à salinidade. Na BHSF esta classe de vegetação só se encontra no Baixo São Francisco, atingindo uma superfície de cerca de 4.410 ha. Esta vegetação apresenta geralmente a seguinte sequência: *Rhizophora mangle* L., *Avicennia* sp., cujas espécies variam conforme a latitude, e *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn., que cresce nos locais mais altos, só atingidos pela preamar. Nesta comunidade, pode faltar um ou mesmo dois desses elementos.
- **Vegetação com influência fluvial:** São comunidades das planícies aluviais que refletem os efeitos das enchentes dos rios nas épocas chuvosas, ou, então, das depressões alagáveis todos os anos. Na BHSF ocupa cerca de 318.200 ha. Conforme a quantidade de água empoçada e o tempo que ela permanece na área, as comunidades vegetais vão desde a pantanosa criptofítica (hidrófitos) até os terraços

alagáveis temporariamente de terófitos, geófitos e caméfitos onde, em muitas áreas, os gêneros *Euterpe* e *Mauritia* se agregam. Nos pântanos, o gênero cosmopolita *Typha* fica confinado a um ambiente especializado, diferente dos *Cyperus* e *Juncus*, exclusivos das áreas pantanosas dos trópicos. Estes três gêneros dominam nas depressões brejosas em todo o País. Nas planícies alagáveis mais bem drenadas, os gêneros *Panicum* e *Paspalum* dominam. Nos terraços mais enxutos, dominam nanofanerófitos dos gêneros *Acacia* e *Mimosa*, juntamente com várias famílias pioneiras, como: Solanaceae, Asteraceae, Myrtaceae e outras de menor importância sociológica.

- **Vegetação com influência marinha (restingas):** Estas comunidades vegetais recebem influência direta das águas do mar, apresentando gêneros característicos nas praias, nas áreas mais altas afetadas por marés equinociais, nas dunas e em “pontais rochosos” que dão origem às restingas. Na BHSF ocorre, aproximadamente, em 191.500 ha. Estas comunidades apresentam como gêneros característicos das praias *Remirea* e *Salicornia*, seguindo-se, em áreas mais altas, afetadas pelas marés equinociais, *Ipomoea pes-caprae* (L.), *Canavalia rosea* (Sw) DC., *Paspalum* e *Hidrocotyle*. Entre os gêneros associados ao plano mais alto das praias contribuem estão: *Acicarpha*, *Achyrocline*, *Polygala*, *Spartina*, *Vigna* e outros de menor importância caracterizadora. Nas dunas propriamente ditas, a comunidade vegetal é dominada por nanofanerófitos como *Schinus terebinthifolius* Raddi e a *Lythrea brasiliensis* Marchand, lenhosos, destacando-se também os gêneros *Erythroxylum*, *Myrcia*, *Eugenia* e outros de menor importância associativa.
- **Áreas de tensão ecológica ou contato florístico:** Na BHSF está delimitada uma extensa área de contato entre savana e floresta estacional, de cerca de 4.841.445 ha, o que representa perto de 8% da superfície da bacia. Nestas áreas, entre duas ou mais regiões fitoecológicas ou tipos de vegetação, existem sempre, ou pelo menos na maioria das vezes, comunidades indiferenciadas, onde as floras se interpenetram.
- **Refúgios vegetacionais (comunidades relíquia):** A vegetação que se diferencia em aspectos florísticos e fisionômico-ecológicos da flora dominante em uma região fitoecológica específica é considerada como

um “refúgio ecológico”. Este, muitas vezes, constitui uma “vegetação relíquia”, com espécies endêmicas, que persiste em situações especialíssimas, como é o caso de comunidades localizadas em altitudes acima de 1.800 metros. Estes refúgios, condicionados por parâmetros ambientais muito específicos, apresentam, via de regra, alta sensibilidade a qualquer tipo de intervenção. Entre esta tipologia de vegetação, na BHSF existem os refúgios montanos e os refúgios alto-montanos, em áreas bastante restritas, respectivamente de 2.386,8 ha, no Alto e Submédio São Francisco, e 935,5 ha, apenas no Alto São Francisco, sendo esta última a segunda classe de vegetação menos representada na bacia.

- **Sistema da vegetação secundária (tratos antrópicos):** No sistema secundário (antrópico), estão incluídas todas as comunidades secundárias brasileiras. São aquelas áreas onde houve intervenção humana para o uso da terra, seja com finalidade mineradora, agrícola ou pecuária, descaracterizando a vegetação primária. Assim sendo, essas áreas, quando abandonadas, reagem diferentemente de acordo com o tempo e a forma de uso da terra. Na BHSF ocupa cerca de 174.100 ha.
- **Agropecuária:** A área de agropecuária (pastagens e campos agrícolas) é a classe de vegetação dominante na bacia da BHSF, atingindo uma superfície superior a 23.571.370 ha, desta forma representando 37% da cobertura da bacia.
- **Reflorestamento e/ou florestamento:** Trata-se de áreas reflorestadas ou florestadas artificialmente, distintas, deste modo, das florestas naturais e secundárias. NA BHSF atingem uma superfície próxima dos 268.370 ha.
- **Sistema das áreas sem vegetação – dunas:** Neste contexto, as dunas são as áreas compostas somente por areia, sem vegetação. Na BHSF ocupam uma área de cerca de 24.700 ha.
- **Áreas degradadas por motivos antrópicos:** Na BHSF estão mapeados cerca de 60.880 ha.
- **Áreas urbanizadas e perímetros urbanos:** Na BHSF estão mapeados cerca de 237.080 ha.

O PRH-SF 2004-2013 não apresenta uma quantificação das classes de cobertura da vegetação. Assim, relativamente ao mapeamento apresentado no mesmo (cuja fonte é o mapa de vegetação do IBGE 1988/1991), é possível fazer apenas uma comparação qualitativa das classes presentes com a cobertura vegetal produzida pela equipe para o presente plano, expressa no quadro seguinte:

Quadro 30 – Comparação qualitativa entre a cobertura vegetal do PRH-SF 2004-2013 e a cobertura vegetal atualizada.

| Classe de cobertura | Padrão de evolução da distribuição espacial na BHSF |
|---------------------|---|
| Agricultura | Aumento muito expressivo da área: no SFB, na área mais a jusante, substituindo áreas de ecótono; no SFMS aumentou sobretudo nas sub-bacias Salitre e Curaçá, substituindo áreas de ecótono e estepe; no SFM aumentou de forma acentuada nas sub-bacias Alto Grande e Corrente (substituindo áreas de savana), Paramirim/ Santo Onofre/ Carnaíba de Dentro e Verde Grande, MG (substituindo áreas de ecótono e floresta); no SFA o maior aumento registrou-se nas sub-bacias Afluentes mineiros do SFA e Jequitaiá, substituindo áreas de ecótono e floresta |
| Água | Nesta escala de análise não se detectam alterações significativas |
| Ecótono | Diminuição visível da área: essencialmente no SFB e no SFM (sobretudo na sub-bacia Verde Grande, MG), substituído por áreas agrícolas |
| Estepe | Diminuição visível da área: essencialmente no SFB nas sub-bacias Baixo São Francisco (SE) e Baixo Ipanema/ Baixo São Francisco (AL); no SFM (sobretudo na sub-bacia Verde Grande, MG), substituído por áreas agrícolas |
| Floresta | Diminuição expressiva na sua principal área de distribuição, no SFM: particularmente notória na sub-bacia Verde Grande (MG), substituída sobretudo por áreas agrícolas |
| Savana | Diminuição expressiva na sua principal área de distribuição, no SFM: sobretudo nas sub-bacias Médio/Baixo Grande, Alto Grande e Paracatu, substituída por áreas agrícolas |

Fonte: ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2004; dados atualizados pela equipe da cobertura vegetal com base em análise de imagens de satélite LANDSAT de 2014 e 2015.

Notas: A classe Agricultura corresponde à atual classe de Agropecuária; a classe Ecótono corresponde à atual classe Áreas de tensão ecológica ou contato florístico; a classe Estepe corresponde às atuais classes de savana estépica (caatinga); a classe Floresta corresponde às atuais classes de Florestas Estacionais Semidecidual e Decidual; a classe Savana corresponde às atuais classes de savana (cerrado).

Os dados resultantes da análise da Figura 49 revelam que o padrão de incremento das classes de cobertura vegetal antropizadas e de regressão das classes mais características da vegetação nativa da bacia ter-se-á refletido na perda de hábitat para

a biota da bacia. A causa principal de perda de habitats naturais, para o país, é a prática da agricultura e silvicultura (36,1%), seguida da extração de recursos naturais (22,3%), implantação de infraestruturas (23,5%), ocorrência de fogos (11%) e a presença de espécies invasoras com impacto direto no habitat (6,5%) (MARTINELLI; MORAES, 2013). Este padrão é coerente com a evolução da cobertura vegetal na bacia, onde se registrou, de forma significativa, um aumento expressivo da classe de vegetação “Agropecuária”, com substituição de vegetação nativa.

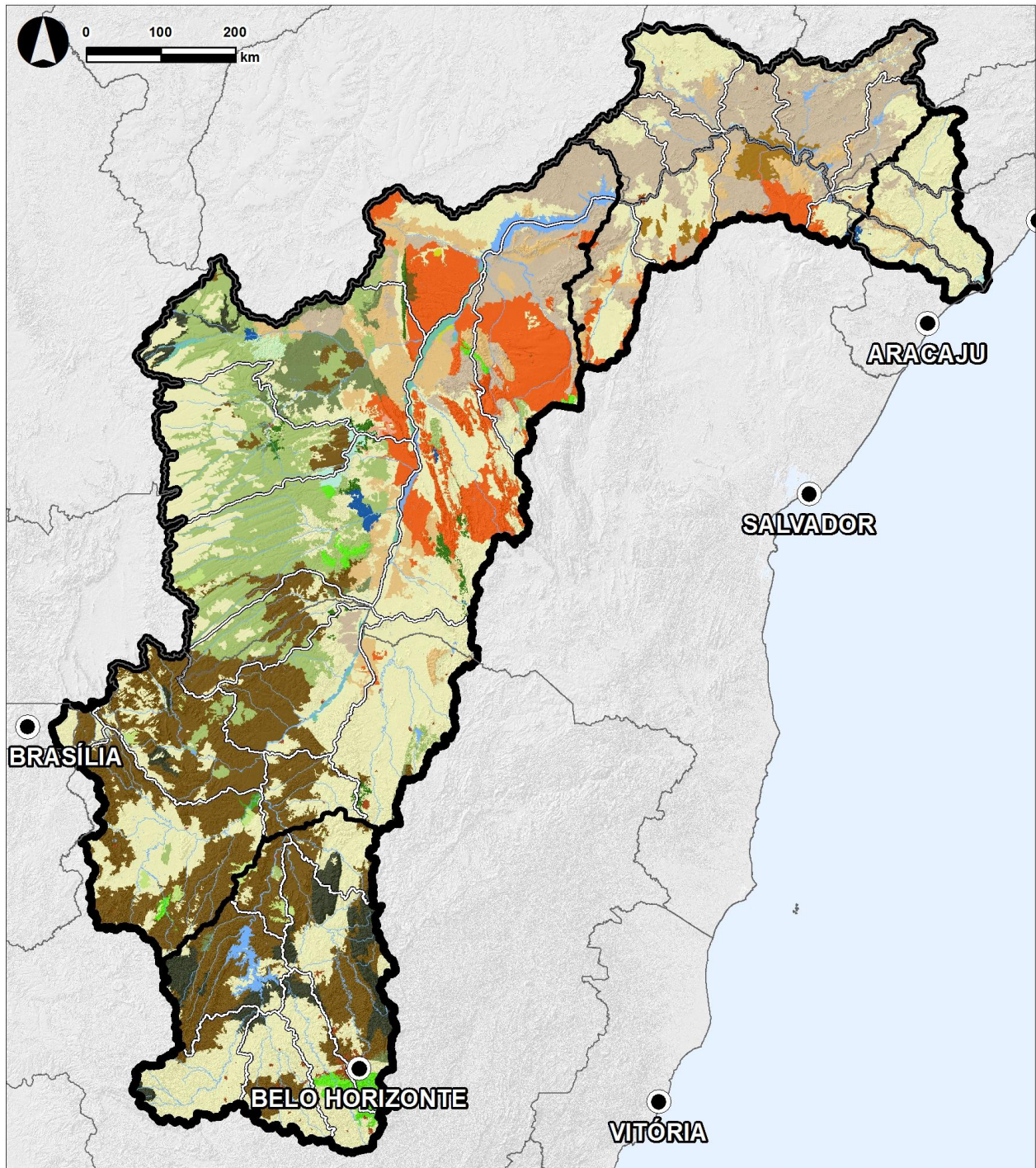


Figura 49 – Cobertura vegetal (Mapa 36 do Volume 9, reduzido).

LEGENDA:

DIVISÃO ESTADUAL (IBGE, 2010)



DIVISÕES HIDROGRÁFICAS (ANA, 2015)

- Bacia
- Região fisiográfica
- Sub-bacia

HIDROGRAFIA PRINCIPAL (ANA, 2012)



COBERTURA VEGETAL (Adaptado de: MMA, 2015; ANA 2015)

- Agropecuária
- Dunas
- Floresta estacional decidual montana
- Floresta estacional semidecidual aluvial
- Floresta estacional semidecidual montana
- Floresta estacional semidecidual submontana

- Florestamento/Reflorestamento
- Savana arborizada (campo-cerrado)
- Savana florestada (cerradão)
- Savana (Cerrado) Gramíneo-Lenhosa
- Savana Estépica Arborizada (Caatinga)
- Savana Estépica Florestada (Caatinga)
- Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa (Caatinga)
- Savana Estépica Parque (Caatinga)
- Savana Parque (Cerrado)
- Influência urbana e áreas não mapeadas
- Áreas de tensão ecológica
- Áreas degradadas/indiscriminadas
- Refúgios alto-montanos
- Refúgios montanos
- Vegetação com influência fluvial
- Vegetação com influência fluvial e/ou lacustre
- Vegetação com influência marinha
- Vegetação secundária
- Corpos d'água

D. ESPÉCIES DE FLORA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO

DESCRIÇÃO GERAL

A flora presente na BHSF é descrita focando a análise dos seguintes pontos:

- Espécies importantes do ponto de vista da conservação (principalmente espécies raras e/ou com estatuto de conservação desfavorável);
- Espécies exóticas (tanto cultivadas como invasoras);
- Espécies que apresentem valor econômico, epidemiológico, ou ainda que sirvam de indicadores de alterações ambientais.

Sempre que possível, estes aspectos foram analisados especificamente para as plantas aquáticas e plantas com maior dependência de meios aquáticos.

As principais fontes de informação utilizadas na compilação do elenco florístico (e das características das espécies) da BHSF foram o Diagnóstico do macrozoneamento ecológico econômico da bacia hidrográfica do rio São Francisco (MMA, 2011), Planos de Manejo relativos às Unidades de Conservação (UCs) englobadas na bacia,

relatórios técnicos, artigos científicos e estudos ambientais de processos de licenciamento, principalmente de empreendimentos hidroelétricos, relatórios de monitoramentos realizados por órgãos gestores, artigos científicos, entre outros.

No Diagnóstico do macrozoneamento ecológico econômico da BHSF (MMA, 2011), a flora foi abordada essencialmente no sentido da identificação de espécies alvo de conservação (nesse relatório, são referidos 66 *taxa*). O levantamento efetuado para o presente plano, com base em fontes bibliográficas, permitiu totalizar 1194 *taxa*. Tendo em conta o elevadíssimo número de espécies potencial para a BHSF, este levantamento foi focalizado essencialmente nas espécies aquáticas, ripárias e características dos diversos biomas da bacia, com enfoque nas espécies raras e ameaçadas de extinção; nas espécies exóticas (cultivadas e invasoras); nas espécies de valor econômico e de interesse epidemiológico; nas espécies bioindicadoras; e nas espécies aquáticas com maior ocorrência nos cursos d'água.

Sempre que relevante e possível, é feita, na presente seção, referência à localização das espécies caracterizadas. No entanto, os dados de localização disponíveis são escassos, e é de salientar que a atribuição de uma espécie a uma região não garante, em muitos casos, que ela esteja ausente de outra. De fato, tendo em consideração a área extensa da bacia e as lacunas de informação existentes, haverá uma parte variável, mas geralmente bastante considerável, do território, que não foi prospectada para obtenção deste tipo de informação relativa a dada espécie ou grupo de espécies. Assim, é provável que a realização de prospecções futuras venha a fornecer dados complementares aos de momento disponíveis no que diz respeito à distribuição de muitas espécies.

Há que considerar, ainda, que a distribuição da maior parte das espécies é geralmente associada, na bibliografia disponível, aos biomas de ocorrência. Estes não estão restritos a nenhuma região fisiográfica e, à exceção de algumas (muito poucas) espécies, mais bem conhecidas quanto à sua distribuição, é de prever a sua ocorrência potencial nas áreas ocupadas pelo bioma a que estão associadas, sempre que aplicável.

A escassez de informação sobre estado de conservação da flora da bacia é também bastante considerável; neste contexto, é relevante a porcentagem de espécies cujo estado de conservação ainda não foi avaliado – superior a 90% a nível internacional e

perto desse valor a nível nacional, considerando o número de espécies estimado para o Brasil, que é próximo de 41.000 (MARTINELLI; MORAES, 2013).

A lista de espécies compilada para a bacia é apresentada no Apêndice I (Volume 3 – Caracterização da bacia hidrográfica – Apêndices). Na sua elaboração foi adotada a taxonomia da Lista de Espécies da Flora do Brasil (2015).

Nesta listagem verificou-se, para todas as espécies, o seu estatuto de conservação/ameaça nacional, de acordo com a Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção (Portaria n.º 443, de 18 de Dezembro de 2014), e internacional, de acordo Lista Vermelha das Espécies Ameaçadas da UICN (2015). Deste ponto do texto em diante, estas listas serão referidas, respectivamente, como Lista do Brasil (ou nacional) e Lista da UICN (ou internacional).

O desmatamento expressivo registrado na bacia está obviamente estreitamente associado com o estado de conservação da sua flora; efetivamente, a perda de habitat é o fator de ameaça mais importante para este grupo (MARTINELLI; MORAES, 2013), e para a conservação da biodiversidade da bacia em geral.

Sempre que existentes, os seguintes dados, relativos a cada uma das espécies, foram anotados:

- **Estatutos de conservação nacional e internacional;**
- **Caráter** nativo, endêmico ou exótico;
- **Valor econômico;**
- **Interesse epidemiológico;**
- **Caráter bioindicador.**

Sempre que se detectou alguma especificação face ao caráter endêmico de uma espécie (para a bacia do São Francisco, ou para um ou mais estados em particular), este foi registrado.

A lista compilada englobou um total de 1194 *taxa*, como pode observar-se no Quadro 36.

Quadro 31 – N.º de taxa elencados para a BHSF por grupo taxonômico.

| Grupo taxonômico | N.º de taxa |
|-----------------------|-------------|
| Classe Polypodiopsida | 47 |
| Classe Liliopsida | 250 |
| Classe Magnoliopsida | 897 |
| TOTAL | 1194 |

Fonte: ver Apêndice I (Volume 3 – Caracterização da bacia hidrográfica – Apêndices).

Foi elencado um total de 128 Famílias, nove da Classe Polypodiopsida (samambaias e licófitas), 24 da Classe Liliopsida (angiospermas, monocotiledôneas) e 95 da Classe Magnoliopsida (angiospermas, dicotiledôneas).

Entre as espécies mais dependentes do meio aquático é de ressaltar, no presente contexto, a importância das macrófitas aquáticas que, para além da relevância que apresentam como componente do ecossistema aquático, podem representar problemas para a navegação, recreação e aproveitamento da água para suprimento humano. Em concreto, no que diz respeito aos aproveitamentos hidroelétricos, estas podem representar uma séria ameaça às turbinas de geração, notadamente como ocorre com *Egeria densa* nos reservatórios do Submédio São Francisco (FADURPE/CHESF, 2011).

As macrófitas aquáticas são as plantas macroscopicamente visíveis a olho nu, que possuem suas partes fotossinteticamente ativas permanente ou temporariamente a cada ano, submersas ou flutuantes, habitando desde brejos a ambientes verdadeiramente aquáticos (FADURPE/CHESF, 2011).

Há que considerar algumas das espécies mais frequentes na BHSF, como *Acrostichum danaeifolium*, *Azolla* sp., *Ceratopteris pteridoides*, *Eichhornia crassipes* aguapé, *Egeria densa*, *E. minima*, *Hydrocotyle verticillata*, *Ludwigia leptocarpa*, *Oxycaryum cubense*, *Paspalum repens*, *Pistia stratioides*, *Salvinia auriculata*, (ENGERIO, 1993; FADURPE, 2008; FADURPE/CHESF, 2008; FADURPE/CHESF, 2011; FADURPE/CHESF, 2015; FADURPE/CHESF, [2010?]).

Os reservatórios, como ambientes transitórios entre sistemas de água corrente e de águas paradas, apresentam excelentes condições ecológicas para a proliferação de macrófitas aquáticas.

Elodea sp., por exemplo, tem grande capacidade de reprodução vegetativa a partir de fragmentos, provável motivo pelo qual está presente em vários reservatórios do rio São Francisco (ENGE-RIO, 1993). Devido ao seu potencial para causar efeitos prejudiciais em reservatórios direcionados à produção hidroelétrica, estas espécies são monitoradas nas principais barragens, como Xingó, Sobradinho, complexo Paulo Afonso, Luiz Gonzaga (Itaparica), entre outras.

No escopo destes monitoramentos, a intensa proliferação de espécies flutuantes foi descrita para o reservatório de Paulo Afonso I, II e III, próximo ao local de escoamento de empreendimento de cultivo de peixes em sistema de alto fluxo, na cidade de Paulo Afonso, entre 2000 e 2004 (FADURPE/CHESF, 2011). Uma associação de *Eichhornia crassipes*, *Salvinia auriculata*, *Lemna minuta*, *Azolla filiculoides* e *Wolffia brasiliensis*, desenvolveu-se sobre estandes submersos de *Egeria densa*, se proliferou ao redor do ponto de deságue do efluente do empreendimento e formou uma ilha em forma semicircular que já ocupava alguns milhares de metros quadrados na ocasião de um levantamento efetuado em abril/2003 (UFRPE/CHESF/FADURPE, 2003 *apud* FADURPE/CHESF, 2011, p. 364).

