



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS



Hidrogeologia dos Ambientes Cársticos da Bacia do Rio São Francisco para a Gestão de Recursos Hídricos



Relatório Final
Volume IV - Gestão Integrada de Recursos Hídricos
TOMO 2 - Cenários e Propostas de Gestão

República Federativa do Brasil

Michel Miguel Elias Temer Lulia

Presidente da República

Ministério do Meio Ambiente

Edson Duarte

Ministro

Agência Nacional de Águas

Diretoria Colegiada

Christianne Dias Ferreira - Diretora-Presidente

Ricardo Medeiros de Andrade

Ney Maranhão

Oscar de Moraes Cordeiro Netto

Marcelo Cruz

Superintendência de Implementação de Programas e Projetos - SIP

Tibério Magalhães Pinheiro

Victor Sucupira

Coordenação de Águas Subterrâneas - COSUB

Fernando Roberto de Oliveira (Coordenador)

Leonardo de Almeida (Gestor do Contrato)

Márcia Tereza Pantoja Gaspar

Adriana Niemeyer Pires Ferreira

Fabício Bueno da Fonseca Cardoso

Letícia Lemos de Moraes

***Hidrogeologia dos Ambientes Cársticos da Bacia do Rio São Francisco para a
Gestão de Recursos Hídricos***

RELATÓRIO FINAL

VOLUME IV - GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS

TOMO 2 – CENÁRIOS E PROPOSTAS DE GESTÃO

© 2018 Agência Nacional de Águas – ANA
Setor Policial, Área 5, Quadra 3, Blocos B, L, M, N, O e T
CEP: 70610-200, Brasília – DF
PABX: 2109-5400 / 2109-5252
Endereço eletrônico: <http://www.ana.gov.br>

Capa:

Local da Foto: Gruta da Toca da Boa Vista, Campo Formoso, BA, sub-bacia do rio Salitre.

Fotografia – Rangel Carvalho

Equipe:

Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização – CTAF:

Leonardo de Almeida (ANA)	Márcia Tereza Pantoja Gaspar (ANA)
Zoltan Romero C. Rodrigues (SEMA-BA)	Maricene Menezes de O. M. Paixão (IGAM – MG)

Elaboração e Execução - Consórcio TPF/TECHNE

Direção Geral e Coordenação do Contrato

João Guimarães Recena – Direção Geral
Luiz Alberto Teixeira – Direção Geral
Antônio Carlos de Almeida Vidon – Direção Geral
Maria Ângela Capdeville Duarte Ulmann – Direção Geral
Fábio Chaffin Barbosa – Direção Geral
Roberta de Mello Guedes Alcoforado - Coordenação Geral do Contrato
Marcelo Casiuch – Coordenação Adjunta do Contrato

Membros da Equipe Chave

Edilton Feitosa – Coordenação Técnica
João Manoel Filho – Coordenação Técnica Adjunta
Natalina Maria Tinôco Cabral – Hidrogeoquímica
Paula Stein – Hidrogeoquímica
Paulo Fernando P. Pessoa – Geólogo especialista em Carste

Membros da Equipe Técnica Executora

Alerson Falieri Suarez	Gustavo Grillo	Paulo de M. da Cunha Pedrosa
Alípio Agra	Gustavo Sobral	Rinaldo Fernandes
Ana Nery Cadete	Joanderson J. O. Moraes	Sandro Barbosa Figueira
Bruno Marcionilo	José Augusto Vieira Filho	Thiago Franklin S. de Almeida
Daniel Quintino	Ludmilla de Oliveira Calado	Vanessa Costa
Dora Atman	Marcondes Assis	Walter Lucena
Fabianny Bezerra	Marcos A. Barbosa S. Jr.	Bruna Duarte (estagiária)
Flávia Azevedo Pedrosa	Mário Nascimento S. Filho	Gadadhara Figueiredo (estagiária)
Ginaldo A. da Cruz Campanha	Nelson da Franca dos Anjos	Geraldo M. Junior (estagiário)
Giseli Kimura	Patrícia Celeste L. Jesuíno	

Todos os direitos reservados

É permitida a reprodução de dados e de informações, desde que citada à fonte.

A265h Agência Nacional de Águas (Brasil).
Hidrogeologia dos Ambientes Cársticos da Bacia do Rio São Francisco para a Gestão de Recursos Hídricos. Relatório Final – Volume IV – Gestão Integrada de Recursos Hídricos/ Tomo 2 – Cenários e Propostas de Gestão / Agência Nacional de Águas; Elaboração e Execução: Consórcio TPF - Techne. - Brasília: ANA, 2018.
134p.
1. Hidrogeologia. 2. Bacias Hidrográficas. 3. São Francisco, Rio
I. Título.

CDU 556.51

APRESENTAÇÃO

O Relatório Final da *Hidrogeologia dos Ambientes Cársticos da Bacia do Rio São Francisco para a Gestão de Recursos Hídricos* apresenta os resultados dos trabalhos desenvolvidos no âmbito do Contrato nº 037/ANA/2013, adjudicado pela Agência Nacional de Águas – ANA – ao Consórcio TPF / Techne, em agosto de 2014.

Consolida os estudos realizados, apresentados em oito Relatórios Parciais, além de algumas notas técnicas, elaborados de acordo com o Termo de Referência elaborado pela Agência Nacional de Águas.

Tais estudos tem como objetivo a geração de conhecimento hidrogeológico sobre os Sistemas Aquíferos Cársticos e Físsuro-Cársticos da região hidrográfica do São Francisco, suas relações com o Sistema Aquífero Urucuia e suas contribuições para o fluxo de base do rio São Francisco. Os estudos subsidiaram a elaboração de uma Proposta de Plano de Gestão Integrada e Compartilhada dos Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos da Região Hidrográfica do São Francisco.

Os Sistemas Aquíferos Cársticos e Físsuro-Cársticos abordados no presente estudo apresentam uma área de exposição de 110.951,4 km². Nessa área foi dada ênfase a 3 pilotos localizados nas bacias do Rio do Vieira (Montes Claros/MG), Rio São Desidério (São Desidério/BA) e Riacho do Juá (Lapão/BA) (Figura 1).

O Relatório Final é estruturado em quatro volumes e um Resumo Executivo, conforme mostrado a seguir.

- Volume I – Diagnóstico dos Meios Físico e Socioeconômico
- Volume II - Hidrogeologia
- Volume III – Áreas Piloto
 - Tom 1 – Área Piloto do rio São Desidério/BA
 - Tom 2 - Área Piloto do rio do Vieira/MG
 - Tom 3 - Área Piloto do riacho do Juá/BA
- Volume IV – Gestão Integrada de Recursos Hídricos
 - Tom 1 – Balanço Hídrico
 - Tom 2 – Cenários e Propostas de Gestão
- Resumo Executivo

E ainda três Relatórios Técnicos Temáticos:

- Relatório Técnico Temático de Hidroquímica
- Relatório Técnico Temático dos Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos
- Relatório Técnico Temático de Cartografia/SIG

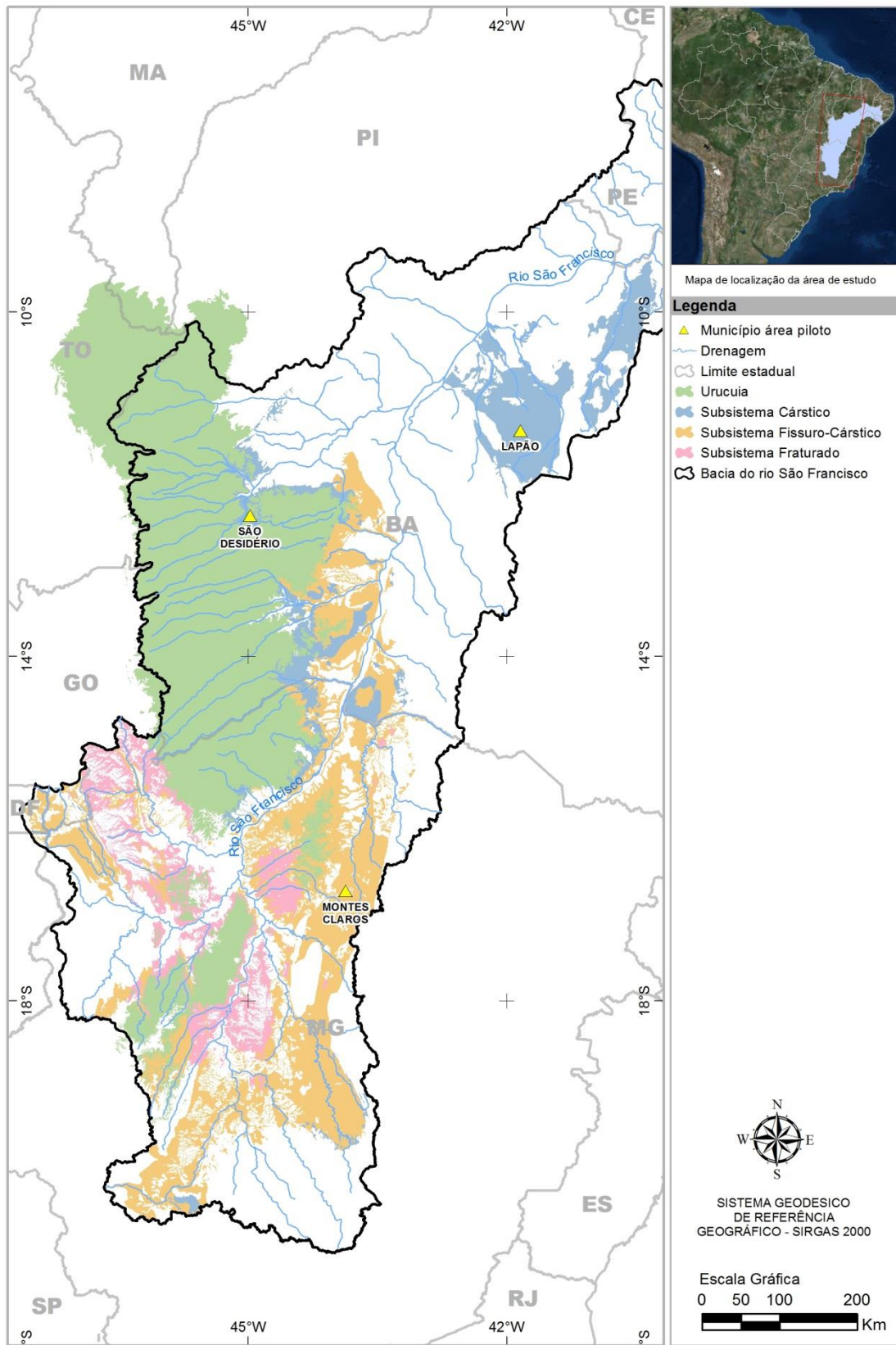


Figura 1: Área de estudo, destacando os sistemas cársticos e fissuro cársticos, e as Áreas Piloto

Os estudos envolveram trabalhos de campo e de escritório cujos detalhamentos são apresentados e discutidos nos volumes e tomos indicados.

Os trabalhos de campo consistiram de cadastramento de pontos d'água e de fontes de contaminação, sendo cadastrados 351 novos poços. Foram realizadas duas campanhas de medição de níveis e de coleta de água para estudos hidroquímicos, 203 poços amostrados no período seco entre agosto e setembro de 2014, e 206 poços no período chuvoso entre março e abril de 2015. Nas áreas Piloto foram realizados mapeamento geológico, estudos geofísicos, ensaios de traçadores (com Rodamina WT e Fluoresceína), testes de aquífero. Para os estudos geofísicos utilizou-se o método gravimétrico e da eletrorresistividade (sondagens elétricas verticais e caminhamentos elétricos). Em alguns poços selecionados realizou-se perfilação ótica e geofísicas.

Os trabalhos de escritório consistiram nas interpretações de dados obtidos com a formatação de banco de dados com mais de 20.000 poços tubulares, elaboração de relatórios e geoprocessamento, secundados por programações, elaboração de notas técnicas e participação em cerca de 22 reuniões de trabalho ocorridas nas cidades de Recife, Brasília, Belo Horizonte, Montes Claros, Salvador e Juazeiro, em conjunto com a CTAF - Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização – CTAF, composta por técnicos, representantes indicados pelos estados abrangidos pelos estudos (Minas Gerais e Bahia). A CTAF procedeu o acompanhamento e avaliação de todas as fases dos estudos, juntamente com representantes da ANA.

Os conhecimentos obtidos subsidiaram a elaboração de uma proposta de Plano de Gestão Integrada e Compartilhada das Águas Superficiais e Subterrâneas da Região Hidrográfica do São Francisco, que pretende contribuir ao manejo adequado dos recursos hídricos dos estados de Minas Gerais e Bahia.

SUMÁRIO

1	Introdução.....	14
1.1	Gestão Integrada	14
1.2	Contexto e justificativa	16
1.3	Marco jurídico e institucional da gestão de recursos hídricos	17
1.3.1	Âmbito Nacional.....	17
1.3.2	Âmbito Estadual.....	18
2	Dinâmica hídrica na Bacia do Rio São Francisco	24
3	Estudo das Demandas.....	28
3.1	População urbana e rural	28
3.2	Dessedentação animal	31
3.3	Irrigação	31
3.4	Indústria	32
3.5	Demandas futuras (2015, 2020, 2025, 2030)	36
3.5.1	População urbana e rural.....	36
3.5.2	Dessedentação animal.....	39
3.5.3	Irrigação	45
3.5.4	Indústria	46
3.6	Síntese das demandas hídricas	47
4	Situação dos Saldos Hídricos dos Sistemas Cársticos e Físsuro-Cársticos.....	48
4.1	Saldos Hídricos Regionais	48
4.1.1	Saldos Hídricos na Zona I – Sistema Aquífero Bambuí	50
4.1.2	Saldos Hídricos na Zona II – Sistema Aquífero Salitre	56
4.2	Saldos Hídricos nas Áreas Piloto	59
4.2.1	Área Piloto Bacia do Rio São Desidério.....	59
4.2.2	Área Piloto Bacia do Rio do Vieira	63
4.2.3	Área Piloto Bacia do Riacho do Juá.....	66
4.3	Porcentagem de Atendimento da Demanda Regional	69
4.4	Evolução Temporal da Exploração Regional	70
4.5	Evolução Temporal da Exploração nas Áreas Piloto	75
4.5.1	Área piloto da Bacia do Rio São Desidério	75
4.5.2	Área piloto da Bacia do Rio do Vieira.....	76
4.5.3	Área piloto da Bacia do Riacho do Juá	78

4.6	Relação UGAs, subdomínios e regiões/unidades de gestão	79
4.6.1	Síntese análises das áreas piloto.....	82
5	Plano de gestão	87
5.1	Gestão participativa	90
5.2	Ações de Gestão Integrada e Compartilhada	91
5.2.1	Incentivo às atividades de regularização dos usuários e a Fiscalização	92
5.2.2	Desenvolvimento e/ou atualização de Planos Diretores	92
5.2.3	Refinamento das zonas de restrição e recarga artificial.....	93
5.2.4	Fluorose em Minas Gerais	94
5.2.5	Projetos de poços tubulares em aquíferos cársticos.....	95
5.2.6	Comissão de acompanhamento da gestão.....	96
5.2.7	Monitoramento	99
6	PROPOSTA DE GESTÃO PARA ÁREAS PILOTO	103
7	Referências bibliográficas	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Localização dos Comitês das Bacias Hidrográficas Estaduais e RPGAs da Região Hidrográfica do Rio São Francisco na Bahia	19
Figura 1.2 - Comitês das Bacias Hidrográficas Estaduais e UPGRHs da Região Hidrográfica do Rio São Francisco em Minas Gerais	22
Figura 2.1 Bloco Diagrama apresentando a integração entre os aquíferos presentes na Bacia do Rio São Francisco	25
Figura 2.2 - UGAs – Unidades de Gestão das Águas na Bacia do Rio São Francisco	27
Figura 4.1 – Discretização da área de estudo para fins do balanço entre a recarga e descarga dos poços em exploração.	49
Figura 4.2 – Zoneamento do saldo hídrico no Sistema Aquífero Bambuí e Urucuia – Zona 1.	55
Figura 4.3 – Zoneamento do saldo hídrico no Sistema Aquífero Salitre – Zona 2.	58
Figura 4.4 – Zoneamento do saldo hídrico do SAB e do SAU na área piloto Bacia do Rio São Desidério.	62
Figura 4.5 – Zoneamento do saldo hídrico do aquífero Bambuí na área piloto da Bacia do Rio do Vieira	65
Figura 4.6 – Zoneamento do saldo hídrico do aquífero Bambuí na área piloto da Bacia do Riacho do Juá.	68
Figura 4.7 - Evolução das descargas exploradas de água subterrânea para todo o Carste São Francisco (regime de 12/24 horas).	71
Figura 4.8 - Evolução das chuvas em São Desiderio/BA	72
Figura 4.9 - Evolução das chuvas em Montes Claros/MG.	72
Figura 4.10 - Evolução das chuvas em Irecê/BA.	73
Figura 4.11 - Evolução das descargas globais de água subterrânea no Carste São Francisco entre 1997 e 2010 (regime de 12/24 horas) e sua projeção para 2030.	74
Figura 4.12 - Evolução das descargas anuais de água subterrânea na área piloto da Bacia do Rio São Desidério (regime de 12/24 horas).	75
Figura 4.13 - Evolução das descargas anuais de água subterrânea na área piloto da Bacia do Rio São Desidério para o período de 2003 a 2015 (regime de 12/24 horas).	76
Figura 4.14 - Evolução das descargas globais de água subterrânea na área piloto da Bacia do Rio do Vieira (regime 5,2/24 horas).	77
Figura 4.15 - Evolução das descargas globais de água subterrânea na área piloto da Bacia do Rio do Vieira entre 2002 e 2014 (regime de 5,2/24 horas).	78
Figura 4.15 - Evolução das descargas globais de água subterrânea na área piloto da Bacia do Riacho do Juá entre 1997 e 2005 (regime de 12/24 horas).	79

Figura 4.16 – Limites dos Domínios estruturais, RPGA e UPGRH sobre as UGAs.	80
Figura 4.17 – Composição de cada UGA com relação às áreas das sub-bacias hidrográficas.	81
Figura 4.18 - Evolução das demandas globais e da produção de água subterrânea na área piloto do rio do Vieira.	85
Figura 5.1 - Anteprojeto básico de poço nos aquíferos carbonatados.	96
Figura 5.2 - Mapa com indicação dos pontos para o monitoramento.	101
Figura 6.1 – Rede de monitoramento proposta para a Bacia do Rio São Desidério.	105
Figura 6.3 – Rede de monitoramento proposta para a Bacia do Rio Vieira.	109
Figura 6.4 - Áreas de maior risco e áreas de baixo risco em Lapão.	112
Figura 6.5 – Rede de monitoramento proposta para a Bacia do Riacho do Juá.	115

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 – Características dos Comitês de Bacias Hidrográficas Estaduais – Bahia	
20	
Tabela 1.2 – Características dos Comitês de Bacias Hidrográficas Estaduais e UPGRHs – Minas Gerais	23
Tabela 3.1 - População urbana e rural total dos estados estudados.	28
Tabela 3.2 - População urbana abastecida por UGA.	29
Tabela 3.3 - População urbana não abastecida por UGA.	29
Tabela 3.4 - População rural por UGA.	29
Tabela 3.5 - Demanda de abastecimento urbano nos anos de 2000 e 2010.	30
Tabela 3.6 - Demanda de abastecimento rural nos anos de 2000 e 2010.	30
Tabela 3.7 - Número de cabeças de gado por estado.	33
Tabela 3.8 - Número de cabeças de gado por UGA no ano de 2006.	33
Tabela 3.9 - Número de cabeças de gado por UGA no ano de 2010.	34
Tabela 3.10 - Demanda hídrica para dessedentação animal.	35
Tabela 3.11 - Área irrigada por UGA por ano.	35
Tabela 3.12 - Valores de produção e consumo da indústria no ano de 2013.	36
Tabela 3.13 - Projeção de população urbana abastecida.	37
Tabela 3.14 - Projeção da população Urbana não abastecida.	37
Tabela 3.15 - Projeção de população rural.	38
Tabela 3.16 - Projeção de demanda de abastecimento urbano.	38
Tabela 3.17 - Projeção de demanda de abastecimento rural.	39
Tabela 3.18 - Projeção do número de cabeças de gado para o ano de 2015.	40
Tabela 3.19 - Projeção do número de cabeças de gado para o ano de 2020.	41
Tabela 3.20 - Projeção do número de cabeças de gado para o ano de 2025.	42
Tabela 3.21 - Projeção do número de cabeças de gado para o ano de 2030.	43
Tabela 3.22 - Projeção da demanda hídrica por dessedentação animal.	44
Tabela 3.21 - Projeção da área irrigada.	45
Tabela 3.24 - Projeção da demanda hídrica por área irrigada.	45
Tabela 3.25 - Projeção da demanda hídrica industrial.	46
Tabela 3.26 - Projeção total das demandas hídricas.	47
Tabela 4.1 – Síntese do balanço da exploração dos grupos Bambuí, Una e Urucua por Unidade de Gestão (UGA).	48
Tabela 4.2 – Déficit hídrico da exploração em 4 (quatro) quadriculas da Zona I.	50

Tabela 4.3 – Balanço da Zona I entre a recarga e as retiradas de água através de poços em exploração nas células correspondentes às UGAs 1 a 9 (destaque em negrito das células com déficit hídrico).	51
Tabela 4.3 – Balanço da Zona I entre a recarga e as retiradas de água através de poços em exploração nas células correspondentes às UGAs 1 a 9 (continuação).	52
Tabela 4.3 – Balanço da Zona I entre a recarga e as retiradas de água através de poços em exploração nas células correspondentes às UGAs 1 a 9 (continuação).	53
Tabela 4.3 – Balanço da Zona I entre a recarga e as retiradas de água através de poços em exploração nas células correspondentes às UGAs 1 a 9 (continuação).	54
Tabela 4.4 – Déficit hídrico da exploração em 16 (dezesesseis) quadrículas da Zona II (Bacias de Irecê e Salitre).	56
Tabela 4.5 – Balanço da Zona II entre a recarga e as retiradas de água através de 4.699 poços em exploração (destacando as células com déficit hídrico).	57
Tabela 4.7 – Balanço Recarga x Exploração do aquífero Bambuí na Área Piloto Rio do Vieira – Montes Claros/MG.	64
Tabela 4.8 – Balanço entre a recarga e as retiradas de água através de poços em exploração na área piloto da Bacia do Riacho do Juá.	67
Tabela 4.9 – Síntese das demandas hídricas	69
Tabela 4.10 – Percentual de demanda atendido por água subterrânea nas UGAs.	70
Tabela 4.11 – Modelo de planilha usado como exemplo para a análise da evolução temporal das descargas exploradas de água subterrânea.	70
Tabela 4.12 – Projeção da produção de água subterrânea para todo o carste.	74
Tabela 4.13 – Projeção da produção de água subterrânea para as áreas piloto.	82
Tabela 4.14 – Projeção das demandas das áreas piloto.	83
Tabela 4.15 – Áreas piloto: Descargas futuras de água subterrânea versus saldos exploráveis	86
Tabela 6.1 – Coordenadas dos poços de monitoramento da rede da Bacia do Rio São Desidério.	104
Tabela 6.3 – Coordenadas dos poços de monitoramento da rede proposta para a área piloto do Rio Vieira.	108
Tabela 6.4 – Coordenadas dos cantos das áreas de baixo risco (Datum: WGS84)	111
Tabela 6.5 – Coordenadas dos poços de monitoramento da rede da Bacia do Riacho do Juá.	113

1 Introdução

Esse relatório constitui o Volume IV – Gestão Integrada de Recursos Hídricos, do Relatório Final da “*Hidrogeologia dos Ambientes Cársticos da Bacia do Rio São Francisco para a Gestão de Recursos Hídricos*”, dividido em dois Tomos: Tomo 1 - Balanço Hídrico e Tomo 2 - Cenários e Propostas de Gestão.

O presente Volume, Tomo 2 - Cenários e Propostas de Gestão, apresenta um fechamento dos entendimentos sugerindo propostas de gestão que poderão contribuir para uma harmonia sustentável entre os usuários de águas e os órgãos gestores de recursos hídricos. Está dividido em 6 Capítulos, conforme descrito nos parágrafos a seguir.

O Capítulo 1 discute o conceito de Gestão Integrada e Compartilhada e as estratégias de manejo dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e ainda discute o marco jurídico e institucional no âmbito da gestão dos recursos hídricos.

O capítulo 2 analisa a dinâmica hídrica da bacia do São Francisco voltada para a gestão das águas dos sistemas aquíferos cársticos e fissuro cársticos. Apresenta as Unidades de Gestão das Águas (UGAs), definidas no Volume IV - Tomo 1, tendo como atributos principais os aspectos ligados à distribuição das chuvas e os condicionantes geomorfológicos, geológicos e estruturais da capacidade de armazenamento e circulação das águas.

No capítulo 3 é apresentado o estudo da demanda atual da água, em suas componentes abastecimento urbano e rural, dessedentação animal, irrigação e indústria, e as suas projeções para 2020, 2025 e 2030.

No capítulo 4 é discute-se a situação atual da exploração de água subterrânea na área. Apresenta-se um balanço recarga x exploração em âmbito regional e nas áreas piloto, assim como uma análise da evolução temporal da produção de água subterrânea, tanto regional como nas áreas piloto, baseada no histórico de perfurações de poços.

O capítulo 5 apresenta os eventos participativos realizados ao longo da execução dos trabalhos e na sequência discute as ações de gestão necessárias e implementação do Plano.

No capítulo 6 estão apresentadas as propostas de gestão para as três áreas piloto estudadas, com destaque para as redes de monitoramento quali-quantitativo indicadas para cada uma das áreas. Na região de Montes Claros destacou-se a região de Jaíba, que devido ao cenário apresentado, foram realizados levantamentos específicos para entendimentos da dinâmica hídrica local.

1.1 Gestão Integrada

A Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH) é um conjunto de ações coordenadas, permanentes e sistemáticas, visando à otimização da utilização, proteção e preservação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, e à arbitragem de conflitos de usos, tendo em vista objetivos sociais, econômicos e ambientais, e foi na elaboração do Plano Nacional de Recursos Hídricos (MMA, 2006) que iniciou a sua ampla divulgação. A GIRH baseia-se no princípio de que os recursos hídricos são limitados, têm valor econômico, seus usos são interdependentes e os diferentes modos e intensidades da sua utilização são condicionados por fatores técnicos, sociais, econômicos e ambientais.

Essa definição inclui a integração com a gestão ambiental, do uso e ocupação do solo, a indissociação dos aspectos de quantidade e qualidade, conforme preconiza as diretrizes da lei das águas (Lei Federal Nº 9.433/1997).

A integração da gestão de águas subterrâneas e superficiais, por sua vez, embora não explicitamente citada na lei das águas, é amplamente contemplada nas normativas infralegais como nas resoluções do Conselho Nacional de recursos Hídricos.

Essa análise integrada deve ser incorporada considerando as interrelações entre aquíferos e corpos hídricos superficiais, destacando-se a necessidade da contabilização das águas subterrâneas num balanço hídrico integrado. Essa integração visa a sustentabilidade na extração a médio e longo prazo, uma vez que o volume captado num sistema influencia no outro, uma vez conectados.

Cumprе ressaltar, no entanto, que a abordagem da integração da gestão deve ser assimilada por todos os grupos gestores de um dado domínio ou bacia de interesse, onde o fio condutor de maior relevância a ser perseguido nas redes de monitoramento hídrico refere-se à importância da coleta sistemática de dados de descarga das drenagens em seções fluviais eleitas com a finalidade de estimar a contribuição subterrânea.

Os registros de dados das descargas devem ser obtidos em estações fluviométricas de modo dedicado e ininterrupto, representando uma base segura de informações hidrológicas essenciais ao entendimento das interrelações entre aquíferos e corpos superficiais, que revelam o regime hídrico da área drenada.

Os resultados das interpretações hidrogeológicas devem ser pautados incondicionalmente nas respostas das relações hidráulicas com as características litológicas do ambiente conformado pelas bacias de contribuição de uma dada seção fluviométrica. São exatamente os registros observados ao longo do período de estiagem que vão caracterizar as distintas formas e padrões de integração entre as águas superficiais e subterrâneas.

A gestão compartilhada dos recursos hídricos é o compartilhamento de poder e responsabilidades entre a união, estados e municípios e os usuários dos recursos hídricos, através do qual se elabora um plano de gestão, tendo como base um diagnóstico, estabelecendo objetivos, medidas de ordenamento, estruturas de acompanhamento, controle e avaliação. Ao poder central, seja ele federal ou estadual, cabe a responsabilidade do disciplinamento e da garantia de uso do bem comum. À gestão social competem, de fato, a vigilância e a construção do pacto de sustentabilidade.

Essa definição é utilizada para o compartilhamento da gestão dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais, entre dois ou mais estados federativos em relação a um aquífero em comum entre eles, ou ainda, entre dois ou mais países em relação a um aquífero transfronteiriço.

A gestão integrada e compartilhada de recursos hídricos deve considerar a relação de interdependência das águas subterrâneas e superficiais da região e suas relações com o uso e ocupação do solo, assim como o envolvimento da população e da sociedade civil de forma participativa, considerando as potencialidades, os desafios e as deficiências dos órgãos gestores estaduais envolvidos no

gerenciamento, utilização e proposição de medidas de proteção dos aquíferos cársticos e fissuro-cársticos da região considerada.

Dessa maneira, a proposta tem como objetivos:

- Subsidiar a gestão das águas subterrâneas, constituindo-se uma referência de apoio à decisão para os órgãos gestores;
- Propor estratégias de gerenciamento sustentável dos recursos hídricos subterrâneos e ações que envolvam a população e a gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e do uso e ocupação do solo;
- Ser utilizada como ferramenta de apoio ao planejamento regional, devendo refletir os diversos planos de recursos hídricos existentes;
- Subsidiar o planejamento do uso e ocupação do solo pelos gestores municipais.

A proposta de gestão constitui o conjunto de ações para a utilização adequada dos recursos hídricos na região que envolve os aquíferos cársticos e fissuro-cársticos da região hidrográfica do São Francisco nos estados da Bahia e de Minas Gerais.

- Definição da área geográfica de abrangência e dos respectivos corpos hídricos para os quais ele foi concebido;
- Proposta de normatização dos instrumentos de gestão, outorga, cobrança, fiscalização, monitoramento e planejamento;
- Proposta de convergência do marco jurídico das águas subterrâneas nos dois Estados envolvidos;
- Proposta de programas de capacitação e reforço institucional para os dois Estados participantes.

1.2 Contexto e justificativa

O conhecimento da dinâmica de interação entre as águas subterrâneas e superficiais, dos aspectos hidrogeológicos e o monitoramento sistemático dos mananciais superficiais e dos diversos sistemas aquíferos que integram a região são indispensáveis para a gestão sustentável e integrada dos recursos hídricos subterrâneos, evitando, inclusive, a superexploração desses recursos e minimizando os efeitos críticos nessas importantes áreas da Bahia e de Minas Gerais.

A gestão integrada e compartilhada deverá conduzir também a uma melhor compreensão e avaliação mais precisa e eficiente dos problemas associados à contaminação das águas subterrâneas, facilitando a tomada de decisões embasadas em critérios técnicos e com a participação da população, para o uso racional e a proteção das águas subterrâneas.

A participação no processo de gestão privilegiará não somente os órgãos estaduais e municipais, bem como todos os atores-chave locais, incluindo líderes comunitários, organizações não governamentais, representantes de comitês envolvidos na questão ambiental e de recursos hídricos e será importante instrumento de planejamento regional e local, integrando os planos setoriais e de recursos hídricos existentes.

1.3 Marco jurídico e institucional da gestão de recursos hídricos

Instituições federais e estaduais atuam na região hidrográfica do São Francisco, compondo um modelo institucional complexo e multidisciplinar que precisa ser inicialmente entendido, para serem criadas sinergias que ajudem a gestão integrada e compartilhada dos recursos hídricos.

Atualmente não há uma instância legalmente definida para regular a gestão compartilhada dos recursos hídricos, nem mesmo regras comuns que definam um âmbito de negociação entre os Estados que compartilham um mesmo aquífero.

1.3.1 Âmbito Nacional

No âmbito nacional, os instrumentos legais considerados pilares da política de gestão de recursos hídricos no âmbito nacional são:

- Lei 9433 de 8 de janeiro de 1997, conhecida como a “Lei das Águas”, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- Lei 9984 de 17 de julho de 2000, que dispõe sobre a criação da Agência Nacional de águas - ANA.

O SINGRH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, criado pela lei 9433/97 com o objetivo de coordenar a gestão integrada das águas; administrar os conflitos relacionados com os recursos hídricos, e implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos, e atuar no inter-relacionamento das diversas entidades, inclusive o Comitê de Bacia.

A Agência Nacional de Águas - ANA tem a dupla missão de regular o uso múltiplo das águas e implementar o SINGRH. Sua atuação se desenvolve em articulação com órgãos e entidades públicas e privadas integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGRH. Cabe-lhe fazer cumprir a lei federal de recursos hídricos; normatizar os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos; estimular e apoiar as iniciativas voltadas para a criação de Comitês de Bacias Hidrográficas - CBHs; outorgar e fiscalizar o uso dos recursos hídricos em rios de domínio da União; implementar, em articulação com os CBHs, a cobrança pelo uso da água; arrecadar, distribuir e aplicar receitas auferidas pela cobrança, dentre outras atribuições.

A ANA implementa, desde 2007, a Agenda Nacional de Águas Subterrâneas, cujo foco central é fortalecer a gestão integrada das águas superficiais e subterrâneas no país, voltada sobretudo, para dotar os órgãos gestores estaduais de recursos hídricos de conhecimento hidrogeológico, técnico e gerencial. Esta agenda visa também à capacitação técnica das equipes dos órgãos gestores estaduais, particularmente em hidrogeologia, de modo que as mesmas possam praticar adequadamente a gestão sistêmica e integrada dos recursos hídricos.

Os Comitês de Bacias são órgãos normativos e deliberativos que têm por finalidade promover o gerenciamento de recursos hídricos nas suas respectivas bacias hidrográficas.

Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco - CBHSF

No âmbito da sua área de atuação, na condição de órgão normativo, consultivo e deliberativo, compete ao CBHSF: promover o debate das questões relacionadas a

recursos hídricos e articular a atuação de entidades intervenientes; arbitrar, em primeira instância, os conflitos relacionados a recursos hídricos; aprovar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia; a execução do Plano; e sugerir as providências necessárias ao cumprimento das metas; propor ao CNRH e aos CERHs captações, acumulações, derivações e lançamentos de pouca expressão, para efeito de inscrição da obrigatoriedade de outorga de direitos de usos de recursos hídricos, de acordo com o domínio destes; estabelecer os mecanismos de cobrança pelos recursos hídricos e os valores a serem cobrados; estabelecer critérios e promover o rateio dos custos das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo.

O apoio técnico operacional à gestão dos recursos hídricos é prestado pela Agência Peixe Vivo que tem como finalidade prestar apoio técnico-operativo à gestão dos recursos hídricos das bacias hidrográficas a ela integradas, mediante o planejamento, a execução e o acompanhamento de ações, programas, projetos, pesquisas e quaisquer outros procedimentos aprovados, deliberados e determinados.

1.3.2 Âmbito Estadual

1.3.2.1 Estado da Bahia

As Leis 11612 de 8 de outubro de 2009 e 12035 de 22 de novembro de 2010, dispõem sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e se referem ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CONERH e ao Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SEGRH. O Conselho Estadual de Recursos Hídricos é o responsável pelo planejamento e acompanhamento de políticas públicas de recursos hídricos do Estado da Bahia.

O órgão gestor estadual de recursos hídricos é a Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SEMA, e tem como órgão da administração indireta, para executar a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA e suas unidades regionais.

O estado da Bahia está dividido em 26 Regiões de Planejamento de Gestão das Águas – RPGAs. A localização dessas RPGAs é apresentada na Figura 1.1 e Tabela 1.1, sendo também indicados seus respectivos Comitês.