Entre os vários relatórios técnicos existentes sobre monitoramento de macrófitas em empreendimentos hidroelétricos, e para dar uma ideia da diversidade presente, pode-se citar um monitoramento na barragem do Sobradinho, onde é referida a presença de 61 espécies, identificando como daninhas *Eichhornia azurea*, *Salvinia minima* e *Ludwigia helminthorrhiza* (FADURPE/CHESF, 2008), ou um monitoramento no complexo de Paulo Afonso, onde são referenciadas 43 espécies (FADURPE/CHESF, 2011).

Apesar dos efeitos negativos reconhecidos, estas espécies têm também um potencial variável de aproveitamento pelo homem, incluindo utilizações alimentares, medicinais, têxteis, ornamentais ou, até, industriais (FADURPE, 2011).

De salientar, por fim, que a informação disponível direcionada à caracterização da flora aquática é bastante mais escassa do que aquela respeitante à vegetação

terrestre. Não existe para este grupo, também, nenhuma fonte de informação que forneça uma caracterização da área global da bacia, sendo que a maior parte dos dados disponíveis são provenientes de estudos ambientais, principalmente de monitoramento, associados a empreendimentos hidroelétricos, tal como os exemplos das referências anteriores.

CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E BIODIVERSIDADE

A BHSF integra três dos mais importantes biomas brasileiros, no que diz respeito à conservação da natureza e biodiversidade e à sua importância específica para as espécies de flora: a mata atlântica, o cerrado e a caatinga.

A mata atlântica é o bioma brasileiro com a maior quantidade de espécies de plantas ameaçadas, seguida do cerrado, os dois *hotspots* de biodiversidade do território nacional (entre os 35 mundiais) (MYERS *et al.*, 2000 *apud* MARTINELLI; MORAES, 2013, p. 68). Conjuntamente com a caatinga, estes biomas integram, também, uma elevada taxa de endemismo: dos 1.194 *taxa* elencados para a BHSF, cerca de 589 são espécies endêmicas, do Brasil, de uma região do Brasil (por exemplo, do Nordeste), de um estado ou da própria BHSF.

No panorama nacional, a sobreposição das áreas de presença das espécies ameaçadas de flora e as áreas de proteção existentes é considerada insatisfatória, segundo a análise de Martinelli e Moraes (2013), expressa na figura seguinte:

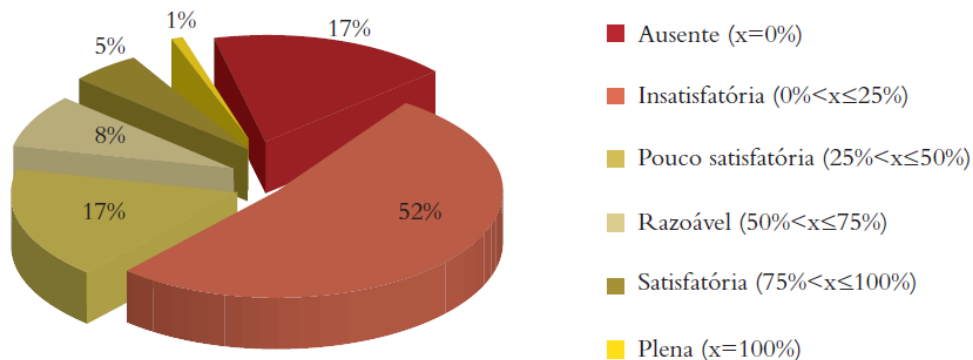


Figura 50 – Porcentagem de sobreposição entre a extensão de ocorrência das espécies ameaçadas e a rede de áreas e proteção do Brasil.

Fonte: MARTINELLI; MORAES, 2013.

Tal como previamente mencionado, uma importante (e, provavelmente, a principal) causa de regressão das classes mais características da vegetação nativa da bacia é relativa à destruição de habitats; como seria de esperar, este é também o fator de ameaça que assume maior importância para as espécies de flora presentes (MARTINELLI; MORAES, 2013). Outros fatores relevantes são o distúrbio humano, factores intrínsecos, extrativismo, desastres naturais, poluição, espécies invasoras e mudança na dinâmica das espécies (MARTINELLI; MORAES, 2013). Do total de ameaças incidentes sobre as espécies de flora identificadas pelo livro vermelho da flora do Brasil, cerca de 60,2% afetam espécies consideradas em risco de extinção (MARTINELLI; MORAES, 2013).

Espécies com estatuto de ameaça

Os estatutos de ameaça contidos nas listas de espécies ameaçadas consideradas, tanto a nível nacional (Brasil, portaria n.º 443 de 17 de dezembro de 2014), como a nível internacional (UICN), são os seguintes:

- EX – Extinta
- EW – Extinta na Natureza
- CR – Criticamente em Perigo
- EN – Em Perigo
- VU – Vulnerável
- NT – Quase Ameaçada (apenas UICN)
- DD – Deficiente em Dados (apenas UICN)
- LC – Pouco Preocupante (apenas UICN)

É importante notar que nem todas as espécies presentes na bacia foram alvo de avaliação em termos do seu estatuto de ameaça, quer a nível nacional, quer internacional. Efetivamente, o estatuto de ameaça internacional (da IUCN) foi avaliado apenas para cerca de 8% das espécies de flora elencadas para a bacia (cerca de 8% das espécies das Classes Liliopsida e Magnoliopsida e 10% das espécies da Classe Polypodiopsida), o que reflete a existência de grande desconhecimento sobre o seu estado de conservação, a nível global. O panorama nacional é mais favorável: a recente avaliação nacional dos estatutos de conservação da flora (disponível no portal da lista de espécies da flora do Brasil) abrange cerca de 49% das espécies elencadas para a BHSF.

As espécies de plantas com distribuição potencial na BHSF classificadas como Criticamente em perigo são apresentadas em seguida, no Quadro 32 e no

Quadro 33, respectivamente, para as Classes Magnoliopsida e Liliopsida. Nenhuma das espécies da Classe Polypodiaceae elencadas para a bacia apresentou estatuto de conservação desfavorável.

**Quadro 32 – Espécies de plantas da Classe Magnoliopsida com estatuto
Criticamente em Perigo.**

| Família | Espécie Nome científico | Estatuto de ameaça | | Domínio fitogeográfico | Distribuição (sub-região) |
|---------------|----------------------------------|-----------------------|------|---------------------------|--|
| | | Brasil | UICN | | |
| Asteraceae | <i>Aspilia belo-horizontinae</i> | x | | Cerrado | Município de Belo Horizonte (ASF) |
| | <i>Calea brittoniana</i> | x | | Cerrado | Campos rupestres da Serra da Canastra (ASF) |
| | <i>Lychnophora humillima</i> | x | | Cerrado | Município de Santana do Riacho (ASF) |
| | <i>Wedelia macedoi</i> | x | | Cerrado | Parque Nacional da Serra da Canastra (ASF) |
| Aquifoliaceae | <i>Ilex prostrata</i> | x | | Cerrado | Campos rupestres da serra do Cipó (ASF) |
| Apocynaceae | <i>Hemipogon abietoides</i> | x | | Cerrado | Campos rupestres, MG (ASF) |
| | <i>Hemipogon hatschbachii</i> | x | | Cerrado | Campos rupestres, MG (ASF) |
| | <i>Hemipogon piranii</i> | x | | Cerrado | Campos rupestres, MG (ASF) |
| | <i>Minaria monocoronata</i> | x | | Mata atlântica | Campos rupestres ao sul da cadeia do espinhaço (ASF) |
| Fabales | <i>Chloroleucon tortum</i> | | x | Cerrado, mata atlântica | Desconhecida |
| Loganiaceae | <i>Spigelia cipoensis</i> | x | | Cerrado | Região da serra do Cipó (ASF) |
| Lythraceae | <i>Cuphea rubro-virens</i> | x | | Cerrado | Campos rupestres, MG (MSF) |
| | <i>Diplusodon argyrophyllus</i> | x | | Caatinga, cerrado | Campos rupestres, BA (MSF) |

| Família | Espécie | Estatuto de ameaça | | Domínio fitogeográfico | Distribuição (sub-região) |
|-----------------|-------------------------|--------------------|--------|------------------------|---------------------------|
| | | Nome científico | Brasil | | |
| Melastomataceae | <i>Miconia angelana</i> | x | | Cerrado | MG (ASF) |

Fonte: MARTINELLI; MORAES, 2013; LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL, 2015; UICN, 2015; ROMERO; NAKAJIMA, 1999.

Legenda: ASF – Alto São Francisco; MSF – Médio São Francisco.

Nota(s): Nenhuma das espécies possui nome comum.

Quadro 33 – Espécies de plantas da Classe Liliopsida com estatuto Criticamente em Perigo.

| Família | Espécie | | Estatuto de ameaça | Domínio fitogeográfico | Distribuição (sub-região) |
|----------------|--|------------|--------------------|------------------------|---|
| | Nome científico | Nome comum | Brasil | | |
| Amaryllidaceae | <i>Griffinia aracensis</i> | - | x | Cerrado | Município de Matosinhos, MG (ASF) |
| Iridaceae | <i>Pseudotrimezia brevistamina</i> | - | x | Cerrado | Campos rupestres da serra do Cipó (ASF) |
| | <i>Pseudotrimezia gracilis</i> | - | x | Cerrado | Serra do Cipó (ASF) |
| | <i>Trimezia fistulosa</i> var. <i>longifolia</i> | - | x | Cerrado | Serra do Cipó (ASF) |
| Orchidaceae | <i>Constantia cipoensis</i> | - | x | Cerrado | Campos rupestres, MG (ASF) |
| | <i>Pseudolaelia cipoensis</i> | - | x | Cerrado | Serra do Cipó (ASF) |
| Velloziaceae | <i>Barbacenia glutinosa</i> | - | x | Cerrado | Municípios Congonhas do Norte e Santana do Riacho (ASF) |
| | <i>Barbacenia longiscapa</i> | - | x | Cerrado | Serra do Cipó e município de Diamantina (ASF) |

| Família | Espécie | | Estatuto de ameaça | Domínio fitogeográfico | Distribuição (sub-região) |
|---------------|----------------------------------|-----------------|--------------------|------------------------|---|
| | Nome científico | Nome comum | Brasil | | |
| Bromeliaceae | <i>Dyckia ursina</i> | - | x | Cerrado | Campos rupestres da serra do Cipó, MG (ASF) |
| | <i>Encholirium biflorum</i> | - | x | Cerrado | Porção mineira da cadeia do Espinhaço (ASF) |
| | <i>Encholirium vogelii</i> | - | x | Cerrado | Serra do Cipó, MG (ASF) |
| | <i>Pitcairnia bradei</i> | - | x | Cerrado | Campos rupestres, MG (MSF) |
| | <i>Vriesea longistaminea</i> | - | x | Cerrado | Municípios Nova Lima e Mariana, MG (ASF) |
| Eriocaulaceae | <i>Actinocephalus cipoensis</i> | - | x | Cerrado | MG (ASF) |
| | <i>Paepalanthus ater</i> | - | x | Cerrado | Morro do breu, serra do Cipó, MG (ASF) |
| Poaceae | <i>Ocellochloa brachystachya</i> | - | x | Cerrado | Serra do Cipó, MG (ASF) |
| Xyridaceae | <i>Xyris dardanoi</i> | - | x | Cerrado | Serra do Cipó, MG (ASF) |
| | <i>Xyris hystrix</i> | - | x | Cerrado | Serra do Cipó, MG (ASF) |
| | <i>Xyris nigricans</i> | - | x | Cerrado | Serra do Cipó, MG (ASF) |
| | <i>Xyris platystachya</i> | Cabeça-de-negro | x | Cerrado | MG (ASF) |
| | <i>Xyris tortilis</i> | - | x | Cerrado | Campos rupestres, MG (ASF) |

Fonte: MARTINELLI; MORAES, 2013; LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL, 2015; UICN, 2015.

Legenda: ASF – Alto São Francisco; MSF – Médio São Francisco.

Nota(s): Nenhuma das espécies é classificada como “CR” segundo a lista da UICN.

No total são descritas para a BHSF 35 espécies classificadas como Criticamente em Perigo, uma a nível internacional (*Chloroleucon tortum*) e as restantes a nível nacional. Todas estas espécies são endêmicas, sendo que a grande maioria se distribui por uma área extremamente restrita, como ilustrado nos quadros acima. É de realçar, também, que todas as espécies se distribuem na parte alta e média da bacia e, destas 35, 31 (cerca de 89%) estão restritas ao Alto São Francisco.

O quadro seguinte (Quadro 34) apresenta uma síntese da distribuição das espécies de flora pelos restantes estatutos de ameaça (à exceção de LC – Pouco Preocupante).

Quadro 34 – Espécies de plantas com estatutos de ameaça EN, VU, NT ou DD de acordo com as listas nacional e internacional das espécies ameaçadas.

| N.º de espécies | Estatutos de ameaça | | Domínio fitogeográfico* |
|-----------------|---------------------|------|---|
| | Brasil | UICN | |
| 2 | EN | EN | 1 no cerrado e mata atlântica; 1 no cerrado |
| 4 | EN | VU | 1 na caatinga, cerrado e mata atlântica; 1 na caatinga e cerrado; 1 no cerrado e mata atlântica; 1 na caatinga |
| 2 | EN | LC | 1 na caatinga; 1 no cerrado |
| 68 | EN | n.a. | 1 na caatinga, cerrado e mata atlântica; 2 na caatinga e cerrado; 2 na caatinga e mata atlântica; 24 no cerrado e mata atlântica; 7 na mata atlântica; 5 na caatinga; 27 no cerrado |
| 1 | VU | EN | Caatinga, cerrado, mata atlântica |
| 4 | VU | VU | 2 na caatinga, cerrado e mata atlântica; 1 na caatinga; 1 no cerrado |
| 1 | VU | NT | Caatinga |
| 28 | VU | n.a. | 2 na caatinga, cerrado e mata atlântica; 16 no cerrado e mata atlântica; 2 na mata atlântica; 2 na caatinga; 5 no cerrado; 1 na caatinga e mata atlântica |
| 1 | - | EN | Caatinga, cerrado e mata atlântica |
| 4 | - | VU | 1 na caatinga, cerrado e mata atlântica; 1 no cerrado e mata atlântica; 2 no cerrado |
| 2 | - | NT | 2 na caatinga |
| 3 | - | DD | 2 na caatinga, cerrado e mata atlântica; 1 na mata atlântica |

Fonte: MARTINELLI; MORAES, 2013; LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL, 2015; UICN, 2015.

Legenda: * - presente na BHSF; n.a. – não avaliado; “-“ – sem estatuto atribuído; EN – Em Perigo; VU – Vulnerável; NT – Quase Ameaçada; DD – Deficiente em Dados.

As discrepâncias observadas entre ambas as listas são devidas a dois motivos principais: à não avaliação de diversos *taxa*, por uma ou por outra lista; e à distribuição geográfica do *táxon* em causa. Nas espécies não endêmicas do Brasil, com maior probabilidade se podem detectar variações entre os estatutos das duas listas – por exemplo, uma espécie que se distribua pela América do Sul poderá estar ameaçada no Brasil, mas não na sua restante área de distribuição.

No total, 155 espécies apresentam categorias de ameaça, o que representa cerca de 13% das espécies elencadas.

A grande maioria das espécies consideradas “ criticamente em perigo ” distribui-se pelo bioma cerrado. Isso é de alguma forma esperado, visto que este bioma é o que ocupa maior superfície na BHSF.

No entanto, no que diz respeito às restantes categorias de ameaça, o padrão é distinto. Efetivamente, das 120 espécies com estatuto de ameaça diferente de CR (e de LC), 11 (cerca de 9%) distribuem-se por áreas que abrangem conjuntamente as três tipologias de biomas da BHSF – terão uma distribuição razoavelmente alargada, o que significa que os fatores de ameaça estão a operar num território relativamente extenso ou que consistem em causas intrínsecas às espécies em causa. Oito espécies (cerca de 7%) estão presentes em dois dos biomas: estas terão uma distribuição alargada ou, então, poderão estar especificamente associadas a estas zonas de transição. As restantes 101 espécies são específicas de um bioma apenas: 37 do cerrado, 13 da caatinga e 10 da mata atlântica, respectivamente 31%, 13% e 10%. Estas percentagens evidenciam a importância da mata atlântica que, ocupando apenas cerca de 3% da superfície da bacia, é zona de distribuição de uma percentagem proporcionalmente bastante maior das espécies de flora ameaçada da BHSF.

Espécies raras

A raridade, em termos ecológicos, pode ter diversas causas e é um conceito subjetivo. Uma espécie pode ser considerada rara porque seus indivíduos ocorrem em baixa frequência na natureza, ou porque sua área de distribuição é restrita, ou, ainda, porque constitui o único grupo vivo de uma linhagem evolutiva (MARTINELLI *et al.*,

2014). A raridade não implica, assim, necessariamente, uma situação de ameaça: por exemplo, num ecossistema em equilíbrio, os predadores são naturalmente mais raros que as suas presas; é, também, reconhecido, que nos limites da sua distribuição, as espécies são mais raras (KUNIN, 1993).

De uma forma geral, os parâmetros baseados em distribuição e abundância são os mais utilizados para classificar espécies raras no domínio da biologia da conservação. Assume-se, assim, que uma espécie será rara quando há baixa frequência de indivíduos na natureza associada a uma distribuição geograficamente mais restrita (MARTINELLI *et al.*, 2014).

A maioria das espécies de plantas pode ser considerada rara e são poucas as espécies cosmopolitas; estima-se que um quarto da Terra seja ocupado por 200 espécies de plantas apenas (KRUCKEBERG; RABINOWITZ, 1985 *apud* GIULIETTI *et al.*, 2009, p. 25). É de realçar, contudo, que as espécies raras, sobretudo aquelas com distribuição bastante restrita, são as mais suscetíveis a distúrbios antrópicos ou a eventos estocásticos naturais (GIULIETTI *et al.* 2009).

No contexto do presente plano, a raridade é essencialmente relevante no contexto de espécies ameaçadas e vulneráveis presentes na BHSF, e, em particular, aquelas associadas a fatores antrópicos decorrentes dos usos e atividades humanas.

No caso das plantas, os fatores antrópicos gerais mais importantes que promovem a raridade são a destruição ou degradação do habitat, a competição com espécies exóticas e a exploração pelo ser humano (MARTINELLI *et al.*, 2014).

Cerca de 7% das espécies da flora no Brasil são consideradas raras, sendo que se considera que a maioria ocorre no cerrado (GIULIETTI *et al.*, 2009). Algumas das causas principais para a raridade da flora no contexto deste bioma estão relacionadas a ocorrência de fogo, mineração e expansão agropecuária (MARTINELLI *et al.*, 2014).

Todas as espécies classificadas como CR na seção anterior são, como seria de esperar, consideradas raras. Na presente seção é feita uma descrição síntese de espécies raras, com distribuição restrita, que, estando enquadradas em categorias de ameaça menos elevadas, são emblemáticas do bioma cerrado e da BHSF; e cujas causas de raridade estão estreitamente associadas com atividades que se desenvolvem na bacia. As principais fontes de informação utilizadas para esta

caracterização, para além da lista de espécies de flora elencada pela equipe para o presente plano, foram o livro vermelho da flora do Brasil – plantas raras do cerrado (MARTINELLI *et al.*, 2014) e as plantas raras do Brasil (GIULIETTI *et al.*, 2009).

Classe Magnoliopsida

Família Annonaceae

Duguetia dicholepidota

Ocorre no estado da Bahia, município Gentio do Ouro, Serra do Açuruá, Médio São Francisco, em caatinga, entre 500 e 700 m, no sertão do rio São Francisco (HE; MAAS, 1993). O seu estatuto de ameaça não foi avaliado a nível nacional nem a nível internacional.

Família Bignoniaceae

Handroanthus selachidentatus

Ocorre no interior do estado da Bahia, município de Sento Sé, Médio São Francisco, nas dunas do rio São Francisco (GENTRY, 1992; GROSE; OLMSTEAD, 2007). Não foi avaliada quanto ao estatuto de conservação, a nível internacional.

Família Fabaceae

Aeschynomene sabulicola

Ocorre na porção norte do estado da Bahia (municípios de Casa Nova e Ibiraba), conhecida apenas das dunas interiores do médio rio São Francisco, em caatinga arbustiva sobre solo arenoso (QUEIROZ; CARDOSO, 2008). O seu estatuto de ameaça não foi avaliado a nível nacional nem a nível internacional.

Mimosa hirsuticaulis

Ocorre no estado da Bahia, município de Remanso, em caatingas sujeitas a inundações sazonais, no Baixo-Médio São Francisco (BARNEBY, 1991). O seu estatuto de ameaça não foi avaliado a nível nacional nem a nível internacional.

Mimosa lepidophora Angelim

Ocorre nos estados do Piauí (município de São Raimundo Nonato) e Bahia (municípios de Remanso e Campo Alegre de Lourdes), em caatingas sobre solo arenoso do Baixo-Médio São Francisco, no sul do Piauí e região limítrofe no norte da Bahia (BARNEBY, 1991). O seu estatuto de ameaça não foi avaliado a nível nacional nem a nível internacional.

Mimosa setuligera

Ocorre nos estados do Piauí (município de São Lourenço do Piauí, serra do Cavaleiro) e Bahia (municípios de Remanso e Pilão Arcado), em caatinga, sobre solo arenoso, a cerca de 400 m, no Baixo-Médio São Francisco (BARNEBY, 1991). O seu estatuto de ameaça não foi avaliado a nível nacional nem a nível internacional.

Família Loranthaceae

Oryctina eubrachioides

Endêmica de Minas Gerais, ocorre na região do médio São Francisco, no município de Januária e no Vale do Peruaçu (ANDRADE *et al.*, 2009 *apud* GUIMARÃES *et al.*, 2014, p. 156). Sujeita as diversas ameaças relacionadas à atividade agropecuária na região, como desmatamento, queimadas, uso e ocupação inadequados do solo, despejo contínuo de agrotóxicos e de esgoto sem tratamento e os grandes projetos de irrigação para monoculturas de exportação (LIMA, 2003; MENEZES, 2009; Carta de Januária, 2012 *apud* GUIMARÃES *et al.*, 2014, p. 156). É considerada Em Perigo no Brasil. Não foi avaliada a nível internacional.