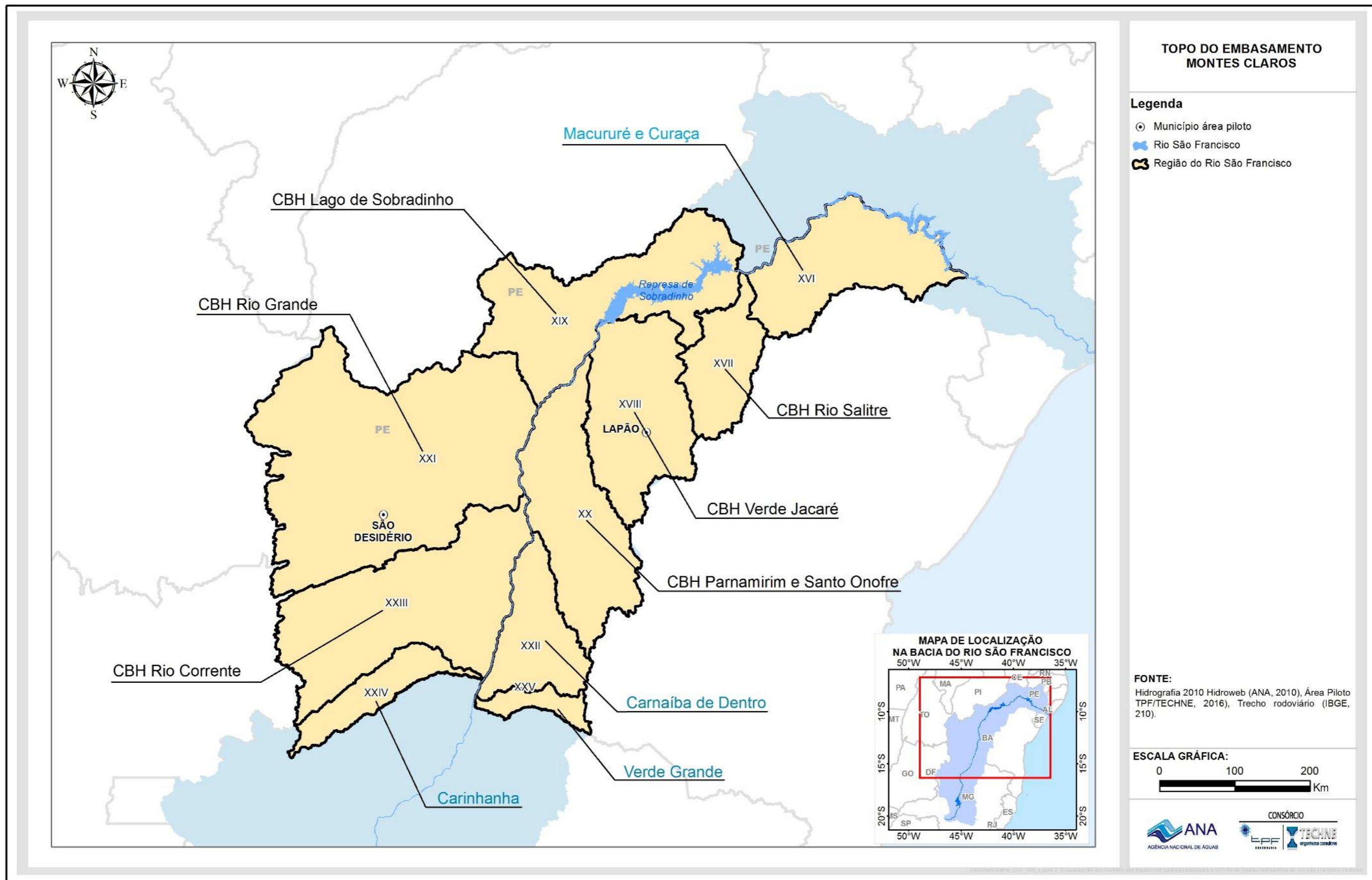


Figura 1.1 - Localização dos Comitês das Bacias Hidrográficas Estaduais e RPGAs da Região Hidrográfica do Rio São Francisco na Bahia

Tabela 1.1 – Características dos Comitês de Bacias Hidrográficas Estaduais – Bahia

Bacia	Código RPGA	Comitê	Instrumentos de Criação Resolução CONERH	Data Criação	Área aproximada km ²	População Aproximada Hab.	Nº Municípios	Cidade Principal	Aquífero Predominante
	XVIII	CBH Verde-Jacaré	Dec. 9939/06 (CONERH 12)	22/03/2006	33 000	350 000	29	Irecê	Cárstico
BA 6	XVII	CBH Rio Salitre	Dec. 10197/06 (CONERH 16)	27/12/2006	14 000	97 000	9	Campo Formoso	Cárstico
BA 7	XXIII	CBH Rio Corrente	Dec. 11244/08 (CONERH 40)	17/10/2008	35 000	197 000	13	Correntina	Urucuia
BA 9	XXI	CBH Rio Grande	Dec. 11246/08 (CONERH 19)	17/10/2008	77 000	336 000	17	São Desidério	Urucuia
BA 10	XIX	CBH Rios do Entorno do Lado Sobradinho	Dec. 11247/08 (CONERH 23)	17/10/2008	37 000	155 000	11	Sobradinho	Fraturado
BA 13	XX	CBH Rio Parnamirim e Santo Onofre	(CONERH 66)	25/03/2010	22 000	236 000	27	Xique-xique	Fraturado

1.3.2.2 Estado de Minas Gerais

A gestão das águas em Minas Gerais é regida pela Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei 13199/99), que visa assegurar o controle, pelos usuários atuais e futuros, do uso da água em quantidade, qualidade e regime satisfatórios.

O Estado de Minas Gerais é um dos pioneiros do país na criação de Comitês de Bacias Estaduais. No caso da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco existem dez comitês criados, segundo a Figura 1.2 e a Tabela 1.2, que apresentam, respectivamente, a localização destas bacias e as principais características do comitê de cada bacia. Estas bacias hidrográficas correspondem, no caso de Minas Gerais, às Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos - UPGRHs, definidas pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH e pelo IGAM, objeto da Deliberação Normativa 06/02.

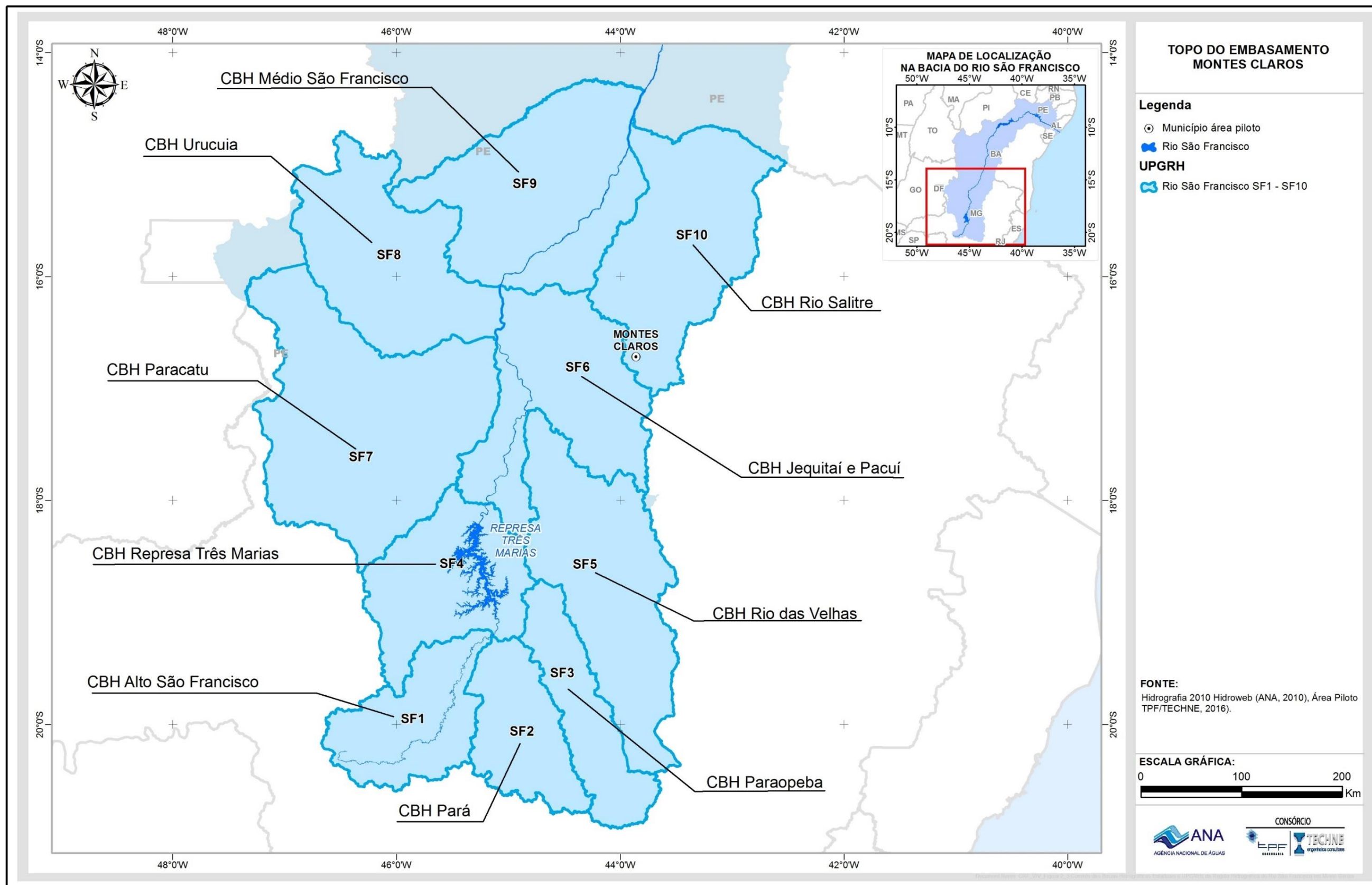


Figura 1.2 - Comitês das Bacias Hidrográficas Estaduais e UPGRHs da Região Hidrográfica do Rio São Francisco em Minas Gerais

Tabela 1.2 – Características dos Comitês de Bacias Hidrográficas Estaduais e UPGRHs – Minas Gerais

Código Barra	UPGRH(*)	Comitê	Instrumentos de Criação	Data Criação	Área aproximada Km ²	População Aproximada Hab.	Nº Municípios	Cidade de destaque	Aquífero Predominante
MG 17	SF 1	Afluentes do Alto São Francisco Bambuí/S.Miguel/Machado	Dec. 43711	08/01/2004	14 200	228 000	29	Lagoa da Prata	BambuÍ Cárstico Fissural
MG 11	SF 2	Pará	Dec. 39913	15/07/1998	12 300	767 000	34	Divinópolis	BambuÍ Cárstico
MG 2	SF 3	Paraopeba	Dec. 40398	28/05/1999	12 100	1 120 000	48	Betim	BambuÍ Cárstico Fissural
MG 22	SF 4	Entorno Represa Três Marias (Abaeté/Borrachudo)	Dec. 43798	30/04/2004	18 700	172 000	23	Três Marias	Faturado
MG 1	SF 5	Velhas	Dec. 39692	29/06/1998	28 100	4 570 000	52	Belo Horizonte	BambuÍ Cárstico Fissural
MG 18	SF 6	Jequitai e Pacuí	Dec. 43720	21/06/2004	25 100	274 000	20	Bocaiuva	Faturado
MG 13	SF 7	Paracatu (Mineiro)	Dec. 40014	13/11/1998	41 800	260 000	17	Paracatu	BambuÍ Cárstico Fissural
MG 24	SF 8	Urucuia (Mineiro)	Dec. 44201	29/12/2005	25 400	90 000	18	Arinos	BambuÍ Cárstico Fissural
MG 32	SF 9	Médio São Francisco Pandeiros/Calindó	Dec. 44956	20/11/2008	24 500	259 000	26	Januária	BambuÍ Cárstico
MG 14	SF 10	Verde Grande	Dec. 39910	22/09/1998	31 400	460 000	31	Montes Claros	BambuÍ Cárstico

Como visto Bahia e Minas Gerais, estados que compartilham o SAB – Sistema Aquífero Bambuí, apresentam normas legais, arranjos institucionais e instrumentos de gestão de recursos hídricos próprios, ambos com instrumento de outorga implementado. Porém com ausência de integração entre as outorgas superficiais e subterrâneas.

2 Dinâmica hídrica na Bacia do Rio São Francisco

O conhecimento acerca do armazenamento da água em seus distintos reservatórios e os processos que comandam a transferência hídrica no meio natural, apresentado no Volume 4 – Tomo 1 representa o desafio de integrar o conhecimento produzido para a caracterização do clima, do espaço geográfico, da constituição do subsolo e das distintas propriedades hidráulicas das rochas e das coberturas sedimentares.

Um sistema fluvial da dimensão do Rio São Francisco revela em suas características hidrográficas e morfológicas uma multiplicidade de interações entre a dinâmica das chuvas (e demais componentes do clima) e os maciços rochosos de propriedades distintas que compõem a superfície da bacia. O bloco diagrama apresentado na Figura 2.1 ilustra a integração entre os aquíferos presentes na bacia do Rio São Francisco.

Dados históricos de precipitação pluviométrica e das medidas das descargas líquidas em seções fluviais específicas foram analisados para quantificar as parcelas que compõem o ciclo hidrológico nos terrenos que constituem os sistemas cársticos e fissuro-cársticos e os demais sistemas hidrogeológicos vizinhos. Os dados hidrológicos foram associados à caracterização hidrogeológica e morfoestrutural tornando possível entender a Bacia do Rio São Francisco como um conjunto de interações hidráulicas, onde é possível definir setores hidrogeologicamente homogêneos e, ao mesmo tempo distintos entre si, que expressam potencialidades e restrições próprias que devem ser compreendidas para o sucesso da gestão dos recursos hídricos.

Optou-se por criar essa abordagem da dinâmica hídrica integrada, onde o carste, apesar de todas as suas peculiaridades, é visto primeiramente dentro de compartimentos regionais associados a seus vizinhos, cujas condições geológicas e altimétricas muitas vezes têm tanta importância para o desenvolvimento da carstificação quanto os demais processos que ocorrem exclusivamente dentro do domínio das rochas carbonáticas.

Este capítulo, além de apresentar a quantificação das parcelas hídricas e distribuição da recarga ao longo das áreas de interesse, traz uma abordagem integrada dos aspectos do meio físico natural que permite apontar zonas de distintos potenciais hidrológicos, os quais definem naturalmente fragilidades ou potencialidades específicas que precisam ser levadas em conta para o sucesso tanto dos programas de preservação ambiental quanto para o planejamento do desenvolvimento humano na Bacia do Rio São Francisco.

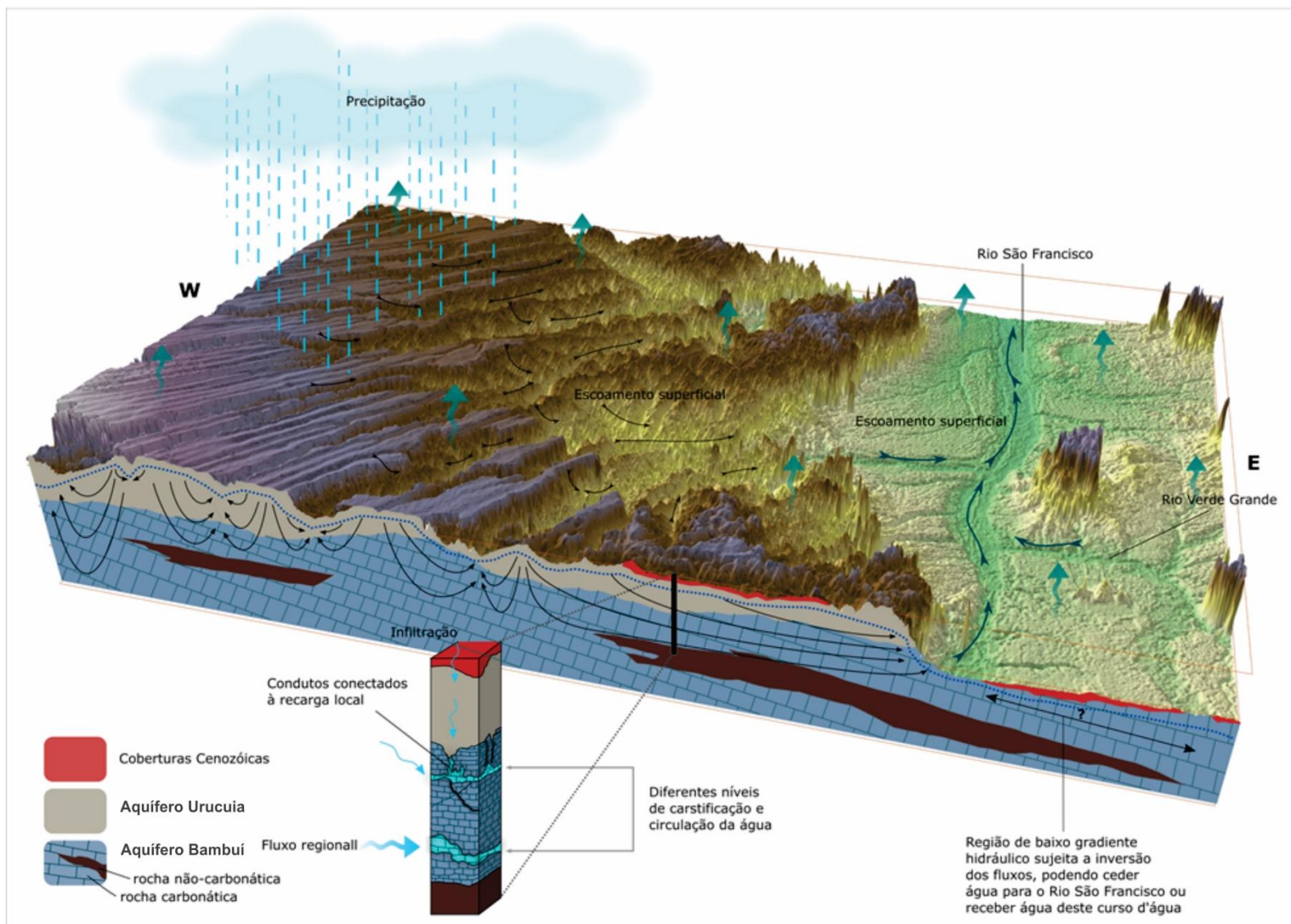


Figura 2.1 Bloco Diagrama apresentando a integração entre os aquíferos presentes na Bacia do Rio São Francisco

Nesse contexto foram definidas 10 Unidades de Gestão de Águas – UGAs, com o objetivo de caracterizar geograficamente domínios hidrogeológicos homogêneos, destacando-se os volumes das descargas superficiais e subterrâneas, bem como o detalhamento dos componentes hídricos (precipitação, escoamento superficial, escoamento subterrâneo e evapotranspiração). Foram apontadas as áreas mais promissoras para a recarga subterrânea, principalmente das áreas do carste, tendo como ferramenta de análise os atributos geológicos e morfoestruturais do relevo, de variação da porosidade dos materiais e de distribuição do aporte pluviométrico, justificando a potencialidade dos sistemas naturais como produtores de água.

As UGAs são definidas como espaços físicos que possuem determinados tipos de atributos que as tornam, sob a ótica de seu comportamento hídrico, no tempo e no espaço, um corpo gerenciável de caráter regional, uma vez que pressupõe o entendimento dos fatores que controlam a distribuição volumétrica ponderada dos aportes de água aos sistemas aquíferos. A Figura 2.2 ilustra a distribuição geográfica das UGAs, suas dimensões e os cursos d'água que se inserem em suas zonas de abrangência.

Foram criadas em função da necessidade de se estabelecer espaços físicos cujos atributos responsáveis pelo regime de fluxos e pelo comportamento hidrológico fossem expressos pela equivalência e similaridade de sua assinatura hidrogeodinâmica, considerando-se pelos menos 3 atributos principais, quais sejam: as variações normais da distribuição das precipitações pluviométricas; a conformação do relevo e sua forma de distribuição geográfica diante de seus desníveis altimétricos, implicando em um padrão geomorfológico com suas distintas configurações topográficas; e, as condicionantes geológicas e estruturais, enquanto materiais responsáveis pela capacidade natural do meio em permitir o armazenamento e a circulação da água.

Foram avaliados, através da análise de hidrogramas, os padrões comportamentais da recarga média específica de 66 estações fluviométricas e suas respectivas bacias de contribuição. Essa recarga é considerada como um dos principais atributos hidrogeológicos no reconhecimento das formas de integração dos volumes de água que constituem cada uma das parcelas do balanço hídrico, sendo consideradas como o atributo que representa a assinatura hidrogeodinâmica de um dado compartimento ou sistema hidrogeológico.

As descargas subterrâneas são avaliadas de modo ponderado, considerando a natureza litológica das bacias de contribuição, possibilitando o conhecimento dos ambientes que têm maior capacidade de manutenção das descargas de recessão mensuradas numa dada seção fluviométrica. Tal análise permitiu a delimitação dos ambientes ou grupos de bacias homogêneas quanto à similaridade desses atributos essenciais, resultando na delimitação de 10 unidades de gestão, que, de modo contíguo, integram o mosaico da rede de drenagem mantida pelos sistemas aquíferos cársticos e fissuro-cársticos contidos em seu domínio hidrográfico.

Em paralelo foram analisadas as explorações em cada uma delas, considerando o regime de funcionamento e a vazão média dos poços, obtendo-se uma estimativa das vazões bombeadas. Para cada uma das Unidades de Gestão foi elaborado o zoneamento da exploração, a partir das relações entre os aportes e a exploração, permitindo a visualização da criticidade da disponibilidade hídrica, elemento necessário para a gestão das águas.

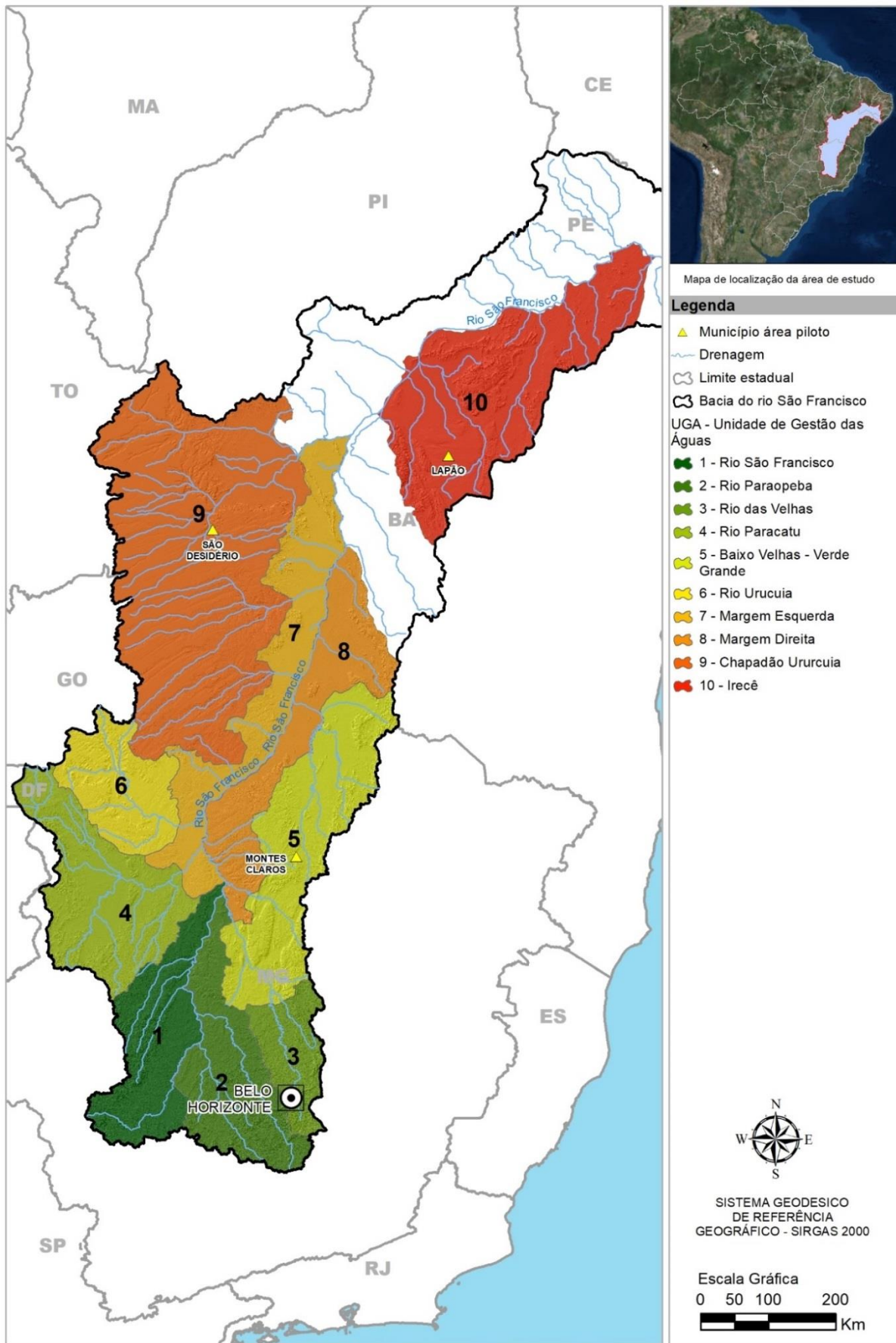


Figura 2.2 - UGAs – Unidades de Gestão das Águas na Bacia do Rio São Francisco

3 Estudo das Demandas

3.1 População urbana e rural

O estudo da população é fundamental para verificar a realidade quantitativa e qualitativa da mesma e assim possibilitar a identificação do seu crescimento. O crescimento populacional é consequência direta do recente desenvolvimento e crescimento do país.

Um levantamento populacional da área de estudo (Tabela 3.1) foi feito com objetivo de avaliar o resultado do comportamento deste crescimento. Foram coletados dados oficiais do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) dos anos de 2000 e 2010, e posteriormente calculou-se a taxa de crescimento anual entre esses anos. O intuito aqui é a realização de um estudo mais detalhado do comportamento da população urbana e rural das áreas de estudo para os dois estados avaliados.

Tabela 3.1 - População urbana e rural total dos estados estudados.

Projeção Populacional	População Urbana	
	2000	2010
BA	863.821	1.049.357
MG	4.542.036	5.369.955
Projeção Populacional	População Rural	
	2000	2010
BA	715.216	699.671
MG	854.619	776.228

Nos dois estados é possível observar na Tabela 3.1 que o crescimento populacional nos municípios sob análise foi positivo, o que segue o padrão do Brasil nos últimos anos. Observa-se que, na área de estudo, a influência no crescimento populacional de Minas Gerais e Bahia se deu pelo aumento na população urbana, visto que os dados comprovam o decréscimo da população rural.

É interessante observar como a população rural apresenta uma taxa de crescimento negativa enquanto que a urbana cresce com uma taxa consideravelmente elevada. Pode-se observar que o decréscimo populacional rural nos municípios de Minas Gerais em estudo foi de 6,14%; ao passo que o crescimento da população urbana foi de 10,98%.

O estudo constatou para estado da Bahia que, apesar da taxa de crescimento populacional urbana ser ligeiramente maior que a observada para o estado de Minas Gerais, o decréscimo populacional rural foi menor.

A divisão dos municípios em Unidades Gestoras de Água, presente nas Tabelas 3.2 a 3.4, indicou o mesmo padrão de análise descrito acima.

Tabela 3.2 - População urbana abastecida por UGA.

População urbana abastecida por UGA (hab)		
UGA	2000	2010
1	239.986	280.229
2	1.351.183	1.714.679
3	1.622.580	1.925.730
4	209.366	265.782
5	503.567	599.128
6	29.176	36.044
7	85.429	106.158
8	156.663	201.701
9	181.906	271.817
10	318.028	421.360
Total	4.697.884	5.822.630

Tabela 3.3 - População urbana não abastecida por UGA.

População urbana não abastecida por UGA (hab)		
UGA	2000	2010
1	47.011	41.945
2	165.438	153.183
3	100.076	79.739
4	57.424	52.438
5	104.052	100.716
6	17.396	18.143
7	41.431	40.938
8	76.234	74.463
9	73.238	71.000
10	99.957	61.647
Total	782.257	694.210

Tabela 3.4 - População rural por UGA.

População rural por UGA (hab)		
UGA	2000	2010
1	60.326	51.807
2	199.804	176.805
3	103.272	95.299
4	64.148	59.700
5	247.706	226.500
6	32.107	32.466
7	177.930	168.645
8	219.608	209.438
9	204.571	199.083
10	254.657	251.407
Total	1.564.129	1.471.150

Embora a população urbana não abastecida apresente taxas decrescentes, a população urbana geral cresceu em todas as unidades. À medida que a população urbana geral progrediu, a população rural encolheu conforme verificado nas tabelas. Constata-se que as taxas de crescimento da população rural das UGAs foram negativas, com exceção da UGA 6, que mesmo obtendo uma taxa de crescimento da população rural de 0,94%, alcançou crescimento populacional urbano total de 10,2%.

A partir dos dados populacionais conjugados aos coeficientes de demanda hídrica para abastecimento humano, anteriormente citados, é possível estimar a demanda hídrica para essa atividade (Tabela 3.5 e 3.6).

Tabela 3.5 - Demanda de abastecimento urbano nos anos de 2000 e 2010.

Demanda de abastecimento urbano (m ³ /dia)		
UGA	2000	2010
1	81.671	95.328
2	495.782	634.136
3	662.166	787.359
4	72.134	92.111
5	184.789	219.840
6	8.753	11.381
7	28.331	35.009
8	51.428	66.040
9	65.547	96.165
10	111.385	147.778
Total	1.761.985	2.185.145

Tabela 3.6 - Demanda de abastecimento rural nos anos de 2000 e 2010.

Demanda de abastecimento rural (m ³ /dia)		
UGA	2000	2010
1	13.417	11.719
2	45.655	41.248
3	25.419	21.880
4	15.196	14.017
5	43.970	40.902
6	6.188	6.326
7	27.420	26.198
8	36.980	35.488
9	34.726	33.760
10	44.327	39.132
Total	293.298	270.670

3.2 Dessedentação animal

A estimativa da demanda hídrica para a atividade de dessedentação animal tomou como base os censos agropecuários de 1996 e 2006 divulgados pelo IBGE no que se refere ao número efetivo de cabeças das espécies de animais. Assim, foram reunidos os seguintes tipos de rebanho bovino: bovinos, bubalinos, equinos, asininos, muares, caprinos, ovinos, suínos e aves.

Por se tratar de dados anteriores a 2010, ano base do estudo, a própria demanda hídrica para 2010 tratou-se de uma projeção, admitindo taxa de crescimento linear entre 1996 e 2006. No entanto, as bases de dados disponibilizadas no IBGE nesses anos diferem entre si. Enquanto que em 2006 é apresentada a quantificação de cada espécie de animal, em 1996 são apresentados apenas os números de cabeças de gado para três grandes grupos: bovinos, suínos e aves. No intuito de compatibilizar tais informações, foram reunidos os bovinos, bubalinos, equinos, asininos, muares, caprinos e ovinos num único grupo, denominado bovinos.

Ainda no tocante ao ano de 1996, somente foram fornecidos dados para as Unidades Federativas e Brasil. Desse modo, inferiu-se uma taxa de crescimento para os bovinos, suínos e aves entre 1996 e 2006 para cada um dos estados contemplados no estudo (Tabela 3.7).

Devido ao fato de que as UGAs são unidades compostas por uma mescla de municípios de Minas Gerais, Bahia e Goiás, foram aplicadas as taxas de crescimento estaduais para seus respectivos municípios individualmente. Uma vez alcançado o número efetivo de cabeças de cada município em 2010, esses foram agrupados em suas UGAs, resultando no número de cabeças por unidade de gestão (Tabela 3.8 e 3.9).

Para conversão do número de cabeças em demanda hídrica, foi definida uma unidade de medida hipotética, denominada BEDA (Bovinos Equivalentes para Demanda de Água), através da qual é possível reunir os rebanhos citados acima, considerando as necessidades de água que cada espécie requer em comparação aos bovinos.

Uma vez que existe um consumo pré-estabelecido em 50L/hab/dia para os bovinos, foi possível obter a demanda de água para dessedentação animal (Tabela 3.10).

3.3 Irrigação

Para estimativa da demanda hídrica por irrigação (Tabela 3.11

Tabela 3.11) foram utilizados como base a área irrigada total dos anos de 1996 e 2006, últimos dados fornecidos pelo IBGE através do Censo Agropecuário, e uma demanda unitária de 0,4 L/s.ha. Ocorre, no entanto, que devido à diferença na base territorial relativa aos municípios emancipados entre os anos de 1996 e 2006, bem como a falta de uniformidade quanto às metodologias de irrigação nesse período, optou-se por aplicar um procedimento estatístico de controle de distorções dos resultados.

Tal procedimento consiste em considerar taxas máximas de projeção em 5% a.a. e -5% a.a., mesmo método adotado no Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Pandeiro, SF9, em seu item 4.5. Dessa forma, as

dificuldades na uniformização dos dados relatadas anteriormente estariam sendo contornadas, buscando não comprometer os resultados da projeção no que diz respeito à obtenção de valores discrepantes.

Tendo como base a área irrigada de 2006, foi aplicada a taxa de crescimento linear observada para cada UGA, com o propósito de obter as projeções das áreas irrigadas nos anos seguintes.

Os valores de demanda por irrigação foram obtidos a partir da multiplicação da área irrigada pelo coeficiente de demanda unitário de 0,4 L/s.ha e posteriormente transformados na unidade de m³/dia.

3.4 Indústria

O setor industrial, diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico da região, é responsável por uma considerável parcela de consumo dos recursos hídricos mundiais, com demanda diretamente proporcional ao seu crescimento.

A metodologia para estimar o uso da água nas indústrias brasileiras se baseará na metodologia do ONS, como explicitado na seção de “Cálculo dos coeficientes de demanda”.

Realizou-se um levantamento de dados do PIB secundário 2013 e do PIB secundário 2002 dos municípios estudados, com o intuito de obter a taxa de crescimento anual durante esse intervalo de tempo. Para que tais valores sejam passíveis de contraste, o valor do PIB 2013 foi trazido a valores de 2002 através da inflação acumulada no período, considerada 1,87.

Posteriormente, os dois PIBs foram convertidos em dólar, considerando a paridade do poder de compra (PPC) de R\$/US\$ 0,802 para o ano de 2002, calculada pelo sítio da Quandl.

O valor do PIB em dólar foi multiplicado por um coeficiente de demanda anual, conforme citado na seção anterior, equivalente a 0,02713 m³/US\$, através do qual pôde ser obtida a demanda hídrica industrial por ano (Tabela 3.12).

Tabela 3.7 - Número de cabeças de gado por estado.

Estados	1996			2006			%		
	Bovino	Suíno	Galinha	Bovino	Suíno	Galinha	Bovino	Suíno	Galinha
BAHIA	8.729.953	1.211.160	18.269.066	10.229.459	947.488	20.960.734	1,60%	-2,43%	1,38%
MINAS GERAIS	20.044.616	2.631.321	67.998.113	20.332.335	3.329.671	83.508.632	0,14%	2,38%	2,08%

Tabela 3.8 - Número de cabeças de gado por UGA no ano de 2006.

Número de cabeças de gado por UGA (2006)										
UGA	Bovinos	Bubalinos	Equinos	Asininos	Muare	Caprinos	Ovinos	Suínos	Aves	BEDA
1	1.284.027	2.829	34.298	150	1.960	992	3.406	124.842	1.525.842	1.347.758
2	1.255.353	2.810	43.056	499	2.944	4.050	13.515	402.890	25.137.288	1.479.300
3	383.460	103	20.118	86	2.116	746	6.837	50.589	2.257.582	421.780
4	1.485.374	364	37.143	142	1.460	2.303	9.421	89.559	994.296	1.540.499
5	1.441.614	156	66.977	1.601	7.299	17.396	29.848	138.192	3.085.614	1.550.011
6	451.849	39	16.096	104	1.475	2.832	6.560	60.487	324.637	480.927
7	849.821	57	36.696	3.431	2.841	17.861	28.573	58.910	607.968	905.896
8	962.717	1.193	53.786	2.232	5.607	24.347	49.596	107.457	952.247	1.050.341
9	1.171.222	3	41.879	4.597	3.390	30.779	71.303	89.532	1.485.462	1.251.299
10	277.540	-	29.233	12.249	5.316	525.151	459.317	54.655	514.192	485.481

Tabela 3.9 - Número de cabeças de gado por UGA no ano de 2010.

Número de Cabeças (2010)										
UGA	Bovinos	Bubalinos	Equinos	Asininos	Muare	Caprinos	Ovinos	Suínos	Aves	BEDA
1	1.291.368	2.845	34.494	151	1.971	998	3.425	137.168	1.656.545	1.358.273
2	1.262.530	2.826	43.302	502	2.961	4.073	13.592	442.667	27.290.546	1.503.290
3	385.652	104	20.233	86	2.128	750	6.876	55.584	2.450.966	425.855
4	1.501.799	366	37.546	144	1.481	2.325	9.602	98.778	1.263.878	1.560.221
5	1.453.705	157	67.547	1.615	7.367	17.718	30.321	149.986	3.347.792	1.566.160
6	455.458	39	16.218	105	1.483	2.848	6.598	66.503	381.395	486.079
7	887.556	57	38.227	3.626	2.956	18.790	30.097	58.147	650.558	945.513
8	995.332	1.200	55.760	2.326	5.814	25.599	52.360	106.156	1.019.104	1.085.433
9	1.243.231	3	44.399	4.879	3.591	32.699	75.888	82.256	1.571.514	1.325.641
10	295.707	-	31.147	13.051	5.664	559.526	489.383	49.543	543.252	515.503

Tabela 3.10 - Demanda hídrica para dessedentação animal.

Demanda Hídrica – Dessedentação animal (m³/dia)		
UGA	2006	2010
1	67.388	67.914
2	73.965	75.164
3	21.089	21.293
4	77.025	78.011
5	77.501	78.308
6	24.046	24.304
7	45.295	47.276
8	52.517	54.272
9	62.565	66.282
10	24.274	

Tabela 3.11 - Área irrigada por UGA por ano.

UGA	Área Irrigada 1996 (ha)	Área Irrigada 2006 (ha)	i%	i% máx
1	8.599	21.360	10%	5%
2	18.481	30.038	5%	5%
3	10.402	9.491	-1%	-1%
4	44.081	88.814	7%	5%
5	29.010	31.199	0,7%	0,7%
6	7.422	8.931	2%	2%
7	12.953	22.541	6%	5%
8	10.786	15.382	4%	4%
9	61.009	96.736	5%	5%
10	43.813	51.974	2%	2%
Total	246.555	376466		

Tabela 3.12 - Valores de produção e consumo da indústria no ano de 2013.

UGA	Valor de produção 2013 (Inflação corrigida)		Consumo indústria 2013 (m ³ /dia)
	R\$/ano	US\$/ano	2020
1	849.185,02	1.058.834,19	98,55
2	11.313.779,78	14.106.957,33	1.389,18
3	11.883.174,58	14.816.925,91	1.409,89
4	1.128.420,78	1.407.008,45	143,40
5	1.093.126,56	1.363.000,69	115,07
6	58.096,15	72.439,09	7,06
7	66.235,26	82.587,61	6,40
8	118.382,44	147.609,02	11,72
9	732.910,44	913.853,42	82,85
10	356.829,67	444.924,77	34,12
Total	27.600.140,68	34.414.140,49	3.298,25

Pode-se observar que existem regiões entre as unidades gestoras, como a UGA 3, que possuem um maior investimento industrial, e outras regiões, como a UGA 6, com PIB menos expressivos, indicando a pouca expressividade desse setor.

3.5 Demandas futuras (2015, 2020, 2025, 2030)

3.5.1 População urbana e rural

Como explicitado no item “Metodologia de Projeção”, foi possível inferir a demanda hídrica relacionada ao abastecimento humano baseando-se no comportamento populacional no horizonte de estudo.

Através do Método A_iB_i, foram obtidas nas Tabela 3.13 a 3.15 populações rurais e urbanas referentes aos anos de 2015, 2020, 2025 e 2030, por UGA.

As projeções apresentaram dinâmicas de crescimento distintas para os setores populacionais, conseqüentemente seus dados serão apresentados separadamente, conforme as tabelas abaixo.

Tabela 3.13 - Projeção de população urbana abastecida.

Projeção da população urbana abastecida				
UGA	2015	2020	2025	2030
1	310.233	323.969	334.455	341.501
2	1.985.681	2.109.754	2.204.464	2.268.103
3	2.151.741	2.255.215	2.334.202	2.387.276
4	304.060	325.092	737.387	356.719
5	671.159	703.770	728.624	745.282
6	41.080	43.464	54.092	46.613
7	125.924	133.199	138.527	141.866
8	249.048	264.300	275.251	281.871
9	382.691	412.998	433.925	445.639
10	550.931	585.743	609.672	622.937
Total	6.772.548	7.157.505	7.850.598	7.637.808

Tabela 3.14 - Projeção da população Urbana não abastecida.

Projeção da população urbana não abastecida				
UGA	2015	2020	2025	2030
1	38.167	36.438	34.230	34.230
2	144.046	140.217	135.986	135.986
3	65.706	59.819	52.680	52.680
4	49.343	47.349	45.477	44.017
5	99.759	101.269	105.153	105.166
6	18.714	18.962	19.294	19.262
7	40.700	41.023	41.223	41.382
8	72.925	73.035	73.814	73.655
9	69.664	69.597	69.490	69.657
10	25.983	19.807	18.002	17.216
Total	625.006	607.517	595.350	593.252

Tabela 3.15 - Projeção de população rural.

Projeção da população rural				
UGA	2015	2020	2025	2030
1	45.456	42.548	40.328	38.837
2	163.128	159.824	157.733	156.335
3	91.564	90.687	90.070	89.656
4	56.565	54.962	53.662	52.686
5	210.601	203.363	197.843	194.138
6	32.721	32.850	32.953	33.029
7	159.060	155.914	153.647	152.266
8	200.963	197.500	194.901	193.202
9	193.489	192.073	191.150	190.611
10	247.332	246.237	245.484	245.067
Total	1.400.879	1.375.956	1.357.771	1.345.828

Os coeficientes de retirada d'água per capita, como definido no tópico "Coeficientes de Demandas por Atividade Usuária", foram aplicados às populações projetadas nos referidos anos, de forma a obterem-se as demandas para abastecimento urbano e rural por UGA (Tabela 3.16 e 3.17).

Tabela 3.16 - Projeção de demanda de abastecimento urbano.

Demanda de Abastecimento Urbano (m³/dia)				
UGA	2015	2020	2025	2030
1	105.510	110.171	113.730	116.121
2	734.329	784.830	821.501	846.185
3	877.745	919.630	951.766	973.537
4	105.402	118.136	318.554	130.089
5	246.530	258.931	269.023	275.651
6	12.942	13.681	17.572	14.655
7	40.831	43.192	44.925	46.516
8	82.004	88.008	91.635	93.821
9	142.030	153.897	161.756	166.150
10	199.251	213.388	222.613	227.466
Total	2.546.575	2.703.864	3.013.074	2.890.190

Tabela 3.17 - Projeção de demanda de abastecimento rural.

Demanda de abastecimento rural (m ³ /dia)				
UGA	2015	2020	2025	2030
1	10.453	9.873	9.320	9.133
2	38.397	37.505	36.715	36.540
3	19.659	18.813	17.844	17.792
4	13.239	12.789	12.392	12.088
5	38.795	38.079	37.874	37.413
6	6.429	6.476	6.531	6.536
7	24.970	24.617	24.359	24.206
8	34.236	33.817	33.589	33.357
9	32.894	32.709	32.580	32.534
10	34.164	33.256	32.936	32.785
Total	253.236	247.934	244.140	242.385

3.5.2 Dessedentação animal

Devido à ausência de dados mais recentes, como relatado no tópico das “Demandas Atuais”, foi necessário projetar o número de cabeças por espécie e por município, admitindo as mesmas taxas de crescimento médias entre os anos de 1996 e 2006 observadas em seus respectivos estados. Assim, foi possível estimar o número de cabeças por espécie para 2015.

Esse mesmo procedimento foi realizado para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030. Uma vez aplicada a taxa de crescimento linear, estimou-se o número de cabeças por espécie para cada UGA. Assim, através do BEDA, os diversos tipos de rebanhos foram reunidos, considerando as necessidades de água que cada espécie requer em comparação aos bovinos. Tendo em vista que os bovinos possuem uma demanda pré-estabelecida da ordem de 50 L/cab/dia, foi possível estimar a demanda hídrica para 2015, 2020, 2025 e 2030 (Tabela 3.18 a 3.22).

Tabela 3.18 - Projeção do número de cabeças de gado para o ano de 2015.

Número de Cabeças (2015)										
UGA	Bovinos	Bubalinos	Equinos	Assininos	Muare	Caprinos	Ovinos	Suinos	Aves	BEDA
1	1.300.603	2.866	34.741	152	1.985	1.005	3.450	154.300	1.835.780	1.371.887
2	1.271.559	2.846	43.612	505	2.982	4.102	13.689	497.956	30.243.321	1.535.496
3	388.410	104	20.378	87	2.143	756	6.925	62.526	2.716.155	431.200
4	1.522.922	369	38.064	147	1.508	2.353	9.837	111.669	1.800.422	1.586.552
5	1.469.273	158	68.280	1.634	7.456	18.144	30.943	166.623	3.707.148	1.587.334
6	460.057	40	16.373	105	1.494	2.869	6.645	74.873	485.424	492.913
7	938.071	58	40.275	3.887	3.109	20.036	32.140	57.952	708.199	998.718
8	1.038.873	1.208	58.398	2.451	6.092	27.277	56.066	105.915	1.109.603	1.132.590
9	1.339.870	3	47.780	5.257	3.860	35.276	82.042	74.262	1.686.206	1.425.760
10	320.097	-	33.716	14.127	6.131	605.677	529.748	43.819	581.897	556.036

Tabela 3.19 - Projeção do número de cabeças de gado para o ano de 2020.

Número de cabeças (2020)										
UGA	Bovinos	Bubalinos	Equinos	Assininos	Muare	Caprinos	Ovinos	Suinos	Aves	BEDA
1	1.309.904	2.886	34.989	153	1.999	1.012	3.475	173.572	2.034.407	1.386.073
2	1.280.652	2.867	43.924	509	3.003	4.132	13.787	560.151	33.515.579	1.570.427
3	391.188	105	20.523	88	2.159	761	6.975	70.336	3.010.037	436.854
4	1.544.733	371	38.599	150	1.536	2.381	10.082	126.270	2.721.050	1.615.465
5	1.485.379	159	69.040	1.653	7.548	18.598	31.603	185.580	4.105.180	1.609.700
6	464.758	40	16.532	106	1.505	2.889	6.692	84.300	651.890	500.312
7	992.591	58	42.484	4.169	3.275	21.383	34.349	58.595	771.170	1.056.313
8	1.085.729	1.217	61.240	2.586	6.390	29.091	60.074	107.204	1.208.488	1.183.660
9	1.444.437	4	51.438	5.667	4.152	38.064	88.703	67.381	1.809.370	1.534.443
10	346.500	-	36.496	15.292	6.637	655.634	573.442	38.757	623.292	600.137

Tabela 3.20 - Projeção do número de cabeças de gado para o ano de 2025.

Número de Cabeças (2025)										
UGA	Bovinos	Bubalinos	Equinos	Assininos	Muare	Caprinos	Ovinos	Suinos	Aves	BEDA
1	1.319.272	2.907	35.239	154	2.014	1.019	3.499	195.251	2.254.525	1.400.895
2	1.289.811	2.887	44.238	513	3.025	4.161	13.886	630.113	37.141.889	1.608.396
3	393.985	106	20.670	88	2.174	766	7.025	79.120	3.335.716	442.851
4	1.567.263	374	39.151	153	1.566	2.411	10.339	142.813	4.333.196	1.648.268
5	1.502.062	160	69.828	1.672	7.644	19.082	32.304	207.119	4.546.061	1.633.368
6	469.566	40	16.693	107	1.515	2.910	6.740	94.919	929.290	508.503
7	1.051.445	59	44.868	4.475	3.454	22.838	36.737	60.079	839.983	1.118.648
8	1.136.173	1.226	64.301	2.732	6.712	31.051	64.407	110.033	1.316.566	1.238.941
9	1.557.586	4	55.396	6.110	4.467	41.082	95.913	61.506	1.941.643	1.652.356
10	375.079	-	39.507	16.554	7.184	709.711	620.740	34.280	667.631	648.074

Tabela 3.21 - Projeção do número de cabeças de gado para o ano de 2030.

Número de cabeças (2030)										
UGA	Bovinos	Bubalinos	Equinos	Assininos	Muare	Caprinos	Ovinos	Suinos	Aves	BEDA
1	1.328.706	2.927	35.491	155	2.028	1.027	3.525	219.638	2.498.460	1.416.423
2	1.299.035	2.908	44.554	516	3.046	4.191	13.985	708.814	41.160.557	1.649.749
3	396.803	107	20.818	89	2.190	772	7.075	89.002	3.696.633	449.229
4	1.590.547	377	39.722	157	1.596	2.441	10.606	161.563	7.194.383	1.687.280
5	1.519.364	161	70.645	1.693	7.744	19.598	33.050	231.538	5.034.409	1.658.460
6	474.485	40	16.858	108	1.526	2.931	6.788	106.880	1.405.403	517.871
7	1.114.988	59	47.440	4.805	3.646	24.411	39.318	62.424	915.201	1.186.103
8	1.190.497	1.235	67.602	2.889	7.059	33.170	69.094	114.435	1.434.724	1.298.759
9	1.680.026	4	59.678	6.589	4.809	44.348	103.717	56.549	2.083.711	1.780.225
10	406.016	-	42.765	17.919	7.777	768.249	671.940	30.320	715.124	700.140

Tabela 3.22 - Projeção da demanda hídrica por dessedentação animal.

Demanda Hídrica – Dessedentação Animal (m³/dia)				
UGA	2015 (m³/dia)	2020 (m³/dia)	2025 (m³/dia)	2030 (m³/dia)
1	68.594	69.304	70.045	70.821
2	76.775	78.521	80.420	82.487
3	21.560	21.843	22.143	22.461
4	79.328	80.773	82.413	84.364
5	79.367	80.485	81.668	82.923
6	24.646	25.016	25.425	25.894
7	49.936	52.816	55.932	59.305
8	56.629	59.183	61.947	64.938
9	71.288	76.722	82.618	89.011
10	27.802	30.007	32.404	

3.5.3 Irrigação

Como explicitado no item “Metodologia de Projeção”, foi possível inferir a demanda hídrica relacionada à irrigação, baseando-se no comportamento das áreas irrigadas e nos coeficientes citados.

Assim, depois de computadas as taxas de crescimento por UGA, elas foram aplicadas às áreas irrigadas de 2006, fornecendo assim, as projeções desejadas (Tabela 3.21).

Tabela 3.21 - Projeção da área irrigada.

Área irrigada (ha)				
UGA	2015	2020	2025	2030
1	33.136	42.291	53.976	68.888
2	46.508	59.294	75.594	96.375
3	8.739	8.348	7.974	7.616
4	137.780	175.846	224.429	286.434
5	33.310	34.544	35.824	37.151
6	10.550	11.572	12.694	13.925
7	34.968	44.630	56.960	72.697
8	21.171	25.281	30.190	36.053
9	146.475	184.442	232.251	292.452
10	60.611	66.015	71.901	78.312
Total	533.248	652.263	801.792	989.902

Não obstante, essas projeções foram multiplicadas pelo coeficiente de 34,6 m³/dia.ha, através do qual foi obtida a demanda de recursos hídricos de irrigação por dia, apresentada na Tabela 3.24.

Tabela 3.24 - Projeção da demanda hídrica por área irrigada.

Demanda Hídrica (m ³ /dia)				
UGA	2015	2020	2025	2030
1	1.145.193	1.461.589	1.865.399	2.380.774
2	1.607.327	2.049.188	2.612.519	3.330.711
3	302.030	288.498	275.571	263.224
4	4.761.665	6.077.225	7.756.251	9.899.160
5	1.151.195	1.193.840	1.238.064	1.283.926
6	364.592	399.937	438.709	481.240
7	1.208.511	1.542.400	1.968.537	2.512.408
8	731.657	873.725	1.043.379	1.245.975
9	5.062.170	6.374.321	8.026.590	10.107.140
10	2.094.717	2.281.483	2.484.902	2.706.457
Total	18.429.058	22.542.207	27.709.921	34.211.014

3.5.4 Indústria

A demanda relacionada à indústria, de forma semelhante ao procedimento utilizado no item “Demanda Atual”, baseou-se nos PIB’s secundários por UGA. Essa projeção teve como base uma taxa de crescimento linear obtida através da comparação entre tais PIB’s de 2002 e 2013.

Ainda, segundo a metodologia já descrita, se fez necessária conversão do PIB para moeda americana (USD) através da paridade do poder de compra, fornecido pela base de dados Quandl.

De posse do PIB 2013 a valores de 2002, observou-se a tendência de crescimento linear entre este e o PIB 2002, determinando assim a taxa de crescimento linear para UGA. Essa mesma taxa foi aplicada para o horizonte de estudo, de forma a serem obtidos valores dos PIB’s secundários por UGA.

Ao aplicar o coeficiente de consumo específico para classe 900 (genérica), equivalente a 0,02713 m³/US\$, citado na metodologia, inferiram-se as demandas industriais para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030 (Tabela 3.25).

Tabela 3.25 - Projeção da demanda hídrica industrial.

Projeção Demanda Hídrica da Indústria (m ³ /dia)					
UGA	2013	2015	2020	2025	2030
1	78,70	86,51	98,55	105,38	109,77
2	1.048,55	1.167,97	1.389,18	1.538,77	1.645,83
3	1.101,32	1.220,83	1.409,89	1.519,71	1.591,29
4	104,58	119,41	143,40	157,62	167,01
5	101,31	106,93	115,07	119,45	122,18
6	5,38	6,03	7,06	7,66	8,05
7	6,14	6,24	6,40	6,49	6,55
8	10,97	11,28	11,72	11,96	12,10
9	67,93	73,78	82,85	88,04	91,40
10	33,07	33,47	34,12	34,51	34,75
Total	2.557,96	2.832,44	3.298,25	3.589,59	3.788,93

3.6 Síntese das demandas hídricas

A partir dos resultados das demandas setoriais na região de interesse, foi possível obter a demanda hídrica total para o horizonte de estudo (Tabela 3.26).

Tabela 3.26 - Projeção total das demandas hídricas.

Demanda Total (m ³ /dia)					
Ano	Abastecimento Humano	Dessedentação Animal	Irrigação	Indústria	Total
2015	2.799.810,75	555.925,00	18.429.058,36	2.832,44	21.787.626,55
2020	2.951.798,05	574.670,00	22.542.206,66	3.298,25	26.071.972,95
2025	3.257.214,23	595.015,00	27.709.920,56	3.589,59	31.565.739,37
2030	3.132.574,72	617.211,00	34.211.014,35	3.788,93	37.964.589,00

A demanda hídrica da irrigação constitui-se na mais representativa, sendo responsável por até 90% da demanda total no ano de 2030. Apesar da análise acima revelar o abastecimento humano como segunda atividade de maior demanda hídrica, a Política Nacional de Recursos Hídricos determina que a elaboração de um plano de gestão de águas deve ter como máxima prioridade o abastecimento humano.

Por outro lado, a atividade industrial abrange menos de 1% da demanda total, segundo as projeções realizadas no presente estudo. No entanto, quando observado o crescimento linear desta demanda ao longo do tempo, tem-se a segunda maior taxa, próxima a 2%, enquanto que abastecimento humano e a dessedentação animal crescem a taxas inferiores a 1%.

Ressalta-se que os dados base utilizados para as projeções consistem nas publicações mais recentes do IBGE, a exemplo do Censo Agropecuário (2006) e o Censo Demográfico (2010), mesmo que não retratem a cenário atual com o máximo nível de precisão. Nesse caso, tem-se que, à título de uma projeção de longo prazo (15 anos), a projeção compilada acima cumpre seu papel de direcionar o uso dos recursos hídricos na área de estudo já que é capaz de orientar o planejamento a partir da identificação das principais tendências.

Cabe destacar ainda que, de acordo com os dados disponíveis no Plano Diretor da Bacia do São Francisco, foi possível observar que as vazões máximas outorgadas em 2014, da ordem de 720 m³/s, superam bastante a demanda total projetada para 2030, que correspondem a aproximados 465 m³/s (37.964.589 m³/dia). Nesse mesmo plano, tem-se a projeção das vazões de retirada de água para os usos consuntivos. Mesmo o cenário mais restrito apresenta como projeção da vazão de retirada para 2035 (538,8 m³/s) valor superior à estimativa de demanda aqui realizada (465 m³/s) para o ano de 2030. Desse modo, confere-se aos resultados obtidos através da projeção de demanda hídrica até 2030, grau de razoabilidade.

4 Situação dos Saldos Hídricos dos Sistemas Cársticos e Físsuro-Cársticos

A situação da exploração dos sistemas aquíferos Cársticos e Físsuro-Cársticos na bacia hidrográfica do São Francisco foi espacializada através de um balanço tendo como vazão de entrada a recarga (calculada a partir das análises das curvas de recessão dos hidrogramas) e como vazão de saída a exploração (produção global de água avaliada com base na vazão informada no cadastro de poços existentes em condições de funcionamento), apresentando como resultado o saldo hídrico em cada UGA.

$$\text{Recarga por UGA (m}^3\text{/s)} - \text{Exploração por UGA = Descarga dos poços (m}^3\text{/s)} = \text{Saldo Hídrico (m}^3\text{/s)}$$

Os saldos hídricos regionais foram calculados para cada uma das UGAs e o resultado desse balanço é apresentado na Tabela 4.1, mostrando que a situação da exploração é crítica na UGA 10 (região de Irecê e Lapão) onde ocorre um déficit de -932.643 m³/dia (10,8 m³/s). Nas UGAs de 1 a 9 os saldos do balanço na última coluna da Tabela 4.1 são positivos.

Portanto, no que se refere às condições de exploração, conclui-se que das 10 (dez) Unidades de Gestão das Águas, 8/10 (80%) se encontram em situação confortável, apresentando superávit em todos os setores. Registra-se, todavia, a ocorrência de superexploração, em sua totalidade, na UGA 10 (-10,8 m³/s) e em setores da UGA 5 (Baixo Velhas/Verde Grande) (-8,04 m³/s) e da UGA 3 (Rio das Velhas) (0,61 m³/s).

Tabela 4.1 – Síntese do balanço da exploração dos grupos Bambuí, Una e Urucuia por Unidade de Gestão (UGA).

Zona	Unidade de Gestão	Nome	Área	Recarga (m ³ /dia)	Número de poços	Exploração (m ³ /dia)	Saldo	Saldo
			(km ²)				(m ³ /dia)	(m ³ /s)
I	UGA 1	Rio São Francisco	30.369,00	22.136.215,00	812,00	244.179,00	21.892.036,00	253,38
	UGA 2	Rio Paraopeba	32.362,00	13.835.870,00	802,00	241.518,00	13.594.352,00	157,34
	UGA 3	Rio das Velhas	14.556,00	7.869.299,00	1.260,00	829.474,00	7.039.825,00	81,48
	UGA 4	Rio Paracatu	40.927,00	21.729.199,00	1.255,00	321.032,00	21.408.167,00	247,78
	UGA 5	Baixo Velhas/Verde Grande	49.211,00	8.711.396,00	6.773,00	2.613.879,00	6.097.516,00	70,57
	UGA 6	Rio Urucuia	23.758,00	11.222.040,00	456,00	90.863,00	11.131.177,00	128,83
	UGA 7	Margem Esquerda	43.765,00	4.677.426,00	1.048,00	236.780,00	4.440.646,00	51,40
	UGA 8	Margem Direita	35.605,00	5.118.122,00	1.660,00	498.710,00	4.619.412,00	53,47
	UGA 9	Chapadão Urucuia	120.430,00	48.519.716,00	1.819,00	771.709,00	47.748.007,00	552,64
	UGAs 1 a 9		390.982,00	143.819.283,00	15.885,00	5.848.144,00	137.971.139,00	1.596,89
II	UGA 10	Una	68.867,00	105.175,00	4.638,00	1.037.818,00	-932.643,00	-10,79
	TOTAL		459.849,00	143.924.458,00	20.523,00	6.885.962,00	137.038.496,00	1.586,09

4.1 Saldos Hídricos Regionais

A área de estudo foi discretizada numa malha de 26 linhas (A a Z) por 18 colunas (1 a 18,) totalizando 468 células quadradas ou quadrículas de 30' de lado (cerca de 55 km de lado), cada uma delas medindo aproximadamente 3.025 km² (Figura 4.1).

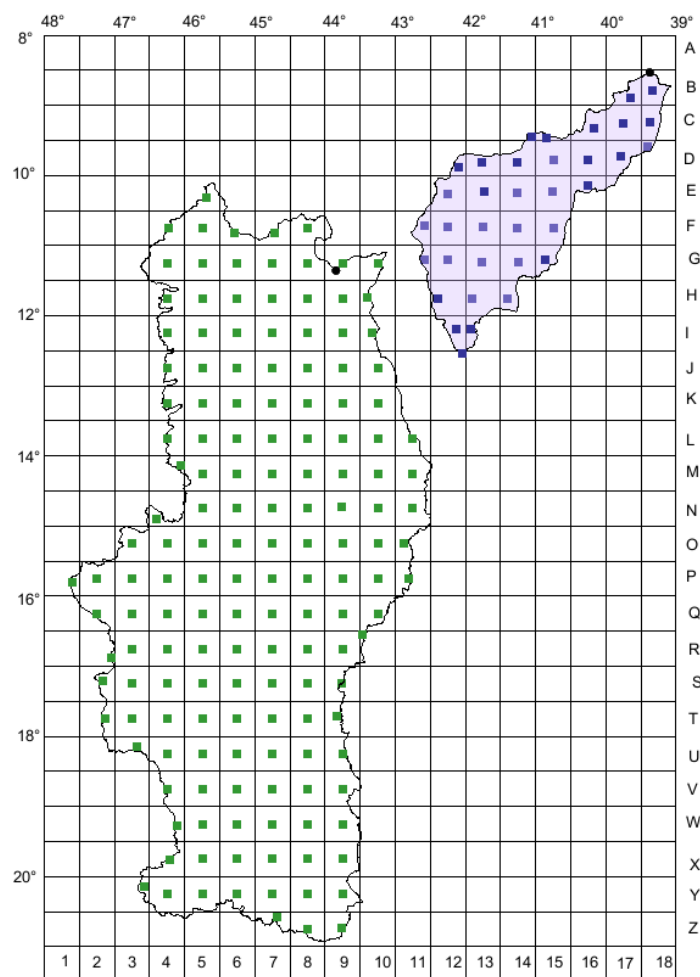


Figura 4.1 – Discretização da área de estudo para fins do balanço entre a recarga e descarga dos poços em exploração.

Os saldos obtidos foram distribuídos em duas grandes zonas, de forma a se obter uma visão da espacialização das disponibilidades hídricas na região para fins de gestão. O zoneamento foi feito da seguinte forma:

- Zona 1 - Corresponde à área das UGAs 1 a 9, discretizada. Trata-se do Sistema Aquífero Bambuí, sendo na parte oeste, o Sistema Aquífero Urucuia;
- Zona 2 - Corresponde à área da UGA 10, discretizada. Trata-se aqui do Sistema Aquífero Salitre.

A divisão em duas zonas foi necessária para possibilitar a verificação da distribuição espacial dos déficits hídricos em domínios hidrogeológicos diferentes.

O resultado é apresentado em tabelas e mapas de zoneamento do saldo hídrico (apresentados nos itens 4.1.1 e 4.1.2) que mostram a distribuição espacial dos saldos e permitem visualizar as zonas críticas onde existe déficit, indicativo de superexploração, e as zonas de conforto onde ainda existe superávit hídrico, ou seja, onde ainda não há indícios de superexploração.

É importante ressaltar ainda que o cadastro de poços utilizado neste estudo representa um número menor do que se tem na região, de forma que se deve considerar um cenário mais pessimista nas regiões de déficit e tomar com cautela as regiões que apresentam superávit.

4.1.1 Saldos Hídricos na Zona I – Sistema Aquífero Bambuí

Esta zona cobre uma superfície de 390.982 km², delimitada entre os meridianos de 42°30' e 48° de longitude oeste e entre os paralelos de 10° e 21° de latitude sul. Corresponde à área das UGAs 1 a 9 discretizada e nessa região a estimativa demonstrou existir um déficit hídrico de -8,65 m³/s que afeta a UGA 5, nas quadrículas Q10 (-0,66 m³/s); R09 (-5,16 m³/s), S09 (-2,21 m³/s) e a UGA 3, na quadrícula X09 (-0,61 m³/s), conforme Tabela 4.2 e mapa da Figura 4.2.

Globalmente, porém, os resultados indicam nesta zona um superávit de 137.971 hm³/dia (1.597 m³/s) como mostrado na Tabela 4.3. Isto porque a recarga alcança 143.819 Hm³/dia (1.665 m³/s) e a exploração é de apenas 3% (68 m³/s) através de 16.743 poços.

Tabela 4.2 – Déficit hídrico da exploração em 4 (quatro) quadrículas da Zona I.

Quadrícula	m ³ /dia	m ³ /s	UGA
Q10	-57.384	-0,66	UGA 5
R09	-446.072	-5,16	
S09	-191.366	-2,21	
X09	-52.411	-0,61	UGA 3
Soma	-747.233	-8,65	

Tabela 4.3 – Balanço da Zona I entre a recarga e as retiradas de água através de poços em exploração nas células correspondentes às UGAs 1 a 9 (destaque em negrito das células com déficit hídrico).

Célula	X	Y	Número de poços	Recarga (m³/dia)	Exploração (m³/dia)	Saldo (m³/dia)
E05	-45,81	-10,24	0	210.600	0	210.600
F04	-46,32	-10,74	0	988.227	0	988.227
F05	-45,81	-10,74	3	737.793	673	737.120
F06	-45,30	-10,74	30	316.246	5.185	311.061
F07	-44,79	-10,74	25	789.750	3.540	786.210
F08	-44,28	-10,74	30	284.726	4.250	280.476
G04	-46,32	-11,24	0	1.054.039	0	1.054.039
G05	-45,81	-11,24	0	1.054.039	0	1.054.039
G06	-45,30	-11,24	23	1.054.039	5.037	1.049.002
G07	-44,79	-11,24	36	1.054.039	9.945	1.044.094
G08	-44,28	-11,24	2	315.395	258	315.137
G09	-43,78	-11,24	0	365.365	0	365.365
G10	-43,27	-11,24	0	1.537	0	1.537
H04	-46,32	-11,75	2	1.054.039	725	1.053.314
H05	-45,81	-11,75	23	1.054.039	95.232	958.807
H06	-45,30	-11,75	32	1.054.039	8.420	1.045.619
H07	-44,79	-11,75	74	1.054.039	19.638	1.034.401
H08	-44,28	-11,75	43	968.198	12.719	955.479
H09	-43,78	-11,75	16	235.013	5.297	229.716
H10	-43,27	-11,75	0	128.551	0	128.551
I04	-46,32	-12,25	10	1.054.039	9.025	1.045.014
I05	-45,81	-12,25	115	1.054.039	55.328	998.711
I06	-45,30	-12,25	67	1.054.039	27.192	1.026.847
I07	-44,79	-12,25	170	1.054.039	48.697	1.005.342
I08	-44,28	-12,25	166	676.336	53.747	622.589
I09	-43,78	-12,25	135	279.191	27.198	251.993
I10	-43,27	-12,25	21	74.306	4.034	70.272
J04	-46,32	-12,75	45	1.054.039	16.728	1.037.311
J05	-45,81	-12,75	75	1.054.039	27.592	1.026.447
J06	-45,30	-12,75	21	1.054.039	21.688	1.032.351
J07	-44,79	-12,75	50	1.081.641	20.126	1.061.515
J08	-44,28	-12,75	141	1.394.458	39.251	1.355.207
J09	-43,78	-12,75	156	657.363	29.024	628.339
J10	-43,27	-12,75	34	284.599	8.087	276.512
K04	-46,32	-13,26	10	1.021.133	3.802	1.017.331
K05	-45,81	-13,26	16	1.054.039	4.951	1.049.088
K06	-45,30	-13,26	13	1.054.039	9.134	1.044.905
K07	-44,79	-13,26	56	1.054.039	13.010	1.041.029
K08	-44,28	-13,26	189	1.002.534	37.661	964.873

Tabela 4.3 – Balanço da Zona I entre a recarga e as retiradas de água através de poços em exploração nas células correspondentes às UGAs 1 a 9 (continuação).

Célula	X	y	Número de poços	Recarga (m³/dia)	Exploração (m³/dia)	Saldo (m³/dia)
K09	-43,78	-13,26	69	1.422.060	16.722	1.405.338
K10	-43,27	-13,26	30	668.270	8.172	660.098
L04	-46,32	-13,76	58	1.054.039	48.470	1.005.569
L05	-45,81	-13,76	51	1.054.039	28.772	1.025.267
L06	-45,30	-13,76	29	1.054.039	10.916	1.043.123
L07	-44,79	-13,76	18	978.499	5.124	973.375
L08	-44,28	-13,76	124	442.847	16.195	426.652
L09	-43,78	-13,76	71	1.211.109	19.745	1.191.364
L10	-43,27	-13,76	10	1.229.991	2.879	1.227.112
L11	-42,76	-13,76	0	467	0	467
M04	-46,32	-14,26	7	872.882	2.395	870.487
M05	-45,81	-14,26	30	1.054.039	11.353	1.042.686
M06	-45,30	-14,26	1	1.054.039	380	1.053.659
M07	-44,79	-14,26	48	916.693	13.738	902.955
M08	-44,28	-14,26	82	578.257	21.068	557.189
M09	-43,78	-14,26	90	1.413.685	25.963	1.387.722
M10	-43,27	-14,26	34	1.359.246	6.220	1.353.026
M11	-42,76	-14,26	0	321.517	0	321.517
N04	-46,32	-14,76	18	798.659	3.038	795.621
N05	-45,81	-14,76	24	1.054.039	3.4719	1.019.320
N06	-45,30	-14,76	13	1.005.968	38.268	967.700
N07	-44,79	-14,76	14	543.110	6.832	536.278
N08	-44,28	-14,76	86	926.325	26.101	900.224
N09	-43,78	-14,76	106	846.687	40.547	806.140
N10	-43,27	-14,76	41	546.510	9.210	537.300
N11	-42,76	-14,76	0	116.986	0	116.986
O03	-46,83	-15,27	22	1.151.954	5.777	1.146.177
O04	-46,32	-15,27	27	1.116.478	7.492	1.108.986
O05	-45,81	-15,27	15	868.832	7.193	861.639
O06	-45,30	-15,27	9	976.438	4.077	972.361
O07	-44,79	-15,27	30	520.845	11.135	509.710
O08	-44,28	-15,27	150	1.333.092	58.027	1.275.065
O09	-43,78	-15,27	340	605.483	285.879	319.604
O10	-43,27	-15,27	145	466.791	38.329	428.462
O11	-42,76	-15,27	0	10.373	0	10.373
P01	-47,84	-15,77	4	1.039.913	843	1.039.070
P02	-47,33	-15,77	39	1.294.985	10.913	1.284.072
P03	-46,83	-15,77	65	1.220.542	12.374	1.208.168
P04	-46,32	-15,77	144	1.220.542	24.978	1.195.564
P05	-45,81	-15,77	28	634.369	9.776	624.593

Tabela 4.3 – Balanço da Zona I entre a recarga e as retiradas de água através de poços em exploração nas células correspondentes às UGAs 1 a 9 (continuação).

Célula	X	y	Número de poços	Recarga (m³/dia)	Exploração (m³/dia)	Saldo (m³/dia)
P06	-45,30	-15,77	20	571.928	8.225	563.703
P07	-44,79	-15,77	67	1.237.478	11.372	1.226.106
P08	-44,28	-15,77	474	689.235	125.338	563.897
P09	-43,78	-15,77	590	584.545	212.126	372.419
P10	-43,27	-15,77	342	401.863	181.607	220.256
P11	-42,76	-15,77	0	118	0	118
Q02	-47,25	-16,25	78	1.304.529	11.533	1.292.996
Q03	-46,75	-16,25	331	1.241.741	59.351	1.182.390
Q04	-46,32	-16,27	85	1.220.542	11.715	1.208.827
Q05	-45,81	-16,27	52	741.023	11.531	729.492
Q06	-45,30	-16,27	92	1.223.766	24.899	1.198.867
Q07	-44,79	-16,27	330	1.055.228	93.878	961.350
Q08	-44,28	-16,27	489	584.545	182.621	401.924
Q09	-43,78	-16,27	1045	529.798	449.674	80.124
Q10	-43,27	-16,27	347	65.889	123.273	-57.384
R02	-47,33	-16,78	6	1.097.168	789	1.096.379
R03	-46,83	-16,78	185	1.336.423	36.603	1.299.820
R04	-46,32	-16,78	158	1.128.670	34.839	1.093.831
R05	-45,81	-16,78	18	536.432	4.238	532.194
R06	-45,30	-16,78	37	1.091.922	7.522	1.084.400
R07	-44,79	-16,78	211	1.212.681	66.609	1.146.072
R08	-44,28	-16,78	396	584.545	142.398	442.147
R09	-43,78	-16,78	2034	237.429	683.502	-446.073
R10	-43,27	-16,78	35	70.115	14.326	55.789
S02	-47,33	-17,28	0	1.274.703	0	1.274.703
S03	-46,83	-17,28	101	1.350.600	38.383	1.312.217
S04	-46,32	-17,28	55	1.350.600	11.204	1.339.396
S05	-45,81	-17,28	27	1.176.099	7.468	1.168.631
S06	-45,30	-17,28	6	1.441.882	923	1.440.959
S07	-44,79	-17,28	150	1.129.719	34.762	1.094.957
S08	-44,28	-17,28	242	482.159	57.005	425.154
S09	-43,78	-17,28	541	2.113	193.479	-191.366
T02	-47,33	-17,78	0	1.202.091	0	1.202.091
T03	-46,83	-17,78	94	1.220.542	34.684	1.185.858
T04	-46,32	-17,78	84	1.220.542	22.591	1.197.951
T05	-45,81	-17,78	7	1.787.648	708	1.786.940
T06	-45,30	-17,78	17	1.296.646	5.287	1.291.359
T07	-44,79	-17,78	92	663.272	23.189	640.083
T08	-44,28	-17,78	43	511.549	12.181	499.368
T09	-43,78	-17,78	7	292.177	3.063	289.114

Tabela 4.3 – Balanço da Zona I entre a recarga e as retiradas de água através de poços em exploração nas células correspondentes às UGAs 1 a 9 (continuação).