Família Melastomataceae

Cambessedesia semidecandra

Endêmica da região da serra do Cipó no estado de Minas Gerais (SANTOS *et al.*, 2009 *apud* SANTOS FILHO *et al.*, 2014, p. 181). Desenvolve-se em campos rupestres, campos limpos e mata de galeria, sendo frequente em vegetação perturbada (CNCFlora, 2013; MARTINS & RODRIGUES, 2014 *apud* SANTOS FILHO *et al.*, 2014, p. 181). Apesar de ocorrer no Parque Nacional da Serra do Cipó (CNCFlora, 2013 *apud* SANTOS FILHO *et al.*, 2014, p. 181), sofre constante ameaça devido ao

aumento da frequência dos incêndios de origem antrópica, utilizados no manejo do solo para agricultura e implementação de pastagens (RIBEIRO et al., 2005 *apud* SANTOS FILHO et al., 2014, p. 182), além do ecoturismo, uma atividade intensa na região (PINTO et al., 2008 *apud* SANTOS FILHO et al., 2014, p. 182). É considerada Vulnerável no Brasil. Não foi avaliada a nível internacional.

Família Passifloraceae

Passiflora hypoglauca

Liana de ocorrência na mata atlântica e no cerrado, desenvolve-se em Capão de Mata e próximo à beira de estrada, entre 800 m e 2.000 m de altitude aproximadamente (NUNES; CERVI, 2009; BERNACCI et al., 2014; CNCFlora, 2013 *apud* CERVI et al., 2014, p. 215). É endêmica do estado de Minas Gerais (BERNACCI et al., 2014 *apud* CERVI et al., 2014, p. 215), e ocorre nos municípios de Conceição do Mato Dentro (Parque Natural Municipal do Ribeirão do Campo), Ouro Preto (Serra do Ouro Preto), Santa Luzia e Santana do Riacho (Serra do Cipó) (NUNES; CERVI, 2009; CNCFlora, 2013 *apud* CERVI et al., 2014, p. 215). Suspeita-se que a espécie sofra com o declínio contínuo da sua área de distribuição e da qualidade do habitat, em decorrência do aumento da frequência dos incêndios, do turismo desordenado, da invasão de espécies exóticas, mineração e pecuária (SOBREIRA; FONSECA, 2001; MMA/ICMBio, 2009 *apud* CERVI et al., 2014, p. 215). O seu estatuto de ameaça não foi avaliado a nível nacional nem a nível internacional.

Família Polygalaceae

Polygala apparicioi

Espécie endêmica do Brasil, que tem ocorrência exclusiva no estado de Minas Gerais (PASTORE et al., 2013 *apud* PASTORE et al. 2014, p. 228), nas regiões da Serra do Cipó e Serra da Canastra (CNCFlora, 2013 *apud* PASTORE et al. 2014, p. 228). Encontrada frequentemente em campos Rupestres e campos Limpos associados ao cerrado, em habitats com maior disponibilidade hídrica e umidade (MARQUES 1988 *apud* PASTORE et al., 2014, p. 228). São ameaças à espécie o aumento da frequência de incêndios (MEDEIROS; FIEDLER, 2004; RIBEIRO et al., 2005 *apud* PASTORE et al., 2014, p. 228) e a dominância de espécies invasoras (e.g. *Urochloa decumbens* e *U. brizantha*) que apresentam rápido crescimento, alelopatia e são

amplamente empregadas na formação de pastagens (RIBEIRO *et al.*, 2005 *apud* PASTORE *et al.*, 2014, p. 228). É considerada Em Perigo no Brasil. Não foi avaliada a nível internacional.

Família Vochysiaceae

Vochysia pygmaea

A espécie é endêmica e restrita aos arredores da Serra do Cipó, nos municípios de Jaboticatubas, Santa Luzia e Santana do Riacho e há também uma única coleta no município de Diamantina, no estado de Minas Gerais (SHIMIZU & YAMAMOTO, 2012; CNCFlora, 2013 *apud* SHIMIZU *et al.*, 2014, p. 275). Há a suspeita de que a espécie esteja sofrendo perda na qualidade do hábitat, sendo o fogo, a pecuária, a agricultura a invasão de espécies exóticas e a mineração as principais ameaças da região (MMA/ICMBio, 2009b *apud* SHIMIZU *et al.*, 2014, p. 275). É considerada Em Perigo no Brasil. Não foi avaliada a nível internacional.

Classe Liliopsida

Família Eriocaulaceae

Actinocephalus robustus

Espécie herbácea endêmica dos arredores da Serra do Cipó, no estado de Minas Gerais (GIULIETTI *et al.*, 2009). Apesar de ocorrer no Parque Nacional da Serra do Cipó, suspeita-se que sofra com o declínio contínuo de sua área de distribuição e perda de qualidade do habitat, principalmente pela existência de ameaças como o aumento da incidência de queimadas na região, o turismo e a invasão de espécies exóticas (MMA/ICMBio, 2009 *apud* SANO *et al.*, 2014, p. 105). É considerada Em Perigo no Brasil. Não foi avaliada a nível internacional.

Paepalanthus aureus

Espécie herbácea endêmica do estado de Minas Gerais, tem distribuição restrita aos arredores do Parque Nacional da Serra do Cipó, nos municípios de Santana do Riacho, Santa Luzia e Jaboticatubas (GIULIETTI *et al.*; CNCFlora, 2013 *apud* SANO *et*

al., 2014, p. 111). Exclusiva do cerrado, é encontrada entre arbustos sobre encostas rochosas (GIULIETTI *et al.*; CNCFlora, 2013 *apud* SANO *et al.*, 2014, p. 111). Suspeita-se que sofra com a perda da qualidade do hábitat, em consequência de ameaças como o fogo, a invasão de espécies exóticas, o turismo e a agricultura (MMA/ ICMBio, 2009; SANO *et al.*, 2010 *apud* SANO *et al.*, 2014, p. 112). É considerada Vulnerável no Brasil. Não foi avaliada a nível internacional.

Espécies exóticas

As espécies exóticas e, em particular, as invasoras, são um dos principais fatores de ameaça à flora nativa da BHSF (MARTINELLI; MORAES, 2013; MARTINELLI *et al.*, 2014).

No bioma cerrado, espécies de gramíneas exóticas assumem particular relevância. Muitas delas foram, no passado, plantadas para suportar a intensificação da criação de gado, invadindo as áreas de vegetação nativa e excluindo competitivamente algumas das suas espécies características, aumentando também a incidência de fogo (PIVELLO *et al.*, 1999).

Entre as principais espécies exóticas identificadas na BHSF, são descritas em seguida aquelas mais relevantes, relativamente a factores como extensão de ocupação e consequências negativas provocadas a nível da flora nativa.

Como mencionado acima, no bioma cerrado assumem relevância algumas gramíneas invasoras, como *Brachiaria eruciformis* ou o capim-gordura *Melinis minutiflora*. São ambas pertencentes à família Poaceae e nativas de África. Foram introduzidas no Brasil como forrageiras e tornaram-se invasoras em diversos ecossistemas brasileiros, em particular no cerrado, impedindo o desenvolvimento de gramíneas nativas. O capim-gordura, especificamente, interfere no crescimento de plantas nativas como a embaúba *Cecropia pachystachya* (INSTITUTO HÓRUS, 2009 *apud* LEÃO *et al.*, 2011, p. 63).

Também utilizada como planta forrageira (em consórcio de culturas, LEIHNER, 1983 *apud* ANDRADE *et al.*, 2008), e originária de África, há ainda que considerar o guizo-de-cascavel *Crotalaria lanceolata*. Pertence à família Fabaceae e possui ampla

disseminação natural (LEITÃO FILHO *et al.*, 1975; LORENZI 2000 *apud* ANDRADE *et al.*, 2008).

A mamona *Ricinus communis* é um arbusto bastante comum em todo o Brasil, principalmente no Nordeste. A sua origem ainda não está completamente esclarecida, havendo autores que a apontam na Ásia (HEMERLY, 1981 *apud* LEÃO *et al.*, 2011, p. 66) e outros em África (MOSHKIN, 1986 *apud* LEÃO *et al.*, 2011, p. 66). Deverá ter chegado ao Brasil no séc. XVI, trazida pelos exploradores europeus. Atualmente grandes populações da espécie podem ser encontradas em terrenos baldios, áreas agrícolas ou terrenos recentemente revolvidos. A sua expansão tem causado problemas tais como a perda de biodiversidade associada a ensombramento excessivo e restrição à circulação da fauna, podendo causar também danos sociais e econômicos, como a perda de áreas utilizadas para lavouras e pastagens (LEÃO *et al.*, 2011).

Há ainda que considerar a leucena *Leucaena leucocephala*, uma espécie arbórea nativa do México e América Central, que teve o seu cultivo fortemente promovido por organizações internacionais devido à sua utilidade como fonte de forragem e lenha (GISP, 2005 *apud* LEÃO *et al.*, 2011, p. 69). Atualmente está amplamente disseminada pela América do Sul e no Brasil ocorre em quase todos os estados, sendo frequente no Nordeste, onde ocorre em áreas de caatinga (LEÃO *et al.*, 2011). Pode formar aglomerados monoespecíficos, substituindo a vegetação natural, o que dificulta a circulação da fauna nativa e expõe o solo à erosão (LEÃO *et al.*, 2011).

Mangifera indica, a mangueira, nativa da Ásia, invade áreas ciliares do semiárido do Nordeste brasileiro. A invasão da espécie em ambientes ciliares pode provocar alteração do pH da água devido ao apodrecimento das folhas e dos frutos em grande quantidade; pode ainda ter impacto sobre a dispersão de espécies nativas zocóricas, uma vez que é muito utilizada como fonte de alimento por animais, diminuindo o consumo de frutos e, conseqüentemente, a dispersão de espécies nativas (INSTITUTO HÓRUS, 2009; GISP, 2005; XAVIER; MORENO, 2008; *apud* LEÃO *et al.*, 2011, p. 59).

Por fim, há ainda que considerar a goiaba, *Psidium guajava* nativa da região sul do México e norte da América do Sul, invasora em áreas diversas no Brasil, como em floresta ombrófila densa e aberta e no cerrado (LEÃO *et al.*, 2011).

ESPÉCIES BIOINDICADORAS

Podem-se assumir como espécies bioindicadoras aquelas que são suscetíveis “de indicar condições ambientais particulares que correspondem, quer a um estado estabelecido, quer a uma variação natural, quer a uma perturbação do meio” (CAIRNS; PRATT, 1993 *apud* TRIVINHO-STRIXINO *et al.*, 2008, p. 26), possuindo, notadamente, exigências particulares a nível ambiental (p. ex., boa qualidade da água, existência de vegetação ribeirinha densa, etc.).

Os vegetais podem se constituir em bons indicadores, pois apresentam estruturas celulares muito sensíveis a determinadas mudanças ambientais, que são facilmente visíveis (SINGH, 1993; AGRAVAL *et al.*, 1991).

Na BHSF estão presentes algumas famílias botânicas que são consideradas boas bioindicadoras, como Anacardiaceae, Melastomataceae e Myrtaceae, sendo que algumas de suas espécies são sensíveis a alterações na composição do ar, do solo e do lençol freático. Neste contexto, destacam-se a aroeira-vermelha *Schinus terebinthifolius* como indicadora da qualidade do solo, e *Eugenia* sp., *Myrcia* sp., *Psidium* sp., *Miconia* sp. e a mangueira *Mangifera indica*, como indicadoras da qualidade do ar. A presença de *Inga* sp. e *Cecropia* sp. é, ainda, indicadora de lençol freático preservado e subsuperficial.

ESPÉCIES DE VALOR ECONÔMICO

Na bacia estão presentes diversas espécies com valor econômico, estando elencadas 145 na lista de espécies de flora no Apêndice I (Volume 3 – Caracterização da bacia hidrográfica – Apêndices). Este valor econômico pode ser dividido em diversos grupos de uso, tais como:

- Espécies alimentícias
- Espécies aromáticas
- Espécies forrageiras
- Espécies madeireiras
- Espécies medicinais
- Espécies ornamentais

- Espécies de interesse apícola

Podem-se ainda identificar utilizações tradicionais, notadamente associadas ao artesanato. Na presente seção serão essencialmente abordadas as espécies nativas (algumas exóticas com utilização humana são referidas na seção relativa a estas espécies).

Considerando as espécies alimentícias, o aproveitamento dos frutos é uma das utilizações que assume bastante relevância a nível econômico. Uma das espécies mais emblemáticas neste domínio é a acanga *Annona crassiflora*, espécie nativa brasileira cujo habitat natural de ocorrência é o cerrado, e que é explorada e cultivada essencialmente para produção do fruto (embora também possua potencial medicinal, OLIVEIRA, 2011).

Há ainda que considerar a juçara, *Euterpe edulis*, uma espécie de palmeira que foi amplamente utilizada para a exploração de palmito. Devido a essa exploração intensa, é considerada atualmente Vulnerável no Brasil. Mais recentemente tem vindo a ser utilizada e cultivada para produção de açaí (CORADIN *et al.*, 2011).

No que diz respeito às espécies aromáticas, é de destacar a aroeira-vermelha *Schinus terebinthifolius*, cultivada, que tem utilização culinária para produção de pimenta-rosa, com alto potencial econômico. Tem também aplicações medicinais (essencialmente com propriedades anti-inflamatórias) (CORADIN *et al.*, 2011). É, ainda, recomendada para a recuperação de solos pouco férteis, sendo também apontada como indicada para o reflorestamento das margens dos reservatórios das hidroelétricas por se tratar de uma espécie heliófita e pioneira, com grande agressividade sobre os campos (REITZ *et al.*, 1983 *apud* CORADIN *et al.*, 2011, p. 231). Em Minas Gerais é também recomendada para recuperação de áreas degradadas por extração de areias (SOUZA *et al.* 2001 *apud* CORADIN *et al.*, 2011, p. 215). Tem ainda outros usos, notadamente, potencial melífero e ornamental.

Na BHSF a utilização forrageira é outra das que assume grande importância, dadas as extensas áreas de pastagem existentes. No contexto desta utilização, é de destacar o grama-batatais *Paspalum notatum* (nativa do Brasil), cultivada, da família Poaceae, entre muitas outras. Há ainda que considerar que, no passado, foram introduzidas várias espécies exóticas com este fim, que atualmente são causa de problemas vários

a nível da conservação da natureza e da biodiversidade e também a nível econômico, como pode ser verificado na seção relativa a estas espécies.

Entre as espécies madeireiras presentes na BHSF, há que considerar o cedro-bravo *Cabralea canjerana*, do domínio mata atlântica, o guanandi *Calophyllum brasiliense*, o cedro *Cedrela fissilis*, que ocorre no cerrado ao longo de cursos d'água, em cerradões (e que, devido essencialmente à sobre exploração, se encontra "Vulnerável" no Brasil e "Em perigo" a nível mundial), o louro-pardo *Cordia trichotoma*, o timburi *Enterolobium contortisiliquum*, a canela-amarela *Nectandra lanceolata*, a canafístula *Peltophorum dubium*, ocorrendo no cerradão, com madeira de alto valor econômico e que apresenta outros usos potenciais como paisagístico (CARVALHO, 2003 *apud* CORADIN *et al.*, 2011, p. 508, energético (produção de carvão) (SILVA *et al.*, 1982 *apud* CORADIN *et al.*, 2011, p. 508), e tintorial (para a atividade de curtume) (REITZ *et al.*, 1998 *apud* CORADIN *et al.*, 2011, p. 508) e a bicuuba *Virola bicuhyba*, entre outras. Todas estas espécies são cultivadas (CORADIN *et al.*, 2011).

Com aplicação essencialmente medicinal, são de destacar a carqueja *Baccharis crispa*, que é alvo de cultivo e tem também potencial melífero (CORADIN *et al.*, 2011), o alecrim-de-vassoura *B. dracunculifolia*, a guaçatonga *Casearia sylvestris*, a *Cuphea carthagenensis*, a caapeba *Piper umbellatum*, que também tem potencial ornamental e cosmético (CORADIN *et al.*, 2011), o jurubeba *Solanum paniculatum*, o catiguá *Trichilia catigua* e a erva-baleeira *Varronia curassavica*. Entre as plantas com potencial medicinal provenientes especificamente do cerrado são de destacar o gravatá *Ananas ananassoides*, a cagaita *Eugenia dysenterica*, o caju-do-cerrado *Anacardium humile*, o acumã *Syagrus flexuosa*, a fruta-do-veado *Pouteria ramiflora*, o ingá-branco *Inga laurina*, o jatobá-do-cerrado *Hymenaea stigonocarpa*, o genipapo *Genipa americana*, o apurú *Alibertia edulis*, o murici *Byrsonima verbascifolia*, o pequi *Caryocar brasiliense* e o olho-de-boi *Talisia esculenta*, entre outras (OLIVEIRA, 2011).

Diversas espécies têm utilização ornamental, como o ipê-amarelo *Handroanthus chrysotrichus*, a caroba *Jacaranda puberula*, o cipó-de-são-joão *Pyrostegia venusta* (é usada também na medicina popular) ou a geriva *Syagrus romanzoffiana*, a palmeira nativa mais cultivada e utilizada na arborização de ruas e avenidas do país (Lorenzi, 2004 *apud* CORADIN *et al.*, 2011, p. 813), apresentando também outros usos como madeireiro, alimentício, melífero, recuperação ambiental (CORADIN *et al.*, 2011), ou

potencial medicinal (OLIVEIRA, 2011). Todas estas espécies são cultivadas (CORADIN *et al.*, 2011).

Tal como referido anteriormente, algumas espécies são particularmente utilizadas no entorno de reservatórios, por exemplo, para recuperação de áreas degradadas. Existem também referências, neste domínio, a usos tradicionais; por exemplo, no entorno do reservatório do Sobradinho, é mencionada a produção de lenha, carvão e estacas a partir de angico-de-bezerro *Pityrocarpa obliqua* J. F. Macbr. e catingueira *Caesalpinia* sp.. (NEOCORP, 2010). Entre as espécies produtoras de óleos fixos na caatinga são referidas o ouricuri (*Syagrus coronata* Becc.) e a oiticica (*Licania rigida* Becc.); relativamente a espécies produtoras de cera, são citadas a carnaúba e o ouricuri (NEOCORP, 2010). Relativamente ao uso para a alimentação, há referência a várias partes de plantas coletadas para esse fim, como raízes, túberas, caules, seiva, folhas, flores, sementes e frutos; entre as espécies aproveitadas regionalmente para alimentação no entorno do lago artificial de Sobradinho, destacam-se o cambuí (*Eugenia* sp.), umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), murta (*Myrcia* sp.), licuri, quixabeira (*Syderoxylon obtusifolium*) e maracujá-do-mato (*Passiflora* spp.) (BAHIA, 1995 *apud* NEOCORP, 2010, p. 67).

Por último, há que considerar que o potencial econômico de muitas espécies vegetais ainda é desconhecido ou ainda não alcançou projeção comercial, realçando-se em particular diversas aplicações medicinais (OLIVEIRA, 2011).

ESPÉCIES DE INTERESSE EPIDEMIOLÓGICO

As espécies que se enquadram neste capítulo são aquelas que atuam como reservatório de doenças transmissíveis à população humana ou criação doméstica (IBAMA, 2003).

A maior parte das espécies de flora elencadas para a BHSF de interesse epidemiológico são conhecidas essencialmente pela sua toxicidade para o gado bovino, ovino ou caprino. Segundo Riet-Correa *et al.* (2011), estima-se que no Brasil morram anualmente por intoxicações por plantas, aproximadamente, um milhão de bovinos, o que traz um impacto econômico bastante considerável ao sector.

O quadro seguinte apresenta algumas destas principais espécies tóxicas e as correspondentes espécies e sistemas suscetíveis.

Quadro 35 – Algumas espécies de interesse epidemiológico presentes na BHSF.

| Espécie tóxica | | | Grupo suscetível | Sistema suscetível |
|----------------|--------------------------------------|------------------------|---|--------------------------|
| Família | Nome científico | Nome comum | | |
| Amaranthaceae | <i>Froelichia humboldtiana</i> | nateira | Equinos, muares, asininos, ovinos e bovinos | Pele |
| Apocynaceae | <i>Aspidosperma pyriformium</i> | pereiro | caprinos | Reprodutivo |
| Asteraceae | <i>Centratherum punctatum</i> | perpétua | Bovinos, caprinos e provavelmente ovinos | Digestivo |
| Combretaceae | <i>Buchenavia tomentosa</i> | imbú-do-sertão | Bovinos, caprinos e ovinos | Digestivo, reprodutivo |
| Euphorbiaceae | <i>Jatropha ribifolia</i> | pinhão-rasteiro | caprinos | Digestivo |
| Fabaceae | <i>Abrus precatorius</i> | jequiriti | humanos | Digestivo |
| | <i>Anadenanthera colubrina</i> | angico-preto | Bovinos, caprinos e ovinos | Nervoso |
| | <i>Dimorphandra mollis</i> | faveiro | bovinos | Digestivo |
| | <i>Enterolobium contortisiliquum</i> | timburi | Bovinos, caprinos e ovinos | Digestivo, reprodutivo |
| | <i>Enterolobium gummiferum</i> | angico-de-minas | Bovinos | Digestivo, reprodutivo |
| | <i>Luetzelburgia auriculata</i> | angelim-da-folha-miúda | Caprinos | Digestivo e respiratório |
| | <i>Mimosa tenuiflora</i> | jurema | Bovinos, caprinos e ovinos | Reprodutivo |
| | <i>Piptadenia viridiflora</i> | espinheiro | Bovinos, caprinos e ovinos | Nervoso |
| | <i>Stryphnodendron adstringens</i> | barbatimão | Bovinos e herbívoros em geral | Digestivo, reprodutivo |
| Solanaceae | <i>Cestrum strigilatum</i> | coerana | Bovinos | Digestivo |
| | <i>Solanum palinacanthum</i> | joá-bagudo | Desconhecido | Desconhecido |
| | <i>Solanum paniculatum</i> | jurubeba | Bovinos | Nervoso |

Fonte: Mello *et al.*, 2010; Reedman *et al.*, 2008; Riet-Correa, 2007; Riet-Correa *et al.*, 2011.

2.2.2. Fauna

Na presente seção é abordada a fauna presente na BHSF, focando a análise dos seguintes pontos:

- Espécies importantes do ponto de vista da conservação (principalmente espécies raras e/ou com estatuto de conservação desfavorável);
- Espécies exóticas (tanto cultivadas como invasoras);
- Espécies que apresentem valor econômico, epidemiológico, ou ainda que sirvam de indicadores de alterações ambientais.

Sempre que possível, estes aspectos foram analisados especificamente para os organismos aquáticos ou especialmente dependentes deste meio. Esta especificação é mais evidente ao nível dos invertebrados, para os quais a procura de informações foi direcionada aos organismos aquáticos.