Célula	X	y	Número de poços	Recarga (m³/dia)	Exploração (m³/dia)	Saldo (m³/dia)
U03	-46,83	-18,28	36	991.515	16.437	975.078
U04	-46,32	-18,28	44	1.631.796	3.429	1.628.367
U05	-45,81	-18,28	39	1.885.907	21.814	1.864.093
U06	-45,30	-18,28	37	1.198.022	6.138	1.191.884
U07	-44,79	-18,28	25	584.545	5.386	579.159
U08	-44,28	-18,28	182	588.896	71.019	517.877
U09	-43,78	-18,28	0	8.529	0	8.529
V04	-46,32	-18,79	51	2.040.582	9.780	2.030.802
V05	-45,81	-18,79	55	1.494.676	13.013	1.481.663
V06	-45,30	-18,79	95	1.304.676	15.983	1.288.693
V07	-44,79	-18,79	128	1.007.199	36.236	970.963
V08	-44,28	-18,79	317	1.199.301	142.627	1.056.674
V09	-43,78	-18,79	4	178.260	809,06	177.451
W04	-46,32	-19,29	54	2.036.336	13.114	2.023.222
W05	-45,81	-19,29	62	1.570.335	19.954	1.550.381
W06	-45,30	-19,29	114	1.468.045	29.973	1.438.072
W07	-44,79	-19,29	164	1.376.574	51.005	1.325.569
W08	-44,28	-19,29	633	1.297.719	342.215	955.504
W09	-43,78	-19,29	98	354.183	21.034	333.149
X04	-46,32	-19,79	17	2.000.752	1.958	1.998.794
X05	-45,81	-19,79	101	1.740.415	22.127	1.718.288
X06	-45,30	-19,79	25	1.437.781	25.337	1.412.444
X07	-44,79	-19,79	9	1.309.064	6.707	1.302.357
X08	-44,28	-19,79	168	1.308.224	92.176	1.216.048
X09	-43,78	-19,79	352	284.023	336.434	-52.411
Y03	-46,83	-20,30	0	1.724.138	0	1.724.138
Y04	-46,32	-20,30	43	1.992.024	11.725	1.980.299
Y05	-45,81	-20,30	241	1.514.349	88.815	1.425.534
Y06	-45,30	-20,30	0	1.437.781	0	1.437.781
Y07	-44,79	-20,30	0	1.437.781	0	1.437.781
Y08	-44,28	-20,30	0	1.699.236	0	1.699.236
Y09	-43,78	-20,30	0	162.481	0	162.481
Z07	-44,79	-20,80	0	1.162.182	0	1.162.182
Z08	-44,28	-20,80	0	1.468.337	0	1.468.337
Z09	-43,78	-20,80	0	3.357	0	3.357
Total			15.885	143.819.283	5.848.955	137.970.323

Nota: As células destacadas em **amarelo** não devem ser consideradas no balanço tendo em vista que estão no domínio de exploração de rochas cristalinas, onde obteve-se o valor de recarga, mas não da exploração.

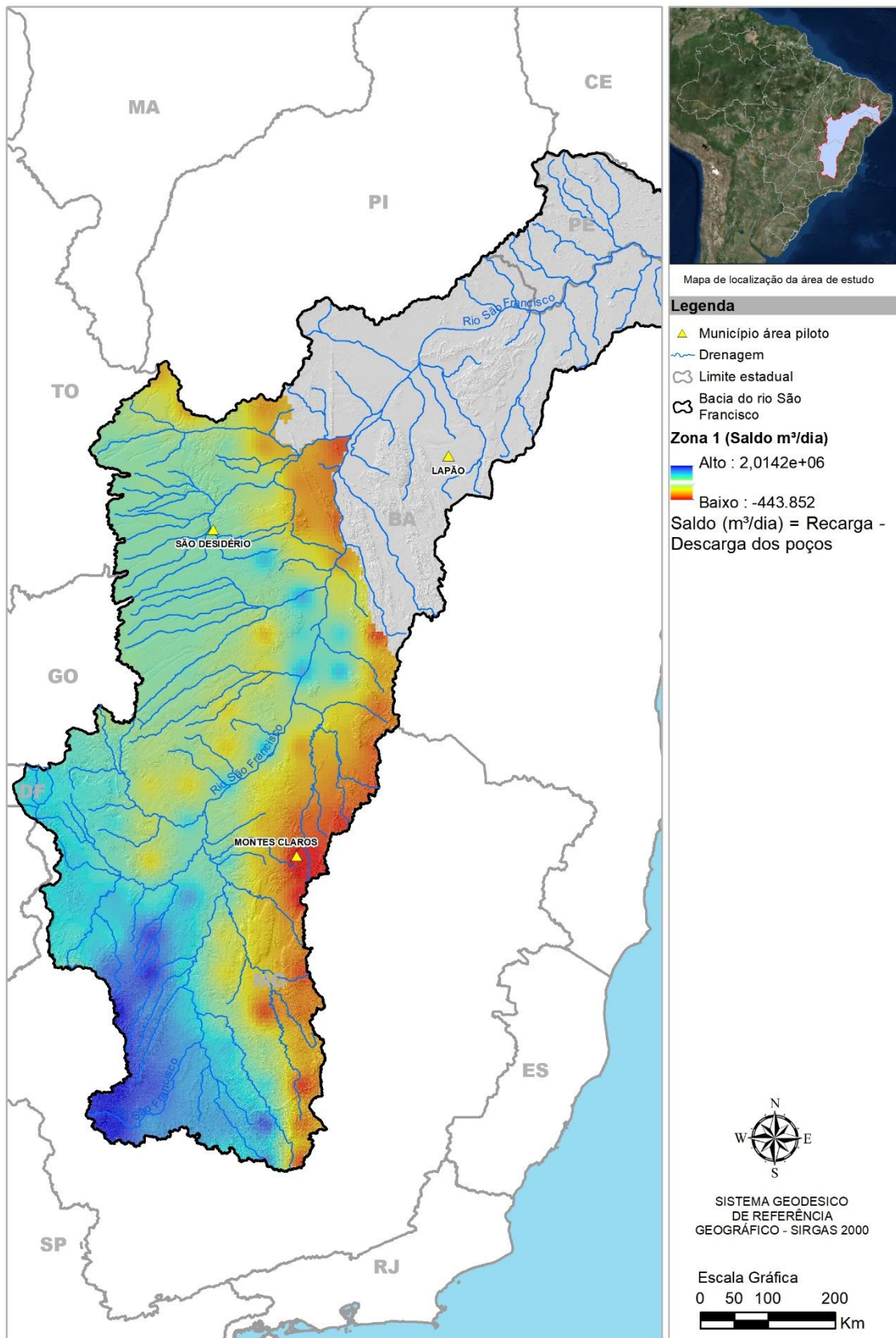


Figura 4.2 – Zoneamento do saldo hídrico no Sistema Aquífero Bambuí e Urucuia – Zona 1.

4.1.2 Saldos Hídricos na Zona II – Sistema Aquífero Salitre

Esta zona possui área de 68.867 km² cobrindo as bacias de Irecê e Salitre. Foi definida como a unidade de gestão 10 (UGA10) e os resultados do balanço para 4.699 poços em exploração revelam um déficit de -5,25 m³/s (-453.683 m³/dia) distribuído por 16 células como mostra a Tabela 4.4Tabela 4.. Todavia, na escala global desta zona o déficit é igual a -409.162 m³/dia ou -4,73 m³/s (Tabela 4.5), é ilustrado na Figura 4.3.

Tabela 4.4 – Déficit hídrico da exploração em 16 (dezesseis) quadrículas da Zona II (Bacias de Irecê e Salitre).

Célula	m ³ /dia	m ³ /s
G13	-162.504	- 1,881
H12	-103.671	- 1,200
G12	- 42.113	- 0,487
F14	- 28.290	- 0,327
G14	- 27.254	- 0,315
F15	- 20.006	- 0,232
H11	- 14.601	- 0,169
H13	- 11.569	- 0,134
E15	- 10.252	- 0,119
G15	- 9.944	- 0,115
F13	- 9.913	- 0,115
F12	- 5.998	- 0,069
E13	- 3.584	- 0,041
E12	- 3.007	- 0,035
D16	- 632	- 0,007
E16	- 342	- 0,004
Soma	-453.683	-5,251

Tabela 4.5 – Balanço da Zona II entre a recarga e as retiradas de água através de 4.699 poços em exploração (destacando as células com déficit hídrico).

Célula	x	y	Número de poços	Recarga (m³/dia)	Descarga dos Poços (m³/dia)	Saldo (m³/dia)
B17	-39,71	-8,73	0	3.366	0	3.366
B18	-39,20	-8,73	0	62	0	62
C14	-41,23	-9,23	0	842	0	842
C15	-40,73	-9,23	0	1.797	0	1.797
C16	-40,22	-9,23	0	4.179	0	4.179
C17	-39,71	-9,23	0	3.588	0	3.588
C18	-39,20	-9,23	0	74	0	74
D12	-42,25	-9,74	0	2.695	0	2.695
D13	-41,74	-9,74	3	3.145	346,17	2.799
D14	-41,23	-9,74	0	4.493	0	4.493
D15	-40,73	-9,74	24	4.493	2341,92	2.151
D16	-40,22	-9,74	51	4.345	4976,58	- 632
D17	-39,71	-9,74	0	3.504	0	3.504
D18	-39,20	-9,74	0	2.921	0	2.921
E12	-42,25	-10,24	65	4.493	7500,35	- 3.007
E13	-41,74	-10,24	70	4.493	8077,30	- 3.584
E14	-41,23	-10,24	12	4.493	1331,25	3.162
E15	-40,73	-10,24	135	2.921	13173,30	- 10.252
E16	-40,22	-10,24	15	1.122	1463,70	- 342
F11	-42,76	-10,74	15	4.272	1730,85	2.541
F12	-42,25	-10,74	91	4.493	10491,28	- 5.998
F13	-41,74	-10,74	126	4.493	14405,89	- 9.913
F14	-41,23	-10,74	334	4.493	32783,34	- 28.290
F15	-40,73	-10,74	214	876	20882,12	- 20.006
G11	-42,76	-11,24	0	3.573	0	3.573
G12	-42,25	-11,24	415	4.500	46612,80	- 42.113
G13	-41,74	-11,24	1486	4.404	166907,52	-162.504
G14	-41,23	-11,24	286	3.145	30398,94	- 27.254
G15	-40,73	-11,25	102	9	9953,16	- 9.944
H11	-42,25	-11,75	156	2.921	17521,92	- 14.601
H12	-41,74	-11,75	963	4.493	108164,16	-103.671
H13	-41,23	-11,75	127	2.696	14264,64	- 11.569
I11	-42,25	-12,25	4	899	449,28	450
I12	-41,74	-12,25	5	2.808	561,60	2.246
J12	-42,25	-12,75	0	75	0	75
Total			4.699	105.175	514.338,07	- 409.162,07

Nota: As células destacadas em **amarelo** estão fora do domínio hidrogeológico do Sistema Aquífero Salitre e/ou da área do cadastro de poços, portanto, não devem ser consideradas neste balanço.

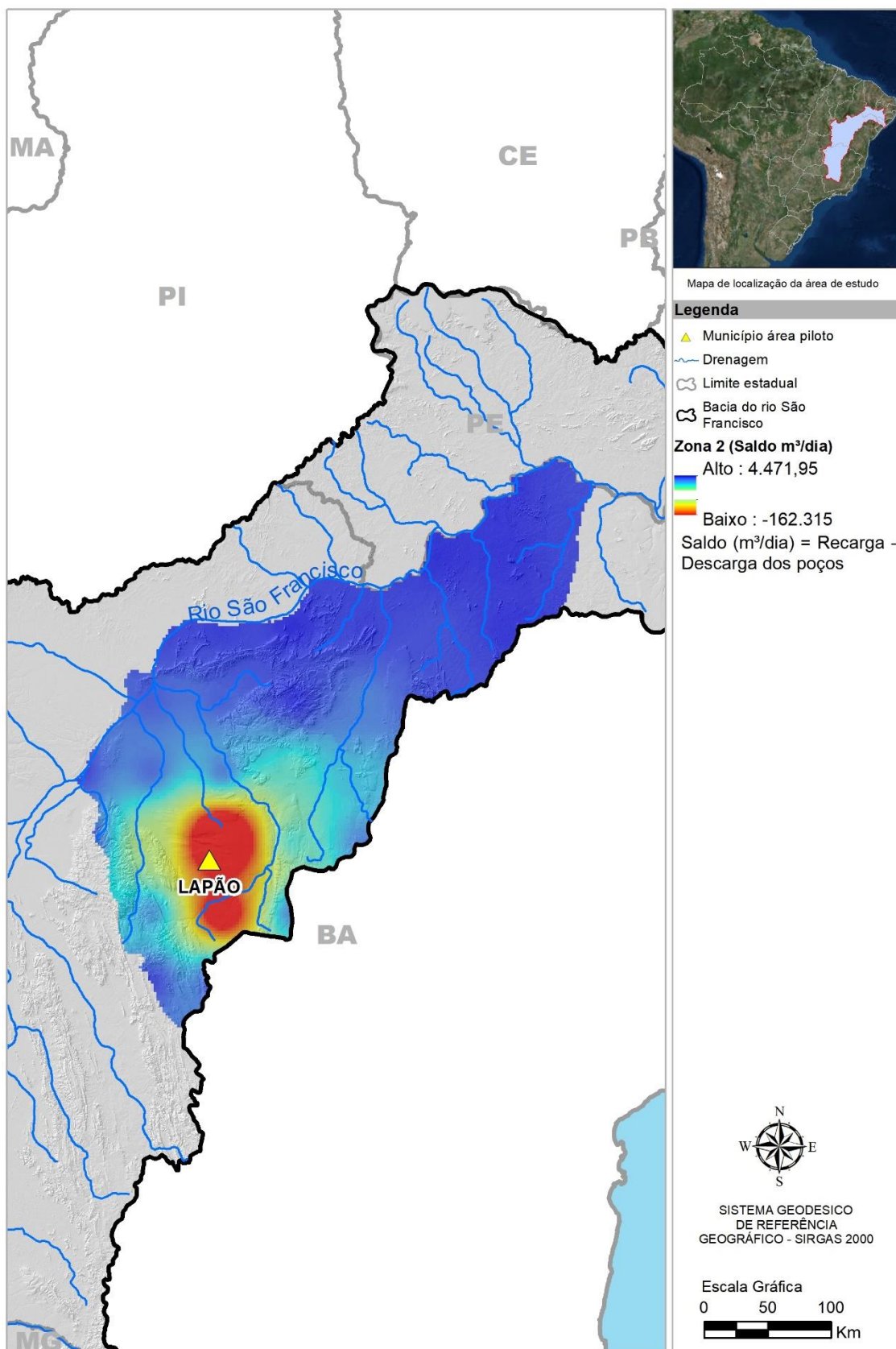


Figura 4.3 – Zoneamento do saldo hídrico no Sistema Aquífero Salitre – Zona 2.

4.2 Saldos Hídricos nas Áreas Piloto

4.2.1 Área Piloto Bacia do Rio São Desidério

A área piloto Bacia do Rio São Desidério na região oeste da Bahia está inserida na Unidade 9 (nove) de Gestão das Águas (UGA 9) denominada Chapadão do Urucuia.

Nessa área piloto o balanço entre a recarga e a exploração foi realizado dividindo-se a área de estudo, isto é, a bacia hidrográfica do rio São Desidério, com uma superfície de 4630,00 km², em 72 células quadradas de 5 minutos de lado, cada uma delas equivalente a uma área de aproximadamente 9,1 x 9,1 ≈ 84 km².

Em cada célula da malha regular foi realizado um balanço hídrico tendo como vazão de entrada a recarga média da célula e como vazão de saída a descarga produzida pelos poços existentes na célula.

A recarga da área piloto foi avaliada através da análise dos hidrogramas da estação fluviométrica 46550000 em Barreiras, no rio Grande. Essa recarga foi de $6,20 \cdot 10^8$ m³/ano ou cerca de $6,2 \cdot 10^2$ hm³/ano, a qual foi dividida equitativamente pelas 72 células acima citadas.

A descarga considerou 165 poços em regime de funcionamento de 7,8 horas/dia. Em conjunto explotam o equivalente em média a 112,4 m³/dia para cada um. Essa descarga foi distribuída pelas 72 células acima citadas, proporcionalmente ao número de poços em cada uma delas.

O balanço é apresentado na Tabela 4.6 e na Figura 4.4. Verifica-se que existe excedente hídrico significativo em todas as células, que varia de 371 a 399 m³/dia.km².

Tabela 4.6 – Balanço Recarga x Exploração do aquífero Bambuí na área Piloto Bacia do Rio São Desidério, região oeste da Bahia.

Célula	X	Y	Número de Poços	Área km ²	Recarga (m ³ /dia)	Exploração (m ³ /dia)	Saldo (m ³ /dia)
1	-44,95	-12,27	0	6,83	2508,50	0	2508
2	-44,86	-12,27	0	0,9	330,55	0	331
3	-44,20	-12,27	0	5	1836,38	0	1836
4	-44,11	-12,27	0	20,23	7430,00	0	7430
5	-44,03	-12,27	0	41,7	15315,41	0	15315
6	-43,94	-12,27	0	9,97	3661,74	0	3662
7	-45,03	-12,35	4	31,22	11466,36	450	11017
8	-44,95	-12,35	7	84	30851,19	787	30064
9	-44,86	-12,35	1	19,44	7139,85	112	7027
10	-44,61	-12,35	0	6,55	2405,66	0	2406
11	-44,53	-12,35	1	34,57	12696,73	112	12584
12	-44,44	-12,35	2	64,09	23538,73	225	23314
13	-44,36	-12,35	4	63,06	23160,43	450	22711
14	-44,28	-12,35	6	70,4	25856,24	674	25182
15	-44,20	-12,35	1	82,08	30146,02	112	30034
16	-44,11	-12,35	3	84	30851,19	337	30514
17	-44,03	-12,35	0	58,58	21515,03	0	21515
18	-45,03	-12,43	1	36,33	13343,14	112	13231
19	-44,95	-12,43	7	84	30851,19	787	30064
20	-44,86	-12,43	6	78,9	28978,08	674	28304
21	-44,78	-12,43	3	74,07	27204,14	337	26867
22	-44,69	-12,43	5	62,49	22951,08	562	22389
23	-44,61	-12,43	13	80,16	29440,85	1461	27980
24	-44,53	-12,43	10	84	30851,19	1124	29727
25	-44,44	-12,43	1	84	30851,19	112	30739
26	-44,36	-12,43	3	84	30851,19	337	30514
27	-44,28	-12,43	6	84	30851,19	674	30177
28	-44,20	-12,43	5	84	30851,19	562	30289
29	-44,11	-12,43	1	83,58	30696,94	112	30585
30	-44,03	-12,43	0	47,87	17581,51	0	17582
31	-45,03	-12,52	0	23,52	8638,33	0	8638
32	-44,95	-12,52	4	83,67	30729,99	450	30280
33	-44,86	-12,52	1	84	30851,19	112	30739
34	-44,78	-12,52	8	84	30851,19	899	29952
35	-44,69	-12,52	3	84	30851,19	337	30514
36	-44,61	-12,52	0	84	30851,19	0	30851
37	-44,53	-12,52	2	84	30851,19	225	30626
38	-44,44	-12,52	2	84	30851,19	225	30626
39	-44,36	-12,52	0	84	30851,19	0	30851

Célula	X	Y	Número de Poços	Área km ²	Recarga (m ³ /dia)	Exploração (m ³ /dia)	Saldo (m ³ /dia)
40	-44,28	-12,52	0	84	30851,19	0	30851
41	-44,20	-12,52	1	84	30851,19	112	30739
42	-44,11	-12,52	0	66,44	24401,82	0	24402
43	-44,95	-12,60	0	61,06	22425,88	0	22426
44	-44,86	-12,60	0	84	30851,19	0	30851
45	-44,78	-12,60	0	84	30851,19	0	30851
46	-44,69	-12,60	7	84	30851,19	787	30064
47	-44,61	-12,60	0	84	30851,19	0	30851
48	-44,53	-12,60	0	84	30851,19	0	30851
49	-44,44	-12,60	1	84	30851,19	112	30739
50	-44,36	-12,60	0	84	30851,19	0	30851
51	-44,28	-12,60	1	84	30851,19	112	30739
52	-44,20	-12,60	2	84	30851,19	225	30626
53	-44,11	-12,60	3	74,7	27435,52	337	27098
54	-44,95	-12,68	0	37,17	13651,65	0	13652
55	-44,86	-12,68	0	83,36	30616,14	0	30616
56	-44,78	-12,68	1	84	30851,19	112	30739
57	-44,69	-12,68	3	84	30851,19	337	30514
58	-44,61	-12,68	1	84	30851,19	112	30739
59	-44,53	-12,68	6	84	30851,19	674	30177
60	-44,44	-12,68	9	84	30851,19	1012	29840
61	-44,36	-12,68	4	84	30851,19	450	30402
62	-44,28	-12,68	4	84	30851,19	450	30402
63	-44,20	-12,68	0	70,43	25867,26	0	25867
64	-44,11	-12,68	2	24,3	8924,81	225	8700
65	-44,86	-12,77	0	39,26	14419,26	0	14419
66	-44,78	-12,77	0	53,17	19528,07	0	19528
67	-44,69	-12,77	2	56,41	20718,04	225	20493
68	-44,61	-12,77	7	48,96	17981,84	787	17195
69	-44,53	-12,77	1	15,09	5542,20	112	5430
70	-44,44	-12,77	0	42,14	15477,01	0	15477
71	-44,36	-12,77	0	38,81	14253,99	0	14254
72	-44,28	-12,77	0	36,7	13479,03	0	13479
73	-44,20	-12,77	0	19,73	7246,36	0	7246

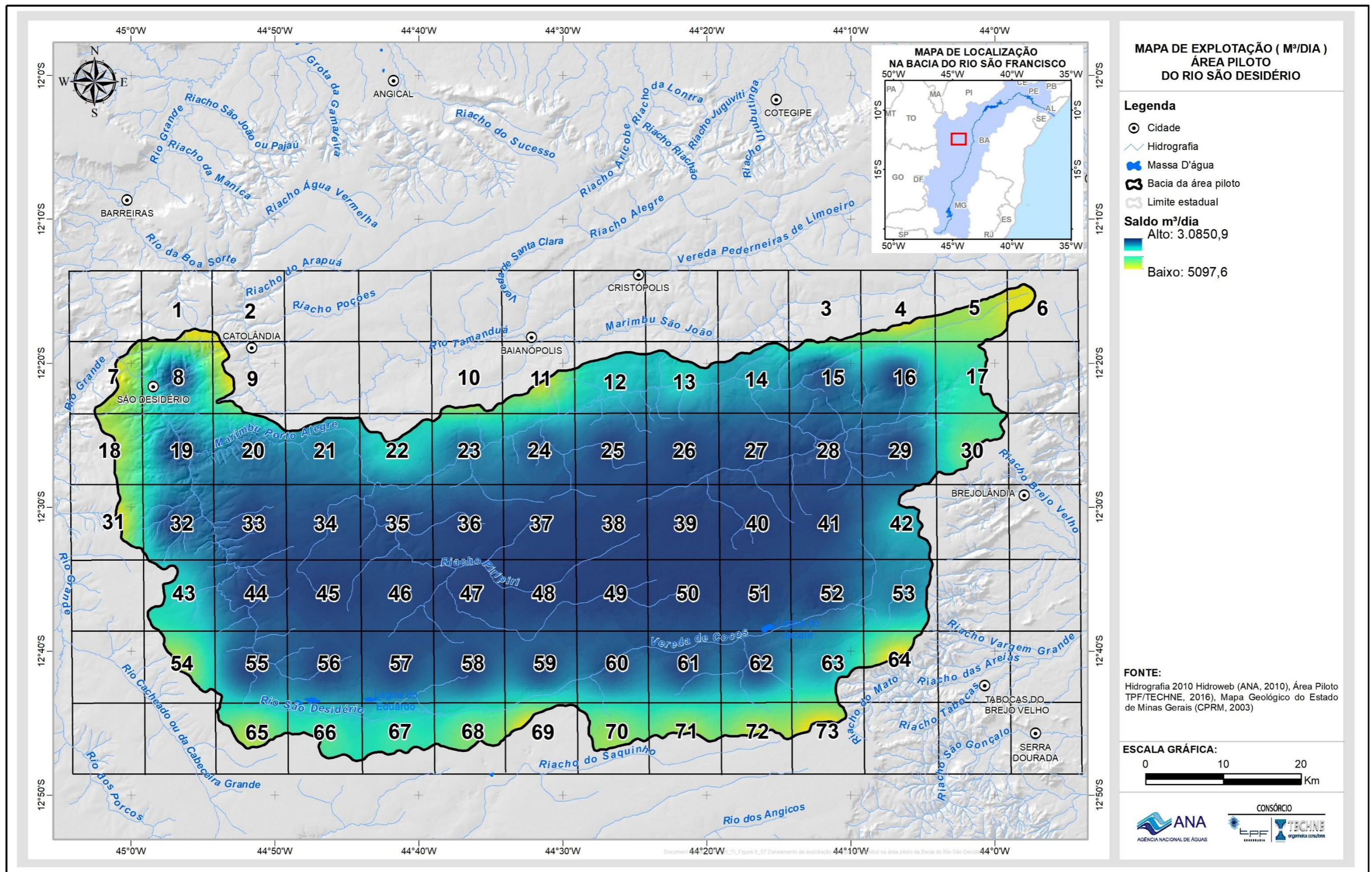


Figura 4.4 – Zonamento do saldo hídrico do SAB e do SAU na área piloto Bacia do Rio São Desidério.

4.2.2 Área Piloto Bacia do Rio do Vieira

A área piloto Bacia do Rio do Vieira, na região de Montes Claros/MG, está inserida na Unidade 5 (cinco) de Gestão das Águas (UGA 5) denominada Baixo Velhas – Verde.

Nessa área piloto o balanço entre a recarga e a exploração foi realizado dividindo-se a área de estudo, isto é, a bacia hidrográfica do rio do Vieira com uma superfície de 579,1 km², em 18 células quadradas de 4 minutos de lado, cada uma delas equivalente a uma área aproximadamente 7,28 x 7,28 ≈ 53 km².

Em cada célula da malha regular foi realizado um balanço hídrico tendo como vazão de entrada a recarga média da célula e como vazão de saída a descarga produzida pelos poços existentes na célula.

A recarga da área piloto foi avaliada através da análise de hidrogramas das estações fluviométricas 42100000 (Rio São Lamberto em Claro dos Poções), 42187000 (rio Pacuí em Ponte dos Ciganos, e 44670000 (rio Verde Grande em Jaíba). Essa recarga foi de 4,59 x10⁷ m³/ano, ou 45,9 hm³/ano, a qual foi dividida equitativamente pelas 18 células acima citadas.

A descarga considerou o conjunto de poços em condições de funcionamento, que corresponde a um total de 731 poços. Em conjunto explotam o equivalente a 0,8255 m³/s, o que equivale em média a 97,56 m³/dia para cada um. Essa descarga foi distribuída pelas 18 células acima citadas, proporcionalmente ao número de poços em cada uma delas. Sendo a vazão média utilizada igual a 97,56 m³/dia

O balanço é apresentado na Tabela 4.7 e na Figura 4.5. Verifica-se que existe déficit hídrico significativo em 3 (três) células: 12 (-16934,4 m³/dia), 11 (-3.888,00 m³/dia) e 15 (-1.728,00 m³/dia) totalizando -22.550,4 m³/dia.

Tabela 4.7 – Balanço Recarga x Exploração do aquífero Bambuí na Área Piloto Rio do Vieira – Montes Claros/MG.

Célula	x	y	Número de poços	Área km ²	Recarga m ³ /d	Descarga m ³ /d	Saldo m ³ /dia
1	-16,57	-43,90	3	29,1	6315	293	6022
2	-16,57	-43,83	9	28	6074	878	5196
3	-16,57	-43,77	2	3,8	833	195	638
4	-16,63	-44,03	1	22,8	4956	98	4858
5	-16,63	-43,97	3	52	11293	293	11000
6	-16,63	-43,90	26	53	11491	2537	8954
7	-16,63	-43,83	25	51,6	11205	2439	8766
8	-16,63	-43,77	13	20,8	4517	1268	3249
9	-16,70	-44,03	3	20,3	4408	293	4115
10	-16,70	-43,97	3	47,6	10328	293	10035
11	-16,70	-43,90	158	53	11491	15414	-3.923
12	-16,70	-43,83	265	41,1	8925	25853	-16.928
13	-16,77	-43,97	3	30,5	6622	293	6329
14	-16,77	-43,90	107	53	11491	10439	1052
15	-16,77	-43,83	85	30,2	6557	8293	-1.736
16	-16,83	-43,97	1	1,4	307	98	209
17	-16,83	-43,90	19	30,8	6688	1854	4834
18	-16,83	-43,83	5	10	2171	488	1683

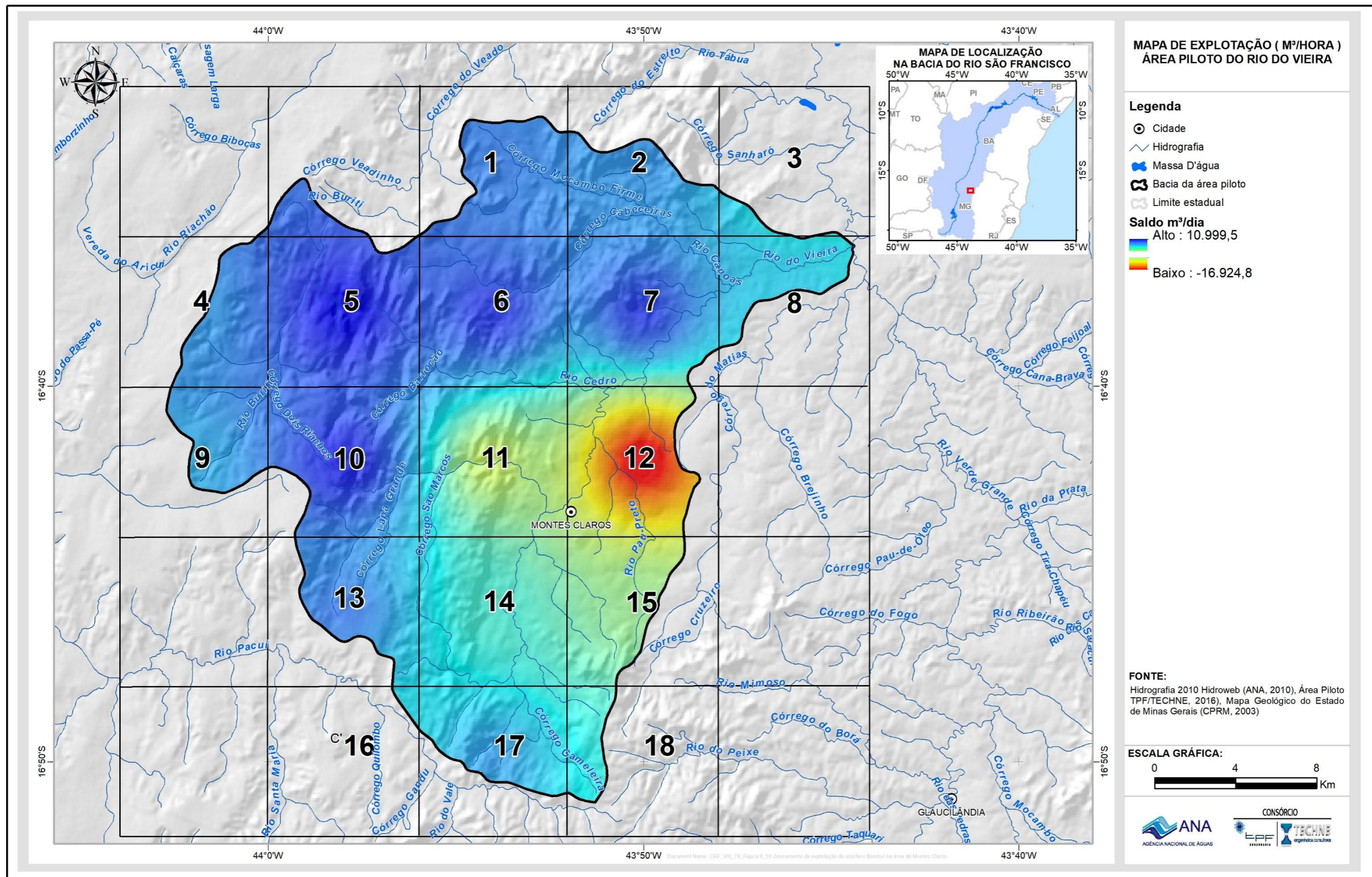


Figura 4.5 – Zoneamento do saldo hídrico do aquífero Bambuí na área piloto da Bacia do Rio do Vieira

4.2.3 Área Piloto Bacia do Riacho do Juá

A área piloto Bacia do Riacho do Juá (na região de Irecê – BA) está inserida na Unidade de Gestão 10 (UGA 10). O Aquífero Salitre, nessa área, se encontra em estágio de superexploração. Nessa área piloto o balanço entre a recarga e a exploração foi realizado dividindo-se a área de estudo, isto é, a bacia hidrográfica do riacho do Juá, com uma superfície de 966,00 km², em 23 células quadradas de 4 minutos de lado, cada uma delas equivalente a uma área de $5,7 \times 5,7 \approx 32$ km².

Em cada célula da malha regular foi realizado um balanço hídrico tendo como vazão de entrada a recarga média da célula e como vazão de saída a descarga produzida pelos poços existentes na célula.

A recarga da área piloto foi avaliada através da análise dos hidrogramas da estação fluviométrica 47249000 no rio Verde Grande II. Essa recarga foi de $5,48 \times 10^6$ m³/ano ou cerca de 625 m³/h, a qual foi dividida equitativamente pelas 23 células.

A descarga considerou 403 poços em regime de funcionamento de 8,5 horas/dia, produzindo conjuntamente 44.635,29 m³/dia, ou 16,3 hm³/ano. Essa descarga foi distribuída pelas 23 células acima citadas, proporcionalmente ao número de poços em cada uma delas.

O balanço é apresentado na Tabela 4.8 e na Figura 4.6. Verifica-se que em 74% das células (17/23) existe déficit hídrico, havendo excedente apenas nas células 1, 7, 8, 9, 14 e 20, correspondentes aos quartzitos da Serra do Uibaí (Grupo Chapada Diamantina).

A situação mais crítica ocorre nas células: 10 (-0,040 m³/s), 11 (-0,023 m³/s), 12 (-0,048 m³/s), 13 (-0,044 m³/s) e 14 (-0,037 m³/s). O déficit total encontrado na área é de 324 L/s ou 28.003,00 m³/dia, para uma recarga de 7,4 mm/ano equivalente a cerca de 20 m³/km².dia.

Tabela 4.8 – Balanço entre a recarga e as retiradas de água através de poços em exploração na área piloto da Bacia do Riacho do Juá.

Célula	X	y	Número de poços	Área km ²	Recarga m ³ /d	Descarga m ³ /dia	Saldo (m ³ /dia)
1	-42,0899	-11,3534	6	37,98	770,0	664,5	105
2	-42,0231	-11,3534	9	27,71	561,8	996,8	-435
3	-41,9563	-11,3534	12	30,42	616,7	1.329,1	-712
4	-41,8896	-11,3534	19	37,47	759,7	2.104,4	-1.345
5	-41,8228	-11,3534	17	20,29	411,4	1.882,9	-1.472
6	-41,7561	-11,3534	9	17,43	353,4	996,8	-643
7	-41,6893	-11,3534	17	18,86	382,4	1.882,9	-1.501
8	-42,0899	-11,4201	2	53,88	1.092,4	221,5	871
9	-42,0231	-11,4201	9	53,88	1.092,4	996,8	96
10	-41,9563	-11,4201	41	53,88	1.092,4	4.541,1	-3.449
11	-41,8896	-11,4201	28	53,88	1.092,4	3.101,2	-2.009
12	-41,8228	-11,4201	47	53,88	1.092,4	5.205,6	-4.113
13	-41,7561	-11,4201	43	46,94	951,7	4.762,6	-3.811
14	-41,6893	-11,4201	33	22,52	456,6	3.655,0	-3.198
15	-42,0231	-11,4869	13	53,88	1.092,4	1.439,8	-347
16	-41,9563	-11,4869	19	53,88	1.092,4	2.104,4	-1.012
17	-41,8896	-11,4869	25	53,88	1.092,4	2.768,9	-1.677
18	-41,8228	-11,4869	20	34,47	698,8	2.215,2	-1.516
19	-41,7561	-11,4869	2	3,28	66,5	221,5	-155
20	-42,0231	-11,5536	4	26,11	529,4	443,0	86
21	-41,9563	-11,5536	19	34,32	695,8	2.104,4	-1.409
22	-41,8896	-11,5536	5	28,38	575,4	553,8	22
23	-41,8228	-11,5536	4	3,17	64,3	443,0	-379
Total			403				-28.003

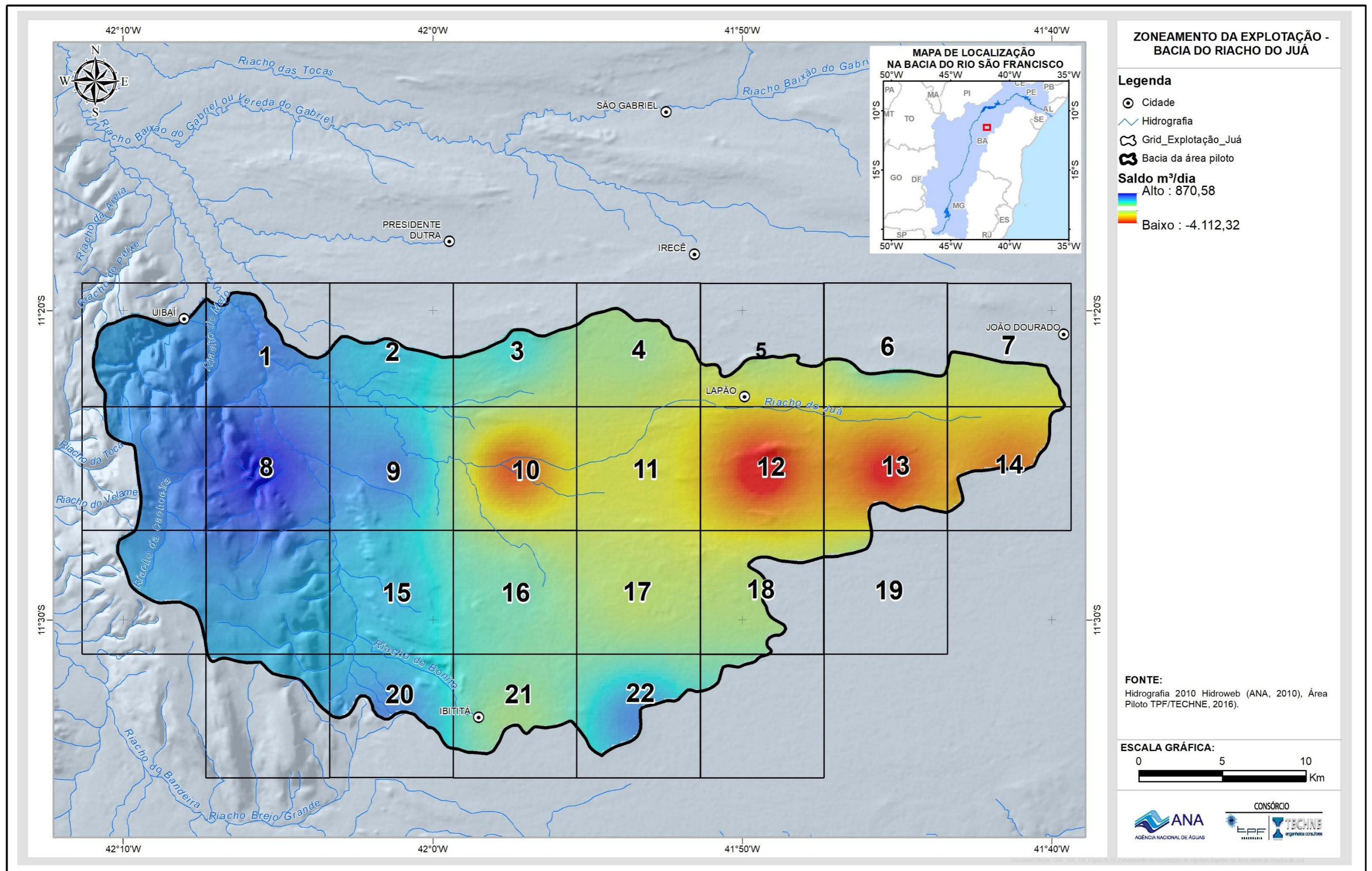


Figura 4.6 – Zoneamento do saldo hídrico do aquífero Bambuí na área piloto da Bacia do Riacho do Juá.

4.3 Porcentagem de Atendimento da Demanda Regional

Um levantamento populacional da área de estudo foi feito com objetivo de avaliar o resultado do comportamento deste crescimento. Foram coletados dados oficiais do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) dos anos de 2000 e 2010, e posteriormente calculou-se a taxa de crescimento anual entre esses anos, para possibilitar o cálculo das demandas para abastecimento urbano e rural e as projeções para os horizontes futuros.

Também foram calculadas as demandas para dessedentação animal, irrigação e indústria.

Uma síntese das demandas calculadas é apresentada na tabela 4.9 a seguir

Tabela 4.9 – Síntese das demandas hídricas

Demanda Total (m ³ /dia)					
Ano	Abastecimento Humano	Dessedentação Animal	Irrigação	Indústria	Total
2015	2.799.810,75	555.925,00	18.429.058,36	2.832,44	21.787.626,55
2020	2.951.798,05	574.670,00	22.542.206,66	3.298,25	26.071.972,95
2025	3.257.214,23	595.015,00	27.709.920,56	3.589,59	31.565.739,37
2030	3.132.574,72	617.211,00	34.211.014,35	3.788,93	37.964.589,00

Subdomínio	UF	Demanda Hídrica			
		2015	2020	2025	2030
Total	MG	18.919.356,01	21.430.232,09	24.592.509,57	28.584.916,89
Total	BA	11.343.825,23	13.262.108,62	15.633.975,65	18.583.338,41
TOTAL GERAL		163.975.325,62	193.104.460,01	232.302.006,82	283.907.808,96

Na Tabela 4.10 encontra-se um comparativo entre o valor total da demanda para irrigação, indústria, dessedentação animal, abastecimento urbano e rural, e o valores explorados por UGA. Nota-se que a vazão disponível para exploração é bem inferior à demanda e que o percentual de atendimento por Unidade de Gestão das Águas, varia de 6% a 73%, com uma média de 29% que não chega a 1/3 das necessidades.

Tabela 4.10 – Percentual de demanda atendido por água subterrânea nas UGAs.

UGA	Irrigação m ³ /dia	Dessedentação Animal m ³ /dia	Abast Rural m ³ /dia	Abast Urbano m ³ /dia	Indus trial m ³ /di a	Demanda Total de água m ³ /dia	Exploração m ³ /dia	% Dem anda
1	1.145.193	68.59468.5	10.453	105.510	87	1.329.837	244.178	18%
2	1.607.327	76.775	38.397	734.329	1168	2.457.996	241.518	10%
3	302.030	21.560	19.659	877.745	1221	1.222.215	829.474	68%
4	4.761.665	79.328	13.239	105.402	119	4.959.753	321.032	6%
5	3.239.070	79.367	38.795	246.530	107	3.603.869	2.613.879	73%
6	364.592	24.646	6.429	12.942	6	408.615	90.863	22%
7	1.208.511	49.936	24.970	40.831	6	1.324.254	236.780	18%
8	731.657	56.629	34.236	82.004	11	904.537	498.710	55%
9	5.062.170	71.288	32.894	142.030	74	5.308.456	771.709	15%
10	294.717	27.802	34.164	199.251	33	2.355.967	1.037.818	44%
Total	20.516.93	555.925	253.23	2.546.57	2.832	23.875.501	6.885.961	29%

4.4 Evolução Temporal da Exploração Regional

Foi avaliada a evolução temporal da descarga regional global de água subterrânea com o objetivo de aferir o crescimento ano a ano da exploração. Para tanto, os poços disponíveis foram inicialmente ordenados dos mais antigos para os mais recentes, relacionando para cada ano o número de poços cadastrados e a vazão explorada, conforme modelo apresentado na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 – Modelo de planilha usado como exemplo para a análise da evolução temporal das descargas exploradas de água subterrânea.

Ano	Número de Poços Perfurados	Vazão de Exploração Acumulada (hm ³ /ano)
1935	2	0,5
1936	5	1
1937	8	1,2
1938	12	1,8
1939	20	2,2
1940	30	3
1941	50	5
...
Totais	127	14,7

Para uma melhor compreensão da planilha acima exemplificada, imagine-se que a série se inicia em 1935 e que, neste ano, tinha-se apenas dois poços que produziram conjuntamente um volume de 0,5 hm³. No ano seguinte foram perfurados 3 novos poços que vieram se somar aos 2 já existentes. Em 1936, portanto, havia 5 poços em funcionamento, que produziram conjuntamente, no ano, 1,0 hm³. Isso significa que a descarga do ano anterior se manteve, sendo acrescida da descarga adicional proveniente dos 3 novos poços que entraram em produção em 1936.

As planilhas que foram utilizadas foram montadas desta maneira, do primeiro ao último ano, com as informações disponíveis. Os seguintes pontos devem ser esclarecidos:

- A vazão de bombeamento considerada para cada poço foi a vazão informada em sua ficha de teste de produção, o qual foi geralmente realizado logo após a perfuração. Nos casos onde essa vazão não era informada, as lacunas foram preenchidas com a vazão média da série.
- Foram utilizados 21.443 poços para toda a área do Carste São Francisco, 431 poços para a área piloto da Bacia do Riacho do Juá, 168 poços para a área piloto da Bacia Rio São Desidério, e 1062 poços para a área piloto da Bacia do Rio do Vieira;
- Não se conhece o regime de funcionamento dos poços. As informações colhidas em campo, entretanto, apontam para um regime máximo de 12/24 horas na maior parte dos casos. Regimes de bombeamento contínuo podem ocorrer em alguns casos, mas, sem grande significação no cômputo geral. Será considerado, portanto, o regime alternado de 12/24 horas;

A Figura 4.7, apresenta a evolução da solicitação global dos aquíferos em toda a área de estudo, para um total de 21.443 poços.

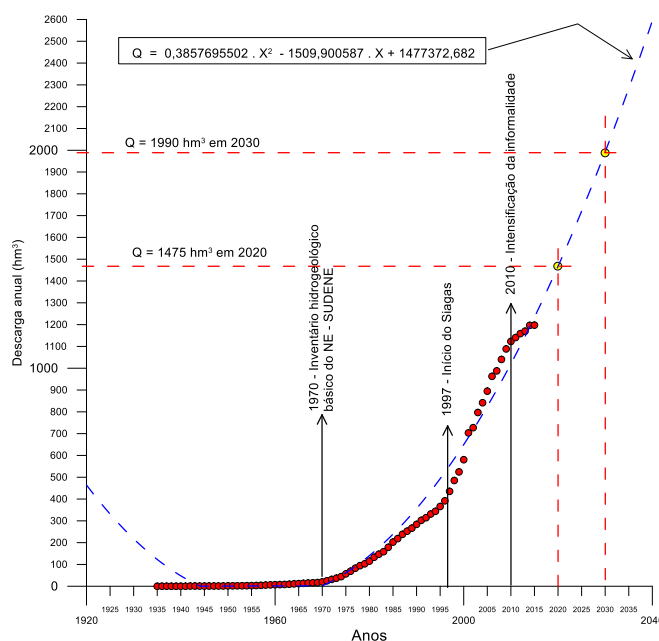


Figura 4.7 - Evolução das descargas exploradas de água subterrânea para todo o Carste São Francisco (regime de 12/24 horas).

Na evolução das descargas exploradas, acima mostrada, algumas feições relevantes chamam a atenção. São elas:

- Até 1970 as descargas exploradas de água subterrânea são insignificantes, quase nulas. Isso significa que poderiam existir poços, mas, que estes não eram cadastrados porque não havia instituições que realizassem esse tipo de cadastro, ou então o uso de água subterrânea

era ainda incipiente. Em 1970, a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – Sudene, iniciou os trabalhos de cadastramento dos poços o que se reflete na curva de evolução das descargas mostrada na Figura 4.7;

- A partir de 1997 a evolução das explorações anuais sofre uma deflexão e passa a subir a uma taxa maior. Essa mudança de comportamento pode ser atribuída à entrada em operação do banco de dados SIAGAS da CPRM;
- As taxas de evolução das descargas anuais sofrem uma atenuação a partir de 2010. Como este ano marca uma acentuação da crise climática que vem afligindo a região (Figura 4.9 a Figura 4.10), seria de se esperar uma intensificação das perfurações e não o contrário.
- Uma análise dessa questão, com base na experiência de campo, sugere que, efetivamente, a taxa de perfuração se manteve alta, mas, através da informalidade.

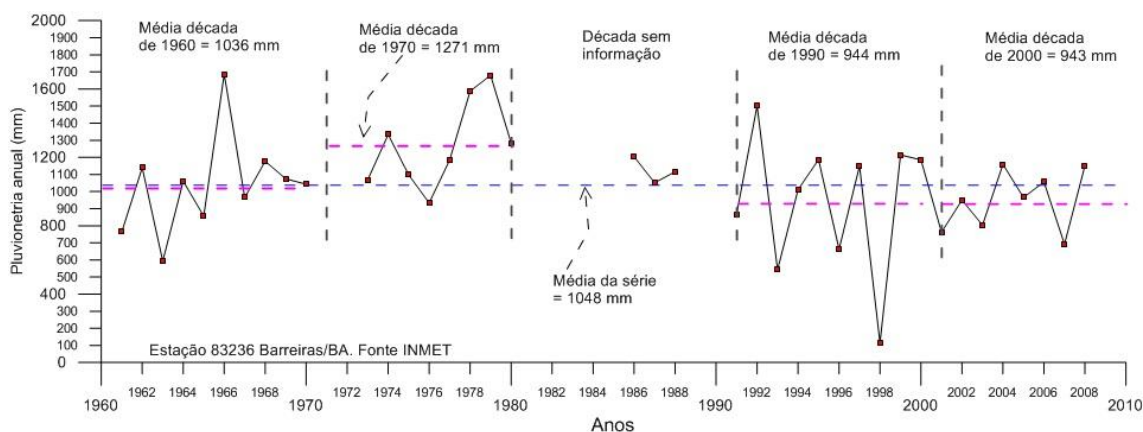


Figura 4.8 - Evolução das chuvas em São Desiderio/BA

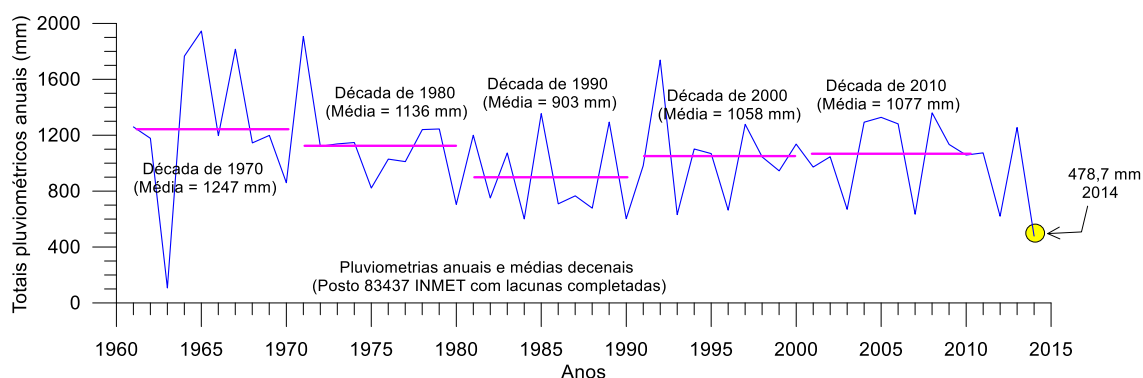


Figura 4.9 - Evolução das chuvas em Montes Claros/MG.

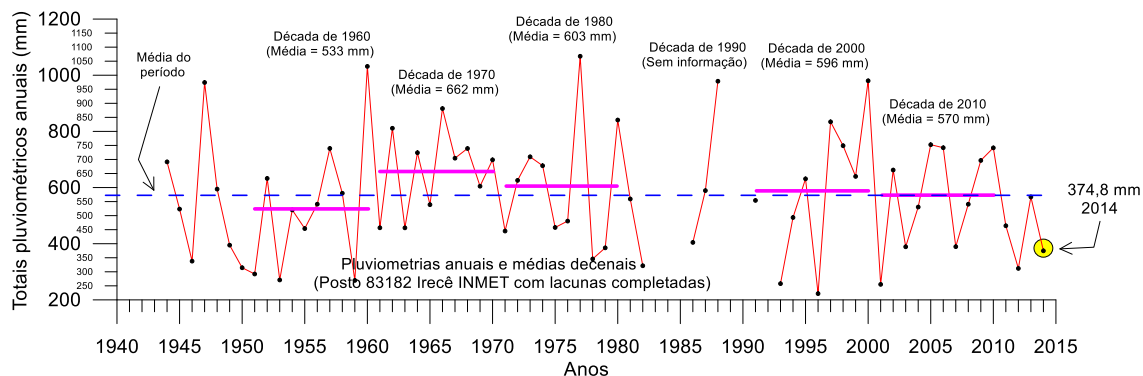


Figura 4.10 - Evolução das chuvas em Irecê/BA.

Verifica-se, na Figura 4.7, que o período compreendido entre 1997 e 2010 representa mais realisticamente a evolução da solicitação dos aquíferos do Carste São Francisco como um todo.

Considerando as observações acima, foi construída uma série histórica de descargas anuais de água subterrânea, a partir dos bancos de poços disponíveis, para o trecho considerado mais representativo da evolução real das descargas. Foi ajustada uma lei exponencial aos dados, considerando, de um lado, o comportamento dos pontos amostrais e, de outro lado, a tendência regional de aumento populacional (IBGE 2010). A lei exponencial ajustada é mostrada na Figura 4.10.

Os prognósticos de descargas futuras de água subterrânea em 2020 e 2030, para toda região de estudo são mostrados na Tabela 4.12. Para essa região, vamos considerar que existem 2,5 vezes mais poços que o número conhecido. É claro que a consideração desses fatores de correção leva ainda a números aproximados, mas o erro cometido é menor que aquele a que chegaríamos não os considerando.

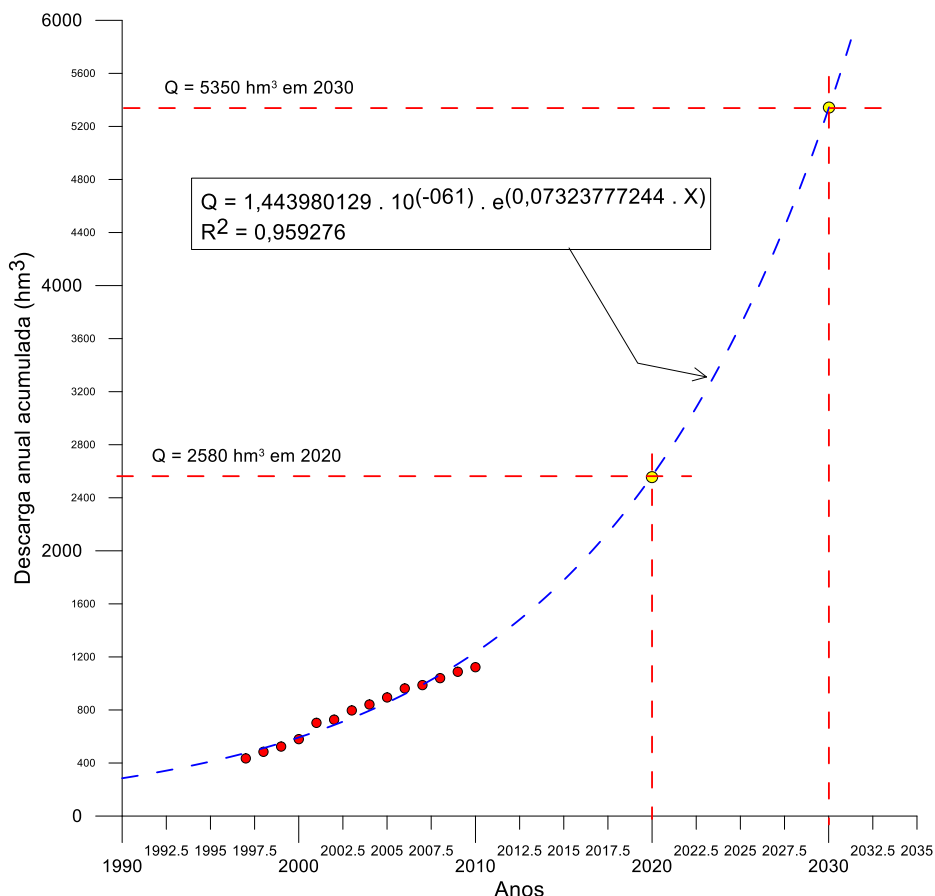


Figura 4.11 - Evolução das descargas globais de água subterrânea no Carste São Francisco entre 1997 e 2010 (regime de 12/24 horas) e sua projeção para 2030.

Tabela 4.12 – Projeção da produção de água subterrânea para todo o carste.

Carste todo	Descarga em 2020 (hm ³ /ano)			Descarga em 2030 (hm ³ /ano)		
	Lei exponencial	C	Q corrigida	Lei exponencial	C	Q corrigida
	2.580,0	2,5	6.450,0	5.350,0	2,5	13.375,0

Os números acima mostrados, na Tabela 4.12, representam tendências avaliadas a partir da evolução das descargas amostradas. No que diz respeito a restrições atuais à captação de água subterrânea, foram buscadas informações no Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do São Francisco (CBHSF/NEMUS, 2016). Este documento, entretanto, apenas tece considerações gerais sobre essa questão e a repassa aos órgãos gestores estaduais, enfatizando sua importância e recomendando sua abordagem futura. No presente estudo as restrições à captação de água subterrânea são, de certo modo, consideradas quando da avaliação dos saldos explotáveis (ver itens 4.1 e 4.2 acima). Esta avaliação permitiu, inclusive, o zoneamento de áreas sobre-explotadas onde não são recomendáveis incrementos na descarga bombeada. Esses resultados não configuram, naturalmente, marcos regulatórios, mas fornecem elementos para que os órgãos gestores possam fazê-lo.

4.5 Evolução Temporal da Exploração nas Áreas Piloto.

Da mesma forma que para todo o Carste São Francisco, foram feitos prognósticos de produção futura de água subterrânea nas áreas piloto para 2020 e 2030. Cabem aqui observações idênticas às que foram feitas no parágrafo acima sobre restrições à captação.

4.5.1 Área piloto da Bacia do Rio São Desidério

Mostra-se, na Figura 4.12, a evolução das descargas globais de água subterrânea na área piloto da Bacia do Rio São Desidério. Observa-se que o ano de 2003 marca um ponto de inflexão muito bem definido. A partir desse ano, com efeito, o crescimento das descargas anuais assume uma taxa bem mais acentuada, decorrente do início do cadastramento de poços do SIAGAS e, mais nitidamente, do início dos cadastramentos da CERB/BA. A evolução das descargas de água subterrânea, entre 2003 e 2015, afigura-se como mais representativa da realidade.

Na Figura 4.13 é mostrada a evolução das descargas globais de água subterrânea na área piloto da Bacia do Rio São Desidério para o período de 2003 a 2015. Essa evolução das descargas anuais admite o ajuste de uma lei exponencial conforme justificado acima e mostrado também na Figura 4.12.

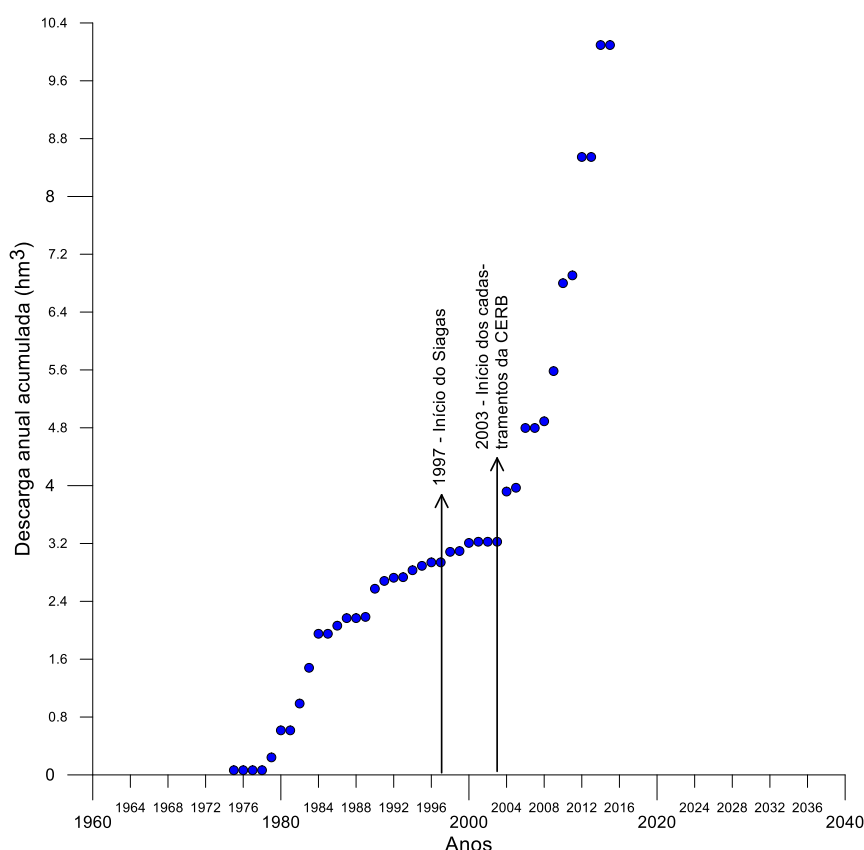


Figura 4.12 - Evolução das descargas anuais de água subterrânea na área piloto da Bacia do Rio São Desidério (regime de 12/24 horas).

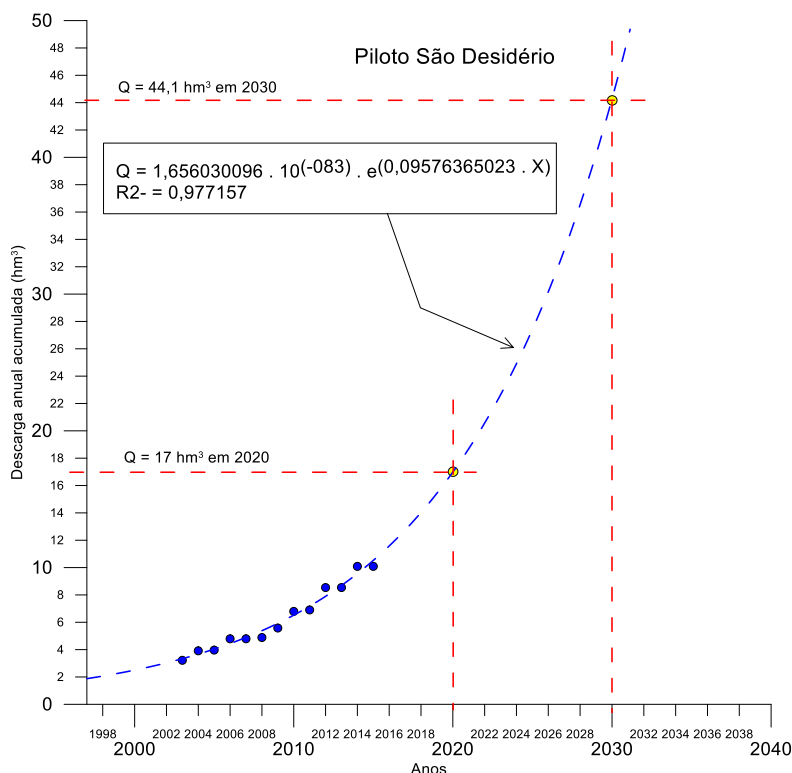


Figura 4.13 - Evolução das descargas anuais de água subterrânea na área piloto da Bacia do Rio São Desidério para o período de 2003 a 2015 (regime de 12/24 horas).

4.5.2 Área piloto da Bacia do Rio do Vieira

Mostra-se, na Figura 4.14, a evolução das descargas globais de água subterrânea na área piloto da Bacia do Rio do Vieira. A evolução mais verossímil da descarga de água subterrânea se inicia no ano de 1995 com os cadastramentos de poços do IGAM e da COPASA. O arrefecimento da taxa de crescimento das descargas, aqui, não deve ser atribuído unicamente à informalidade. A área piloto do Rio do Vieira, com efeito, apresenta um comportamento atípico no que diz respeito à evolução das demandas, o que pode ser explicado pelo desenvolvimento econômico do município de Montes Claros. As demandas para agricultura têm, geralmente, uma participação muito significativa nas demandas totais. No caso de Montes Claros, áreas anteriormente destinadas à atividade agrícola foram aos poucos sendo tomadas pela urbanização descentralizada que ocorreu no município. Em consequência, as demandas de água para fins agrícolas foram caindo rapidamente na medida em que o desenvolvimento da região foi sendo cada vez mais atrelado aos setores secundários e terciários.

Não obstante o crescimento das demandas para os demais usos consuntivos, a desaceleração da agricultura irrigada foi de tal monta que seu efeito resultou, após análise econômica da área, na redução da demanda global projetada.

Considera-se mais verossímil, portanto, que o arrefecimento da taxa de crescimento das descargas globais de água subterrânea, a partir de 2002, tenha suas causas preponderantemente na desaceleração da agricultura

irrigada. Foi, assim, utilizado como trecho representativo da realidade o intervalo entre 2002 e 2014.

A evolução das descargas anuais de água subterrânea explotadas na área piloto da Bacia do Rio do Vieira para o período de 2002 a 2014 é mostrada na Figura 4.14. O total de poços utilizados foi 931 em 2014. Aqui, diferentemente das áreas piloto do Juá e do rio São Desidério, os dados amostrais não sugerem uma evolução exponencial. A evolução das descargas anuais admite, antes, o ajuste de uma lei linear conforme mostrado na Figura 4.15. O regime de bombeamento, por outro lado, não pode ser 12/24 como nas demais áreas piloto. Considerando o histórico do abastecimento público de Montes Claros, admite-se que os poços da Bacia do Rio do Vieira devem funcionar num regime máximo de 5,2/24 horas¹

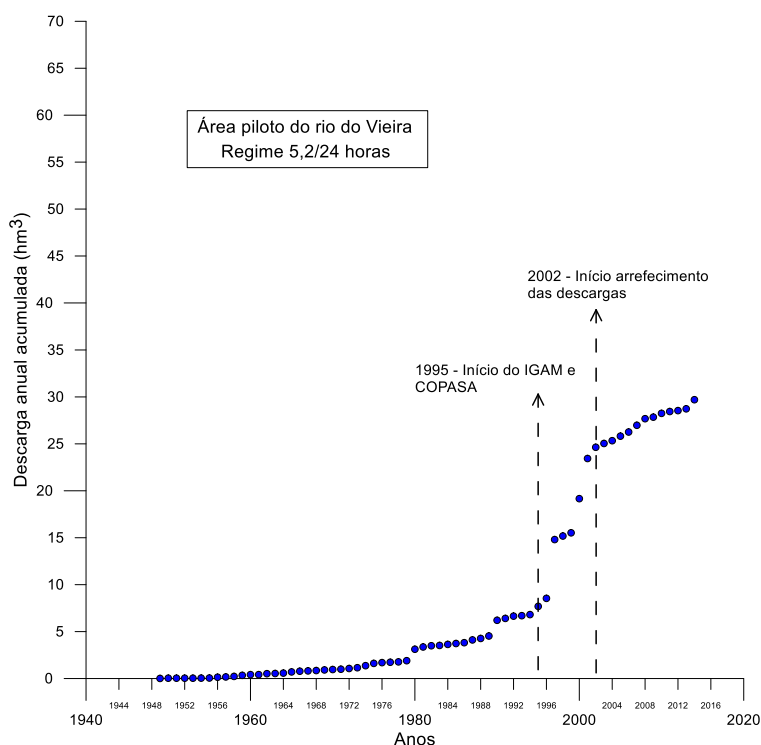


Figura 4.14 - Evolução das descargas globais de água subterrânea na área piloto da Bacia do Rio do Vieira (regime 5,2/24 horas).

¹ Regime médio, obtido da análise estatística dos poços de Montes Claros, apresentada no Volume III Tomo 2 – Área Piloto do Rio do Vieira.

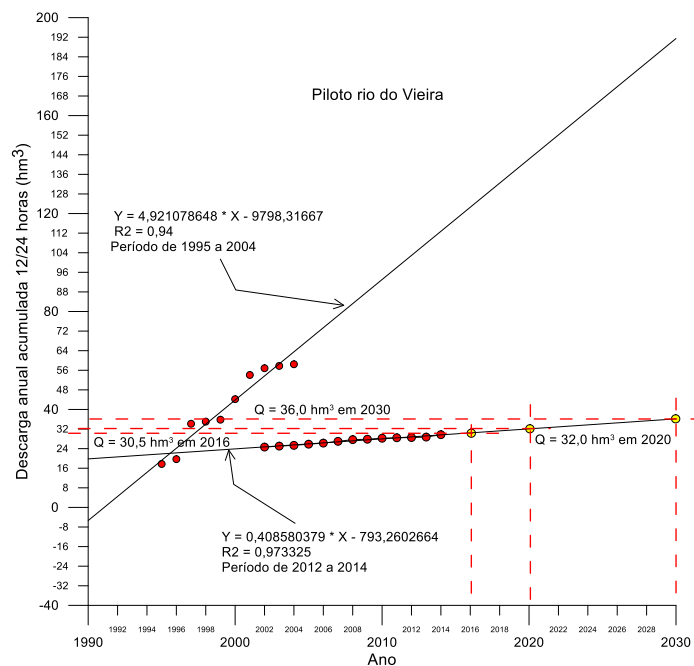


Figura 4.15 - Evolução das descargas globais de água subterrânea na área piloto da Bacia do Rio do Vieira entre 2002 e 2014 (regime de 5,2/24 horas).

4.5.3 Área piloto da Bacia do Riacho do Juá

Na área piloto da Bacia do Riacho do Juá a intensificação da informalidade se percebe já no ano de 2005, pois, a partir desse ano, as descargas informadas nos bancos de poços já se atenuam significativamente. Foi, assim, utilizado como trecho representativo da realidade o intervalo entre 1997 e 2005. A evolução das descargas anuais explotadas admite o ajuste de uma lei exponencial mostrado na Figura 4.15.

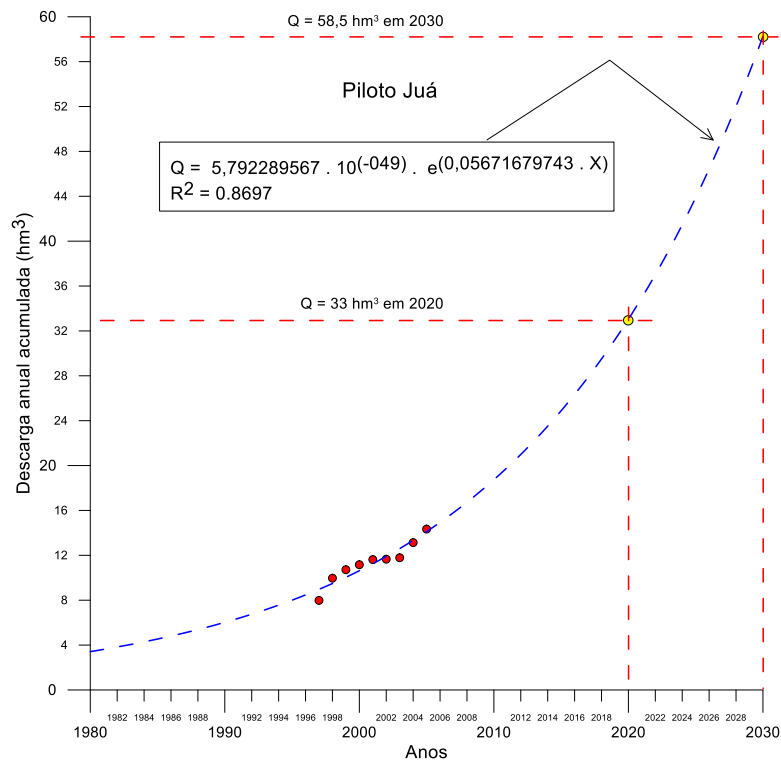


Figura 4.15 - Evolução das descargas globais de água subterrânea na área piloto da Bacia do Riacho do Juá entre 1997 e 2005 (regime de 12/24 horas).

4.6 Relação UGAs, subdomínios e regiões/unidades de gestão

Na definição das UGAs foram considerados os espaços fisiográficos que contribuem para a recarga dos seus aquíferos. As delimitações das UGAs, assim, coincidem com os limites das sub-bacias hidrográficas reconhecidas como unidades de gestão por cada estado.

A Figura 4.16 apresenta os limites dos subdomínios e os limites das UPGRH² e das RPGA³, sobrepostos às UGAs.

A Figura 4.17, por sua vez, mostra os limites da UGAs coincidindo com os limites de sub-bacias. Nela é possível visualizar a relação espacial de cada UGA com o conjunto de sub-bacias.

Essas informações são parte integrante do Sistema de Informações Geográficas (SIG), que integra o presente relatório final, e que deverá ser utilizado como uma ferramenta de suporte ao planejamento e à gestão das bacias hidrográficas de cada estado. Os órgãos gestores devem se utilizar dessas informações para a concessão das outorgas.

² Unidade de Planejamento de Gestão de Recursos Hídricos – Minas Gerais

³ Região de Planejamento e Gestão de Águas - Bahia

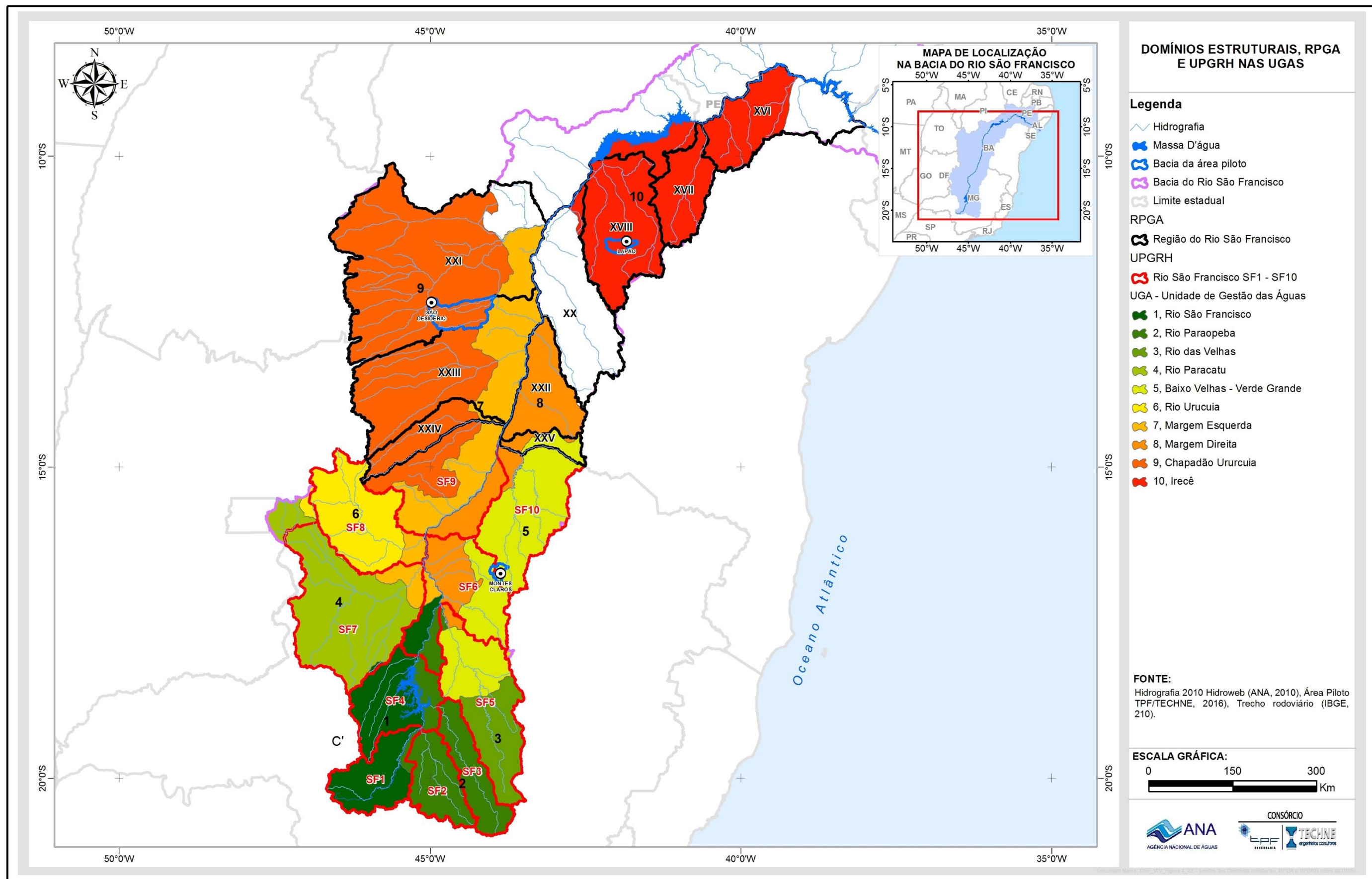


Figura 4.16 – Limites dos Domínios estruturais, RPGA e UPGRH sobre as UGAs.