A principal fonte de informação utilizada para a compilação do elenco faunístico (e das características das espécies) da BHSF foi a constante no Diagnóstico do macrozoneamento ecológico econômico da bacia hidrográfica do rio São Francisco MMA (2011). Esta lista foi complementada essencialmente por dados de Planos de Manejo relativos às Unidades de Conservação (UCs) englobadas na bacia e por estudos ambientais de processos de licenciamento, principalmente de empreendimentos hidroelétricos, relatórios de monitoramentos realizados por órgãos gestores, artigos científicos, entre outros.

As maiores dificuldades no levantamento de informações encontraram-se ao nível dos invertebrados (aquáticos), devido à escassez de dados sobre a bacia e ao número potencialmente muito elevado de espécies presente. Para este grupo, os estudos ambientais referidos no parágrafo anterior consistiram na mais importante fonte de informação.

Foi adotada a taxonomia da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), tendo sido inseridas na listagem elaborada (Apêndice J; Volume 3 – Caracterização da bacia hidrográfica – Apêndices), sempre que existentes, as sinonímias, entre parêntesis.

Nesta mesma listagem verificou-se, para todas as espécies, o seu estatuto de conservação/ameaça nacional, de acordo com a Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção (Portarias n.º 444 e 445, de 17 de dezembro de 2014), e internacional, de acordo Lista Vermelha das Espécies Ameaçadas da UICN. Deste ponto do texto em diante, estas listas serão referidas, respectivamente, como Lista do Brasil (ou nacional) e Lista da UICN (ou internacional).

A descrição dos grupos faunísticos presentes na BHSF é doravante separada entre vertebrados e invertebrados. É de realçar que o nível de conhecimento existente é bastante díspar entre estes dois grupos, notadamente para a maioria dos invertebrados. Para este último grupo, muito frequentemente não existem dados que permitam identificar as espécies presentes (mas apenas famílias ou gêneros), o que inviabiliza, por exemplo, a atribuição de categorias de ameaça.

A. ESPÉCIES DE FAUNA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO

DESCRIÇÃO GERAL

A lista da fauna possivelmente ocorrente na BHSF, compilada no âmbito do presente trabalho, é apresentada no Apêndice J (Volume 3 – Caracterização da bacia hidrográfica – Apêndices). Sempre que existentes, os seguintes dados, relativos a cada uma das espécies, foram anotados:

- **Estatuto de conservação nacional e internacional;**
- **Raridade;**
- **Caráter** nativo, endêmico ou exótico;
- **Valor econômico;**
- **Interesse epidemiológico;**
- **Caráter bioindicador.**

Sempre que se detectou alguma especificação face ao caráter endêmico de uma espécie (para a bacia do São Francisco, ou para um ou mais estados em particular), este foi registrado.

Sempre que possível, foi também registrada a região fisiográfica referente a cada uma das espécies. No entanto, é de salientar que a atribuição de uma espécie a uma sub-região não garante, em muitos casos, que ela esteja ausente de outra. De fato, tendo em consideração a área extensa da bacia e as lacunas de informação existentes, haverá uma parte variável, mas geralmente bastante considerável, do território, que não foi prospectada para obtenção deste tipo de informação relativa a dada espécie ou grupo de espécies. Assim, é provável que a realização de prospecções futuras venha a fornecer dados complementares aos de momento disponíveis no que diz respeito à distribuição de muitas espécies.

A lista compilada englobou um total de 1701 *taxa*, como pode observar-se no Quadro 36.

Quadro 36 – N.º de *taxa* elencados para a BHSF por grupo taxonômico.

| Grupo taxonômico | | N.º de <i>taxa</i> |
|----------------------------|------------------------------------|--------------------|
| Vertebrados | Classe Actinopterygii (Ictiofauna) | 276 |
| | Classe Amphibia | 92 |
| | Classe Reptilia | 153 |
| | Classe Aves | 650 |
| | Classe Mammalia | 191 |
| Total vertebrados | | 1362 |
| Invertebrados aquáticos | Zooplâncton | 53 |
| | Macrovertebrados Bentônicos | 286 |
| Total invertebrados | | 339 |
| TOTAL | | 1701 |

Fonte: ver Apêndice J (Volume 3 – Caracterização da bacia hidrográfica – Apêndices).

A principal referência a fazer relativamente à disparidade de *taxa* identificados entre vertebrados e invertebrados prende-se com o fato de, como foi já referido, o segundo grupo apresentar um número bastante reduzido de estudos específicos relativamente ao primeiro.

As espécies de vertebrados elencadas para a bacia correspondem a 16,6% das espécies conhecidas para o Brasil, país este que alberga, segundo o Portal ICMBio (2015a), cerca de “8200 espécies vertebrados (713 mamíferos, 1826 aves, 721 répteis, 875 anfíbios, 2800 peixes continentais e 1300 peixes marinhos)”.

No caso dos invertebrados aquáticos, os Filos mais representados são os Arthropoda e Rotifera; no caso específico dos bentons, o Filo que conta com mais *taxa* é o Filo Arthropoda.

As Famílias mais representadas, para cada Classe de vertebrados, são:

- **Classe Actinopterygii** – Characidae, Pseudopimelodidae e Loricariidae;
- **Classe Amphibia** – Hylidae e Leptodactylidae;
- **Classe Reptilia** – Colubridae;
- **Classe Aves** – Tyrannidae;
- **Classe Mammalia** – Phyllostomidae, Cricetidae e Didelphidae.

Relativamente à distribuição das espécies de vertebrados por regiões fisiográficas, registraram-se, respectivamente, 504, 479, 379 e 142 espécies para o Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco. Esta variação dever-se-á, não só, à área de cada região e sua biodiversidade intrínseca, mas também à riqueza de estudos efetuados para cada uma, tal como foi referido anteriormente.

Entre as espécies dependentes do meio aquático, merecem obviamente destaque as espécies de peixes tradicionalmente alvo de pesca comercial ou amadora na BHSF, como: o bagre-sapo (*Cephalosilurus fowleri*), o pacu (*Myleus micans*), a piranha (*Pygocentrus piraya*), o matrinhã (*Brycon orthotaenia*), as corvinas (*Pachyurus* sp.), os cascudos (*Hypostomus* sp.) e o barrigudinho (*Poecilia reticulata*), entre outros (MMA, 2011).

Algumas destas espécies, historicamente alvo de pesca, estão atualmente ameaçadas. De destacar, entre estas, o pirá-tamanduá (*Conorhynchos conirostris*) e o pirapitinga (*Brycon nattereri*), peixes migradores respectivamente considerados, no Brasil, em perigo de extinção e vulnerável. O pirapitinga distribui-se por três bacias hidrográficas brasileiras, mas o pirá-tamanduá é endêmico da bacia do São Francisco. Nesta bacia já se distribuiu pelos estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, mas atualmente crê-se que esteja presente apenas nos dois primeiros (MACHADO *et al.*, 2008). Uma das principais ameaças apontada à manutenção do pirá-tamanduá (e também do pirapitinga), nos trechos onde ainda ocorre naturalmente, é a fragmentação de habitats induzida pela construção de

barragens, que impedem ou interferem no processo reprodutivo durante a sua migração (MACHADO *et al.*, 2008).

CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E BIODIVERSIDADE

Espécies com estatuto de ameaça

A maioria das causas para o declínio das populações faunísticas brasileiras tem origem em atividades humanas, conforme está explícito no Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (MACHADO *et al.*, 2008). Entre estas causas destacam-se as seguintes, para as espécies ameaçadas de extinção presentes na BHSF:

- Rápida perda de habitat, supressão e descaracterização/substituição de áreas de vegetação nativa, principalmente pela expansão da agricultura e pecuária;
- Uso de pesticidas na agricultura;
- Drenagem dos ambientes úmidos (campos, várzeas e banhados);
- Prática ilegal de queimadas;
- Captura e comércio ilegal de espécimes;
- Poluição dos cursos d'água;
- Construção de barragens; e
- Introdução de espécies exóticas (tanto animais como vegetais).

Os estatutos de ameaça contidos nas listas de espécies ameaçadas consideradas, tanto a nível nacional (Brasil) como a nível internacional (UICN), são os seguintes:

- EX – Extinta
- EW – Extinta na Natureza
- CR – Criticamente em Perigo (no caso da lista nacional, são consideradas as seguintes subcategorias: Criticamente em Perigo, Possivelmente Extinta CR (PEX); e Criticamente em Perigo, Possivelmente Extinta na Natureza CR (PEW))
- EN – Em Perigo
- VU – Vulnerável
- NT – Quase Ameaçada (apenas UICN)

- DD – Deficiente em Dados (apenas UICN)
- LC – Pouco Preocupante (apenas UICN)

Dos taxa de **invertebrados** listados para a bacia do São Francisco (Apêndice J; Volume 3 – Caracterização da bacia hidrográfica – Apêndices), apenas três espécies de zooplâncton e três espécies bentônicas foram avaliadas pela UICN (correspondentes apenas a cerca de 2% das espécies de invertebrados atribuídas à bacia), todas com estatuto “Pouco Preocupante”. Isto demonstra o elevado desconhecimento acerca do estado de conservação da maioria das espécies presentes. A nível nacional, a lista das espécies ameaçadas de extinção apenas contempla os invertebrados terrestres.

Para o grupo dos **vertebrados**, relativamente a espécies Deficientes em Dados, identificaram-se nesta categoria 43 taxa, que representam 3% das espécies de vertebrados inventariadas: quatro piscícolas, 17 anfíbios, cinco répteis e 17 mamíferos. Com estatuto Quase Ameaçado estão uma espécie piscícola, dois anfíbios, cinco répteis, 37 aves e 10 mamíferos (55 espécies, 4% do total de vertebrados). As restantes espécies (e subespécies) elencadas ou não foram avaliadas pela UICN (410), ou estão classificadas como Pouco Preocupantes (745).

Além destas, 79 espécies integram a Lista Vermelha da UICN com os estatutos VU, EN, CR, EW ou EX (na lista seguinte, entre parêntesis, é indicado o peso relativamente ao n.º de indivíduos total da Classe registrado, conforme Quadro 36):

- Quatro espécies da Classe Actinopterygii (1%);
- Duas espécies da Classe Amphibia (2%);
- Oito espécies da Classe Reptilia (5%);
- 47 espécies da Classe Aves (7%);
- 18 espécies da Classe Mammalia (9%).

O mesmo exercício se pode fazer com relação aos estatutos da Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção, que abrange 107 espécies da BHSF:

- 12 espécies da Classe Actinopterygii (4%);
- Uma espécie da Classe Amphibia (1%);
- 17 espécies da Classe Reptilia (11%);
- 48 espécies da Classe Aves (7%);

- 29 espécies da Classe Mammalia (15%).

De modo geral, observa-se que os grupos dos répteis e dos mamíferos apresentam maior disparidade entre as classificações mundial e nacional. O lagarto *Procellosaurinus tetradactylus*, por exemplo, que habita dunas das margens do São Francisco, está classificado como EN no Brasil (ICMBio, 2015b), mas não foi ainda avaliado por parte da UICN, portanto não tem estatuto atribuído segundo esta classificação. Outras causas de discrepâncias serão as distribuições geográficas de cada espécie (sendo que há maior probabilidade de se detectarem variações nas espécies não endêmicas do Brasil).

Relativamente às espécies que apresentam estatutos de ameaça mais preocupantes, é incontornável a referência ao psitacídeo *Cyanopsitta spixii* (ararinha-azul; pertencente à Classe das Aves), classificado a nível mundial como Criticamente em Perigo e no Brasil adicionalmente como Possivelmente Extinto na Natureza. O atual estatuto deve-se majoritariamente à destruição do seu habitat natural (matas de galeria ao longo do rio São Francisco) e à elevada captura para comércio ilegal (BARROS *et al.*, 2012). Esta situação levou ao desenvolvimento de um Plano Nacional para a sua conservação, que prevê esforços para tentar reencontrar esta ave estado selvagem e também introduzir na Natureza espécimes criados em cativeiro (BARROS *et al.*, 2012). Outra espécie com um estatuto de conservação muito desfavorável é o mamífero roedor rato-candango (*Juscelinomys candango*), que se encontra categorizado como Extinto a nível mundial e Criticamente em perigo, Possivelmente Extinto a nível nacional, já que a única localidade onde era conhecido, no Distrito Federal, foi completamente descaracterizada, sem que mais nenhum indivíduo tenha sido encontrado desde 1960 (ICMBio, 2015b).

As espécies com o estatuto Criticamente em Perigo, existentes na BHSF, são apresentadas na tabela seguinte. É de notar que a mesma espécie pode ser classificada apenas por uma lista (Brasil *ou* UICN) ou o estatuto pode diferir entre elas.

Quadro 37 – Espécies de vertebrados com estatuto “ criticamente em Perigo ”

| Classe | Ordem | Espécie | | Estatuto de conservação | |
|----------------|------------------------------|---------------------------------------|---|-------------------------|------|
| | | Nome científico | Nome comum | Brasil | UICN |
| Actinopterygii | Cyprinodontiformes | <i>Cynolebias leptocephalus</i> | Desconhecido | CR | n.a. |
| | | <i>Simpsonichthys zonatus</i> | Peixe-anual | CR | n.a. |
| | Siluriformes | <i>Trichomycterus itacarambiensis</i> | Desconhecido | CR | n.a. |
| Amphibia | Anura | <i>Phyllomedusa ayeaye</i> | Perereca-de-folhagem-com-perna-reticulada | - | CR |
| | | <i>Proceratophrys moratoi</i> | Sapo-da-terra | EN | CR |
| Reptilia | Testudines | <i>Eretmochelys imbricata</i> | Tartaruga-de-pente | CR | CR |
| | | <i>Dermochelys coriacea</i> | Tartaruga-de-couro | CR | VU |
| Aves | Anseriformes | <i>Mergus octosetaceus</i> | Pato-mergulhão | CR | CR |
| | Galliformes | <i>Ortalis guttata</i> | Aracuaã | CR | LC |
| | | <i>Odontophorus capueira</i> | Uru | CR | LC |
| | Columbiformes | <i>Claravis geoffroyi</i> | Pararu-espelho | - | CR |
| | Charadriiformes | <i>Limnodromus griseus</i> | Maçarico-de-costas-brancas | CR | LC |
| | Passeriformes | <i>Merulaxis stresemanni</i> | Entufado-baiano | CR | CR |
| | | <i>Antilophia bokermanni</i> | Soldadinho-do-araripe | CR | CR |
| Psittaciformes | <i>Pyrrhura griseipectus</i> | Tiriba-de-peito-cinza | EN | CR | |
| Mammalia | Rodentia | <i>Phyllomys unicolor</i> | Rato-da-árvore | CR | CR |
| | Primates | <i>Callicebus barbarabrownae</i> | Guigó-da-caatinga | CR | CR |
| | | <i>Cebus flavius</i> | Macaco-prego-dourado | - | CR |
| | | <i>Cebus xanthosternos</i> | Macaco-prego-do-peito-amarelo | - | CR |

Fonte: MMA, 2014c; UICN, 2015.

Legenda: “-” – Não integra a lista; n.a. – Não avaliada; CR – Criticamente em Perigo; EN – Em Perigo; VU – Vulnerável.

Três espécies piscícolas apresentam o estatuto Criticamente em Perigo pela Lista Brasileira. Partilham este estatuto várias outras espécies de outras Classes com grande dependência de ambientes aquáticos, como a perereca-de-folhagem-com-perna-reticulada (a nível internacional apenas) ou o pato-mergulhão (mesmo estatuto nacional e internacional).

Relativamente às espécies que se enquadram na categoria Em Perigo nas duas listas (12), a sua distribuição por grupos taxonômicos dá-se do seguinte modo:

- **Dois répteis** da família dos quelônios: *Caretta caretta* (tartaruga-comum) e *Lepidochelys olivacea* (tartaruga-oliva);
- **Sete aves**: *Thalassarche chlororhynchos* (albatroz-de-bico-amarelo-do-atlântico), *Anodorhynchus leari* (arara-azul-de-lear), *Pyrrhura pfrimeri* (tiriba-de-pfrimer), *Glaucis dohrnii* (balança-rabo-canela), *Pyriglena atra* (papa-taoca-da-bahia), *Rhopornis ardesiacus* (gravatazeiro) e *Scytalopus iraiensis* (macuquinho-da-várzea);
- **Três mamíferos**: *Trinomys yonenagae* (rato-do-espinho) e *Phyllomys brasiliensis* (rato-da-árvore) no grupo dos roedores e *Callicebus coimbrai* (guigó), no grupo dos primatas.

Não estão presentes espécies da ictiofauna com estatuto “EN” simultaneamente nas duas listas mas, consultando as listas individualmente, encontram-se a espécie piaba-branca (*Stygichthys typhlops*) com estatuto internacional DD e as espécies cascudo (*Pareiorhaphis mutuca*), pirá-tamanduá (*Conorhynchos conirostris*) e cambeva (*Trichomycterus novalimensis*), nenhuma ainda avaliada internacionalmente. Já no que diz respeito aos anfíbios, para além do sapo-da-terra (referido no Quadro 37), mais nenhuma espécie com o estatuto em questão é descrita para a BHSF por nenhuma das listas.

Quanto ao estatuto de ameaça Vulnerável, as 15 espécies que se encontram sob a mesma classificação em ambas as listas são:

- Amarpim (*Megalops atlanticus*) – **Espécie piscícola**;
- Tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) – **Réptil**;
- Jacu-de-barriga-castanha (*Penelope ochrogaster*), jacucaca (*Penelope jacucaca*), tiriba-grande (*Pyrrhura cruentata*), chorozinho-de-boné (*Herpsilochmus pileatus*), galito (*Alectrurus tricolor*), caminheiro-grande (*Anthus nattereri*), pintor-verdadeiro (*Tangara fastuosa*) – **Aves**;
- Tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), tatu-canastra (*Priodontes maximus*), cervo-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus*), queixada ou porco-do-mato (*Tayassu pecari*), anta (*Tapirus terrestris*) e sauá-de-cara-preta (*Callicebus personatus*) – **Mamíferos**.

A única espécie ictiofaunística classificada em ambas listas sob o mesmo estatuto é o Amaripim, característico de habitats marinhos. Estão ainda identificadas as seguintes espécies piscícolas como Vulneráveis pela UICN, mas não englobadas na Lista do Brasil: *Brycon orthotaenia* (matrinxã), *Cyprinus carpio* (carpa-comum) e *Simpsonichthys picturatus*. Já as espécies *Brycon nattereri* (pirapitinga), *Kolpotocheiroduon theloura* (lambari), *Prochilodus vimboides* e *Lophiosilurus alexandri* (pacamã) englobam a Lista Brasileira, mas não a Lista da UICN. Quanto aos anfíbios, nenhuma espécie está classificada como VU por qualquer uma das listas.

Das 140 espécies com os estatutos de ameaça CR, EN ou VU, classificadas por uma ou por ambas as listas, 61 são endêmicas do Brasil (aprox. 44%), o que sublinha ainda mais a necessidade da sua preservação.

Espécies raras

Relativamente à raridade das espécies descritas para a BHSF, esta informação consta do elenco apresentado no Apêndice J (Volume 3 – Caracterização da bacia hidrográfica – Apêndices). Com base nas fontes de informação indicadas no mesmo Quadro, foram consideradas raras 55 espécies de vertebrados e uma espécie de macroinvertebrado bentônico (*Anodontites trapezeus*, um molusco da Ordem Unionoida).

São listadas no quadro seguinte as espécies raras que, além disso, apresentam também os estatutos de ameaça mais críticos, tanto no Brasil como a nível mundial.

Quadro 38 – Espécies raras de vertebrados da BHSF mais ameaçadas

| Classe | Espécie | | Estatuto de conservação | | Caráter | Valor econ. |
|----------|-------------------------------|---------------------|-------------------------|-------------|---------|-------------|
| | Nome científico | Nome comum | UICN | Brasil | | |
| Amphibia | <i>Proceratophrys moratoi</i> | Sapo-da-terra | CR | EN | END | |
| Aves | <i>Mergus octosetaceus</i> | Pato-mergulhão | CR | CR | | |
| | <i>Cyanopsitta spixii</i> | Ararinha-azul | CR | CR (PEW) | END | Comlleg |
| | <i>Glaucis dohrnii</i> | Balança-rabo-canela | EN | EN | END | |

| Classe | Espécie | | Estatuto de conservação | | Caráter | Valor econ. |
|----------|----------------------------------|--------------------|-------------------------|----------|---------|----------------|
| | Nome científico | Nome comum | UICN | Brasil | | |
| Mammalia | <i>Juscelinomys candango</i> | Rato-candango | EX | CR (PEX) | END | |
| | <i>Phyllomys brasiliensis</i> | Rato-da-árvore | EN | EN | END | |
| | <i>Myrmecophaga tridactyla</i> | Tamanduá-bandeira | VU | VU | | Cin |
| | <i>Priodontes maximus</i> | Tatu-canastra | VU | VU | | Alim |
| | <i>Blastocerus dichotomus</i> | Cervo-do-pantanal | VU | VU | | Cin |
| | <i>Leopardus tigrinus</i> | Gato-do-mato | VU | EN | | Comlleg, AE |
| | <i>Callicebus barbarabrownae</i> | Guigó-da-caatinga | CR | CR | END | |
| | <i>Callicebus personatus</i> | Sauá-de-cara-preta | VU | VU | END | Cin |

Fonte: MMA, 2011; MMA, 2014c; UICN, 2015.

Legenda: VU – Vulnerável; EN – Em Perigo; CR – Criticamente em Perigo; END – Endêmica; Valor econ. – Valor econômico; AE – Animal de Estimação; Alim – Alimentação; Comlleg – Comércio Ilegal; Cin – Cinegética.

Relacionadas diretamente ao meio aquático, destacam-se o sapo-da-terra e o pato-mergulhão, não se observando novamente a presença de elementos da fauna íctica neste grupo. As restantes espécies são sobretudo mamíferos, alguns dos quais apresentam valor econômico, sendo alvo de caça e/ou comércio ilegal.

Espécies exóticas

Uma das grandes ameaças à conservação da fauna nativa e/ou endêmica é a introdução de espécies exóticas, já que estas se caracterizam pela sua plasticidade ecológica e ocupam, muitas vezes, os nichos ecológicos das primeiras, competindo pelo mesmo alimento ou alimentando-se delas, podendo também apresentar taxas de reprodução mais elevadas (MACHADO *et al.*, 2008).