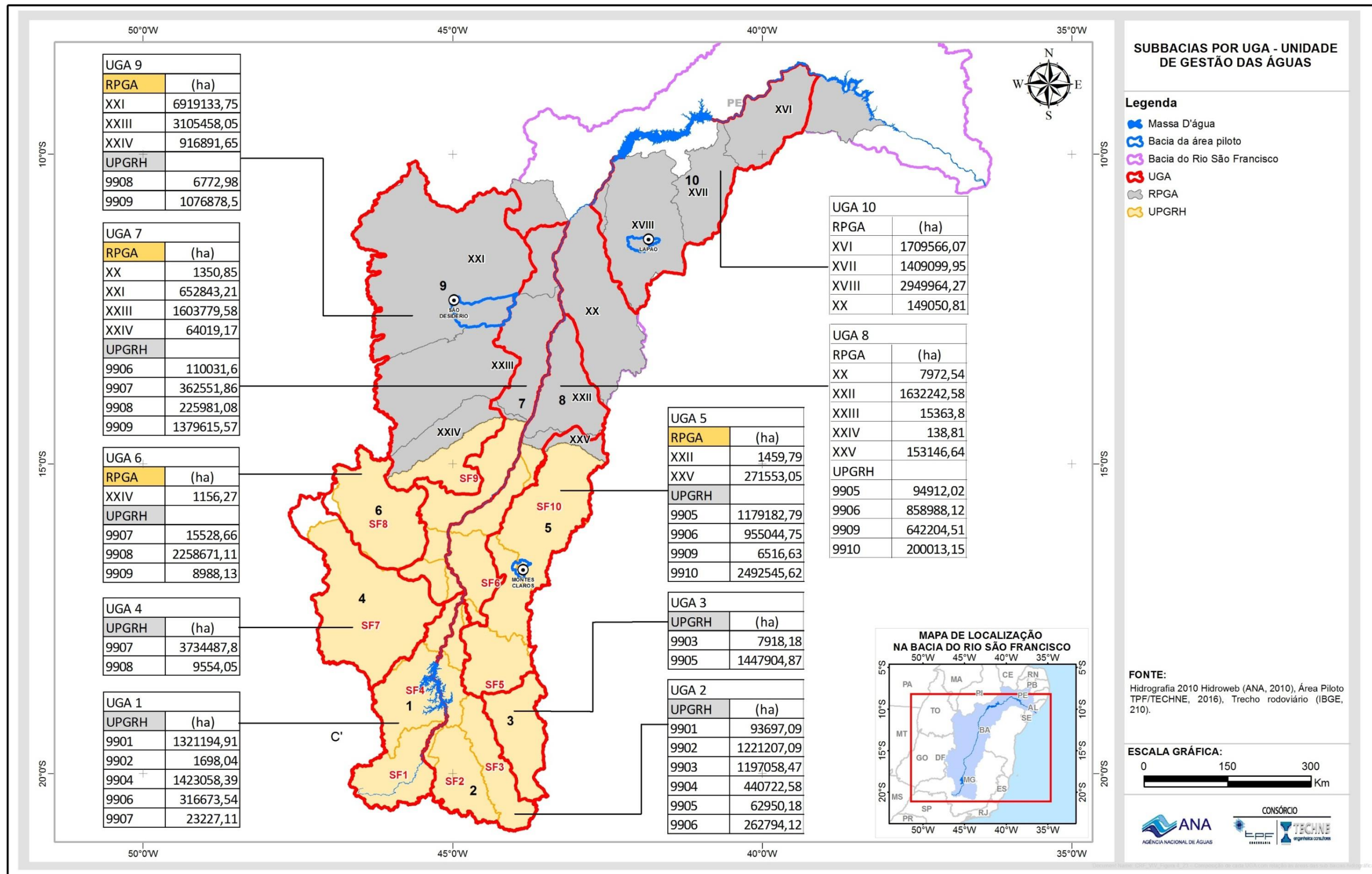


Figura 4.17 – Composição de cada UGA com relação às áreas das sub-bacias hidrográficas.

4.6.1 Síntese análises das áreas piloto

Consideradas realistas as leis estatísticas ajustadas, as mesmas serão utilizadas para a obtenção de prognósticos das descargas de água subterrânea para 2020 e 2030.

Na área piloto da Bacia do Riacho do Juá, por exemplo, informações obtidas e a experiência de campo apontam para um adicional de cerca de 500%⁴. Nas bacias do Rio São Desidério e Rio do Vieira são cerca de 50% mais poços que os registrados nos bancos de poços. Assim sendo admite-se que as descargas projetadas pelos ajustes estatísticos devem ser cerca de 6 vezes maiores na Bacia do Riacho do Juá e cerca de 1,5 vezes maiores nas bacias do Rio São Desidério e Rio do Vieira. Os prognósticos de descargas futuras de água subterrânea em 2020 e 2030 para as áreas piloto são mostrados na Tabela 4.13.

Tabela 4.13 – Projeção da produção de água subterrânea para as áreas piloto.

Área Piloto	Descarga em 2020 (hm ³ /ano)			Descarga em 2030 (hm ³ /ano)		
	Lei ajustada	C	Q corrigida	Lei ajustada	C	Q corrigida
Riacho do Juá	33,0	6,0	198,0	58,5	6,0	351,0
São Desidério	17,0	1,5	25,5	44,1	1,5	66,2
Rio do Vieira	32,0	1,5	48,0	36,0	1,5	54,0
Totais pilotos	82,0		271,5			471,2

Na Tabela 4.13 o C é o fator de correção acima discutido, decorrente do adicional de poços clandestinos que foi considerado.

As descargas de exploração corrigidas indicadas na tabela acima constituem previsões da solicitação dos aquíferos cársticos nos anos de 2020 e 2030. Essa solicitação deverá essencialmente ocorrer – como é o caso presentemente – de forma espontânea, instigada pelas necessidades da sociedade. Caberá aos órgãos gestores estaduais a responsabilidade de acompanhá-la e geri-la adequadamente, para assegurar o alcance dos recursos hídricos subterrâneos às gerações que nos sucederão.

Na Tabela 4.14 apresenta-se uma avaliação clássica global das demandas hídricas das áreas piloto. Essa avaliação foi feita considerando-se dados socioeconômicos, de saneamento básico e de saúde, contemplando abastecimento humano, consumo industrial, dessedentação animal e irrigação. As projeções para 2020 e 2030, em hm³/ano, e seus confrontos com as projeções feitas pelas curvas de evolução das descargas de água subterrânea são mostradas nessa mesma Tabela 4.14.

⁴ Esse adicional de 500%, muito elevado, foi informado verbalmente pelo superintendente da Codevasf em Irecê, em 2013. As evidências obtidas ao longo dos trabalhos de campo se mostram a favor dessa informação e sugerem que esse adicional não deve ser descartado, sob pena de se trabalhar com números muito subestimados.

Tabela 4.14 – Projeção das demandas das áreas piloto.

Área piloto	2020 (hm ³ /ano)		2030 (hm ³ /ano)	
	Global – método clássico	Água subterrânea – projeções a partir das curvas	Global – método clássico	Água subterrânea – projeções a partir das curvas
Bacia do Rio São Desidério	1.012,00	25,50	1.447,00	66,20
Bacia do Riacho do Juá	187,00	198,00	287,00	351,00
Bacia do Rio do Vieira	68,00	48,0	66,00	54,0

Os números acima apresentados admitem a seguinte discussão:

- Bacia do rio São Desidério

As demandas totais, avaliadas pelo método clássico, são muito maiores que a produção de água subterrânea prognosticada. Em outras palavras, a contribuição da água subterrânea no atendimento das demandas é ínfima, sendo de 2,5% em 2020 e 4,6% prevista em 2030.

Para os resultados acima podem estar contribuindo os seguintes fatos:

- Os números acima avaliados da demanda global podem estar sofrendo influência do rigor e da abrangência adotados nas avaliações, particularmente no que diz respeito à agricultura. Isso leva a valores muito elevados.
- Sabe-se que o cadastro de poços disponível retrata uma situação muito aquém da situação real. Para minimizar essa deficiência foi considerado regime de bombeamento de 12/24 horas, na avaliação da produção anual de água subterrânea. As descargas anuais foram, por sua vez, aumentadas de 50%, considerando-se informações verbais que dão conta da existência de, pelo menos, 50% a mais de poços clandestinos. Mesmo assim, admite-se que as descargas anuais de água subterrânea estejam subestimadas.
- A área piloto do rio São Desidério é bem servida de águas superficiais. O rio Grande, por exemplo, perene, passa 6,0 km a NW de São Desidério. A EMBASA utiliza suas águas para o abastecimento público dessa cidade, bem como de outras, de porte médio a grande, da região.
- O complexo hídrico subterrâneo do chamado Sistema Cárstico do rio João Rodrigues contribui generosamente às águas superficiais através de várias surgências de médio a grande porte, totalizando cerca de 800L/s.

Assim, não obstante eventuais imprecisões na avaliação das demandas globais e das descargas dos poços, o panorama acima descortinado aponta,

realmente, para uma pequena contribuição da água subterrânea no atendimento das demandas globais da área piloto do rio São Desidério.

- Bacia do riacho do Juá

Os dados levantados levam a admitir que seja ínfima a participação dos poços no abastecimento público das sedes municipais. De acordo com Oliveira (s/data)⁵ eram explorados em 1991 22,6 hm³/ano de água subterrânea, essencialmente nos municípios de Irecê, João Dourado, América Dourada e Lapão. Dessa descarga explorada 3,9 hm³/ano eram destinados ao abastecimento público, o que nos dá um percentual da ordem de 17,0%. A participação da água subterrânea no abastecimento público em 1991 (17%), pode ser considerada máxima, pois a Adutora do Feijão ainda não estava operando. Hoje essa participação deve ser bem menor, considerando que a Adutora do São Francisco opera plenamente e abastece satisfatoriamente as sedes municipais. Assim, em termos de abastecimento público, a água subterrânea deve, hoje, servir apenas a distritos, pequenas comunidades rurais, sedes de fazendas e moradias rurais em geral. A grande destinação da água subterrânea na área piloto do riacho do Juá é, portanto, a agricultura irrigada.

- Bacia do rio do Vieira

Para a demanda hídrica da agricultura, foram utilizadas as áreas irrigadas registradas nos últimos censos agropecuários divulgados pelo IBGE (1996 e 2006), e uma demanda unitária de 0,4 L/s/h, conforme sugerido pelo estudo “Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil” (ANA, 2005). A projeção foi realizada assumindo a taxa linear de crescimento entre 1996 e 2006 para o horizonte da projeção⁶.

O comportamento atípico da área piloto do Rio do Vieira, onde as demandas globais diminuem entre 2020 e 2030 (Tabela 4.15), encontra explicação no desenvolvimento econômico do município de Montes Claros. As demandas da agricultura têm, geralmente, uma participação muito significativa nas demandas totais. No caso de Montes Claros, áreas anteriormente destinadas à atividade agrícola foram aos poucos sendo tomadas pela urbanização descentralizada que ocorreu no município. Em consequência, as demandas de água para fins agrícolas foram caindo rapidamente na medida em que o desenvolvimento da região foi sendo cada vez mais atrelado aos setores secundários e terciários.

Não obstante o crescimento das demandas para os demais usos consuntivos, a desaceleração da agricultura irrigada foi de tal monta que seu efeito resultou, após análise econômica da área, na redução da demanda global projetada.

Na Figura 4.18 mostra-se a evolução anual das demandas globais na área piloto do rio do Vieira (curva em azul). Observa-se que essa evolução se dá de acordo com uma lei linear. Mostra-se também, na mesma figura, a evolução das descargas anuais de água subterrânea (curva em vermelho), para bombeamento alternado (12/24 horas) e para o regime de 5,2 horas por dia.

⁵ Sem data informada. De acordo com citações no texto, esse artigo é posterior a 2003.

⁶ Não foram encontrados dados mais recentes

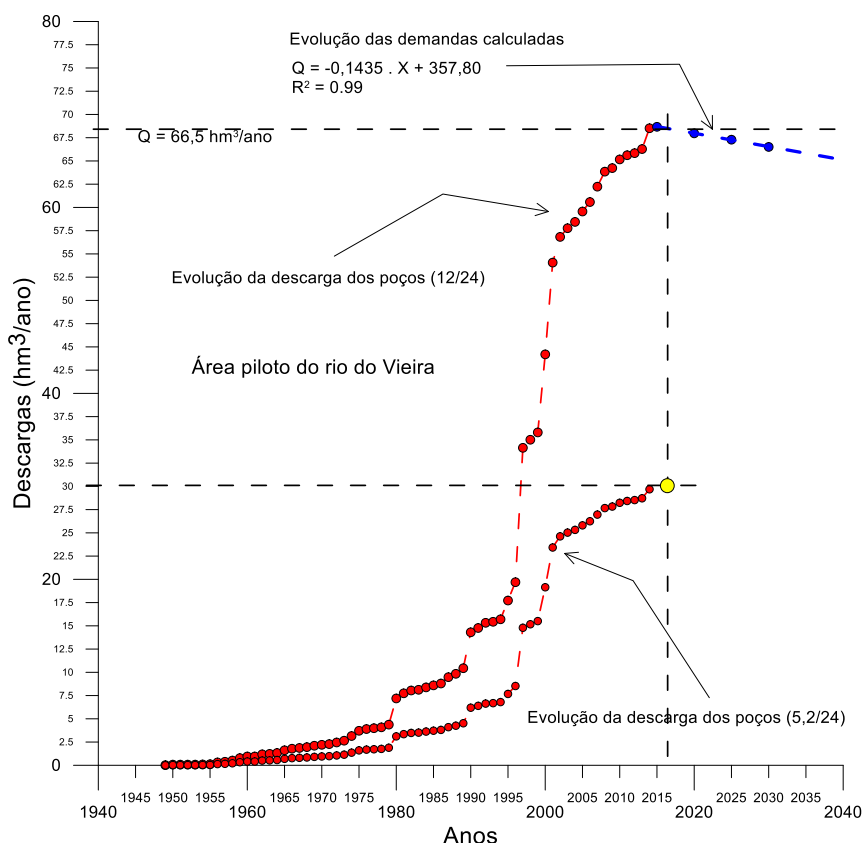


Figura 4.18 - Evolução das demandas globais e da produção de água subterrânea na área piloto do rio do Vieira.

A análise da Figura 4.18 admite os seguintes comentários:

- A evolução histórica da produção de água subterrânea (curva em vermelho) evidencia, já a partir de 2002, uma atenuação da sua taxa de crescimento. Esse comportamento aparenta ser compatível com a redução das demandas, acima discutida. Vamos considerar como mais próximo da realidade o regime de 5,2/24 horas de bombeamento, que fica mais compatível com a demanda global avaliada.
- A projeção das demandas calculadas aponta para uma descarga da ordem de 66 hm³/ano em 2030.
- Em 2016, a demanda calculada seria de 68 hm³/ano.
- Em 2016 os poços estariam produzindo 30,0 hm³/ano no regime 5,2/24. Esta seria, de acordo com a evolução das descargas, a contribuição da água subterrânea ao atendimento da demanda da área piloto de Montes Claros.

Os resultados acima, entretanto, não concordam com informações obtidas de Souza (2013). Segundo esse autor, o abastecimento público de Montes Claros, provido pela Copasa, utiliza três sistemas produtores que fornecem juntos uma vazão máxima de 18,0 hm³/ano. O principal sistema (água de superfície) é o de Juramento formado pelos rios Juramento, Saracura e Canoas, produzindo 17,15 hm³/ano. O segundo sistema (água de superfície) é o de Morrinhos,

localizado no Km 5 da BR-365, em Montes Claros, produzindo cerca de 0,73 hm³/ano. O terceiro sistema é constituído de 4 poços tubulares da Copasa, produzindo uma descarga de apenas 0,16 hm³/ano.

De acordo com a Gazeta Mineira (2015) a cidade de Montes Claros tinha 394.350 habitantes em 2015. Considerando uma taxa de consumo de 117,8 L/hab/dia, chega-se a uma demanda de 17,0 hm³/ano. A capacidade de produção dos três sistemas, acima indicada (18,0 hm³/ano), seria, assim, suficiente para um pleno abastecimento atual da cidade de Montes Claros. Em dezembro de 2016, entretanto, a Copasa iniciou rodízio no abastecimento, como medida emergencial, devido à estiagem dos últimos anos e a diminuição do nível das captações superficiais.

Em suma, de acordo com Souza (2013) e com a Gazeta Mineira, acima indicados, o abastecimento público de Montes Claros é feito essencialmente a partir de água de superfície. A água subterrânea tem uma contribuição ínfima nesse abastecimento, sendo destinada ao suprimento de outras demandas.

Apresentam-se para cada área piloto, finalmente, as descargas atualmente exploradas, os saldos a explorar e prognósticos de exploração para 2020 e 2030.

Tabela 4.15 – Áreas piloto: Descargas futuras de água subterrânea versus saldos exploráveis

(1) Área piloto	(2) Explorado (*) (hm ³ /ano)	(3) Saldo (*) (hm ³ /ano)	(4) Prognóstico das leis ajustadas (hm ³ /ano)			
			2020	Saldo 2020	2030	Saldo 2030
R. São Desidério	20,00	611,00	25,50	585,50	66,20	519,30
Riacho do Juá	40,00	-33,00	198,00	-231,00	351,00	-582,00
Rio do Vieira	140,00	-94,00	48,00	-142,00	54,00	-196,00

(*) Ver itens 4.2.1, 4.2.2, e 4.2.3

Esses prognósticos, embasados em séries históricas da evolução das descargas dos poços, constituem previsões de descargas futuras de água subterrânea. É bem verdade que as descargas das séries históricas, bem como os regimes de bombeamento, não foram medidos, mas, simplesmente adotados com base nas informações disponíveis. Assim, se as previsões podem se revelar quantitativamente imprecisas, não se pode, entretanto, negar a tendência a aumento de descargas significativas de água subterrânea no futuro próximo. Isso vai acontecer movido pela força irrefreável, embora variável, do desenvolvimento econômico, social e demográfico.

De acordo com a Tabela 4.15, apenas a área piloto do rio São Desidério exibe um saldo explorável significativo de água subterrânea em 2030. As áreas piloto do riacho do Juá e do rio do Vieira têm situação crítica com déficits significativos já hoje e com projeções desalentadoras em 2020 e, especialmente, em 2030. Essas duas áreas críticas estão a merecer uma atenção diferenciada dos órgãos gestores da Bahia e de Minas. Deve ser notado, a propósito, que os prognósticos apresentados na Tabela 4.15 levam em conta restrições atuais de captação de água subterrânea, uma vez que as projeções de descarga são confrontadas com saldos a explorar.

5 Plano de gestão

O conhecimento técnico adquirido durante a execução dos estudos hidrogeológicos, principalmente no que se refere a melhor maneira de consolidar o entendimento sobre a integração das águas superficiais e subterrâneas, refletiu a necessidade de se estabelecer domínios físicos correspondentes em parte ou integralmente às bacias hidrográficas que foram avaliadas para o cômputo do balanço hídrico.

Em face da metodologia de análise permitir que se reconheçam importantes atributos do arcabouço hidrogeológico, responsáveis pela maior ou menor capacidade de armazenamento e de, simultaneamente, explicitar formas de interconexão hidráulica entre bacias vizinhas, a amplitude de cada unidade de gestão proposta já embute em seu domínio de abrangência o potencial de detalhamento dos critérios mínimos a serem estabelecidos para a compreensão da funcionalidade dos sistemas aquíferos e, conseqüentemente, das melhores práticas a serem aplicadas para o gerenciamento adequado.

Do ponto de vista da aplicação dos procedimentos básicos necessários à aplicação das melhores práticas de estímulo ao engajamento dos atores chave (*stakeholders*) junto o processo de efetivação do gerenciamento hídrico, deve-se levar em consideração o papel dos eventos participativos, tais como, seminários e reuniões realizados ao longo da execução dos trabalhos, os quais foram fundamentais para o entendimento dos anseios daqueles que vivenciam em sua rotina diária.

Um plano de gestão integrada e compartilhada de recursos hídricos inclui diretrizes que podem ser agrupadas em três grandes grupos ou componentes:

Componente 1- Implementação de ações de gestão

Essas ações são preconizadas pela lei federal 9433/97 e pelas leis estaduais 13199/99 de Minas Gerais e 11612/09 da Bahia. As principais ações de gestão de que trata a presente componente são as seguintes:

- Atualização do cadastramento de pontos d'água e de usuários.
- Conhecimento técnico dos reservatórios subterrâneos e de superfície, alcançado através de estudos específicos.
- Interação com a sociedade.
- Fortalecimento dos órgãos gestores estaduais.
- Formação e capacitação de equipes.
- Monitoramento quali-quantitativo.
- Planos diretores de recursos hídricos;

Componente 2 - Racionalização dos usos e consumo das águas superficiais e subterrâneas.

As principais ações de gestão de que trata a Componente 2 são as seguintes:

- Conservação do solo e água;
- Combate à erosão;

- Recomposição de matas ciliares;
- Controle de perdas no abastecimento;
- Aumento da eficiência da irrigação e alocação negociada.

Componente 3 - Incremento da oferta hídrica.

As principais ações de gestão de que trata a Componente 3 são as seguintes:

- Perfuração de poços tubulares profundos;
- Transposição de água superficial;
- Barramentos e recuperação de barragens;
- Saneamento básico (água, esgoto e lixo);
- Controle da poluição industrial.

As ações do grupo ou componente 3, são as de maior custo, em geral de 90 a 95% do valor total dos recursos do Plano de Gestão, enquanto que as outras duas têm custos menores, especialmente a primeira, apesar de ser a mais importante e sem a qual as outras dificilmente podem ser implementadas.

Um exemplo concreto desses custos é o do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande publicado e aprovado em 2011. Neste plano o investimento total alcança R\$1,25 bilhões dos quais 93% é referente ao componente 3, incremento da oferta hídrica, que alcança mais de R\$ 1.160.000.000, ao longo de 15 anos.

O componente 2, referente à racionalização dos usos das águas superficiais e subterrâneas tem um custo de 6% do total e a efetiva implementação das ações de gestão, referentes ao componente 1, incluindo o monitoramento, apenas 1% do orçamento total.

Por diversas razões, incluindo a limitação atual de recursos disponíveis para a organização institucional e a falta de pessoal técnico nos órgãos gestores estaduais responsáveis, entre outras, as recomendações dos Planos Diretores de Gestão do Verde Grande e dos planos de gestão das outras UPGRHs e RPGAs estão atrasadas ou ainda não tiveram seu início ordenado pelo poder público. Paralelamente, vários comitês de bacia ainda não possuem agências de bacia, para a implementação da cobrança e das atividades dos Planos Diretores.

Esse quadro deixa claro que uma Proposta de Gestão das Águas só pode prosperar se políticas públicas forem efetivamente implementadas seguindo as diretrizes recomendadas e reconhecendo a sua utilidade para melhorar a qualidade de vida da população, da economia e do desenvolvimento sustentável da região, inclusive regulando novos empreendimentos e mitigando conflitos de uso.

Dessa forma, o primeiro passo para resolver os atuais impasses e implementar a gestão integrada e compartilhada dos recursos hídricos dos aquíferos cársticos e fissuro-cársticos da região hidrográfica do São Francisco, precisa ser uma decisão política conjunta dos governos estaduais de Minas Gerais e da Bahia, adotando como política de estado o fomento às ações de gestão de

recursos hídricos existentes nas leis estaduais e o fortalecimento técnico e financeiro dos órgãos gestores estaduais de recursos hídricos.

A gestão integrada dos recursos hídricos ao nível estadual é essencial para se atingir as metas necessárias à contenção dos efeitos de estiagens severas e das mudanças climáticas. Nas escalas local e regional, seja ao nível de abrangência das comunidades, sejam os limites municipais, os sistemas aquíferos devem ser avaliados sob a ótica de um meio ambiente integrado às condições de contorno geológico, onde o processo de circulação das águas seja minimamente compreendido.

Disso, resulta a necessidade de implementação de um novo formato de abordagem hidrogeológica qualiquantitativa, onde o aprofundamento das investigações deve partir da equivalência de sua funcionalidade natural a um modelo orgânico de gerenciamento de fluxos, onde o reconhecimento dos atributos que controlam seu regime hidrogeodinâmico seja alcançado a partir de uma escala compatível à própria realidade de sua conformação geológica natural

A gestão dos recursos hídricos subterrâneos é um desafio a ser empreendido por todos, haja vista que:

- os mananciais subterrâneos são escondidos;
- são difíceis e onerosos para se medir e monitorar;
- o mapeamento hidrogeológico e a caracterização dos aquíferos são geralmente incompletos;
- a pronta disponibilidade de água para usos futuros pode ser considerada duvidosa.

Com relação aos direcionamentos para aprofundamento dos estudos, deve-se reforçar a busca de maior entendimento sobre a implementação de procedimentos de análise da dinâmica hídrica subterrânea onde a base de dados primários (espaço e tempo) seja robusta o suficiente para sustentar os resultados pretendidos e, além disso, a adoção dos critérios mínimos de abordagem hidrogeológica seja calcada em mecanismos de observação contínuos, os quais privilegiem a existência de redes perpétuas de monitoramento em pontos chave dos sistemas aquíferos.

O monitoramento integrado à gestão compartilhada dos aquíferos deve, em sua essência, se pautar na construção da confiança mútua entre todas as partes interessadas, cujos princípios se baseiam na consolidação de três etapas principais, quais sejam:

- Implantação da rede de monitoramento dedicada para coleta / registro de dados primários em tempo real;
- Educação ambiental e estabelecimento de políticas públicas para equalização do conhecimento real das formas de distribuição das capacidades hídricas locais e regionais suas potencialidades;
- Acompanhamento dos processos de gerenciamento e da manutenção das diretrizes fundamentais de regulação do uso da água.

Dentre as ferramentas para gerenciamento do uso das águas subterrâneas, devem ser consideradas:

- Construção de bases técnicas de conhecimento em diferentes níveis;
- Atuação maciça na capacitação de agentes de controle e fiscalização;
- Apropriação de equipes / times de agentes treinados para difusão do conhecimento entre os representantes de grupos de *stakeholders*;
- Detecção de agentes de destaque para fomento de grupos comunitários voluntariados

A gestão do sistema de gerenciamento de águas superficiais e subterrâneas conformam um arranjo integrado com desafios muito distintos.

As águas de superfície geralmente envolvem o controle de órgãos públicos sobre armazenamento e infraestrutura de adução, e as águas subterrâneas geralmente envolvem infraestrutura e terras de propriedade privada, o que pode representar um desafio para os gestores de recursos hídricos.

Para implementação de uma variedade de programas inovadores visando proteger e melhorar a qualidade e a disponibilidade das águas subterrâneas, devem ser aplicadas estratégias simples, quais sejam:

- enfatizar a educação pública e seu alcance para garantir que usuários de água e membros da comunidade sejam informados;
- limitar as áreas e os volumes de captação num dado domínio, quando necessário;
- compartilhamento de uso das águas subterrâneas entre usuários individuais, de maneira a proporcionar segurança e flexibilidade a todos os usuários de água em aquíferos pobres ou complexos.

Como reflexões importantes sobre o tema gestão dos aquíferos, é importante se antever que o tempo para se quebrar a inércia em relação aos paradigmas da fatura de água está se esgotando, pois a tarefa hercúlea de se difundir a importância dos recursos hídricos subterrâneos a um nível de consciência generalizado, a ponto de proporcionar as transformações significativas necessárias à manutenção do equilíbrio dos ecossistemas e das formas de vida no planeta, não deve surtir efeito algum antes de algumas décadas.

Desse modo, a força motriz capaz de viralizar a ideia central da água como recurso vital e de propagar a elevação do nível de consciência do ser humano a um campo de conhecimento compatível ao da sustentabilidade real, refere-se à instituição do ensino fundamental das águas subterrâneas em todas as escolas.

5.1 Gestão participativa

Com o objetivo de apresentar os resultados dos estudos, informar a importância de sua utilização no planejamento do uso do solo pelos municípios, bem como obter dos participantes, informações de problemas locais que pudessem contribuir ao plano de gestão, foram realizados quatro seminários regionais nas cidades de Juazeiro/BA, Salvador/BA, Montes Claros/MG e Belo Horizonte/MG. Os seminários contaram com a participação de técnicos,

professores, lideranças comunitárias, organizações não governamentais, representantes de órgãos gestores estaduais, representantes de comitês de bacia, entre outros.

Registra-se, em todos os seminários, testemunhos sobre a necessidade do fortalecimento técnico e financeiro dos órgãos gestores estaduais de recursos hídricos entre outras instituições. Destaca-se também a solicitação do fortalecimento financeiro dos Comitês de Bacias Hidrográficas - CBHs, e das respectivas agências de bacias, de modo a viabilizar ações, estudos e planos de gestão dos recursos hídricos.

Em ambos os estados foram ouvidas queixas sobre o Sistema de Outorga, relacionadas às dificuldades burocráticas e à morosidade dos órgãos gestores.

Nos seminários realizados na Bahia as principais discussões giraram em torno da perfuração de poços, especialmente na região de Lapão e Irecê, por serem as regiões onde o déficit hídrico é mais crítico, foi enfatizada a preocupação com o avanço da demanda hídrica na região do oeste baiano, principalmente no sistema aquífero Uruçuaia. Foi enfatizada a necessidade de perfurações para sobrevivência e comentadas as queixas de produtores com relação à demora no processo de autorização e de outorga de poços.

Em Minas Gerais as principais discussões abordaram a falta de fiscalização na construção de poços. A problemática do Estado não ter conhecimento do quantitativo de poços sem outorga foi citada, com ênfase na necessidade da desburocratização do processo de outorgas e a importância de se dispor de um cadastro de empresas de perfuração idôneas.

De modo geral, não apenas o cadastro servirá ao melhor controle do processo de contratação, mas, ainda, a necessidade de que as empresas de perfuração sejam submetidas a um processo de capacitação técnica para a realização da obra de perfuração e instalação de um poço tubular, sendo todas reconhecidas através de um certificado de acreditação que por possam validá-la e credenciá-la para o desenvolvimento das atividades de engenharia de obras de perfuração.

Outros pontos muito destacados foram a construção de barragens para armazenar água destinada à recarga artificial e a falta de geólogos nos órgãos estaduais. Outro tema muito comentado foi a importância da proposta de rede de monitoramento qualiquantitativo. Foi citada a importância de se ter no plano de gestão questões como educação ambiental e produção de mudas de espécies nativas.

5.2 Ações de Gestão Integrada e Compartilhada

A implementação da proposta de gestão integrada e compartilhada, deve ser precedida de um conjunto de ações que dizem respeito ao conjunto de dados que vão caracterizar a real situação da exploração atual e que serão utilizados para a realização de estudos técnicos específicos que vão culminar na elaboração de planos diretores de bacias e na permanente atualização do plano de gestão. As ações iniciais recomendadas são as seguintes:

- Completar os cadastros de usuários de recursos hídricos subterrâneos e superficiais e de empresas perfuradoras;

- Atualizar e manter atualizado o cadastro de pontos d'água (poços tubulares, cacimbas, fontes e lagoas⁷), e o cadastro de captações de água superficial;
- Atualizar e manter atualizados os sistemas de informações de recursos hídricos e compatibilizá-los com o SIG gerado no presente trabalho. No caso das bacias compartilhadas, deverá haver compatibilização dos SIGs estaduais.

As ações iniciais são essenciais ao domínio da informação, e, para que, a partir dela possam ser implementadas ações de gestão voltadas a:

- Incentivo às atividades de regularização dos usuários e a Fiscalização;
- Desenvolvimento e/ou atualização de Planos Diretores;
- Incentivo a refinar as zonas de restrição e recarga;
- Controle da fluorose em Minas Gerais
- Orientar os projetos de poços tubulares em aquíferos cársticos;
- Criação de Comissão de acompanhamento da gestão
- Implementação de rede de Monitoramento Quali-quantitativo

5.2.1 Incentivo às atividades de regularização dos usuários e a Fiscalização

- Incentivar os usuários, por meio de campanhas educativas, a buscarem sua regularização junto ao órgão gestor de recursos hídricos, com vistas a solicitações de outorga de direito de uso ou de declaração de uso insignificante
- Agilizar as concessões de regularização solicitadas a partir da modernização dos sistemas de análise de outorgas, como por exemplo, a disponibilização de sistema eletrônico de solicitação, análise e concessão;
- Intensificar as campanhas de fiscalização do uso dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais, de forma conjunta com atividades educacionais de conscientização do uso racional;
- Incentivar a instalação dos Comitês e Agências de Bacias e fortalecer aqueles existentes e iniciar avaliações para a implementação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos nas bacias onde essa cobrança inexistente, principalmente naquelas onde há déficit hídrico;

5.2.2 Desenvolvimento e/ou atualização de Planos Diretores

- Estabelecer integrações entre os órgãos gestores de recursos hídricos com os órgãos municipais com vistas a atualizar os Planos Diretores

⁷ Lagoas que representem afloramentos do lençol freático ou de surgências de aquíferos livres ou confinados.

de Recursos Hídricos levando em considerações os resultados dos estudos e a importância do uso do solo para a gestão sustentável dos recursos hídricos. Especial atenção deve ser voltada para o refinamento da avaliação das contribuições do carste ao fluxo de base do São Francisco. As seguintes ações são recomendadas:

- Tratamento probabilístico dos dados primários das estações pluviométricas e fluviométricas;
 - Caracterização estatística dos domínios isoietais utilizados;
 - Realizar o balanço hídrico probabilístico para anos normais e também atípicos, observando, principalmente nas regiões de déficit hídrico, a importância dos períodos mais chuvosos e sua ciclicidade. Desse modo os excedentes hídricos serão melhor avaliados e conseqüentemente as descargas subterrâneas específicas e a quantificação da recarga;
 - Realizar um estudo probabilístico de descargas de base nas sub-bacias da bacia do Rio São Francisco e especificamente das descargas de base para as áreas carbonáticas;
 - Refinar o modelo conceitual dos sistemas aquíferos cársticos em cada UGA visando à otimização da avaliação das recargas e das reservas permanentes, da avaliação da descarga explorada, do saldo a explorar e da contribuição ao fluxo de base do São Francisco.
- Implantar e operar de forma continuada as redes de monitoramento quali-quantitativa recomendadas, integradas por poços profundos e estações fluviométricas e pluviométricas.

5.2.3 Refinamento das zonas de restrição e recarga artificial

No que diz respeito às zonas de restrição ou proteção e controle, já existem em ambos os Estados, legislações vigentes que podem ser aplicadas pelos respectivos órgãos gestores, com maior ou menor eficácia, na dependência do nível de conhecimento que se tenha do aquífero em foco. Maximizar a eficácia dessa legislação requer, naturalmente, que se atinja um nível satisfatório de conhecimento hidrogeológico, como previsto nos itens anteriores.

Quanto à recarga artificial, a Resolução 153/2013 do CNRH, estabeleceu critérios e diretrizes para a implantação da recarga artificial no território brasileiro para promover a utilização racional das águas subterrâneas e sua gestão integrada com as águas superficiais.

Os objetivos da recarga artificial são: garantir a segurança hídrica; estabilizar ou elevar os níveis de água nos aquíferos, regularizando vazões sazonais; compensar efeitos da superexploração e da subsidência do solo; entre outros.

A decisão do CNRH destaca que a recarga artificial dos aquíferos depende de autorização da entidade ou órgão gestor estadual de recursos hídricos ao empreendedor e estará condicionada a estudo que demonstre sua viabilidade técnica, econômica, sanitária e ambiental.

Apesar de prevista em leis em ambos os estados, tanto em Minas como na Bahia, a prática da recarga artificial ainda não é comum e merece ser estimulada, especialmente nas regiões de déficit hídrico, através dos órgãos gestores de recursos hídricos por seus benefícios já comprovados em todo o mundo.

5.2.4 Fluorose em Minas Gerais

Ocorre excesso de flúor no norte do estado de Minas Gerais, causando manifestações de fluorose dentária, nos municípios de Jaíba, Verdelândia, Varzelândia e São Francisco. Encontram-se na literatura estudos específicos de detalhe, reportando ocorrências expressivas desse íon nos municípios acima (Velásques *et al*, 2003, 2007, e 2009; Costa, 2011 e Silva, 2011, dentre outros.

Para fins de gestão, a área a ser enfocada fica compreendida entre os paralelos -15° e -17° sul e entre os meridianos -43° e -47° oeste. Nesta área situam-se total ou parcialmente os 31 municípios seguintes: Formoso, Buritis, Arinos, Chapada Gaucha, Bonito de Minas, Cônego Marinho, Januária, Itacarambi, Matias Cardoso, Pedras de Maria da Cruz, Ibiracatu, Jaíba, Verdelândia, Varzelândia, Janaúba, Capitão Enéias, Mirabela, Patis, São João da Ponte, Japonvar, Lontra, Luislândia, Brasília de Minas, Ubaí, Icaraí de Minas, São Romão, Pintópolis, São Romão, Riachinho, Uruana de Minas e Unai.

As grandes linhas das ações de gestão são abaixo recomendadas ao órgão gestor de Minas Gerais objetivando um zoneamento satisfatório das manifestações de fluorose no norte do estado, bem como a compreensão e controle das mesmas. A exemplo de Velasquez *et al* (2014), as equipes envolvidas no estudo devem incluir necessariamente hidrogeólogos e odontólogos.

- Atualização e análise da bibliografia disponível sobre o tema fluorose no norte de Minas. Além dos autores acima citados recomenda-se iniciar por Castilho, L.S. *et al* (2004); Graciano, A.M.C. (2006); Ferreira, E.F. *et al* (2003); Menegasse, L.N. *et al* (s/ data). Todos esses estudos estão citados nas referências bibliográficas do presente relatório.
- Atualização do cadastro de poços da região acima indicada.
- Coleta de água subterrânea para dosagem de flúor, no final do período seco e no final do período chuvoso.
- Zoneamento das anomalias de flúor.
- Levantamento dos casos de fluorose dentária em todos os municípios acima listados e confronto das concentrações desses casos com as anomalias de flúor nas águas subterrâneas.
- Adotar soluções de abastecimento público, juntamente com a Copasa, no sentido de evitar o consumo de águas subterrâneas excessivamente fluoretadas.

5.2.5 Projetos de poços tubulares em aquíferos cársticos

O objetivo é gerar um marco técnico que estabeleça orientações técnicas adequadas para a construção de poços tubulares nos aquíferos cársticos e fissuro-cársticos da bacia do São Francisco. Leva-se em conta aqui os resultados do presente estudo e a experiência prévia de outras áreas cársticas.

Embora sejam litologias essencialmente carbonatadas, as diferentes formações dos grupos Bambuí e Una exibem muitas particularidades locais, tanto do ponto de vista geológico como hidrogeológico. Dessa forma, não se considera adequada a proposição de um anteprojeto de poço padrão, válido para toda a área do carste. Considera-se oportuno, antes, apresentar informações confiáveis, embora mais gerais, que sirvam de guia aos órgãos gestores na análise de licenciamentos de perfurações.

Valores muito acima ou muito abaixo daqueles a seguir indicados constituem casos particulares que devem ser analisados mais detidamente.

Profundidade dos poços: As profundidades mais frequentes se situam na faixa de 60 a 80 metros, uma vez que ocorrem carstificações nos carbonatos até a profundidade de 120 metros. Essa deve ser considerada como a profundidade máxima dos poços tubulares destinados à captação do aquífero cárstico, quer nos carbonatos do Grupo Bambuí, quer nos carbonatos do Grupo Una. Abaixo dos 120 metros, a formação carbonática é geralmente muito pouco produtiva ou, mesmo, estéril.

Nível estático: Os níveis estáticos se situam geralmente entre 10 e 30 metros. Devem ser esperadas, nos poços, colunas d'água médias da ordem de 50 metros, para a ordem de grandeza das profundidades dos poços, acima indicada.

Perfuração: É comum se perfurar em diâmetro de 8" até um máximo de 10,0 metros e em diâmetro de 6" até a profundidade final do poço. Utiliza-se frequentemente o método de percussão ou roto-percussão. O método rotativo, também utilizado, tem o inconveniente de enfrentar frequentes perdas de circulação quando se atravessam zonas carstificadas.

Revestimento: As rochas carbonáticas são suficientemente compactas, ao ponto de não requerer revestimento. São revestidos, no máximo, os 10 metros iniciais para estabilizar a zona mais superficial da perfuração, onde ocorrem solos e rocha desagregada. Esse revestimento, chamado de revestimento de boca, é feito comumente em 6". O espaço anelar, entre esse revestimento e a perfuração, é cimentado. A cimentação isola o aquífero, protegendo-o de eventuais infiltrações indesejáveis, além de manter fixo o revestimento de boca.

Filtros: Como se depreende do acima indicado, não são, geralmente, requeridos filtros. Em algumas situações particulares, entretanto, esses filtros podem ser necessários, como no caso, por exemplo, de passagens calco-arenosas produtivas e friáveis ou no caso de calcários muito desagregados.

Testes: Não são recomendáveis testes clássicos de aquífero uma vez que o meio é heterogêneo e anisotrópico, onde não vigoram os conceitos de transmissividade e coeficiente de armazenamento. Considera-se inócua a realização de testes escalonados, pois que as perdas por fricção são desprezíveis em função das pequenas profundidades dos poços. É preferível a

realização de um teste de produção no qual, no presente caso, não se requer a constância da vazão de teste. Recomenda-se, para esse teste, um bombeamento de 24 horas por 12 horas de observação da recuperação. É importante a observação de tantos piezômetros quanto seja possível, para se obter informações sobre a heterogeneidade do meio aquífero.

Os números médios acima apresentados podem ser consubstanciados num perfil construtivo básico tal como o mostrado na Figura 5.1, o qual deve ser ajustado para as diferentes situações reais.

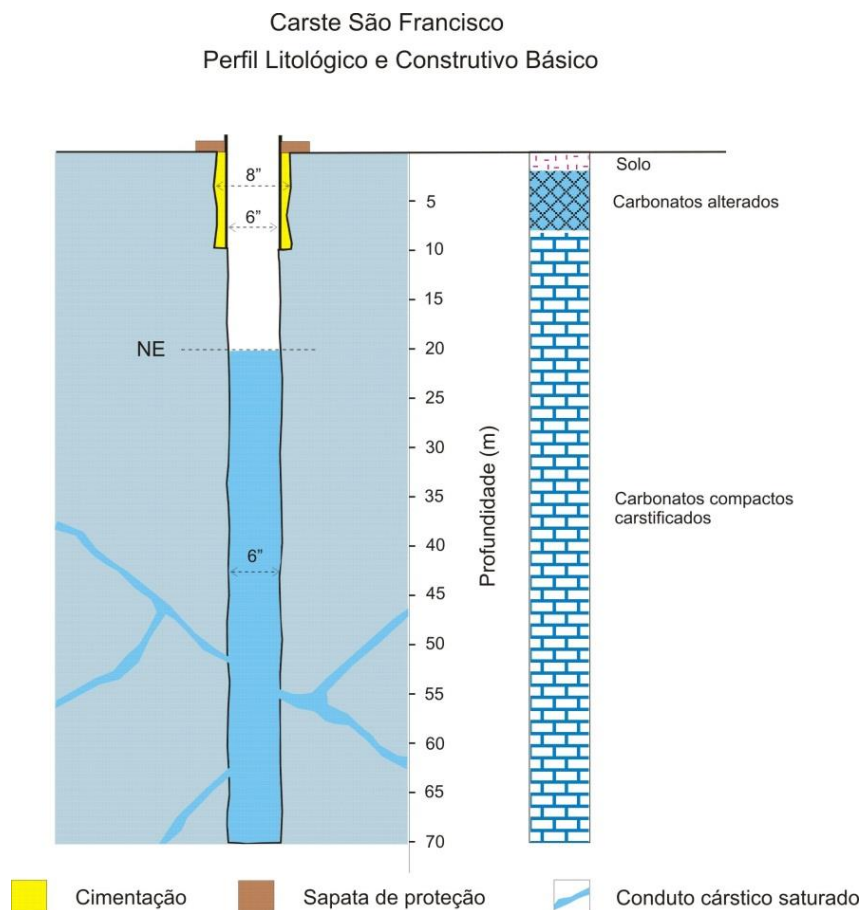


Figura 5.1 - Anteprojeto básico de poço nos aquíferos carbonatados.

5.2.6 Comissão de acompanhamento da gestão

A efetividade dos instrumentos de gestão dos recursos subterrâneos (outorga, enquadramento, cobrança e fiscalização) tem implicações na oferta de recursos hídricos, inclusive os superficiais e nas demandas socioeconômicas da região.

Recomenda-se a criação da Comissão de Acompanhamento da Gestão Compartilhada - CAGC, com membros dos principais órgãos gestores dos dois estados e representantes de órgãos selecionados, além da ANA e dos comitês de bacia instalados, principalmente do São Francisco e Verde Grande com o objetivo de:

- Fomentar a gestão harmônica dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais das bacias hidrográficas da área do projeto;

- Apoiar a gestão sustentável dos recursos hídricos, especialmente subterrânea, através do uso dos instrumentos de gestão, conforme preconizado pela lei 9433/1997 e pelas Resoluções do CNRH e CONAMA, sobre o tema, ampliando a sua aplicação no que couber;
- Acompanhar as atividades programadas do Plano de Gestão Compartilhada e sugerir as providências necessárias ao cumprimento de suas metas;
- Assegurar o intercâmbio entre os órgãos gestores estaduais, representados na Comissão de Acompanhamento da Gestão Compartilhada CAGC;
- Promover a articulação federal, interestadual e intermunicipal, integrando as iniciativas regionais de estudos, projetos, planos e programas às diretrizes estabelecidas, com vistas à conservação e à proteção de seus recursos hídricos;
- Representar de forma consultiva, uma instância de mediação e resolução de conflitos de uso dos recursos hídricos, particularmente os subterrâneos;
- Recomendar, quando necessário, limites de retiradas de modo a respeitar o desenvolvimento sustentável dos aquíferos da região.

Do ponto de vista de estrutura e organização, a CAGC deverá ser desprovida de sede e de hierarquia. Sua funcionalidade consiste em contar com uma programação anual de encontros e cumprimentos, pelos estados, de metas pré-estabelecidas para a gestão dos recursos hídricos, especialmente subterrâneos na área dos aquíferos cársticos e fissuro-cársticos da região.

5.2.6.1 Resolução Conjunta para a gestão compartilhada

Propõe-se, neste tópico, um processo de negociação envolvendo os dois estados, a ANA e o CBHSF, que deverá conduzir a uma proposta de resolução visando à gestão integrada e compartilhada dos aquíferos cársticos e fissuro-cársticos das bacias hidrográficas dos rios Carinhanha e Verde Grande.

O seguinte texto é proposto para a resolução acima citada:

Considerando que os recursos ou reservas renováveis dos sistemas aquíferos para usos múltiplos, com as prioridades estabelecidas pelas legislações federal e estadual vigentes, constantes de Planos Estaduais de Recursos Hídricos e Planos de Bacias Hidrográficas, devem ser sustentáveis através da Gestão Integrada e Compartilhada, resolve:

- Artigo 1º: A área de interesse para a gestão compartilhada e integrada entre a Bahia e Minas Gerais corresponde, na Bahia, às RPGAs XXIV-Bacia do Rio Carinhanha e XXV-Bacia do Rio Verde Grande e, em Minas Gerais, às UPGRHs SF9-Bacia do Rio Pandeiros/Carinhanha e SF10-Bacia do Rio Verde Grande;
- Artigo 2º: Fica instituída a Comissão de Acompanhamento da Gestão Compartilhada do Sistema Aquífero (CAGC), composta por membros designados pelos respectivos estados com a função de elaborar a

programação de encontros periódicos para avaliar o cumprimento de metas pré-estabelecidas;

- **Parágrafo Único:** A CAGC é um órgão colegiado de natureza consultiva, desprovido de sede e hierarquia, integrante e subordinado aos sistemas estaduais de gerenciamento de recursos hídricos dos estados da Bahia e de Minas Gerais;
- **Artigo 3º:** O desenvolvimento do plano de gestão integrada e compartilhada, da região cárstica da Bahia e de Minas Gerais deve ser efetivado pelos respectivos órgãos gestores utilizando como informação básica de partida os dados obtidos nos estudos realizados entre 2013 e 2017 (ANA, 2018), mas, utilizando também toda a documentação técnica que possa ser obtida.
- **Artigo 4º:** Os órgãos gestores dos estados da Bahia e de Minas Gerais devem adotar procedimentos consensuais, tanto no que diz respeito a atos administrativos como no que concerne a atividades técnicas como, por exemplo, licenciamento de perfurações de poços, outorgas, estudos hidrogeológicos e hidroquímicos, reavaliações de descargas exploráveis, e outras.
 - **Parágrafo Único:** Os parâmetros a serem obtidos no monitoramento qualitativo dos aquíferos, bem como o espaçamento entre as campanhas de campo, serão definidos pela CAGC. Eventuais dúvidas serão submetidas a instâncias superiores para decisão.
- **Artigo 5º:** A vazão máxima global para a outorga de água subterrânea, no domínio dos aquíferos cársticos e fissuro-cársticos, é a vazão correspondente, em princípio, ao saldo da reserva reguladora.
 - **Parágrafo 1:** Considera-se como descarga global máxima de água subterrânea possível de ser outorgada, nas 10 UGAS que compõem a área de estudo, a descarga de 650,00 m³/s⁸.
 - **Parágrafo 2:** O valor acima corresponde ao saldo da reserva reguladora avaliada nos estudos do Carste São Francisco. Este valor deve ser considerado como o valor de outorga inicial, de partida, para efeito de gestão. Caberão aos órgãos gestores da Bahia e Minas Gerais, ao longo do processo de gestão, o acompanhamento das respostas dos aquíferos às solicitações e as reavaliações que se farão necessárias.
- **Artigo 6º:** No caso em que o saldo da reserva reguladora se torne insuficiente para o atendimento de pedidos de outorga, os órgãos gestores podem avaliar a possibilidade de outorgar vazões

⁸ Ver tabela 3.2 no item 3.2. Essa descarga possível de ser outorgada é válida globalmente para o conjunto das 10 UGAS que compõem a área de estudos. Cada UGA, individualmente, tem sua descarga máxima de outorga (ver tabela 3.2 no item 3.2).

procedentes das reservas, num percentual que seja considerado conveniente e possível.

- Artigo 7º: A cobrança pelos direitos de uso da água bruta se deve fazer de acordo com o que estabelece a lei federal 9433/97, artigos 19, 20 e 22;
 - Parágrafo 1: Uma discussão sobre os mecanismos de cobrança, valores cobrados e aplicação de recursos deve ser realizada pela CAGC junto aos usuários, Comitês de Bacia e a sociedade em geral, para a definição de valores diferenciados em função das características hidrometeorológicas, ambientais e socioeconômicas intrínsecas de cada bacia e do princípio de cobrança a ser implantado;
 - Parágrafo 2: Poderão ser ouvidas instâncias superiores, principalmente em casos de conflitos de uso, conforme determinam o Artigo 35º da Lei 9433/97 e o Artigo 28º da Resolução 16/01 do CNRH;
- Artigo 8º: Esta resolução entra em vigor na data de sua publicação;

5.2.7 Monitoramento

São propostas duas redes de monitoramento. A primeira diz respeito a monitoramento quantitativo de recessões, sendo constituída de estações fluviométricas.

A segunda rede diz respeito a monitoramento qualitativo de água subterrânea, sendo constituída de poços.

5.2.7.1 Monitoramento quantitativo de recessões

É proposta uma rede de monitoramento quantitativo de recessões para a área do Carste São Francisco, conforme apresentado na Figura 5.2. Esses pontos foram selecionados em função de aspectos importantes da hidrogeologia no interior das bacias hidrográficas que compõem as UGAs, servindo como justificativa para aprimorar / detalhar os levantamentos realizados com base nas estações já elencadas nos estudos, mas que, desse modo, vão reforçar em muito o entendimento dos aspectos inerentes às formas de armazenamento de recarga dos aquíferos e manutenção das descargas de base das diversas drenagens.

Cada UGA reflete um cenário único composto por diversas bacias, cada uma com uma funcionalidade natural específica, associada a um ambiente hidrogeológico distinto. O entendimento do *modus operandi* de cada uma delas é que irá refletir a possibilidade de adequação da gestão de toda a UGA.

Nesse sentido está apresentado no ANEXO 1 - Tabela de pontos propostos para monitoramento quantitativo, 328 pontos indicados para o monitoramento das descargas de base, escolhidos segundo critérios geológicos.

A implementação de uma rede de monitoramento quantitativa permitirá a atualização constante das disponibilidades hídricas para fins de outorga de uso das águas e, ainda, o acompanhamento das relações diretas entre as águas superficiais e subterrâneas, permitindo a gestão integrada, objetivo dos trabalhos.

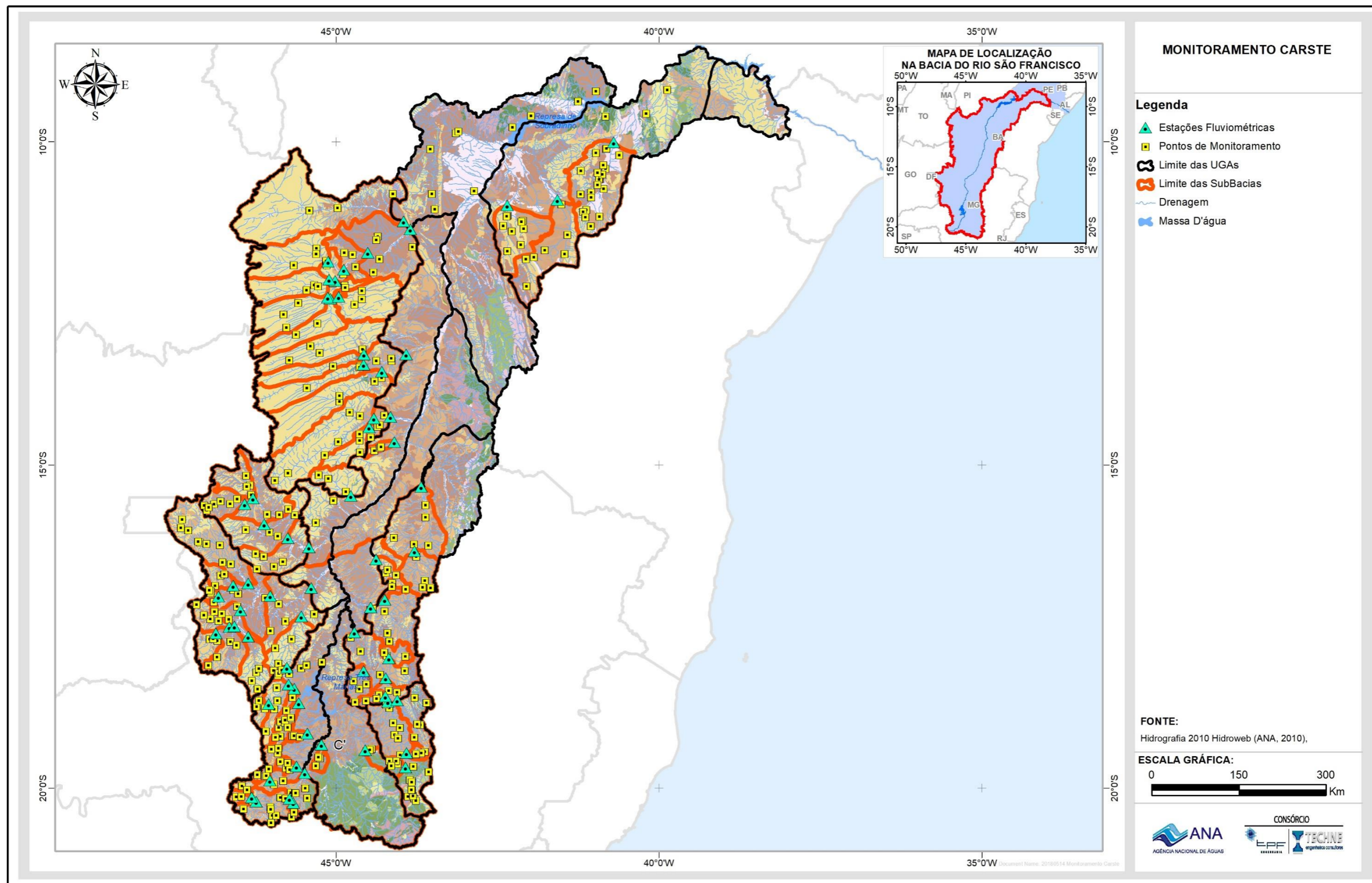


Figura 5.2 - Mapa com indicação dos pontos para o monitoramento.

5.2.7.2 Monitoramento qualiquantitativo de poços

Além da rede regional de monitoramento das recessões, são propostas redes de monitoramento qualiquantitativo para as áreas piloto de São Desidério, Montes Claros e Lapão, e ainda para a região de Jaíba. Foram escolhidos para compor essas redes, basicamente, os poços onde os teores de certos parâmetros superaram o VMP para o consumo humano (STD, dureza, cloreto, fluoreto, nitrato e ferro, na área piloto do riacho do Juá; ferro e manganês).

A implementação de rede de monitoramento qualiquantitativa traz consigo a definição de uma rotina de coleta de informações que poderá a curto, médio e longo prazo auxiliar na gestão dos processos decisórios, principalmente no que diz respeito às decisões com relação aos instrumentos de gestão, como as concessões de outorgas.

A rede aqui proposta leva em conta as peculiaridades hidrogeoquímicas identificadas após a interpretação das duas campanhas regionais de amostragem de água.

Recomenda-se preferencialmente que os poços da rede de monitoramento sejam exclusivos para o fim a que se destinam e que sejam construídos com este propósito. Como uma segunda alternativa, entretanto, admite-se que os poços da rede possam ser disponibilizados pelos seus proprietários. Neste caso, entretanto, é imprescindível que seus perfis litológicos e construtivos sejam conhecidos para que se tenha a certeza de que a unidade está efetivamente captando o aquífero cárstico. Recomenda-se que os mesmos fiquem próximos a habitações de modo a serem guardados e vigiados para evitar depredações.

A implantação da rede de monitoramento aqui proposta deverá ser precedida de uma análise das redes já em funcionamento, como a rede do RIMAS por exemplo.

Em consonância com a Resolução CNRH 107/2010 e devidas adequações em função das peculiaridades da área estudada, recomenda-se o seguinte procedimento:

- Uma campanha de amostragem físico-química completa, tal como feita no âmbito desse estudo, a cada cinco anos;
- Uma campanha semestral abrangendo os parâmetros pH, cloreto, nitrito, nitrato, dureza total, alcalinidade total, ferro total, manganês, cloreto, fluoreto e sólidos totais dissolvidos.

O monitoramento deve ser capaz de determinar variações normais ou naturais no aquífero e permitir a detecção de alguma anomalia que porventura exista ou venha a ocorrer. Dessa forma, o acompanhamento sistemático dos resultados obtidos do monitoramento semestral pode servir de alerta para uma tomada de decisão por parte dos órgãos gestores e apoiar a decisão de se realizar uma amostragem completa antes dos cinco anos previstos.

A situação da exploração, tanto no Sistema Aquífero Bambuí quanto no Aquífero Salitre do Grupo Una, foi caracterizada através de balanço entre a recarga natural e as retiradas de água pelos poços existentes em bombeamento. A distribuição espacial dos déficits e superávits do referido

balanço, ilustrada em mapas de zoneamento da exploração, mostra claramente as zonas de conforto e as zonas críticas. Estas últimas devem ser monitoradas do ponto de vista quantitativo.

As redes de monitoramento qualiquantitativo propostas são indicadas adiante no Capítulo 6.

6 PROPOSTA DE GESTÃO PARA ÁREAS PILOTO

Foram realizados estudos específicos nas bacias do Rio São Desidério (São Desidério/BA), Riacho do Juá (Lapão/BA) e do Rio do Vieira (Montes Claros/MG), com o objetivo de dar suporte aos órgãos gestores estaduais no apoio ao planejamento do uso e ocupação do solo, bem como integrar as diversas ações setoriais e de recursos hídricos existentes.

Como essas áreas piloto foram objeto de estudos mais detalhados, são propostas, aqui, ações específicas, considerando as características e peculiaridades de cada uma. Para toda região de estudo, são fundamentais o **cadastramento de poços existentes** e o **monitoramento dos níveis de água** para gestão sustentável dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

6.1 Região de São Desidério/BA

A região de São Desidério, no extremo oeste da Bahia tem características peculiares devidas à ocorrência extensiva de sedimentos cretácicos do Grupo Urucuia capeando as rochas carbonatadas do Grupo Bambuí.

São propostas as seguintes ações de gestão:

- Uma análise das prováveis relações entre os aquíferos Urucuia e Bambuí leva a admitir que o segundo deve receber, a partir do primeiro, ínfimas recargas por filtração vertical direta. É admissível apenas que o substrato do Urucuia possa experimentar pequenas oscilações sazonais na parcela sob pressão do seu armazenamento. É mais plausível considerar que todo ou quase todo o volume sazonal dos recursos renováveis do Urucuia flua sub-horizontalmente para os exutórios naturais representados pelos inúmeros rios perenes que drenam os arenitos. Uma avaliação mais apurada dessa questão passa necessariamente pela **perfuração de, pelo menos, um poço multinível de pesquisa, a ser perfurado na Chapada de Baianópolis na localidade de Portão de Pedras**, nas proximidades do ponto de coordenadas UTM 564275 E e 8612089 N. Deve ser atravessada toda a extensão dos arenitos Urucuia. O poço deve penetrar no mínimo 30 metros nos calcários do Grupo Bambuí. Devem ser monitoradas separadamente as cargas hidráulicas dos aquíferos Urucuia e Bambuí.
- Propõe-se ainda a **perfuração de um poço na periferia norte da cidade de São Desidério, para monitoramento da evolução dos compostos nitrogenados** (nitrito, nitrito e amônia) e cloreto, por se tratar de um espaço urbano, e que certamente está susceptível aos processos decorrentes da falta de saneamento.

- Os resultados físico-químicos das duas campanhas de amostragem realizadas em poços da região mostraram que, em algumas amostras, os parâmetros ferro e manganês estavam acima dos padrões de qualidade para as águas de consumo humano. Diante disso, sugere-se a **construção, ou a seleção de poços existentes para acompanhar a variação semestral de ferro e manganês, principalmente**. A Tabela 6.1 e Figura 6.1 apresentam a localização desses poços que deverão ser utilizados para monitoramento da qualidade química na Bacia do Rio São Desidério.

Tabela 6.1 – Coordenadas dos poços de monitoramento da rede da Bacia do Rio São Desidério.

Poços de Monitoramento	Coordenadas X	Coordenadas Y
PM01	-44,9319	-12,3142
PM02	-44,6155	-12,6281
PM03	-44,5347	-12,3676
PM04	-44,3224	-12,5338
PM05	-44,1932	-12,6167

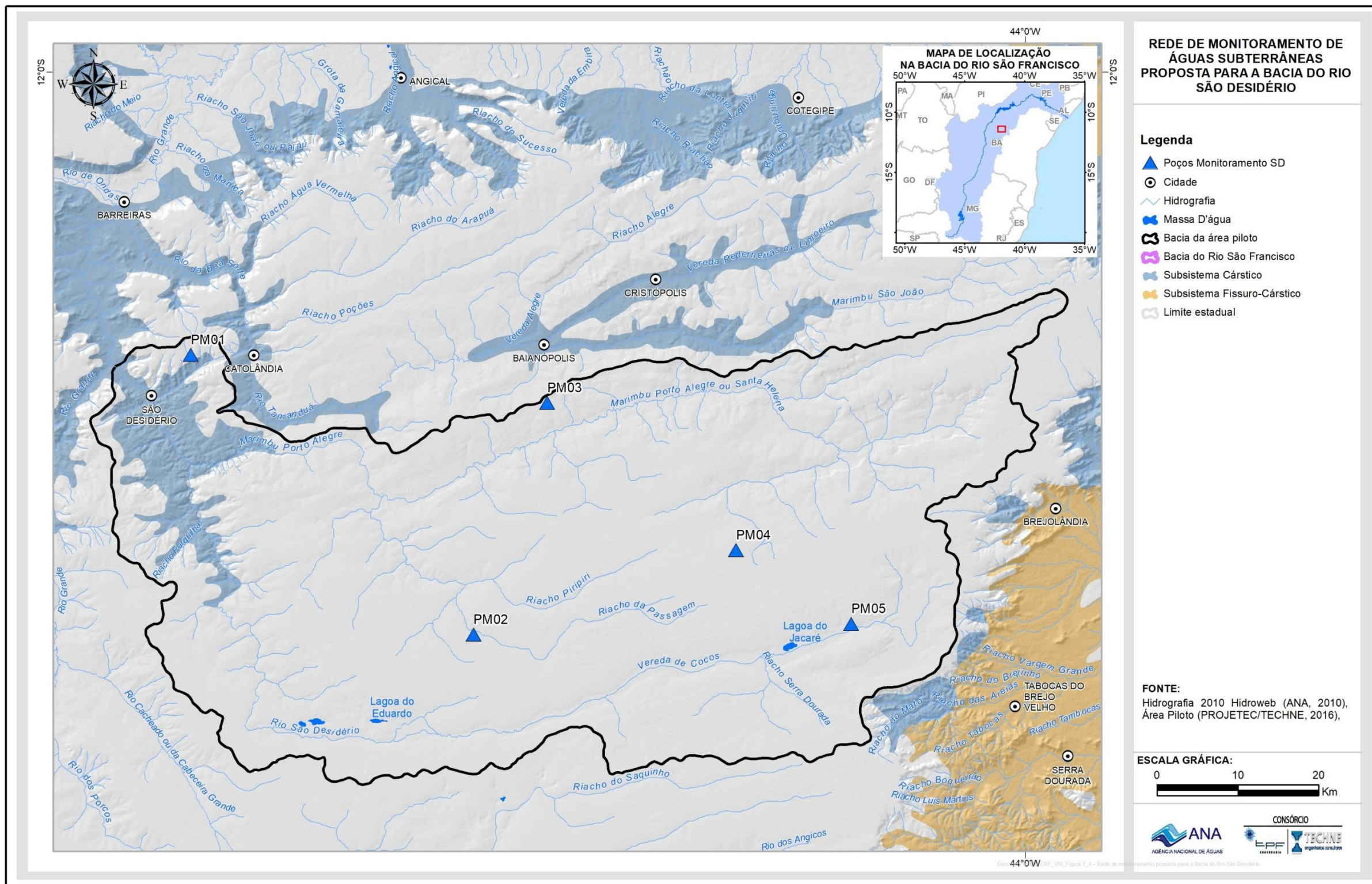


Figura 6.1 – Rede de monitoramento proposta para a Bacia do Rio São Desidério.

- Componentes do sistema cárstico, as cavernas se caracterizam por serem um ecossistema frágil e sensível, no qual qualquer alteração pode ameaçar sua estrutura. Destaca-se, na área piloto do rio São Desidério, a APA Estadual de São Desidério/BA, que inclui o Sistema Cárstico do Rio João Rodrigues, formado por uma sequência de cavidades com dimensões quilométricas (ex.: Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério com 4,8 km e a Garganta do Bacupari com 4,4 km). Face à sua importância científica e ambiental, o sistema pode ser considerado ameaçado devido a sua proximidade à zona urbana de São Desidério e a linhas de tráfego rodoviário. Recomenda-se ao órgão gestor da Bahia que se componha com o Instituto Chico Mendes no sentido de prover uma efetiva gestão ambiental do patrimônio espeleológico de São Desidério.

6.2 Região de Montes Claros/MG

Algumas considerações sobre a região de Montes Claros são importantes para proposição de medidas de gestão e são descritas a seguir:

- O abastecimento público da cidade de Montes Claros é feito essencialmente com água de superfície e a disponibilidade atual desse recurso não é suficiente para o atendimento da demanda da cidade.
- Constata-se uma excessiva produção de água subterrânea (26,00 hm³/ano)⁹ a partir de poços concentrados preferencialmente na zona urbana e sua periferia. Essa descarga destina-se essencialmente ao abastecimento doméstico, extra Copasa, da população. É necessário iniciar um monitoramento sistemático de níveis e vazões de poços para que se possa concluir sobre a real situação da exploração de água subterrânea em Montes Claros.
- Toda a área de ocorrência dos calcários da Formação Lagoa do Jacaré Superior, em especial a área do Parque Estadual da Lapa Grande, constitui importante área de recarga do aquífero cárstico captado na zona urbana de Montes Claros. O órgão gestor de Minas Gerais, bem como a Prefeitura Municipal de Montes Claros, devem prover as medidas necessárias à proteção ambiental dessa área.
- Foram cadastradas dezesseis surgências nas encostas leste dos calcários da Formação Lagoa do Jacaré Superior, entre fontes e lagoas, testemunhando o repasse hídrico desses calcários para os aquíferos da planície. É muito provável que, num cadastramento visando especificamente às fontes, um número muito maior de surgências se revele nas encostas leste dos calcários.
- Recomenda-se a utilização do método geofísico elétrico na locação de poços tubulares profundos, considerando os resultados que esse

⁹ Ver Volume III Tomo 2 – Área Piloto do riacho do Vieira

método vem alcançando na detecção de zonas mais intensamente carstificadas em rochas carbonáticas.

- Recomenda-se realizar periodicamente o cadastro de poços (a cada dois anos).
- Recomenda-se, ainda, a regulamentação de todos os usuários (dispensa ou outorga de direito de uso) e a proibição de novas perfurações de poços por um período mínimo de 02 anos.
- Implementar campanhas constantes de fiscalização em parceria com os órgãos gestores estaduais e municipais.

Além da aplicação das medidas descritas acima, o monitoramento qualiquantitativo é fundamental para a região. Os estudos hidroquímicos realizados mostram que ferro e o manganês apresentam, em 40% das amostras, teores acima do Valor Máximo Permitido (VMP) para águas de consumo humano de acordo com os padrões de potabilidade.

Acrescenta-se, ainda, a importância da preservação das águas subterrâneas do Parque Estadual da Lapa Grande, uma vez que o mesmo é responsável direto pela recarga e manutenção da qualidade das águas da porção urbana de Montes Claros.

Na parte urbana de Montes Claros, embora não tenha sido detectado nenhum parâmetro químico acima dos valores de referência, é importante, também, o seu monitoramento para verificar a eficácia da recarga proveniente da área do Parque, notadamente por se tratar de uma área urbana em que, naturalmente, existe uma variedade de fontes potenciais de contaminação. Dessa forma, faz-se necessário acompanhar com atenção os teores dos compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) e do cloreto, como indicadores de contaminações por efluentes domésticos e por metais nas áreas de indústria.

A Tabela 6.3 e Figura 6.3 apresentam proposta de localização dos poços para compor a rede de monitoramento na Bacia do Rio Vieira.

Tabela 6.3 – Coordenadas dos poços de monitoramento da rede proposta para a área piloto do Rio Vieira.