Na bacia do São Francisco foi registrado um total de 26 espécies exóticas. Dessas, apenas cinco não pertencem à ictiofauna: são estas as aves pombo (*Columba livia*), bico-de-lacre (*Estrilda astrild*) e pardal-comum (*Passer domesticus*), o réptil lagartixa-

doméstica-tropical (*Hemidactylus mabouia*), todas associadas a meios antropizados e, ainda, o molusco gastrópode *Melanoides tuberculatus*, que pode ocasionar o deslocamento ou desaparecimento de espécies nativas (MS, 2008). As restantes 21 espécies exóticas são peixes das famílias Characidae e Cichlidae. Destas, sete são utilizadas para a prática da piscicultura (ver seção “ESPÉCIES DE VALOR ECONÔMICO”).

Frequentemente, as espécies nativas que mais diretamente sofrem as consequências da entrada de nova fauna piscícola para o ecossistema (por exemplo, pela competição pelo alimento) são outras espécies da mesma Classe, tais como (MACHADO *et al.*, 2008):

- *Characidium lagosantense* (Ordem dos Characiformes) e
- *Conorhynchos conirostris* ou pirá-tamanduá (Ordem dos Siluriformes).

Além da ictiofauna nativa, também outros vertebrados podem sofrer com a proliferação de peixes exóticos na bacia, como a ave da Ordem dos Pelecaniformes socó-boi-escuro (*Tigrisoma fasciatum*), considerada Vulnerável pela Lista Nacional de espécies ameaçadas, que pode ver a decrescer a abundância de suas presas preferenciais devido a introdução de espécies como as trutas (MACHADO *et al.*, 2008).

A introdução de espécies exóticas vegetais pode consistir também num fator de ameaça a algumas espécies de fauna presentes na BHSF, como por exemplo (MACHADO *et al.*, 2008):

- Tico-tico-do-mato (*Coryphas piza melanotis*), que sofre com a invasão de gramíneas exóticas e é considerado Vulnerável a nível mundial;
- Caboclinho-vermelho (*Sporophila cinnamomea*), também classificado como Vulnerável a nível mundial, havendo registros do seu desaparecimento de áreas de vegetação nativa substituídas por eucaliptos (*Eucalyptus* sp.) e pinheiros (*Pinus* sp.);
- Caboclinho-de-barriga-preta (*Sporophila melanogaster*), Quase Ameaçado segundo a Lista da UICN, que também sofre com as culturas das exóticas *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp.

ESPÉCIES BIOINDICADORAS

Designam-se por espécies bioindicadoras aquelas que são suscetíveis “de indicar condições ambientais particulares que correspondem, quer a um estado estabelecido, quer a uma variação natural, quer a uma perturbação do meio” (CAIRNS; PRATT, 1993 apud TRIVINHO-STRIXINO *et al.*, 2008, p. 26), possuindo, notadamente, exigências particulares a nível ambiental (p. ex., boa qualidade da água, existência de vegetação ribeirinha densa, etc.).

As espécies da BHSF descritas como possuindo caráter bioindicador (ver Apêndice J; Volume 3 – Caracterização da bacia hidrográfica – Apêndices) representam 4% dos vertebrados inventariados (n=56). Para outras, poderá assumir-se esse caráter com base no conhecimento da ecologia da espécie, como o caso do pato-mergulhão (*Mergus octosetaceus*), ave altamente exigente quanto à qualidade do habitat onde ocorre, já que necessita de águas límpidas (MACHADO *et al.*, 2008).

Alguns grupos de invertebrados e, em particular, os macrobentônicos, são reconhecidos por possuírem boas características bioindicadoras. Exemplos destas características são a sua mobilidade limitada, o seu ciclo de vida relativamente longo, o seu tamanho (que permite um fácil manuseamento em laboratório) e, muito importante, o seu nível de sensibilidade em relação a parâmetros físico-químicos particulares, em que alterações nesses parâmetros se refletem de formas várias nos indivíduos (no seu comportamento, morfologia, ocorrência/ausência, etc.) (CAIRNS; PRATT, 1993 apud TRIVINHO-STRIXINO *et al.*, 2008, p. 26; JOHNSON *et al.*, 1993 apud TRIVINHO-STRIXINO *et al.*, 2008, p. 26).

Por estes motivos, estes organismos são muito frequentemente alvo de estudos para aferir a qualidade da água (CALLISTO *et al.*, 2010; QUEIROZ *et al.*, 2000; TRIVINHO-STRIXINO *et al.*, 2008). Não é, assim, de estranhar, que o n.º de espécies na BHSF ao qual é atribuído o caráter bioindicador seja bastante superior comparativamente às espécies de vertebrados: a confirmação do potencial bioindicador foi obtida para 178 taxa de invertebrados (ver Apêndice J; Volume 3 – Caracterização da bacia hidrográfica – Apêndices). Em seguida, descrevem-se alguns exemplos destes taxa:

- Indivíduos dos Filos: **Nematoda**, **Nemertea** e Platyhelminthes (notadamente ***Dugesia sp.***);

- Filo Annelida: **Brinkhursia americana** (Classe Oligochaeta) e espécimes da Família **Glossiphoniidae** (Classe Hirudinea);
- Filo Mollusca: **Melanoides tuberculata** (Classe Gastropoda) e **Anodontites elongatus** (Classe Bivalvia);
- Filo Arthropoda: espécimes das Ordens **Decapoda** e **Ostracoda**; espécies de Gêneros da Classe Insecta como **Campsurus sp.**, **Argia sp.**, **Leptonema sp.**, **Noelmis sp.** ou **Djamalbatista sp.**

A Classe dos insetos foi o grupo com mais espécies/gêneros identificados para a BHSF, totalizando 238. À semelhança do que foi já referido para os invertebrados em geral, é muitas vezes impossível determinar a espécie dos insectos coletados, identificando-se apenas até ao gênero, ou até grupos taxonômicos maiores, como a família ou a ordem. Deste modo, o n.º real de espécies de insectos presente da bacia poderá ser, potencialmente, muito superior ao registrado.

ESPÉCIES DE VALOR ECONÔMICO

Nesta seção, aborda-se o tema das espécies que apresentam valor econômico, e que se podem resumir do seguinte modo (IBAMA, 2003):

- Utilizadas como mascotes;
- Capturadas ilegalmente para comércio ou animal de estimação;
- Cinegéticas ou para alimentação;
- Consumidoras de produtos cultivados ou animais criados domesticamente;
- Espécies piscícolas pescadas ou cultivadas;
- Controladoras de pragas;
- Com interesse medicinal.

As 153 espécies que se enquadram em pelo menos uma dessas categorias distribuem-se pelas seguintes Classes de vertebrados: Actinopterygii (n=44), Amphibia (n=6), Reptilia (n=18), Aves (n=58) e Mammalia (n=26). Há ainda que considerar um invertebrado, o decápode *Macrobrachium carcinus* (ver Apêndice J; Volume 3 – Caracterização da bacia hidrográfica – Apêndices).

Dentro da Classe da ictiofauna, o cultivo é atribuído a 42 espécies, e as restantes duas são pescadas mas não são cultivadas).

Quanto aos anfíbios, é de realçar a sua utilização como animais de estimação, e também o interesse médico que podem apresentar (a perereca *Phyllomedusa hypocondriales* é exemplo deste último). Algumas são, possivelmente, comercializadas ilegalmente (como o sapo-cururu *Rhinella jimi* e a rã-pimenta-do-Nordeste *Leptodactylus vastus*) (GEO LÓGICA, 2006; IBAMA, 2003; ICMBio, 2011).

Para a classe dos répteis, algumas espécies apresentam valor econômico devido aos seus ovos, como a tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*), ou à sua pele, como o teiú-gigante (*Tupinambis merianae*). Quatro répteis estão classificados como cinegéticos, embora este estatuto varie entre estados (a caça é proibida no Brasil desde 1967 pela Lei n.º 5.197, de 3 de janeiro de 1967, mas deixa em aberto a possibilidade dos estados poderem regulamentá-la no seu território).

No grupo das aves, servem de animal de estimação 22 espécies (por exemplo, a jandaia-de-testa-vermelha *Aratinga auricapillus* ou o tico-tico-de-bico-preto *Arremon taciturnus*), 23 são cinegéticas e a arara-azul-grande *Anodorhynchus hyacinthinus* é valorizada pelas suas penas.

Finalmente, várias espécies de mamíferos servem para alimentação (como o tatu-canastra *Priodontes maximus* ou o macaco *Cebus xanthosternos*), ou são caçadas por provocarem danos a plantações ou predarem animais domésticos. Exemplos destas espécies são o tatu-de-rabo-mole-grande *Cabassous tatouay*, o lobo-guará *Chrysocyon brachyurus*, classificado como VU na Lista do Brasil e NT na Lista da UICN, ou a onça-parda *Puma concolor greeni*. Outras espécies, ainda, apresentam interesse potencial para a medicina (como o gambá-de-orelha-branca *Didelphis albiventris*), ou são cinegéticas (como o preá *Cavia aperea*, o cervo-do-pantanal *Blastocerus dichotomus*, classificado como VU a nível nacional e internacional, a lontra *Lontra longicaudis* ou o mico-estrela *Callithrix penicillata*).

No Quadro 39 referem-se as espécies piscícolas cultivadas (e aquelas apenas pescadas), assim como os seus estatutos de ameaça e o seu caráter (nativo, endêmico ou exótico).

Quadro 39 – Espécies piscícolas presentes na BHSF pescadas ou cultivadas

| Ordem | Família | Espécie | Estatuto de ameaça | | Caráter | Valor econômico |
|---------------|------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------|---------|-----------------|
| | | | UICN | Brasil | | |
| Characiformes | Anostomidae | <i>Leporinus amblyrhynchus</i> | n.a. | - | N | C |
| | | <i>Leporinus elongatus</i> | LC | - | N | C |
| | | <i>Leporinus obtusidens</i> | LC | - | N | C |
| | | <i>Leporinus piau</i> | n.a. | - | N | C |
| | | <i>Leporinus reinhardti</i> | n.a. | - | EN | C |
| | | <i>Schizodon knerii</i> | n.a. | - | EN | C |
| | Characidae | <i>Brycon nattereri</i> | n.a. | VU | EN | C |
| | | <i>Brycon orthotaenia</i> | VU | - | EN | C |
| | | <i>Myleus micans</i> | n.a. | - | EN | C |
| | | <i>Oligosarcus argenteus</i> | n.a. | - | N | C |
| | | <i>Pygocentrus piraya</i> | n.a. | - | EN | C |
| | | <i>Salminus franciscanus</i> | n.a. | - | N | C |
| | | <i>Salminus hilarii</i> | n.a. | - | N | C |
| | | <i>Serrasalmus brandtii</i> | n.a. | - | EN | C |
| | Erythrinidae | <i>Hoplias lacerdae</i> | n.a. | - | N | C |
| | | <i>Hoplias malabaricus</i> | n.a. | - | N | C |
| | | <i>Hoplias microcephalus</i> | n.a. | - | N | C |
| | Prochilodontidae | <i>Prochilodus argenteus</i> | n.a. | - | EN | C |
| | | <i>Prochilodus costatus</i> | n.a. | - | EN | C |
| | Serrasalminidae | <i>Colossoma macropomum</i> | n.a. | - | EX | C |
| | Clupeiformes | Engraulidae | <i>Anchoviella vaillanti</i> | n.a. | - | N |
| Cypriniformes | Cyprinidae | <i>Cyprinus carpio</i> | VU | - | EX | C |
| Gymnotiformes | Gymnotidae | <i>Gymnotus carapo</i> | n.a. | - | N | C |
| | Sternopygidae | <i>Eigenmannia trilineata</i> | n.a. | - | EX | C |
| Perciformes | Centropomidae | <i>Centropomus undecimalis</i> | n.a. | - | N | C |
| | | <i>Centropomus parallelus</i> | n.a. | - | N | C |
| | Cichlidae | <i>Cichla ocellaris</i> | n.a. | - | EX | C |
| | | <i>Cichla monoculus</i> | n.a. | - | EX | C |
| | | <i>Astronotus ocellatus</i> | n.a. | - | EX | C |
| | | <i>Oreochromis niloticus</i> | n.a. | - | EX | C |
| | Gerreidae | <i>Eucinostomus melanopterus</i> | n.a. | - | N | Pe |
| | | <i>Eugerres brasilianus</i> | n.a. | - | N | Pe |
| | Sciaenidae | <i>Plagioscion squamosissimus</i> | n.a. | - | N | C |
| | Sciaenidae | <i>Pachyurus francisci</i> | n.a. | - | EN | C |

| Ordem | Família | Espécie | Estatuto de ameaça | | Caráter | Valor econômico |
|--------------|--------------------|------------------------------------|--------------------|--------|---------|-----------------|
| | | | UICN | Brasil | | |
| | | <i>Pachyurus squamipennis</i> | n.a. | - | EN | C |
| Siluriformes | Loricariidae | <i>Hypostomus</i> sp. | - | - | N | C |
| | | <i>Rhinelepis aspera</i> | n.a. | - | EN | C |
| | Pimelodidae | <i>Conorhynchos conirostris</i> | n.a. | EN | EN | C |
| | | <i>Duopalatinus emarginatus</i> | n.a. | - | N | C |
| | | <i>Pimelodus maculatus</i> | n.a. | - | N | C |
| | | <i>Pseudoplatystoma corruscans</i> | n.a. | - | N | C |
| | Pseudo-pimelodidae | <i>Cephalosilurus fowleri</i> | LC | - | EN | C |
| | | <i>Lophiosilurus alexandri</i> | n.a. | VU | EN | C |
| | | <i>Pseudopimelodus charus</i> | n.a. | - | N | C |

Fonte: GEO LÓGICA, 2006; MMA, 2011; MMA, 2014c; SOARES *et al.*, 2010.

Legenda: “-” – Não integra a lista; n.a. – Não avaliada; N – Nativa; EN – Endêmica; EX – Exótica; C – Cultivo; Pe – Pesca.

Nota: A negrito, espécies estuarinas ou marinhas.

Estas espécies piscícolas (n=44) representam perto de 16% das 276 identificadas para a bacia do rio São Francisco. Realça-se que sete são exóticas, sendo todas cultivadas.

Destacam-se, pelo valor econômico que apresentam, as seguintes espécies cultivadas: o surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*) – uma das espécies de maior importância na região do Vale do São Francisco; o dourado (*Salminus brasiliensis*), pelo porte e sabor da carne; o pacamã (*Lophiosilurus alexandri*), endêmico do rio São Francisco, que apresenta grande valor comercial no Submédio e Baixo São Francisco; o piau (*Leporinus obtusidens*), que também atinge um porte considerável (acima de 8 kg); e, finalmente, o curimatá-pacu (*Prochilodus argenteus*), também endêmico do rio em estudo (CAMPECHE *et al.*, 2011).

ESPÉCIES DE INTERESSE EPIDEMIOLÓGICO

As espécies que se enquadram neste capítulo são aquelas que atuam como reservatório de doenças transmissíveis à população humana ou criação doméstica (IBAMA, 2003).

No caso do elenco faunístico da BHSF, apenas um reduzido número de espécies de **vertebrados** foi identificado como possível transmissor de doenças (ver Apêndice J; Volume 3 – Caracterização da bacia hidrográfica – Apêndices); de fato, a maioria das espécies com interesse epidemiológico são invertebrados (baratas, carrapatos, centopeias, pulgas, mosquitos, etc.) (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2015).

Ainda assim, dos vertebrados vetores de doenças, destacam-se os roedores, os quirópteros e os columbiformes (Portal da Prefeitura de São Paulo, 2015). São exemplos destas espécies na BHSF o mamífero voador morcego-vampiro (*Desmodus rotundus*), que pode transmitir raiva, ou o passeriforme bico-virado-miúdo (*Xenops minutus*), portador de ectoparasitas como carrapatos, estes últimos vetores de agentes infecciosos (CCD, 2013).

Também animais domésticos, como gatos e cães, podem ser portadores de doenças (MACHADO *et al.*, 2008). Aliás, o pombo (*Columba livia*), registrado para a BHSF, é um conhecido transmissor de doenças de aves de terreiro para a fauna selvagem (IBAMA, 2003).

Por outro lado, espécies como o peixe oscar (*Astronotus ocellatus*) apresentam interesse epidemiológico, neste caso, não por transmitir doenças ou abrigar vetores, mas por “impedir o crescimento de populações de *Biomphalaria glabrata* (molusco gastrópode) pela ingestão de massa de ovos” (MS, 2008).

Quanto aos **invertebrados**, a Classe Gastropoda engloba taxa transmissores de doenças como a esquistossomose ou outras helmintoses, tanto ao Homem como aos animais, alguns deles encontrando-se descritos para a bacia do São Francisco. São exemplos os gêneros *Biomphalaria* sp., *Pomacea* sp. ou *Aylacostoma* sp., todos pertencentes à Ordem Basommatophora (MS, 2008).

2.2.3. Áreas protegidas e prioritárias para conservação

A. ÁREAS DA BACIA PROTEGIDAS POR LEI

As áreas da bacia protegidas por lei abrangem várias tipologias de proteção, com diferentes objetivos. Cada tipologia principal é em seguida alvo de descrição específica: as Unidades de Conservação, as Áreas de Preservação Permanente, as

Reservas Legais e as Áreas de Proteção Especial. As áreas da bacia protegidas por lei passíveis de especialização estão representadas na Figura 51 e no Mapa 37, que pode ser consultado no Volume 9.

As terras indígenas, também protegidas por lei, são alvo de caracterização específica noutra seção do plano (5.2.1. Aspectos demográficos e dinâmica populacional; D. Comunidades difusas e tradicionais), pelo que não são representadas na figura e mapa anteriormente referidos.

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC está desenhado de modo a ordenar estas áreas protegidas nos níveis federal, estadual e municipal. Os objetivos de manejo das diversas categorias de unidades de conservação são diferenciados, mas contribuem, todos, para que os objetivos nacionais de conservação sejam atingidos. Este sistema constitui-se, assim, em um instrumento amplo e integrado, que visa garantir a manutenção dos processos ecológicos, representados em amostras dos diferentes ecossistemas do país.

As Unidades de Conservação (UC) foram estabelecidas através da Lei 9.985 de 18 de julho de 2000, pelo SNUC, que estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gerenciamento das unidades de conservação. O SNUC dividiu as unidades de conservação em dois grupos com características específicas:

- Proteção Integral – têm como objetivo básico preservar a natureza livrando-a, o quanto possível, da interferência humana; como regra, só se admite o uso indireto dos recursos naturais, isto é, aquele que não envolve consumo, coleta, dano ou destruição, com exceção dos casos previstos na Lei do SNUC;
- Uso sustentável – o objetivo básico é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela de seus recursos naturais; visam conciliar a exploração do ambiente com a garantia de perenidade dos recursos naturais renováveis considerando os processos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável.

Cada um destes grupos inclui várias categorias de UCs, totalizando 12.

A Reserva Particular do Patrimônio Natural é uma categoria de Unidade de Conservação particular criada em área privada, por ato voluntário do proprietário, em caráter perpétuo, instituída pelo poder público. Como depende da vontade do proprietário, é ele quem define o tamanho da área a ser instituída como RPPN. Minas Gerais é o estado com maior número de RPPNs criadas. Até janeiro de 2015 foram criadas 207 reservas particulares por meio de Portarias do IEF (IEF, 2015).

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) mantém um Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC), com a colaboração dos órgãos gestores federal, estaduais e municipais (estabelecido no artigo 50 da Lei n.º 9.985/2000).

No quadro seguinte são apresentados os quantitativos de cada categoria de UCs presentes na BHSF. No Apêndice K (Volume 3 – Caracterização da bacia hidrográfica – Apêndices) estão listadas e identificadas todas as UCs localizadas na bacia.

Quadro 40 – Unidades de Conservação na BHSF e respectivas regiões fisiográficas, por esferas, grupos e categorias.

| Esfera | Unidades de Conservação | | Região fisiográfica | | | | BHSF |
|----------|-------------------------|----------------------------|---------------------|-----|------|-----|------|
| | Grupo | Categoria | SFA | SFM | SFSM | SFB | |
| Federal | Proteção Integral | Estação Ecológica | 1 | 1 | 1 | - | 3 |
| | | Reserva Biológica | - | - | 1 | - | 1 |
| | | Parque Nacional | 4 | 3 | 1* | 1* | 8 |
| | | Monumento Natural | - | - | 1 | - | 1 |
| | | Refúgio da Vida Silvestre | - | 1 | - | - | 1 |
| | Uso Sustentável | Área de Proteção Ambiental | 2 | 5 | 1 | 1 | 9 |
| | | Floresta Nacional | 1 | 1 | 1 | - | 3 |
| | | Reserva Extrativista | - | 1 | - | - | 1 |
| | RPPN | 4 | 3 | 4 | 2 | 13 | |
| Estadual | Proteção Integral | Estação Ecológica | 4 | 2 | 1 | - | 7 |
| | | Reserva Biológica | - | 1 | - | - | 1 |
| | | Parque Estadual | 9 | 11* | 3* | - | 22 |
| | | Monumento Natural | 9 | - | - | 1 | 10 |
| | | Refúgio da Vida Silvestre | 2 | 1 | 2 | - | 5 |
| | Uso Sustentável | Área de Proteção Ambiental | 3 | 14 | 2 | 2 | 21 |
| | | Floresta Estadual | 2 | - | - | - | 2 |

| Esfera | Unidades de Conservação | | Região fisiográfica | | | | BHSF |
|--------------|-------------------------|-------------------|---------------------|------------|------------|------------|------------|
| | Grupo | Categoria | SFA | SFM | SFSM | SFB | |
| | | RDS | - | 1 | - | - | 1 |
| | | RPPN | - | - | - | 5 | 5 |
| Municipal | Proteção Integral | Parque Municipal | 4 | - | 1* | 2* | 6 |
| | | Monumento Natural | - | - | - | 2 | 2 |
| Indefinida | Uso Sustentável | RPPN | - | 1 | 1 | - | 2 |
| TOTAL | | | 45 | 47* | 20* | 16* | 124 |

Fonte: Dados disponibilizados por MMA, SEMAS-PE, ICMBio, IMA-AL e SEMARH-GO.

Legenda: * - uma mesma UC distribui-se por mais que uma região fisiográfica; RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Natural; RDS – Reserva de Desenvolvimento Sustentável.

As áreas ocupadas pelas UCs, por esfera, por grupo e por categoria, são sumarizadas na tabela seguinte, por região fisiográfica.

Quadro 41 – Área ocupada por UC na BHSF e respectivas regiões fisiográficas, por esferas, grupos e categorias.

| Esfera | Grupo | Categoria | Região fisiográfica | | | | BHSF |
|----------|-------|-----------|---------------------|--------------|------------|-----------|--------------|
| | | | SFA | SFM | SFSM | SFB | |
| Federal | PI | EE | 1.384,49 | 77.605,72 | 71.330,32 | - | 150.320,53 |
| | | MN | - | - | 26.736,42 | - | 26.736,42 |
| | | PN | 162.900,99 | 312.160,97 | 62.259,50 | 35,52 | 537.356,98 |
| | | RB | - | - | 624,85 | - | 624,85 |
| | | RVS | - | 128.049,75 | - | - | 128.049,75 |
| | US | APA | 130.422,78 | 282.871,20 | 319.835,95 | 6.572,71 | 739.702,64 |
| | | FN | 203,29 | 12.840,60 | 3.004,56 | - | 16.048,45 |
| | | RE | - | 15,88 | - | - | 15,88 |
| | RPPN | 608,23 | 2.577,57 | 2.155,31 | 263,72 | 5.604,83 | |
| Estadual | PI | PE | 33.964,8 | 254.449,01 | 12.514,89 | - | 300.928,7 |
| | | EE | 2.278,14 | 7.216,04 | 7.601,15 | - | 17.095,33 |
| | | MN | 3.150,28 | - | - | 2.103,66 | 5.253,94 |
| | | RB | - | 6.350,90 | - | - | 6.350,90 |
| | | RVS | 3.319,69 | 27.488,89 | 5.907,38 | - | 36.715,96 |
| | US | APA | 148.599,47 | 4.570.682,57 | 39.152,21 | 29.470,62 | 4.787.904,87 |
| | | FE | 4.430,89 | - | - | - | 4.430,89 |
| | | RDS | - | 58.780,73 | - | - | 58.780,73 |

| Esfera | Grupo | Categoria | Região fisiográfica | | | | BHSF |
|--------------|-------|-----------|---------------------|----------|--------|--------|---------------------|
| | | | SFA | SFM | SFSM | SFB | |
| | | RPPN | - | - | - | 220,32 | 220,32 |
| Municipal | PI | PM | 605,68 | - | 238,39 | 87,14 | 931,21 |
| | | RB | - | 7.595,81 | - | - | 7.595,81 |
| Indefinida | US | RPPN | - | 562,41 | 281,37 | - | 843,78 |
| TOTAL | | | | | | | 6.831.512,77 |

Fonte: Dados disponibilizados por MMA, SEMAS-PE, ICMBio, IMA-AL e SEMARH-GO.

Legenda: PI – Proteção Integral; US – Uso Sustentável; EE – Estação Ecológica; MN – Monumento Natural; RB – Reserva Biológica; RVS – Refúgio de Vida Silvestre; APA – Área de Proteção Ambiental; PN – Parque Nacional; FN – Floresta Nacional; PE – Parque Estadual; FE – Floresta Estadual; PM – Parque Municipal; RE – Reserva Extrativista; RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural; RDS – Reserva de Desenvolvimento Sustentável.

Há ainda que considerar que, destas UCs, 55 foram designadas a partir de 2004 (inclusive), isto é, já durante a vigência do PRH-SF 2004-2013; estas são listadas na tabela seguinte.

Quadro 42 – Unidades de Conservação na BHSF criadas a partir de 2004, inclusive, por esferas e regiões fisiográficas.

| Esfera | Unidades de Conservação | | Região fisiográfica (área em ha) | | | | BHSF |
|----------|-------------------------|-----------|----------------------------------|---------------------|------------------|------------------|-----------|
| | Grupo | Categoria | SFA | SFM | SFSM | SFB | |
| Federal | PI | PN | 1 (14.215,53) | - | - | - | 1 |
| | | MN | - | - | 1 (26.736,42) | - | 1 |
| | US | FN | - | - | 1 (3.004,55) | - | 1 |
| | | RE | - | 1 (15,88) | - | - | 1 |
| | | RPPN | 2 (179,80) | 3 (2.577,57) | 3 (690,03) | - | 8 |
| Estadual | PI | EE | 2 (1.383,43) | 1 (4.871,92) | - | - | 3 |
| | | PE | 7 (27.929,07) | 4 (89.401,28) | 1 (875,87) | - | 12 |
| | | MN | 8 (3.010,94) | - | - | 1 (2.103,66) | 9 |
| | | RVS | 2 (3.319,69) | 1 (27.488,89) | 1 (1.087,61) | - | 4 |
| | US | APA | 1 (12.277,24) | 4 (2.643.420,59) | - | 1 (13.318,84) | 6 |
| | | RPPN | - | - | - | 5 (220,33) | 5 |

| Esfera | Unidades de Conservação | | Região fisiográfica (área em ha) | | | | BHSF |
|--------------|-------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|----------|----------|-----------|
| | Grupo | Categoria | SFA | SFM | SFSM | SFB | |
| Municipal | PI | PM | 4 (605,68) | - | - | - | 4 |
| TOTAL | | | 27 | 14 | 7 | 7 | 55 |

Fonte: Dados disponibilizados por MMA, SEMAS-PE, ICMBio, IMA-AL e SEMARH-GO.

Legenda: PI – Proteção Integral; US – Uso Sustentável; EE – Estação Ecológica; MN – Monumento Natural; RVS – Refúgio de Vida Silvestre; APA – Área de Proteção Ambiental; PN – Parque Nacional; FN – Floresta Nacional; PE – Parque Estadual; PM – Parque Municipal; RE – Reserva Extrativista; RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural.

Na totalidade, na BHSF, cerca de 6.831.510 ha estão cobertos por Unidades de Conservação, o que corresponde, aproximadamente, a 10% da área da bacia.

As unidades de conservação localizadas na bacia hidrográfica do rio São Francisco estão representadas na figura seguinte e no Mapa 37, que pode ser consultado no Volume 9.

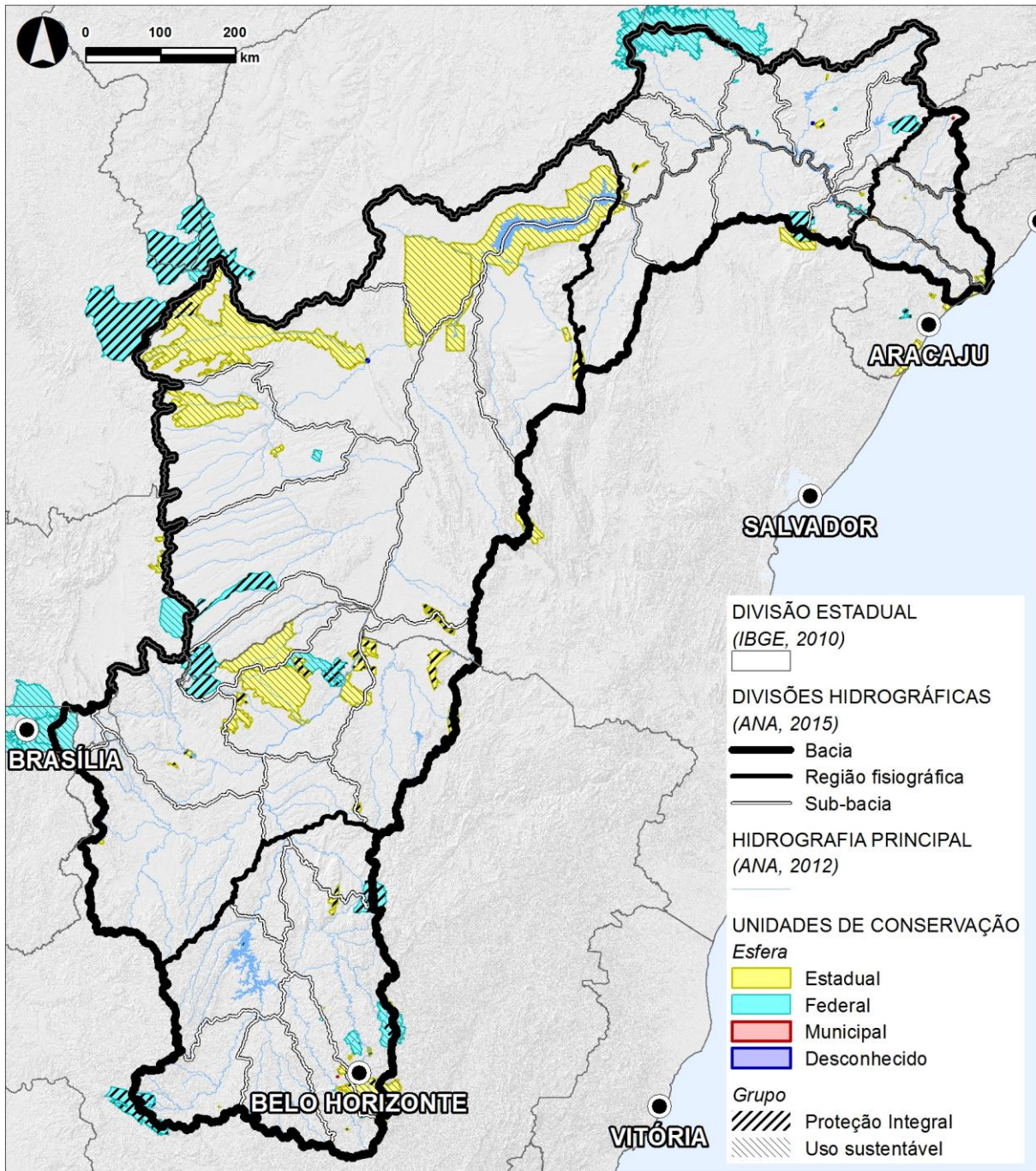


Figura 51 – Unidades de conservação localizadas na bacia hidrográfica do rio São Francisco (Mapa 37 do Volume 9, reduzido).

ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)

As Áreas de Preservação Permanente (APP) são áreas legalmente protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Lei Federal 12.551/2012, alterada pela Lei n.º 12.651/2012 e pela Lei n.º 12.727/2012).

Constituem APPs, em zonas rurais ou urbanas, as seguintes áreas:

- As faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular (estando a largura das mesmas definida segundo as Leis previamente citadas);
- As áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais (estando a largura das mesmas definida segundo as Leis previamente citadas);
- As áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;
- As áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 metros;
- As encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- As restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- Os manguezais, em toda a sua extensão;
- As bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 metros em projeções horizontais;
- No topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação sempre em relação à base (definida segundo a Lei Federal previamente citada);
- As áreas em altitude superiores a 1.800 metros, qualquer que seja a vegetação;
- Em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

Uma vez que não existe mapeamento nem sistematização abrangente para o país, nem para BHSF, das APP, na subseção seguinte são apresentadas, para a BHSF, as APP dos cursos d'água principais e secundários de maior relevância com identificação das matas ciliares, cartografadas pela equipe para o presente plano.

APP associadas aos cursos d'água principais e secundários mais relevantes

Para identificar e delimitar as APP da BHSF, recorreu-se à informação da hidrografia da rede principal primária e secundária mais recente disponibilizada pela ANA. Tendo em conta as Leis Federais previamente citadas, foi delimitado um *buffer* envolvente a esta hidrografia com a largura de 500 m para cada lado da margem.

Relativamente à identificação das matas ciliares, este é um termo que tem alguma subjetividade, sendo que é utilizado em várias classificações de vegetação distintas, com diferentes graus de detalhe (IBGE, 2012). Para o presente plano, considerou-se a definição do glossário do Código Florestal (Lei n.º 12.727 de 17 de outubro de 2012) do Senado Federal (2015): “É a formação vegetal nas margens dos rios, córregos, lagos, represas e nascentes. Também é conhecida como mata de galeria, mata de várzea, vegetação ou floresta ripária.”

Deste modo, foram consideradas para esta análise as seguintes classes de cobertura vegetal: mata ciliar (dados fornecidos pela SEMARH-SE), floresta estacional semidecidual aluvial e vegetação com influência fluvial e/ou lacustre (dados da cartografia da vegetação fornecida pelo MMA (2011), atualizada pela equipe através de imagens LANDSAT de 2014 e 2015 para o presente plano (mais detalhes sobre a metodologia de atualização da cobertura vegetal podem ser consultados na seção 5.1. Caracterização da Cobertura Vegetal). Em seguida, esta informação foi sobreposta à informação da hidrografia previamente referida.

Para quantificar a área desprotegida das matas ciliares das APP identificadas através da metodologia previamente descrita, foi sobreposta a cartografia atual das Unidades de Conservação da BHSF (dados disponibilizados pelo MMA, SEMAS-PE, ICMBio, IMA-AL e SEMARH-GO).

As APPs dos cursos d'água principais e secundários de maior relevância com identificação das matas ciliares existentes, junto com a identificação das Unidades de Conservação, estão representadas na figura seguinte.

Da área total de mata ciliar das APP dos cursos d'água acima referidos, 32% está incluída em Unidades de Conservação. O quadro seguinte apresenta a distribuição destas áreas, protegidas e não protegidas, pelas quatro regiões fisiográficas. As porcentagens indicadas referem-se à área estimada relativamente à área total da região fisiográfica correspondente.

Quadro 43 – Matas ciliares em APPs: quantificação da área protegida e desprotegida.

| Regiões fisiográficas | APPs (ha) | | |
|-----------------------|------------------|----------------------|------------------|
| | Incluídas em UCs | Não incluídas em UCs | TOTAL |
| SFA | - | - | - |
| SFM | 23.792,75 | 48.800,83 | 72.593,58 |
| SFSM | - | 1,66 | 1,66 |
| SFB | - | 784,02 | 784,02 |
| BHSF | 23.792,75 | 49.586,51 | 73.379,26 |

Fonte: Dados disponibilizados por ANA, MMA, SEMAS-PE, ICMBio, IMA-AL, SEMARH-GO e dados produzidos pela equipe.

A maioria da área de mata ciliar em APPs na BHSF não se encontra sob proteção de Unidades de Conservação. De fato, apenas no Médio São Francisco se registram áreas com este tipo de proteção.

É de realçar, contudo, que as APP são, em si mesmas áreas, legalmente protegidas, às quais estão associadas um conjunto de restrições, estabelecidas pelas Leis que as enquadram (Lei Federal 12.551/2012, alterada pela Lei n.º 12.651/2012 e pela Lei n.º 12.727/2012).

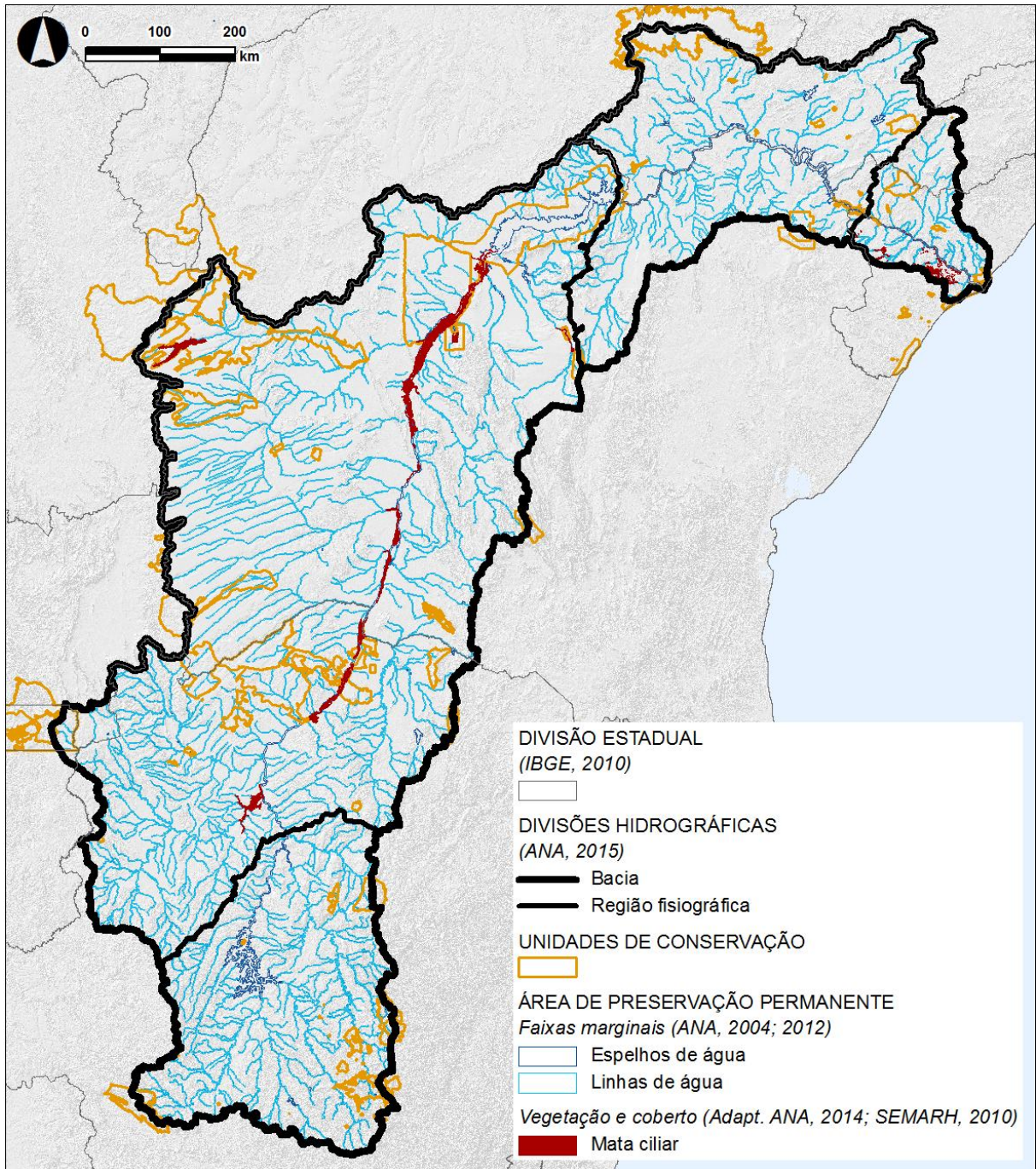


Figura 52 – Cursos d'água principais e secundários de maior relevância com identificação das matas ciliares.

RESERVAS LEGAIS

As Reservas Legais são áreas localizadas no interior de uma propriedade ou posse rural, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e a da flora nativa (Lei Federal 12.551/2012). Segundo a mesma Lei, estas Reservas são definidas por percentual, em geral de 20%, mas que pode sofrer alterações mediante a presença de outras áreas legalmente protegidas no território do município, ou ZEEs aprovados ou, ainda, dos tipos de utilização da terra. O regime de proteção da Reserva Legal é estabelecido pelo mesmo diploma, de forma a cumprir a função a que se destina.

Não existe cartografia nem sistematização abrangente para o país, nem para BHSF, das Reservas Legais.

ÁREAS DE PROTEÇÃO ESPECIAL (APE)

As Áreas de Proteção Especial (APEs) são instituídas no art. 13.º da Lei Federal n.º 6.766 de 1979, como "... de proteção aos mananciais ou ao patrimônio cultural, histórico, paisagístico e arqueológico, assim definidas por legislação estadual ou federal".

Não existe cartografia nem sistematização abrangente para o país, nem para BHSF, das Áreas de Proteção Especial.

A Lei Federal 9.985 de 2000, responsável por implementar o SNUC, não inclui estas áreas de proteção. Contudo, a Lei Estadual 19.484/2011, que regulamenta o código florestal mineiro, elenca as áreas de proteção de mananciais como unidades de conservação pertencentes ao grupo de uso sustentável.

Assim, apenas para o estado de Minas Gerais está disponível a listagem de Áreas de Proteção Especial, áreas estas que, decorrentemente da Lei citada no parágrafo anterior, possuem um estatuto jurídico particular face à globalidade das APEs definidas pela Lei Federal respectiva.

A informação disponibilizada pelo IEF para o estado de Minas Gerais não contém dados de localização para além da identificação do município. As APEs listadas no quadro seguinte estão localizadas na região fisiográfica do Alto São Francisco.

Quadro 44 – Áreas de Proteção Especial no estado de Minas Gerais.

| APE | Lei/ Decreto de criação | Data de criação | Área (ha) | Municípios abrangidos |
|---------------------|-------------------------------|--------------------|--------------|---|
| Serra Azul | 20.792 | 08/07/80 | 26.058 | Igarapé, Itaúna, Juatuba, Mateus Leme |
| Várzea das Flores* | 20.793 | 08/07/80 | 12.300 | Betim |
| Mutuca | 21.372 | 01/07/81 | 250 | Nova Lima |
| Veríssimo | 22.055 | 05/05/82 | 2.000 | Ouro Branco |
| Barreiro | 22.091 | 08/06/82 | 1.327 | Belo Horizonte |
| Rola Moça e Balçamo | 22.110 | 14/06/82 | 738 | Ibirité |
| Taboão | 22.109 | 14/06/82 | 890 | Ibirité, Sarzedo |
| Catarina | 22.096 | 4/06/82 | 180 | Brumadinho |
| Fechos | 27.928 | 03/09/82 | 476 | Nova Lima |
| Rio Manso | 27.928 | 15/03/88 | 65.778 | Bonfim, Brumadinho, Crucilândia, Itatiaiuçu, Rio Manso |
| Cercadinho | 22.327 | 03/09/82 | 247 | Belo Horizonte |

Fonte: Dados disponibilizados por IEF-MG.

Legenda: * - distribui-se por dois municípios, sendo que apenas o indicado está incluído na BHSF.

As seguintes APEs pertencem a municípios parcialmente integrados na BHSF: Santa Isabel de Espanha (decreto de criação 29.587 em 08/06/89, área 21.600 ha, município de Paracatu), Confusão (dec. 31.095 em 11/10/90, área 2.768 ha, município de São Gotardo) e Lapa Nova de Vazante (dec. 30.936 em 20/02/90, área 75 ha, município de Vazante).

B. OUTRAS ÁREAS POTENCIAIS PARA PRESERVAÇÃO

ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO

A Portaria do Ministério do Meio Ambiente n.º 9, de 23 de Janeiro de 2007, reconhece um conjunto de áreas denominadas Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira ou Áreas

Prioritárias para a Biodiversidade, para efeito da formulação e implementação de políticas públicas, programas, projetos e atividades sob a responsabilidade do Governo Federal voltados à:

- Conservação *in situ* da biodiversidade;
- Utilização sustentável de componentes da biodiversidade;
- Repartição de benefícios derivados do acesso a recursos genéticos e ao conhecimento tradicional associado;
- Pesquisa e inventários sobre a biodiversidade;
- Recuperação de áreas degradadas e de espécies sobre exploradas ou ameaçadas de extinção;
- Valorização econômica da biodiversidade.

O quadro seguinte apresenta uma caracterização síntese destas áreas prioritárias para conservação na BHSF e a Figura 53 apresenta a sua distribuição na bacia.

Quadro 45 – Áreas prioritárias (ha) para conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira

| Classe | Região fisiográfica | | | | | | | | BHSF ha |
|---------------------|---------------------|-------|---------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|---------------|
| | SFA | | SFM | | SFSM | | SFB | | |
| | ha | % | ha | % | ha | % | ha | % | |
| UC | 477.575,97 | 4,79 | 5.658.357,06 | 14,11 | 570.556,50 | 5,19 | 130.095,28 | 5,12 | 6.836.584,81 |
| Extrem. alta | 1.927.892,15 | 19,33 | 1.219.400,73 | 3,04 | 304.435,83 | 2,77 | 620.313,60 | 2,44 | 4.072.042,31 |
| Muito alta | 1.300.183,71 | 13,03 | 13.253.194,47 | 33,05 | 1.702.732,78 | 15,48 | 209.385,27 | 8,24 | 16.465.496,23 |
| Alta | - | | 1.252.409,54 | 3,12 | 235.277,08 | 2,14 | 8.550,28 | 0,34 | 1.496.236,90 |
| Baixa | 6.269.507,02 | 62,84 | 18.701.688,11 | 46,63 | 8.185.401,68 | 74,42 | 1.573.555,51 | 61,91 | 34.703.152,32 |

Fonte: Dados disponibilizados por MMA, SEMAS-PE, ICMBio, IMA-AL e SEMARH-GO.

De entre os aspectos mais relevantes, evidenciados pela figura das áreas potenciais e prioritárias para conservação na BHSF, são de destacar os seguintes (uma descrição mais completa da tendência da distribuição do coberto vegetal na BHSF é apresentada na seção 5.1. Caracterização da Cobertura Vegetal):



Associação Executiva de Apoio à Gestão
de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo



- A extensa área contínua classificada com grau de prioridade “Muito alta” na região do Médio São Francisco, na zona das sub-bacias Médio Grande e Corrente – esta área foi, precisamente, uma das que registrou uma das expansões mais expressivas das áreas de utilização agropecuária, substituindo, essencialmente, áreas de vegetação nativa (neste caso, de cerrado);
- A extensa área contínua classificada com grau de prioridade “Muito alta” nas regiões do Médio (majoritariamente) e Submédio São Francisco, no essencial, nas zonas das sub-bacias Margem esquerda do lago de Sobradinho e Verde/Jacaré;
- A extensa área contínua classificada com grau de prioridade “Extremamente alta”, essencialmente na região da sub-bacia das Velhas, no Alto São Francisco;
- A fragmentação e, por conseguinte, a reduzida conectividade entre as áreas com classificação de UC, “Extremamente alta”, “Muito alta” e “Alta” na maior parte da região do Submédio São Francisco, e na região sul do Médio São Francisco.

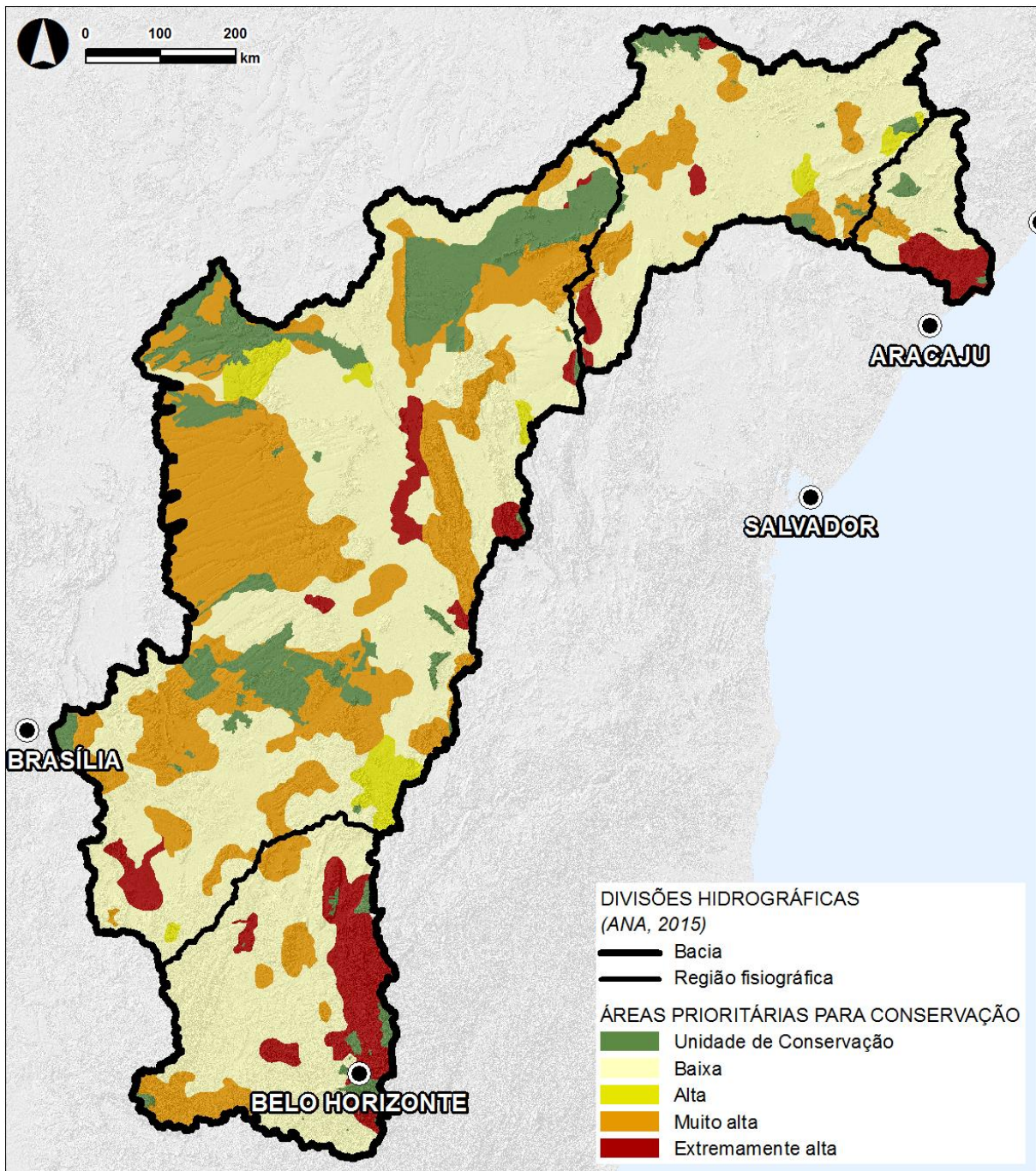


Figura 53 – Áreas da bacia prioritárias para conservação (Mapa 38 do Volume 9, reduzido).

CONSERVAÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA

Programa de Conservação e Uso Sustentável do Bioma Cerrado – Programa Cerrado Sustentável

O Programa Cerrado Sustentável foi estabelecido pelo Decreto n.º 5.577, de 08 de novembro de 2005, e tem o objetivo de promover a conservação, a restauração, a recuperação e o manejo sustentável de ecossistemas naturais, bem como a valorização e o reconhecimento de suas populações tradicionais, buscando condições para reverter impactos socioambientais negativos do processo de ocupação. Este Programa é um instrumento orientador das políticas, apresentando 519 diretrizes estratégicas para promover o uso sustentável e a conservação do Bioma (MEDEIROS, 2011).

Um importante desdobramento do Programa Cerrado Sustentável é o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado), lançado em setembro de 2010. O Programa contempla 38 ações de Monitoramento e Controle, 20 ações relacionadas a Áreas Protegidas e Ordenamento Territorial, 73 ações de Fomento às Atividades Produtivas Sustentáveis e 20 ações de Educação Ambiental, totalizando 151 ações a serem implementadas por diversos ministérios e instituições vinculadas (MEDEIROS, 2011).

Com a finalidade de acompanhar e avaliar a implementação do Programa Cerrado Sustentável, inclusive a execução de suas ações, o Governo Federal criou, por meio do Decreto n.º 5.577 de 2005, a Comissão Nacional do Programa Cerrado Sustentável-CONACER. A composição deste colegiado foi renovada pela Portaria MMA n.º 252/2011 e conta com a representação de diversos setores de governo e da sociedade civil.

Legislação de proteção da Mata Atlântica

A Lei federal n.º 11.428/2006, de 22/12, dispõe sobre a conservação, proteção, regeneração e utilização da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. O Decreto n.º 6.660/2008, de 21/11, regulamenta dispositivos desta Lei n.º 11.428, notadamente,

estabelecendo que o desmatamento e supressão de vegetação da Mata Atlântica têm de ser autorizados pelo órgão ambiental competente, que só autorizará estas ações em casos excepcionais, verificado o interesse social ou utilidade pública, e desde que não exista outro local para a obra ou empreendimento.

Diversos diplomas estaduais definem a vegetação primária e secundária de regeneração de Mata Atlântica, em geral, também a fim de orientar os procedimentos de licenciamento das atividades florestais, tais como:

- Resolução CONAMA n.º 392, de 25 de junho de 2007, no estado de Minas Gerais;
- Resolução CONAMA n.º 34, de 7 de dezembro de 1994, no estado de Sergipe;
- Resolução CONAMA n.º 31, de 7 de dezembro de 1994, no estado de Pernambuco;
- Resolução CONAMA n.º 28, de 7 de dezembro de 1994, no estado de Alagoas;
- Resolução CONAMA n.º 5, de 4 de maio de 1994, no estado da Bahia.

C. AVALIAÇÃO DO GRAU DE PROTEÇÃO DAS ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS

BIOMAS

No que diz respeito aos biomas presentes na BHSF, o monitoramento do seu desmatamento é realizado através do Projecto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite – PMDBBS (IBAMA, 2015), que consiste num instrumento fundamental para avaliar o seu grau de proteção.

No Capítulo 5.1.2. Áreas de fragilidade ambiental (Volume 1) são apresentadas as estimativas de desmatamento globais e as estimativas para a BHSF do desmatamento dos três biomas presentes. Não obstante a proteção legal de que são alvo os biomas (ver seção anterior acerca da conservação da vegetação nativa), os dados mais recentes apontam para taxas anuais aproximadas de desmatamento, de 0,23%, 0,37% e 0,04%, respectivamente, para a caatinga, cerrado e mata atlântica (IBAMA, 2015).

Para avaliar o grau de proteção das áreas legalmente protegidas face aos biomas presentes na bacia, foi avaliada a área desmatada incluída em Unidades de Conservação, para cada região fisiográfica, no quadro seguinte. A informação disponível refere-se ao ano de 2009 para os biomas mata atlântica e caatinga e a 2010 para o cerrado. As porcentagens referem-se à área desmatada para o total de área de UCs, nas regiões fisiográficas e na BHSF.

Dado que a área total das UCs atuais inclui áreas cuja criação é posterior aos dados disponíveis do desmatamento dos biomas, apresentam-se ambos os quantitativos, para a área total de UCs na data presente e também para aquelas criadas apenas até 2008 (inclusive).

Quadro 46 – Grau de proteção das UCs face ao desmatamento nos biomas presentes

| | | Todas as UCs | | UCs criadas até 2008* | |
|----------------------------|-------------|--------------|-------|-----------------------|-------|
| | | ha | % | ha | % |
| BHSF | | 1.419.089,88 | 20,51 | 1.394.289,86 | 20,47 |
| Região fisiográfica | SFA | 72.199,26 | 14,68 | 70.775,87 | 15,21 |
| | SFM | 997.351,62 | 17,35 | 980.774,83 | 17,22 |
| | SFSM | 269.156,85 | 48,79 | 262.531,15 | 50,23 |
| | SFB | 80.382,15 | 63,82 | 80.208,01 | 63,77 |

Fonte: dados disponibilizados por IBAMA (2009, 2015), MMA (2004, dados atuais), SEMAS-PE, ICMBio, IMA-AL e SEMARH-GO.

Legenda: * - inclusive.

De uma forma geral, e para a totalidade da BHSF, nas UCs presentes registrou-se um desmatamento da ordem dos 20%, o que se pode considerar um valor relativamente elevado, tendo em consideração que estas áreas foram criadas para proteção dos valores naturais presentes e que o desmatamento é uma das atividades mais negativamente impactantes sobre estes mesmos valores.

A diferença entre os quantitativos de desmatamento entre a totalidade das UCs e aquelas criadas até 2008, inclusive, é muito pouco expressiva revelando, expectavelmente, valores superiores no primeiro caso. Contudo, no caso do Submédio

São Francisco, embora o valor absoluto seja superior, a porcentagem não o é, o que evidencia que se registrou um desmatamento expressivo dentro das UCs desta região.

De fato, entre as quatro regiões fisiográficas da BHSF, o grau de proteção das UCs do Submédio e Baixo São Francisco aparenta ser inferior, apresentando porcentagens de desmatamento bastante mais elevadas face às das restantes regiões.

O Baixo São Francisco é a região onde o desmatamento ocorreu em maior extensão na BHSF (nas áreas não classificadas como UCs ascendeu a cerca de 80%). Quanto ao Submédio São Francisco, as UCs que aqui se localizam evidenciam uma particular ineficácia de proteção, já que a porcentagem de desmatamento se revela superior nestas áreas relativamente àquelas que não são alvo de proteção (respectivamente, de 48,79% para 39,86%).

Com os dados disponíveis, não se pode considerar que o grau de proteção das áreas legalmente protegidas na BHSF seja satisfatório; e, entre as quatro regiões fisiográficas da bacia, destaca-se o Submédio São Francisco, onde o grau de proteção se revelou mais ineficaz.

Há que ressaltar, contudo, que os dados do desmatamento remontam a 2009 e que não há informação que permita desde então avaliar se esta tendência se manteve ou se terão sido registradas melhorias a nível do grau de proteção das áreas legalmente protegidas.

O recurso a outros indicadores também pode fornecer informação sobre o grau de proteção das áreas legalmente protegidas. Entre estes, podem-se considerar as ameaças existentes a algumas das espécies com estatutos de conservação mais desfavoráveis na BHSF, presentes em Unidades de Conservação.

A lista seguinte apresenta alguns destes exemplos, referenciados, nos presentes casos, em Queiroz *et al.* (2009):

- *Cambessedesia semidecandra*, endêmica da região da serra do Cipó (MG) (SANTOS *et al.*, 2009 *apud* SANTOS FILHO *et al.*, 2014, p. 181), Vulnerável no Brasil, apesar ocorrer no Parque Nacional da Serra do Cipó (CNCFlora, 2013 *apud* SANTOS FILHO *et al.*, 2014, p. 181), sofre constante ameaça devido ao aumento da frequência dos incêndios de

origem antrópica, utilizados no manejo do solo para agricultura e implementação de pastagens (RIBEIRO *et al.*, 2005 *apud* SANTOS FILHO *et al.*, 2014, p. 182), além do ecoturismo, uma atividade intensa na região (PINTO *et al.*, 2008 *apud* SANTOS FILHO *et al.*, 2014, p. 182).

- *Actinocephalus robustus*, endêmica dos arredores da Serra do Cipó, (MG) (GIULIETTI *et al.*, 2009), Em Perigo no Brasil, apesar de ocorrer no Parque Nacional da Serra do Cipó, suspeita-se que sofra com o declínio contínuo de sua área de distribuição e perda de qualidade do hábitat, principalmente pela existência de ameaças como o aumento da incidência de queimadas na região, o turismo e a invasão de espécies exóticas (MMA/ICMBio, 2009 *apud* SANO *et al.*, 2014, p. 105);
- *Antilophia bokermanni* soldadinho-do-araripe, é uma espécie de ave restrita à APA da Chapada do Araripe, associada às matas ciliares (MACHADO *et al.*, 2008), considerada Criticamente em Perigo a nível nacional e internacional. Apesar de se distribuir por uma APA, estão identificadas como presentes várias ameaças à sua sobrevivência: o mau uso da água (destacando-se a canalização das nascentes), a redução da vazão da água observada nas nascentes da região, que é potencializada pelo desmatamento da vegetação do planalto do Araripe (MACHADO *et al.*, 2008).
- *Culicivora caudacuta* papa-moscas-do-campo, está restrita, atualmente, a Unidades de Conservação dentro da distribuição do bioma cerrado, sendo que uma das ameaças que persiste é a fragmentação de áreas contíguas a UCs (MACHADO *et al.*, 2008).

Apesar do grau de proteção das áreas legalmente protegidas aparentar ser inferior ao desejável (e, frequentemente, ao necessário) tem de ser realçado que a presença quase restrita de algumas espécies a Unidades de Conservação revela que estas cumprem uma função fundamental para a sua preservação e para a dos fragmentos de vegetação nativa de biomas dos quais dependem. Contudo, aspectos como o isolamento destas UCs (e conseqüentemente das populações destas espécies) ou um manejo insuficiente ou inadequado podem não garantir a preservação de muitas espécies atualmente ameaçadas.

CORREDORES ECOLÓGICOS

A fragmentação de habitats é um dos fatores de ameaça mais importantes à biodiversidade, notadamente para várias das espécies com elevados estatutos de ameaça, por exemplo no bioma cerrado (MARTINELLI; MORAES, 2013). A acelerada fragmentação dos ecossistemas tem revelado que a conservação da biodiversidade não pode ficar restrita às unidades de conservação, muitas vezes constituídas por pequenas “ilhas” de vegetação natural (HERRMANN, 2008).

Os corredores ecológicos são definidos pelo SNUC como “porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam para sua sobrevivência áreas com extensão maior do que aquela das unidades individuais”.

Os Corredores Ecológicos são criados por ato do Ministério do Meio Ambiente. Na atualidade existem dois, sendo que um deles está contido na BHSF, o Corredor Ecológico da Caatinga, criado pela Portaria n.º 131 de 4/5/2006. Este reconhece como corredor ecológico os territórios da BHSF que interligam as seguintes áreas:

- Parque Nacional de Catimbau, PE;
- Reserva Biológica da Serra Negra, PE;
- Estação Ecológica Raso da Catarina, BA;
- Área de Proteção Ambiental Serra Branca/Raso da Catarina, BA;
- Parque Natural Municipal Lagoa do Frio, SE;
- Reserva Particular do Patrimônio Natural Cantidiano Valgueiro Barros, PE;
- Reserva Particular do Patrimônio Natural Maurício Dantas, PE, e suas zonas de amortecimento, interstícios, e áreas protegidas existentes ou aquelas a serem criadas.

Este corredor abrange ainda a Área de Relevante Interesse Ecológico Cocorobó, no estado da Bahia, que já não se encontra dentro dos limites da BHSF.

A presença deste corredor promove efetivamente uma conectividade importante na região do Baixo e ainda no Submédio São Francisco, no sentido de contribuir para

possibilitar a dispersão e conservação de espécies de fauna e flora relevantes na bacia.

Decorre atualmente um projeto com vista ao estabelecimento de um corredor ecológico na Região do Jalapão (ICMBio, 2015c), onde predomina o bioma cerrado, com ecótonos entre os biomas caatinga e fragmentos do bioma amazonas. Este projeto de corredor sobrepõe-se em pequena extensão à BHSF, no estado da Bahia, mais especificamente nos municípios de Formosa do Rio Preto, Santa Rita de Cássia e Mansidão. Na BHSF, abrange as UCs federais APA Serra da Tabatinga, Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins e o Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba; e as UCs estaduais APA do Rio Preto e Estação Ecológica do Rio Preto.

A observação da distribuição global das Unidades de Conservação na BHSF (Mapa 37, Volume 9) revela, efetivamente, grandes discontinuidades entre estas áreas protegidas, notadamente entre algumas áreas do Médio e Alto São Francisco, cuja conectividade poderia ser impulsionada, com grandes benefícios para a preservação de corredores ecológicos eficientes para a dispersão de fauna e flora, pela criação de corredores similares ao anteriormente referido Corredor Ecológico da Caatinga ou com o desenvolvimento de projetos semelhantes ao do Projeto Corredor Ecológico Região do Jalapão.

Concretamente, as seguintes áreas, dada a sua relativa proximidade e valor ecológico, poderiam beneficiar da implementação de corredores ecológicos de interligação:

- As APAs estaduais das Dunas e Veredas do São Francisco (Dec. n.º 6.547 de 18/07/1997) e do rio Preto (Dec. n.º 10.019 de 05/07/2006);
- A APA estadual Serra do Sabonetal (Dec. n.º 39.952 de 08/10/1998) e os Parques Estaduais Lagoa do Cajueiro (Dec. n.º 39.954 de 08/10/1998), Mata Seca (Dec. n.º 41.479 de 20/12/2000), Caminho dos Gerais (Dec. s/n.º 29/03/2007) e Serra dos Montes Altos (Dec. n.º 12.486 de 29/11/2010);
- Os Parques Nacionais das Sempre Vivas (Dec. s/n.º de 13/12/2002), da Serra do Cipó (Dec. n.º 90.223 de 25/09/1984; Dec. n.º 94.984 de 30/09/1987) e da Serra do Gandarela (Dec. s/n.º 13/10/2014) e o Parque Estadual do Sumidouro.



Associação Executiva de Apoio à Gestão
de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo



Página deixada intencionalmente em branco

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRAVAL, M.; SING, S. K.; SING, J.; RAO, D. N. **Biomonitoring of air pollution around urban and industrial sites**. Journal Environmental biology. v. 4, n. 3, p. 211-222, 1991.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, n. 22, v. 6, 711-728, 2013.

AMARO, H. A.; LACERDA, E. G.; MOLION, L. C. B. **Um episódio da Zona de Convergência na América do Sul**. XVI Congresso de Meteorologia. 2010. Disponível em: <cbmet2010.web437.uni5.net/anais/artigos/452_29739.pdf>. Acessado em: Abril de 2015.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Excerto de unidades fisiográfica**. 2014. Disponível em: <<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>>. Acessado em: Dezembro de 2014.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Trechos de drenagem para o país**. 2013. Disponível em: <<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>>. Acessado em: Dezembro de 2014.

ANA/GEF/PNUMA/OEA, ANA – Agência Nacional de Águas; GEF – Fundo Mundial para o Meio Ambiente; PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente; OEA – Organização dos Estados Americanos. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2004-2013**. Salvador (módulo 1) e Brasília (restantes), 2004.

ANDRADE, D. A. V.; ORTOLANI, F. A.; MORO, J. R.; MORO, F. V. **Aspectos morfológicos de frutos e sementes e caracterização citogenética de *Crotalaria lanceolata* E. Mey (Papilionoideae – Fabaceae)**. Acta Botanica Brasílica v. 22, n. 3, <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062008000300003>, 2008.

ARAÚJO, L. E.; SOUSA, F. A. S.; RIBEIRO, M. A. F. M.; SANTOS A. S.; MEDEIROS P. C. **Análise estatística de chuvas intensas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 23, p. 162-169, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862008000200005>.

BARNEBY, R. C. 1991. In GIULIETTI, A.M.; RAPINI, A.; ANDRADE, M.J.G.; QUEIROZ, L.P.; SILVA, J.M.C. **Plantas raras do Brasil.** Conservação Internacional. Belo Horizonte, 2009.

BARROS, Y. M; SOYE, Y.; MIYAKI, C. Y.; WATSON, R.; CROSTA, L.; LUGARINI C. (Org.). **Plano de Ação Nacional para a Conservação da Ararinha-azul / *Cyanopsitta spixii*.** Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBio, 2012. 140 p.: il. color.; 24 cm.

BERNARDES, L. M. C. **Os tipos de clima do Brasil.** Bol. Geogr. n. 9, p. 988-997, 1951.

CALBETE, N. D.; GAN, M.; SATYAMURTY, P. **Vórtices ciclônicos da alta troposfera que atuam sobre a região nordeste do Brasil.** Revista Climanalise, Cachoeira Paulista, SP, Edição especial 10, 1996.

CALLISTO, M.; REGINA, D., GOMES, V. **Macroinvertebrados Bentônicos Bioindicadores de Qualidade de Água: subsídios para a vazão ecológica no baixo rio São Francisco.** XXVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2010.

CAMPECHE, D. F. B.; BALZANA, L.; FIGUEIREDO, R. C. R.; BARBALHO, M. R., S.; REIS, F. J. S.; MELO, J. F. B. M. **Peixes nativos do Rio São Francisco adaptados para cultivo.** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. 20 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 244).

CAVALCANTI, A. C.; FILHO, J. C. A.; DOS SANTOS, J. C. P. **Zoneamento Agroecológico do Estado de Alagoas – Potencial de Terras para Irrigação.** Recife: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Solos, 2012.

CCD, Coordenadoria de Controle de Doenças. **Boletim Epidemiológico Paulista: III Simpósio Estadual de Doenças Transmitidas por Carrapatos.** v. 10, n. 118, outubro/2013.

CECAV, Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. **Base de Dados Geoespacializados de Cavidades Naturais Subterrâneas**. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>>. Acessado em: 16 de Dezembro de 2014.

CERVY, A. C.; BERNACCI, L. C.; GIOVANNI, R.; AMARO, R.; KRUTSCHENKO, D.; NOVAES, L. 2014. In MARTINELLI, G.; MESSINA, T.; SANTOS FILHO, L. (Orgs.). **Livro vermelho da flora do Brasil – plantas raras do cerrado** Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, CNCFlores, 2014.

CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Sul**. Brasília: MMA, 2011.

CPRM, Serviço Geológico Do Brasil. **Áreas de relevante interesse mineral no Brasil – ARIM**. República Federativa do Brasil Ministério de Minas e Energia Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. 70 p. 2009.

CPRM, Serviço Geológico Do Brasil. **Carta Geológica do Brasil ao milionésimo: SB24 (Jaguaribe)**. 2004a. 1 mapa. Escala: 1.000.000.

CPRM, Serviço Geológico Do Brasil. **Carta Geológica do Brasil ao milionésimo: SC23 (Rio S. Francisco)**. 2004b. 1 mapa. Escala: 1.000.000.

CPRM, Serviço Geológico Do Brasil. **Carta Geológica do Brasil ao milionésimo: SC24 (Aracaju)**. 2004c. 1 mapa. Escala: 1.000.000.

CPRM, Serviço Geológico Do Brasil. **Carta Geológica do Brasil ao milionésimo: SD23 (Brasília)**. 2004d. 1 mapa. Escala: 1.000.000..

CPRM, Serviço Geológico Do Brasil. **Carta Geológica do Brasil ao milionésimo: SD23 (Rio de Janeiro)**. 2004e. 1 mapa. Escala: 1.000.000.

CPRM, Serviço Geológico Do Brasil. **Carta Geológica do Brasil ao milionésimo: SD24 (Salvador)**. 2004f. 1 mapa. Escala: 1.000.000.

CPRM, Serviço Geológico Do Brasil. **Carta Geológica do Brasil ao milionésimo: SE23 (Belo Horizonte)**. 2004g. 1 mapa. Escala: 1.000.000.

CPRM, Serviço Geológico Do Brasil. **GEOBANK**. Disponível em: <<http://geobank.cprm.gov.br/>>. Acessado em: Novembro de 2014.

CPRM, Serviço Geológico Do Brasil. **Mapa de Geodiversidade do Estado da Bahia**. 2003. 1 mapa. Escala 1:1.000.000.

CPRM, Serviço Geológico Do Brasil. **Mapa de Geodiversidade do Estado de Alagoas**. 2012. 1 mapa. Escala 1:250.000.

CPRM, Serviço Geológico Do Brasil. **Mapa de Geodiversidade do Estado de Goiás e Distrito Federal**. 2013a. 1 mapa. Escala 1:1.000.000.

CPRM, Serviço Geológico Do Brasil. **Mapa de Geodiversidade do Estado de Minas Gerais**. 2010a. 1 mapa. Escala 1:1.000.000.

CPRM, Serviço Geológico Do Brasil. **Mapa de Geodiversidade do Estado de Pernambuco**. 2010b. 1 mapa. Escala 1:500.000.

CPRM, Serviço Geológico Do Brasil. **Mapa de Geodiversidade do Estado de Sergipe**. 2010c. 1 mapa. Escala 1:300.000.

CPRM, Serviço Geológico Do Brasil. **Mapa Previsional de Suscetibilidade a Movimentos de Massa nos Municípios Brasileiros**. 2011. 1 mapa. Escala 1:5.000.000.

CPRM, Serviço Geológico Do Brasil. **Relatório Final Integrado da Ação Emergencial na Cidade do Lapão – BA**. Levantamento Geofísico, Levantamento Hidrogeológico e Análise de Risco. 75 p. 2013b.

DA SILVA, D. F.; MOLION, L. C. B. **Influência da variabilidade climática interanual na hidrologia da bacia do rio são francisco**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Meteorologia), Universidade Federal de Alagoas–UFAL, 2003.

DA SILVA, D. F.; MOLION, L. C. B.; LEMES, M. A. M.; IMBUZEIRO, H. M. A. **Variabilidade espacial das chuvas na Bacia do Rio São Francisco**. Anais II Encontro nordestino de Biogeografia, Maceió-AI, 2001.



DINIZ, N. C. Mesa Redonda: A mineração das Grandes Minas e as Dimensões da Sustentabilidade. Dimensão Política e Sistêmica. Territorialidade e Tecnologias. **Seminário Grandes Minas, APLs e Territorialidade**. SGM/MME, 2011.

DNPM, Departamento Nacional De Produção Mineral. **Portal do Departamento Nacional De Produção Mineral**. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/>>. Acessado em: Novembro de 2014a.

DNPM, Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Executivo**. 2014b.

DNPM, Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral. Ferro**. 2014c.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 2006.

ENGE-RIO, Engenharia e Consultoria, S.A. **Estudo de Impacto Ambiental da UHE Xingó: Diagnóstico ambiental do meio biótico – Vol 2, Tomo II**. CHESF. Fevereiro, 1993.

FADURPE, Fundação Apolônio Salles. **Programa de inventário dos ecossistemas aquáticos do reservatório de Sobradinho**. 1.º relatório anual das atividades Outubro/2006 a Setembro/2007. Tomo I e II. Fevereiro, 2008.

FADURPE/CHESF, FADURPE – Fundação Apolônio Salles; CHESF – Companhia Hidro Elétrica do São Francisco. **Programa de inventário dos ecossistemas aquáticos do Baixo São Francisco**. 1.º relatório anual, 2008.

FADURPE/CHESF, FADURPE – Fundação Apolônio Salles; CHESF – Companhia Hidro Elétrica do São Francisco. **Inventário dos ecossistemas aquáticos do Baixo São Francisco**. Reservatórios do Complexo Hidrelétrico de Paulo Afonso (Moxotó, PA I, II, III e IV). 3.º relatório anual. Dezembro/09 a Novembro/10. Janeiro, 2011.

FADURPE/CHESF, FADURPE – Fundação Apolônio Salles; CHESF – Companhia Hidro Elétrica do São Francisco. **Continuação dos serviços do programa de monitoramento do rio São Francisco durante o período de vazão reduzida**. Relatório mensal. Janeiro, 2015.

FADURPE/CHESF, FADURPE – Fundação Apolônio Salles; CHESF – Companhia Hidro Elétrica do São Francisco. **Plano ambiental de conservação e uso do entorno do reservatório artificial da usina hidrelétrica de Xingó.** Diagnóstico ambiental. Vol. 1, [2010?].

FISH, G.; LEMOS, C. F.; CALBETE, N. O de. **A Influência da ZCAS no índice pluviométrico sobre a Região do Vale do Paraíba-SP.** In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA E III REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEROLOGIA, Anais Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, Fortaleza – CE, 2001.

GENTRY, A. H. 1992; GROSE, S.O.; OLMSTEAD, R.G., 2007. In GIULIETTI, A.M.; RAPINI, A.; ANDRADE, M.J.G.; QUEIROZ, L.P.; SILVA, J.M.C. **Plantas raras do Brasil.** Conservação Internacional. Belo Horizonte, 2009.

GEO LÓGICA, Consultoria Ambiental. **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental do Marituba do Peixe.** Maceió: Secretaria Executiva de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Naturais, 2006. 217 p.: il. color.

GIULIETTI, A. M.; RAPINI, A.; ANDRADE, M. J. G.; QUEIROZ, L. P.; SILVA, J. M. C. **Plantas raras do Brasil.** Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2009.

GUIMARÃES, E. F.; QUEIROZ, G.A.; NEGRÃO, R.; HERING, R.; NOVAES, L. 2014. In MARTINELLI, G.; MESSINA, T.; SANTOS FILHO, L. (Orgs.). **Livro vermelho da flora do Brasil – plantas raras do cerrado** Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, CNCFlora, 2014.

HE, P.; MAAS, P.J.M. 1993. In GIULIETTI, A.M.; RAPINI, A.; ANDRADE, M.J.G.; QUEIROZ, L.P.; SILVA, J.M.C. **Plantas raras do Brasil.** Conservação Internacional. Belo Horizonte, 2009.

HERRMANN, G. **Manejo de paisagem em grande escala: estudo de caso no Corredor Ecológico da Mantiqueira, MG.** Tese de doutorado. UFMG, 2008.



IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Plano de Manejo do Parque Nacional Grande Sertão Veredas**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Fundação Pró-Natura, 2003. 428 p.: il. color.

IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite**. Disponível em: <<http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/index.htm>>. Acessado em: 25 de Fevereiro de 2015.

IBGE, Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. **Áreas de Relevante Interesse Mineral**. 2010a. 1 mapa. Atlas Nacional do Brasil.

IBGE, Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. **Geologia. Províncias Estruturais**. 2010b. 1mapa. Atlas Nacional do Brasil.

IBGE, Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Manuais Técnicos em Geociências, n. 5, 2. ed. 175 p., 2009.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: Série Manuais Técnicos em Geo-ciências, n. 1, 1992.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2. ed. revista e ampliada. Rio de Janeiro: Série Manuais Técnicos em Geo-ciências, n. 1, 2012.

ICMBio, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Fauna Brasileira**. Disponível em <<http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira.html>>. Acessado em: Março de 2015. 2015a.

ICMBio, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Lista 2014 de Espécies Ameaçadas da Fauna Brasileira**. Disponível em <<http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/lista-de-especies.html>>. Acessado em: Março de 2015. 2015b.

ICMBio, Instituto Chico Mendes De Conservação Da Biodiversidade **Plano de ação nacional para a conservação do patrimônio espeleológico nas áreas cársticas da Bacia do Rio São Francisco**. Série Espécies Ameaçadas, 27. Brasília, 140 p., 2012.

ICMBio, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Manejo da Reserva Biológica da Serra Negra**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2011.

ICMBio, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra do Cipó – Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira**. Brasília, 2009.

ICMBio, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Projeto Corredor Ecológico, Região do Jalapão**. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/projetojalapao/pt/>>. Acessado em: 14 de Abril de 2015c.

IEF, Instituto Estadual de Florestas. **Áreas de Proteção Especial**. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/component/content/134?task=view>>. Acessado em: 10 de Abril e Agosto de 2015.

INDE, Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. **Portal do INDE**. Disponível em: <<http://www.visualizador.inde.gov.br>>. Acessado em: Dezembro de 2014.

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: Fevereiro de 2015.

JARVIS, A. H. I.; REUTER, A. Â.; NELSON, E. G. **Hole-filled seamless SRTM data V4**. International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), 2008. Disponível em: <<http://srtm.csi.cgiar.org>>. Acessado em: Dezembro de 2014.

KÖPPEN W. **Das geographische System der Klimate**. In: Köppen W, Geiger R (Ed.) Handbuch der Klimato - logie. 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.



KUNIN, W. E. **The biology of rarity: patterns, causes and consequences.** Trends in Ecology and Evolution, v. 8, p. 298-301, 1993.

LEÃO, T. C. C.; ALMEIDA, W. R.; DECHOUM, M. S.; ZILLER, S. R. **Espécies exóticas invasoras no Nordeste do Brasil – Contextualização, manejo e políticas públicas.** Recife: CEPAN, Instituto Hórus, 2011.

LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL. **Portal da lista de espécies da flora do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acessado em: 30 de Março 2015. 2015.

MACHADO, A. B. M.; DRUMOND, G. M.; PAGLIA, A., P. (Eds.) **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção.** 1. ed. – Brasília, DF: MMA; Belo Horizonte, MG: Fundação Biodiversitas, 2008. 2 v. (1420 p.): il. - (Biodiversidade; 19).

MARTINELLI, G.; MESSINA, T.; SANTOS FILHO, L. (Orgs.). **Livro vermelho da flora do Brasil – plantas raras do cerrado** Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, CNCFlores, 2014.

MARTINELLI, G.; MORAES, M.A. (Orgs.). **Livro vermelho da flora do Brasil.** Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2013.

MATALLO JUNIOR., H. **A desertificação no mundo e no Brasil.** In: SCHENKEL, C. S. e MATALLO JR, H (Org). Desertificação. Brasília: UNESCO, 2003.

MEDEIROS, J. D. **Guia de campo: vegetação do cerrado 500 espécies.** MMA/SBF. Brasília, 2011.

MELLO, G. W. S.; OLIVEIRA, D. M.; CARVALHO, C. J. S.; PIRES, L. V.; COSTA, F. A. L.; RIET-CORREA, F; SILVA, S. M. M. **Plantas tóxicas para ruminantes e equídeos no Norte Piauiense.** Pesq. Vet. Bras, v. 30, n. 1, p. 1-9, 2010.

MI/FUNCEME, MI – Ministério da Integração Nacional; FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Mapeamento dos espelhos d'água do Brasil.** Convênio nº 00535/2005. [Brasília]: MI: FUNCEME, 2008.



MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. 2004.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica – São Francisco**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. 2006.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Diagnóstico do macrozoneamento ecológico-econômico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Brasília, 2011.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Mapas do MMA**. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acessado em: Dezembro de 2014a.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Portaria n.º 443, de 18 de dezembro de 2014**. 2014b.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Portarias n.º 444 e 445, de 17 de dezembro de 2014**. 2014c.

MOLION, L. C. B., BERNARDO, S. O. **Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 17, n. 1, p. 01-10, 2002.

MS, Ministério da Saúde. **Vigilância e controle de moluscos de importância epidemiológica. Diretrizes técnicas: Programa de Vigilância e Controle da Esquistossomose (PCE)**. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica – 2. ed. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2008. 178 p.: il. color. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos)

NEOCORP, Desenvolvimento de Projetos e Serviços, Ltda. **Plano ambiental de conservação e uso do entorno do reservatório artificial da usina hidrelétrica de Sobradinho (BA) PACUERA**. Sexto relatório técnico. 1. Versão resumida do plano ambiental de conservação e uso do reservatório artificial da usina hidrelétrica do Sobradinho. Porto Alegre: CHESF, 2010.

OLIVEIRA, D. L. **Viabilidade econômica de algumas espécies medicinais nativas do cerrado**. Estudos, v. 38, n. 2, p. 301-332. Goiânia, 2011.

PASTORE, J. F.; NEGRÃO, R.; FERNANDEZ, E.; NOVAES, L. 2014. *In* MARTINELLI, G.; MESSINA, T.; SANTOS FILHO, L. (Orgs.). **Livro vermelho da flora do Brasil – plantas raras do cerrado** Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, CNCFlores, 2014.

PENMAN, H. L. **The Physical bases of irrigation control**. In: International Horticultural Congress, 13, 1953, London. Report. London: Royal Horticultural Society, 1953. p. 913-924.

PETERSON, T. C.; FOLLAND, C.; GRUZA, G.; HOGG, W.; MOKSSIT, A.; PLUMMER, N. **Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001**. World Meteorological Organization, WCDMP–No. 47/WMO–TD No.1071: Geneva, Switzerland, 2001.

PIVELLO, V. R.; SHIDA, C. N.; MEIRELLES, S. T. **Alien Grasses in Brazilian Savannas: A Threat to the Biodiversity**. Biodiversity and Conservation, n. 8, p. 1281-1294, 1999.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Animais Sinantrópicos**. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/saude/vigilancia_em_saude/control_e_de_zoonoses/animais_sinantropicos/index.php?p=4378>. Acessado em: Março de 2015.

QUEIROZ, J. F.; TRIVINHO-STRIXINO, S.; NASCIMENTO, V. M. C. **Comunicado Técnico: Organismos bentônicos bioindicadores da qualidade da água da bacia do médio São Francisco**. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2000.

QUEIROZ, L. P.; CARDOSO, D. B. O. S. 2008. *In* GIULIETTI, A.M.; RAPINI, A.; ANDRADE, M.J.G.; QUEIROZ, L.P.; SILVA, J.M.C. **Plantas raras do Brasil**. Conservação Internacional. Belo Horizonte, 2009.

REEDMAN, L.; SHIH, R. D.; HUNG, O. **Survival after an intentional ingestion of crushed *Abrus* seeds**. West. J. Emerg. Med., v. 9, n. 3, p. 157-159, 2008.

REVISTA MINÉRIOS & MINERALES. **Ranking por Substância – Produção Anual em Toneladas (ROM) – Ano Base 2013**. Edição nº 365. 10 pág. 2014.

RIET-CORREA, F. **Plantas tóxicas e micotoxinas que afetam a reprodução em ruminantes e eqüinos no Brasil.** *Biológico*, v. 69, n. 2, p. 63-68, 2007.

RIET-CORREA, F.; BEZERRA, C. W. C.; MEDEIROS, R.M.T. **Plantas tóxicas do Nordeste.** Patos: Sociedade Vicente Pallotti Editora, 2011.

ROMERO, R.; NAKAJIMA, J. N. **Espécies endêmicas do Parque Nacional da Serra da Canastra.** *Revta. brasil. Bot.*, São Paulo. v. 22 n. 2 (suplemento), p. 259-265, 1999.

SANO, P.; AMARO, R.; SERRANO, T. 2014. *In* MARTINELLI, G.; MESSINA, T.; SANTOS FILHO, L. (Orgs.). **Livro vermelho da flora do Brasil – plantas raras do cerrado** Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, CNCFlora, 2014.

SANTOS FILHO, L.; BAUMGRATZ, J.F.A.; NEGRÃO, R.; NOVAES, L. 2014. *In* MARTINELLI, G.; MESSINA, T.; SANTOS FILHO, L. (Orgs.). **Livro vermelho da flora do Brasil – plantas raras do cerrado** Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, CNCFlora, 2014.

SENADO FLORESTAL. **Glossário do Código Florestal.** Disponível em: <<http://www12.senado.gov.br/codigoflorestal/news/entenda-os-principais-termos-utilizados-na-discussao-do-novo-codigo-florestal>>. Acessado em: 16 de Abril de 2015.

SHIMIZU, G.; GONÇALVES, D.; AMARO, R.; KUTSCHENKO, D.; NOVAES, L. 2014. *In* MARTINELLI, G.; MESSINA, T.; SANTOS FILHO, L. (Orgs.). **Livro vermelho da flora do Brasil – plantas raras do cerrado** Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, CNCFlora, 2014.

SINGH, S. K. **Phytomonitoring of urban-industrial pollutants: a new approach.** *Environmental Monitoring and Assessment*. v. 24, p. 27-34, 1993.

SOARES, E. C.; BRUNO, A. M. S. S.; LEMOS, J. M.; SANTOS, R. B. **Ictiofauna e pesca no entorno de Penedas, Alagoas.** *Biotemas*, v. 24, n. 1, p. 61-67, 2010.

TREWIN, B.; BADDOUR, O.; KONTONGOMDE, H. **The role of climatological normals in a changing climate.** World Meteorological Organization, 2007.

TRIVINHO-STRIXINO, S.; QUEIROZ, J. F.; DO NASCIMENTO, V. M.; FREIRE, C. F.; HERMES, L. C.; SILVA, A. S.; TOLEDO, L. G. Organismos Bentônicos – Biomonitoramento de Qualidade da Água. Capítulo 3 – **Estudo de Caso: A comunidade macrobentônica como instrumento na avaliação da qualidade do submédio São Francisco (PE e BA) e seu potencial para o biomonitoramento ambiental.** Jaguariúna, SP, 2008.

THORTHWAITE, C. W. **An approach toward a rational classification of climate.** Geographic Review. 38. 55-93. 1948.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia Descritiva: Fundamentos e Aplicações Brasileiras.** v. 01, 374 p., Livraria Nobel, Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - SP, 1980.

UFSC, Universidade Federal De Santa Catarina. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais de 1991 a 2012.** Volume Brasil. 2. ed. revisada e ampliada. 127 p. 2013.

UICN, União Internacional para a Conservação da Natureza. **Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da UICN.** Versão 2014.3. Disponível em <<http://www.iucnredlist.org/>>. Acessado em: Março de 2015.

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.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia.** 2. ed., Pax gráfica e editora, 532 p., Brasília – DF, julho de 2001.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e Aplicações.** Viçosa – MG: Imprensa Universitária, 449p, 1991.



Associação Executiva de Apoio à Gestão
de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo



Página deixada intencionalmente em branco



www.cbhsaofrancisco.org.br

Foto original: João Zinclar



 **PLANO DE
RECURSOS HÍDRICOS DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
SÃO FRANCISCO**

**ATUALIZAÇÃO
2016 - 2025**

CONSULTOR:

nemus ●

Consultoria de Ambiente
e Planeamento

www.nemus.pt

CONTRATADO POR:



Associação Executiva de Apoio à Gestão
de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo

www.agbpeixevivo.org.br