Poços de Monitoramento	Coordenadas X	Coordenada Y
PM01	-43,9335	-16,5837
PM02	-43,9141	-16,6463
PM03	-43,9848	-16,6523
PM04	-43,9739	-16,7167
PM05	-44,0175	-16,7258
PM06	-43,9929	-16,7709
PM07	-43,8997	-16,7578
PM08	-43,8511	-16,7318
PM09	-43,8448	-16,7125
PM10	-43,8181	-16,7381
PM11	-43,8441	-16,6699
PM12	-43,887	-16,6825

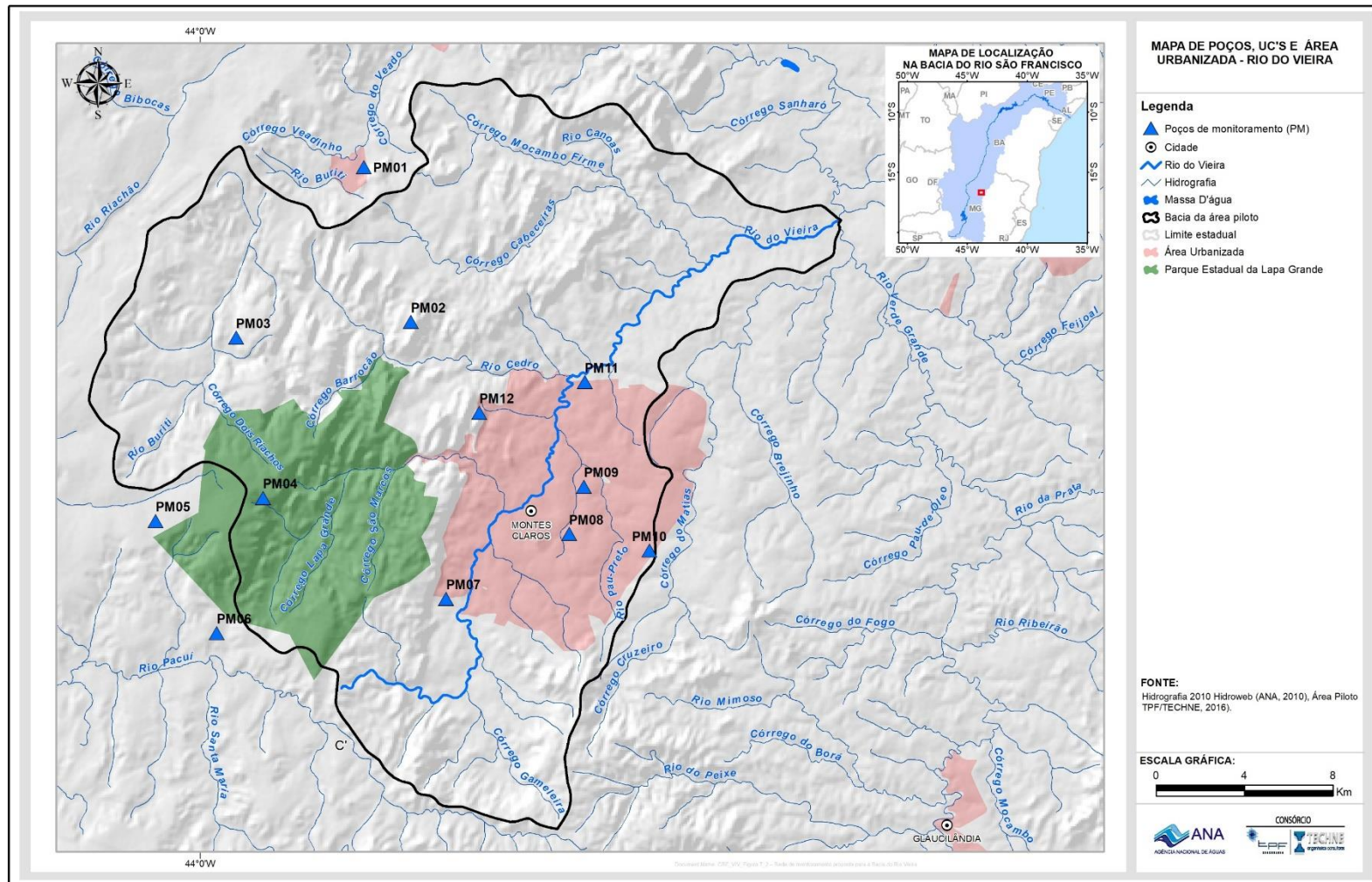


Figura 6.3 – Rede de monitoramento proposta para a Bacia do Rio Vieira.

6.3 Região de Lapão/BA

A zona urbana de Lapão vem há anos sofrendo problemas de rachaduras do solo e de construções provocados pelo comportamento cárstico dos calcários. Os estudos realizados no presente projeto deram suporte a elaboração de um mapa de risco geotécnico da área, apresentado na Figura 6.4.

São quatro áreas consideradas de baixo risco, designadas de A, B, C e D, apresentadas na Tabela 6.4, relacionando as áreas de baixo risco, seus cantos e respectivas coordenadas. O estaqueamento desses pontos permite a delimitação das áreas mapeadas. Essas informações devem ser úteis aos órgãos gestores, à Prefeitura de Lapão e também ao avanço dos estudos dos abatimentos de terreno.

As seguintes ações de avanço no conhecimento técnico científico são recomendadas para fazer face à problemática dos abatimentos de terreno em Lapão:

- Em primeiro lugar considera-se prioritário, e da maior relevância, que se ponha em prática a recomendação de Dias Neto & Maia (2009) no que diz respeito à criação de um Núcleo de Estudos Hidrogeológicos objetivando o acompanhamento permanente da problemática cárstica de Lapão. Essa iniciativa foi objeto da Portaria nº 420/09-DG do INGA, publicada no Diário Oficial do estado da Bahia em 09/06/2009.
- A identificação e o mapeamento preciso de dolinas requerem a elaboração de um mapa topográfico de precisão da área coberta pela resistividade no presente estudo (22,0 km²), com curvas de nível de metro em metro ou menos. A escala desse mapa topográfico deve ser 1/10.000 ou 1/20.000, a ser decidido.
- Considera-se fundamental um mapeamento litológico detalhado da área de Lapão utilizando-se como base o mapa topográfico acima recomendado.
- Uma vez mapeadas todas as dolinas da área, com a precisão requerida, recomenda-se uma reanálise das trincas conhecidas e de novas feições que possam surgir, buscando entender suas relações com as citadas dolinas. A abordagem geomecânica de Lins *et al* (2015) nos parece merecedora de atenção.
- É muito recomendável a perfuração de poços de pesquisa bem construídos e bem acompanhados. Alguns desses poços devem coincidir com dolinas e outros devem ficar fora dessas estruturas. Esses poços visam essencialmente aferir o grau de carstificação dos calcários e o preenchimento de dolinas colapsadas.
- As “Áreas de risco em Lapão” (Figura 6.5) bem como as propostas de (Oliveira, 2015) devem ser levadas em conta na expectativa de que, com a continuidade dos estudos e a evolução do conhecimento do comportamento cárstico da região de Lapão, a definição dessas áreas seja otimizada.

Tabela 6.4 – Coordenadas dos cantos das áreas de baixo risco (Datum: WGS84)

ÁREA	CANTO	UTM L	UTM W
A	A1	189.512,61	8.741.638,06
	A2	190.265,93	8.741.643,44
	A3	190.265,93	8.740.906,26
	A4	190.115,27	8.740.900,88
	A5	190.120,65	8.740.588,79
	A6	190.383,80	8.740.592,53
	A7	190.379,76	8.740.321,67
	A8	190.161,45	8.740.317,62
	A9	190.157,41	8.739.804,20
	A10	189.502,49	8.739.796,11
	A11	189.522,70	8.740.066,97
	A12	189.995,70	8.740.066,97
	A13	189.995,70	8.740.754,24
	A14	189.850,16	8.741.061,48
	A15	189.506,53	8.741.057,44
B	B1	190.784,03	8.741.647,68
	B2	191.628,96	8.741.631,51
	B3	191.624,92	8.741.037,23
	B4	191.115,54	8.740.911,90
C	C1	192.150,47	8.741.639,59
	C2	192.619,43	8.741.639,59
	C3	192.619,43	8.740.479,33
	C4	191.503,64	8.740.475,29
	C5	191.523,85	8.740.746,15
	C6	191.932,17	8.740.689,55
	C7	192.158,56	8.740.992,76
D	D1	190.258,76	8.739.159,60
	D2	190.261,80	8.740.052,58
	D3	190.550,35	8.740.052,58
	D4	190.568,57	8.739.672,91
	D5	191.276,28	8.739.663,80
	D6	191.288,42	8.739.153,52
	D7	191.057,59	8.739.165,67
	D8	191.060,62	8.739.493,71
	D9	190.778,15	8.739.505,86
	D10	190.772,07	8.739.381,33
	D11	190.404,55	8.739.375,25
	D12	190.407,59	8.739.162,64

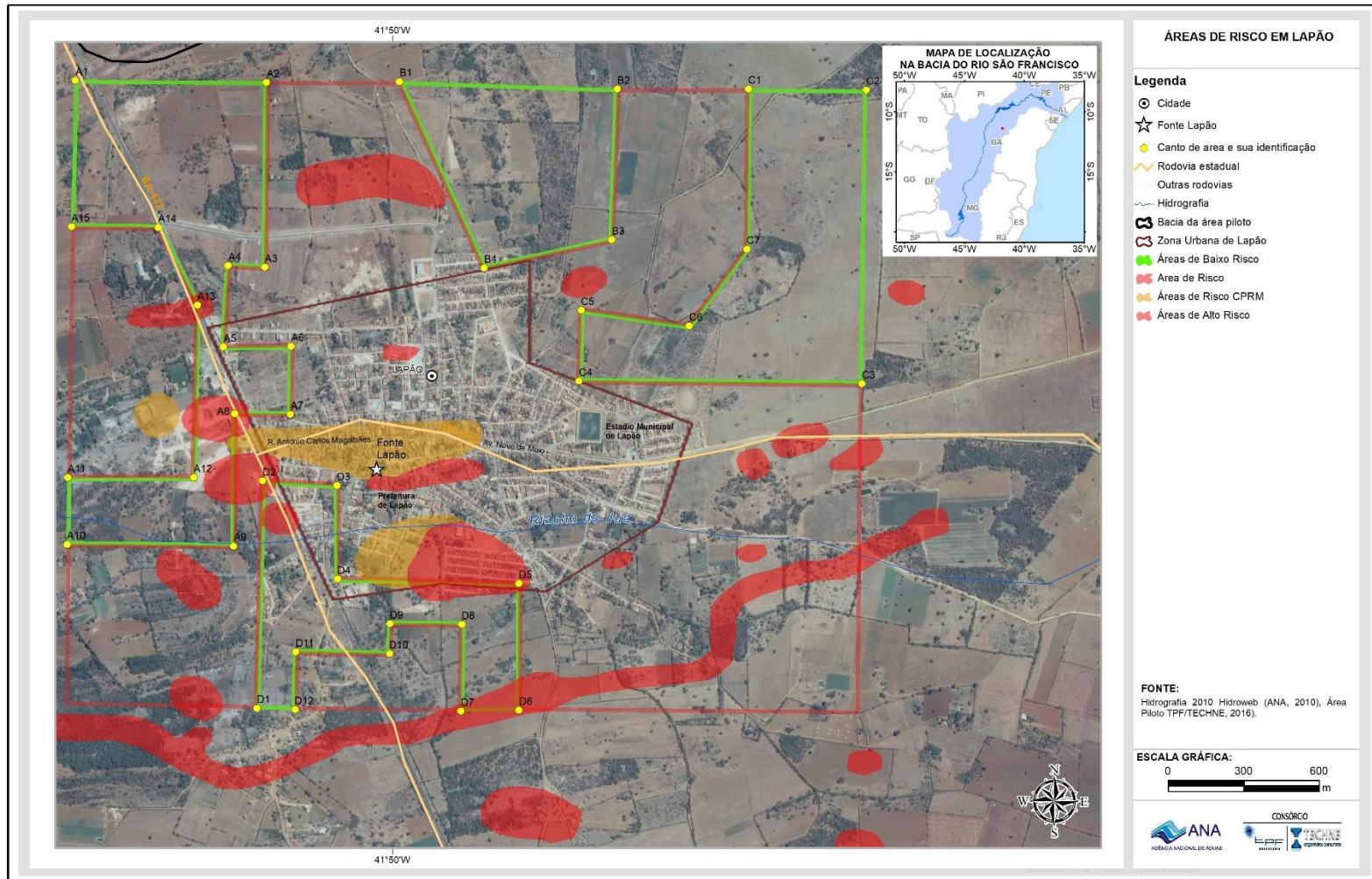


Figura 6.4 - Áreas de maior risco e áreas de baixo risco em Lapão.

As condições acima indicadas deverão exigir procedimentos de gestão bem mais rigorosos, onde é vital a disponibilidade de uma rede de monitoramento espacialmente planejada, tanto do ponto de vista hidrológico quanto do ponto de vista hidrogeológico, salientando-se naturalmente a necessidade de implantação de um forte controle do uso da água subterrânea, da perfuração de novos poços tubulares e do inventário de uso atual das águas subterrâneas.

O mapa de zoneamento da exploração apresentado na Figura 4.6 evidenciou déficit hídrico em 74% das células. A situação mais crítica ocorre nas células: 10 (-0,040 m³/s), 11 (-0,023 m³/s), 12 (-0,048 m³/s), 13 (-0,044 m³/s) e 14 (-0,037 m³/s). O déficit total encontrado na área é de 324 L/s ou 28.003,00 m³/dia, para uma recarga de 7,4 mm/ano equivalente a cerca de 20 m³/km².dia. Existe excedente apenas nas células 1, 7, 8, 9, 14 e 20, correspondentes aos quartzitos da Serra do Uibaí (Grupo Chapada Diamantina).

Nas células deficitárias é recomendável a implantação de dispositivos de monitoramento automático permanente de níveis e descargas dos poços para a aquisição de dados com o objetivo de limitar com segurança as retiradas superiores à reserva explotável, que serve de referência para as outorgas de água subterrânea.

Além da aplicação das medidas descritas acima, o monitoramento qualiquantitativo é fundamental para a região. Os resultados físico-químicos oriundos das duas campanhas de amostragem realizadas mostraram que as águas são sempre muito duras, com parâmetros de STD, cloreto, fluoreto, nitrato e ferro acima dos padrões de qualidade (Portaria 2914/11) em algumas amostras.

A Tabela 6.5 e Figura 6.5 apresentam a localização dos poços que deverão compor a rede de monitoramento na Bacia do Riacho do Juá.

Tabela 6.5 – Coordenadas dos poços de monitoramento da rede da Bacia do Riacho do Juá.

Poços de Monitoramento	Coordenadas X	Coordenada Y
PM01	-42,0448	-11,3931
PM02	-41,9487	-11,3834
PM03	-41,8892	-11,4138
PM04	-41,7930	-11,3889
PM05	-41,7716	-11,4131
PM06	-41,9238	-11,5162
PM07	-42,0109	-11,5238
PM08	-42,0109	-11,4581

Em face do acima exposto, as seguintes ações de gestão são recomendadas para o controle da exploração de água subterrânea:

- Recomenda-se realizar periodicamente o cadastro de poços (a cada dois anos).
- Recomenda-se, ainda, a regulamentação de todos os usuários (dispensa ou outorga) e a proibição de novas perfurações de poços por um período mínimo de 02 anos.

- Implementar campanhas constantes de fiscalização em parceria com os órgãos gestores estaduais e municipais.
- Sinalizar as áreas de riscos com placas bem visíveis que contenham frases de “efeito” descrevendo os riscos potenciais à população e as restrições de atividades;
- **Realocar a população das áreas de alto risco para outras localidades mais seguras.** Além disso, deve ser feito um investimento na avaliação geotécnica das áreas onde o calcário já aponta fragilidades, particularmente em áreas de maior adensamento, como escolas, hospitais e grandes edificações.

Muitas cidades desenvolvem-se sobre rochas carstificadas, mas o contexto do carste requer uma forma diferente de gestão e desenvolvimento urbano que precisa ser respeitada para que os riscos sejam minimizados. O avanço do conhecimento dos fenômenos cársticos em Lapão e o desenvolvimento das estratégias de gestão do risco e proteção da população depende de um conhecimento hidrogeológico e geotécnico incorporado nas políticas do município.

O êxito da ocupação humana em áreas que oferecem riscos naturais depende de um conhecimento satisfatório dos processos físicos, químicos e/ou biológicos que se relacionam a esses riscos e à interferência antrópica que aumentam ou diminuem as condições potenciais de ocorrência de acidentes ou que agravam as consequências decorrentes desses acidentes.

De forma semelhante, dadas as restrições quanto ao uso da água subterrânea nos cenários apresentados para a região de Lapão, a ocupação humana só poderá ser bem-sucedida quando for planejada e seu crescimento for pautado em ações estratégicas tanto do ponto de vista econômico quanto do ponto de vista do equilíbrio ambiental.

Isto deverá tornar-se os procedimentos de gestão bem mais rigorosos, recorrendo-se inicialmente a uma rede de monitoramento espacialmente planejada, tanto do ponto de vista hidrológico quanto do ponto de vista hidrogeológico, salientando-se naturalmente a necessidade de implantação de um forte controle do uso da água subterrânea, da perfuração de novos poços tubulares e do inventário de uso atual das águas subterrâneas.

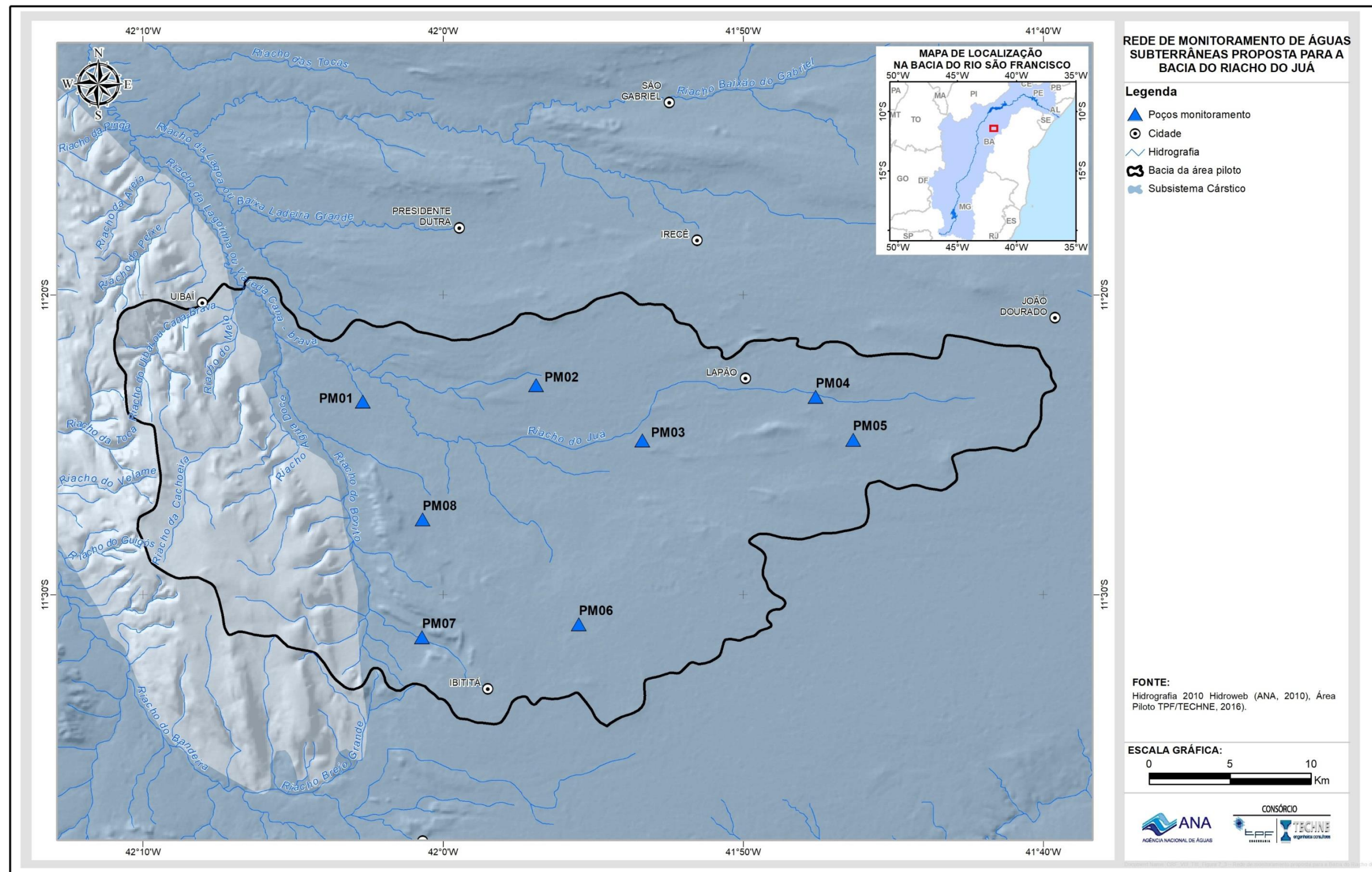


Figura 6.5 – Rede de monitoramento proposta para a Bacia do Riacho do Juá.

7 Referências bibliográficas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12212, Projeto de Poço Tubular para Captação de Águas Subterrâneas, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 15p. 1992.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12244, Construção de Poços Tubulares para Captação de Água Subterrânea, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 6p. 1992.

ÁguaBrasil, 2012 - Sistema de Avaliação da qualidade da água, saúde e saneamento <http://www.aguabrasil.iciet.fiocruz.br/>

AKSOY, H.; WITTENBERG, H.; ERIS, E. Hydrograph Analysis and Baseflow Separation. In: Handbook of Engineering Hydrology: Fundamentals and Applications. p. 311-328. 2014.

Albuquerque, J.P.T., 2013. Situação volumétrica dos reservatórios das hidrelétricas da CHESF. <http://www.remabrasil.org/Members/suassuna/campanhas/situacao-volumetrica-dos-reservatorios-das-hidreletricas-da-chesf-02-08-2013/view>. (Acessado em 11/08/2016)

ALKMIN F. F.; BRITO NEVES B. B.; ALVES J. A. C. Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco – uma revisão. In: J.M.L. Dominguez e A. Misi (eds). O Cráton do São Francisco. Reunião Preparatória do II Simpósio sobre o Cráton do São Francisco. Salvador, SBG/Núcleo BA/SE/SGM/CNPq, p. 45-62. 1993.

ALKMIN, F. F.; MARTINS-NETO, M. A. A bacia intracratônica do São Francisco: arcabouço estrutural e cenários evolutivos. In: PINTO, C.P.; MARTINS-NETO (Org.). Bacia do São Francisco: geologia e recursos minérios. Belo Horizonte:SBG/MG. p. 09-30. 2001.

ALMEIDA, F. F. M. Diferenciação Tectônica da Plataforma Brasileira. In: SBG, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23. Salvador, Anais. p. 29-46. 1969.

ALMEIDA, F. F. M., HASUI, Y., BRITO NEVES, B. B., FUCK, R. A. Brazilian Structural Provinces: an introduction. Earth Science Review, v. 17 p.1- 29. 1981.

ALMEIDA, F. F. M., HASUI, Y., BRITO NEVES, B.B., FUCK, R. A. Províncias Estruturais Brasileiras. In: SBG, SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8., Campina Grande – PB, Atas... p. 363-391.

ALMEIDA. F. F. M. O Cráton do São Francisco. Revista Brasileira de Geociências, v.7, n 4, p.349-364. 1977.

ANA, 2013. Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil.

ANA – Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras – Edição Especial. Brasília. 2015. 163 p.

ANA – Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, Informe 2014, Brasília 105 p. 2015.

ANA – Agência Nacional de Águas. Disponibilidade e Demanda de Recursos Hídricos no Brasil. Caderno de Recursos Hídricos, Brasília, 123 p. 2005.

ANA – Agência Nacional de Águas. Mapa das Áreas Aflorantes dos Aquíferos e Sistemas Aquíferos do Brasil na Escala 1:1.000.000 e Estimativa das Reservas Potenciais Exploráveis dos Principais Aquíferos Aflorantes. Nota Técnica 19/2013/GESUB/SIP, Brasília 8 p. 2013.

ANA – Agência Nacional de Águas. Órgãos Gestores Estaduais e Recursos Hídricos Subterrâneos – Diagnóstico e Diretrizes Gerais de Ação - Brasília, janeiro de 2003.

ANA – Agência Nacional de Águas. Pacto Nacional pela Gestão das Águas – Construindo uma Visão Nacional. Vol.1. Aspectos Conceituais, Brasília, 18 p. 2013.

ANA – Agência Nacional de Águas. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande – Relatório Síntese, 180p, 2011.

ANA – Agência Nacional de Águas. Resolução nº 317, 26 de agosto de 2003. Institui o Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos–CNARH. Brasília. 2003.

ANA - Agência Nacional de Águas, 2006. Atlas do Nordeste – Abastecimento Urbano de água. Alternativas de oferta de água para as sedes municipais da Região Nordeste do Brasil e do norte de Minas Gerais.

ANA – Agência Nacional de Águas. Resolução nº 802, 16 de dezembro de 2008. Dispõe sobre restrições de captação da água do rio Verde Grande. Brasília. 2008.

ANA – Agência Nacional de Águas. Topologia Hídrica: Método de Construção e Modelagem da Base Hidrográfica para Suporte à Gestão de Recursos Hídricos – Versão 1.11. Brasília, ANA – Agência Nacional de Águas, SGI – Superintendência de Gestão da Informação. 29 p. 2006.

ANA/Consórcio ENGEORPS–WALM. Estudo Hidrogeológicos e de Vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucuia e Proposição de Modelo de Gestão Integrada e Compartilhada. Relatório Final. Vol. 3, Estratégias de Manejo Sustentável das Águas Subterrâneas e Conclusões. Brasília, 13 p. e Anexos. 2014.

ANA/Consórcio PROJETEC–TECHNE. Avaliação dos Recursos Hídricos Subterrâneos e Proposição de Modelo de Gestão Compartilhada para os Aquíferos da Chapada do Apodi, entre os Estados do Rio Grande do Norte e Ceará. Relatório Final. Vol. V, Modelo de Gestão, Brasília 114 p. 2010.

ANA/GEF/PNUMA/OEA. Plano de Gerenciamento Integrado da Sub-bacia do Rio Salitre (Subprojeto GEF 3.3.B/UFBA) Salvador, 60 p. 2003.

ANA/GEF/PNUMA/OEA. Plano decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – CBHSF, 2004-2013, Brasília, 111 p. 2004.

ANA/GEF/PNUMA/OEA. Programa de Ações Estratégicas para o Gerenciamento Integrado da Bacia do São Francisco e sua Zona Costeira, Brasília, 333 p. 2004.

AULER, A. S.; SMART, PETER L. The influence of bedrock-derived acidity in the development of surface and underground karst: evidence from the Precambrian carbonates of semi-arid northeastern Brazil. *Earth Surface Processes and Landforms (Online)*, v. 28, p. 157-168, 2003.

AULER, A. S.; SMART, P. L.; WANG, X.; CRISTALLI, P.; EDWARDS, L. O calcário Caatinga e os carbonatos secundários superficiais do norte da Bahia: geocronologia e significado paleoambiental. In: II Congresso sobre planejamento e gestão das zonas costeiras dos países de expressão portuguesa. IX congresso da associação brasileira de estudos do quaternário. II Congresso do quaternário dos países de língua ibérica. Recife, 2003.

AULER, A.; RUBBIOLI, E. L.; BRANDI, R. As grandes cavernas do Brasil. Belo Horizonte: Rona Editora, v. 1. 230 p. 2001.

Bahia. Lei Estadual 11612, de 8 de outubro de 2009. Cria a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bahia. Salvador. 2009.

Bahia. Lei Estadual 12035, de 22 de novembro de 2010. Altera Dispositivos da Lei 11612/09. Salvador. 2010.

Bahia. Lei Estadual 12056, de 7 de janeiro de 2011. Institui a Política de Educação Ambiental da Bahia. Salvador. 2011.

Bahia. Lei Estadual 12212, de 4 de maio de 2011. Cria o Instituto do Meio Ambiente de Recursos Hídricos INEMA BA. Salvador. 2011.

BARBOSA, J. S. F.; SABATÉ, P.; MARINHO, M. M. O cráton do São Francisco na Bahia: Uma síntese. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 33, n. 1, p. 3-6. 2003.

BISI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Brasília. 2003.

Brasil. Decreto 2612 de 3 de junho de 1998. Regulamenta a Criação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos e da Outras Providências. Brasília. 1998.

Brasil. Lei Federal 9433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e Cria o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília. 1997.

Brasil. Lei Federal 9984 de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a Criação da Agência Nacional de Águas ANA. Brasília. 2000.

Brasil. SRH/FGV. Plano Nacional de Recursos Hídricos. 10 vol. Brasília. 1998.

Brasil/MMA/SRH/ANA. Panorama Nacional de Recursos Hídricos. Plano Nacional de Recursos Hídricos PNRH. Documento Base de Referência. Brasília. 2003.

BRITO NEVES B. B., SANTOS E. J., VAN SCHMUS W. R. Tectonic history of the Borborema province. In: U. G. Cordani; E. J. Milani; A. Thomaz Filho; D. A. Campos (eds.) Tectonic Evolution of the South America. 31st INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS. Rio de Janeiro, Brasil, p. 151. 2000.

CARVALHO JUNIOR, O. A.; BERBET-BORN, M.; MARTINS, E. S.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T. Ambientes Cársticos. In: Florenzano, T. G. (Org.) Geomorfologia – Conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos. p 185-218. 2008.

Castilho, L.S. et al, 2004. Geologia, Odontologia e Saúde: Instrução de Comunidades Rurais sobre Aspectos Geoambientais e Epidemiológicos da Fluorose Dentária em São Francisco, MG. Anais do 2º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária, Belo Horizonte.

CBHSF- Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Módulo 1 – Resumo Executivo. Salvador. 2004.

CBHSF/NEMUS. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2016-2025. Diagnóstico da Dimensão Técnica e Institucional. Vol 1. RP1A, Caracterização da Bacia Hidrográfica 1º Parte, Salvador, 360 p. 2015.

CBHSF/NEMUS. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2016-2025. Diagnóstico da Dimensão da Participação Social. Vol 1. RP1B, Relatório de Diagnóstico, Salvador, 430 p. 2015.

CBHSF/NEMUS. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2016-2025. RP4 - Compatibilização do balanço hídrico com os cenários estudados da bacia hidrográfica do rio São Francisco. Vol 1 – Relatório, fevereiro/2016.

CBHSF/NEMUS. Vol 2 A. RP1B, Oficinas Setoriais, Salvador, 504 p.

CBHSF/NEMUS. Vol 2 B. RP1B, Consultas Públicas, Salvador, 264 p.

CBHSF/NEMUS. Vol 2. RP1A, Caracterização da Bacia Hidrográfica 2º Parte, Salvador, 214 p.

CBHSF/NEMUS. Vol 3. RP1A, Caracterização da Bacia Hidrográfica, Apêndices, Salvador, 456 p.

CBHSF/NEMUS. Vol 4. RP1A, Análise Quantitativa e Qualitativa das Águas Superficiais, Salvador, 378 p.

CBHSF/NEMUS. Vol 5. RP1A, Análise Quantitativa e Qualitativa das Águas Subterrâneas, Salvador, 306 p.

CBHSF/NEMUS. Vol 6. RP1A, Análise Quantitativa e Qualitativa das Águas. Apêndices, Salvador, 238 p.

CBHSF/NEMUS. Vol 7. RP1A, Usos Balanço Hídrico e Síntese do Diagnóstico, Salvador, 318 p.

CBHSF/NEMUS. Vol 8. RP1A, Usos Balanço Hídrico e Síntese do Diagnóstico, Apêndices, Salvador, 60 p.

CBHSF/NEMUS. Vol 9. RP1A, Mapas e Quadros Notáveis Parte 1, Salvador, 62 p.

CECAV - Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. Base digital de dados geoespacializados de cavernas do Brasil (atualização mensal). Instituto Chico Mendes. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/projetos-e-atividades/provincias-espeleologicas.html>>. Acesso em 03/11/2015.

CERH-MG. Deliberação Normativa 06, de 4 de outubro de 2002. Estabelece as Unidades de Planejamento de Gestão de Recursos Hídricos UPGRH de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2002.

CERH-MG. Deliberação Normativa 260, de 26 de novembro de 2010. Aprova o Plano Estadual de Recursos Hídricos PERH de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2010.

CERH-MG. Deliberação Normativa 34, de 16 de agosto de 2010. Define o Uso Insignificante de Poços Tubulares nas UPGRS no Estado de Minas Gerais. 2010.

CERH-MG. Deliberação Normativa 9 de 16 de junho de 2004. Define os Usos Insignificantes para as Circunscrições Hidrográficas do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2004.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. Applied Hydrology. New York: McGraw-Hill International Editions. 572 p. 1988.

CNPQ/IGAM. Metodologia para Cadastro de Usuário de Recursos Hídricos. Belo Horizonte, 141 p. 2014.

CNRH. Moção 39 de 7 de dezembro de 2006. Recomenda a Integração dos Sistemas de informação SNIS, SINIMA, SIAGAS, SIGHIDRO. Brasília, 2006.

CNRH. Resolução 13 de 25 de setembro de 2000. Estabelece Diretrizes para a Implantação do Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos SINRH. Brasília, 2000.

CNRH. Resolução 145 de 12 de dezembro de 2012. Estabelece Diretrizes para a Elaboração de Planos de Recursos Hídricos e da Outra Providência. Brasília, 2012.

CNRH. Resolução 15 de 11 de janeiro de 2001. Estabelece Diretrizes Gerais para a Gestão das Águas Subterrâneas. Brasília, 2001.

CNRH. Resolução 16 de 8 de maio de 2001. Estabelece Critérios Gerais para a Outorga de Direito de Uso. Brasília, 2001.

CNRH. Resolução 17 de 29 de maio de 2001. Estabelece Diretrizes para a Elaboração de Planos de Bacia Hidrográfica. Brasília, 2001.

CNRH. Resolução 21 de 14 de março de 2002. Institui a Câmara Técnica de Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos. Brasília, 2002.

CNRH. Resolução 22 de 24 de maio de 2002. Estabelece Diretrizes para os Planos de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas. Brasília, 2002.

CNRH. Resolução 48 de 21 de março de 2005. Estabelece Critérios Gerais para a Cobrança do Uso de Recursos Hídricos. Brasília, 2005.

- CNRH. Resolução 5 de 10 de abril de 2000. Estabelece Diretrizes para a Formação e Funcionamento dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Brasília, 2000.
- CNRH. Resolução 7 de 21 de junho de 2000. Institui a Câmara Técnica Permanente de Integração de Procedimentos, Ações de Outorga e Ações Reguladoras. Brasília, 2000.
- CNRH. Resolução 92 de 8 de novembro de 2008. Estabelece Critérios e Procedimentos Gerais para a Proteção e Conservação das Águas Subterrâneas em Território Brasileiro. Brasília, 2008.
- CNRH. RESOLUÇÃO No 91, DE 05 DE NOVEMBRO DE 2008. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Brasília, 2008
- COLLISCHONN, W.; R. TASSI. Introduzindo Hidrologia. IPH-UFRGS. 2008.
- CONAMA. Resolução 20 de 15 de julho de 1986 Estabelece a Classificação de Águas Doces, Salobras e Salinas do Território Nacional. Brasília, 1986.
- CONAMA. Resolução 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a Classificação e Enquadramento dos Corpos de Água. Brasília, 2005.
- CONAMA. Resolução 396 de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a Classificação e Diretrizes Ambientais para seu Enquadramento. Brasília, 2008.
- CONAMA. Resolução 396 de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a Classificação e Diretrizes Ambientais para seu Enquadramento. Brasília, 2008.
- CONERH BA. Resolução 43 de 2 de março de 2009. Institui a Divisão Hidrográfica Estadual em Regiões de Planejamento e Gestão das Águas da Bahia RPGA BA. Salvador, 2009.
- CONERH BA. Resolução 80 de 26 de agosto de 2011. Altera para 25 o Número das RPGAs da BA. Salvador, 2011.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL e CBPM – COMPANHIA BAIANA DE PESQUISA MINERAL. Mapa geológico do estado da Bahia. Escala 1:1.000.000. Carta geológica do Brasil ao Milionésimo. 2003.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Mapa geológico do estado de Minas Gerais. Escala 1:1.000.000. Carta geológica do Brasil ao Milionésimo. 2003.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Projeto Implantação da Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas. 85 p. Brasília, 2009.
- CRUZ, S. C. P.; ALKMIM F. F. The tectonic interaction between the Paramirim Aulacogen and the Araçuaí belt, São Francisco Craton Region, Eastern Brazil. Anais... Academia Brasileira de Ciência. v.78 p.151-174. 2006.
- Da Silva, L.M.C., 2006. Apresentação na Oficina de Vazão Ecológica: Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco: 24-25 de novembro de 2006, CBHSF.
- DIAMANTINO, C. Metodologias de Recargas Artificial. Anais do Sétimo Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países Oficial Portuguesa, Evora, Portugal, 15p. 2005.

Dias Neto, B.; Maia, P.H.P., 2009. Relatório de Visita Técnica ao Carste de Lapão. INGA – Instituto de Gestão de Águas e Clima, Salvador/BA.

DOMENICO, P. A. & SCHWARTZ, F.W. Physical and Chemical Hydrogeology. Second Edition. John Wiley and Sons, Inc. 1998.

ECKHARDT K. How to construct recursive digital filters for baseflow separation. Hydrological Processes. v.19. p. 507-515. 2005.

ELETROBRÁS - Centrais Elétricas Brasileiras S. A. Metodologia para regionalização de vazões. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. Rio de Janeiro, 1985. 440 p. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download>>. Acesso: 02 de fevereiro de 2015.

FAO – Evapotranspiración del cultivo – Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje, 56. Roma. 2006. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/009/x0490s/x0490s00.htm>>, acesso em julho de 2013.

FEITOSA E.C. Órgãos Gestores Estaduais e Recursos Hídricos Subterrâneos. ANA, Brasília, 32p. 2003.

Ferreira, E.F. et al, 2003. Origem do flúor na água subterrânea e a sua relação com os casos de fluorose dental no município de São Francisco/MG, 2003. Disponível em: http://www.odonto.ufmg.br/odonto/geologia_saude.html

FETTER, C.W. Applied Hydrogeology. Third Edition. Prentice Hall, Inc. 1994.

FORD, D. C.; WILLIAMS, P. W. Karst Geomorphology and Hydrology. Chapman & Hall. 1994.

FUNASA - Manual de construção de poços tubulares profundos.

GASPAR, M. T. P. Sistema Aquífero Urucuia: Caracterização regional e propostas de gestão. 2006. Tese de doutorado - Universidade de Brasília. Instituto de Geociências. Brasília. 158 p. 2006.

GASPAR, M. T. P.; CAMPOS, J. E. G.; MORAES, R. A. V. Determinação das espessuras do Sistema Aquífero Urucuia a partir de estudo geofísico. Revista Brasileira de Geociências. v. 42 (Suppl 1). p. 154-166. 2012.

Graciano, A.M.C., 2006. A Vigilância Epidemiológica e as Endemias: O Caso da Fluorose em São Francisco-MG. Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Odontologia da UFMG, Belo Horizonte/MG.

Granja, S.I.B., 2008. Negociação na Governança da Água: inovação na construção de consensos em comitês de bacias hidrográficas. Tese de doutoramento apresenta à USP/São Paulo.

Guimarães, S.M., 2006. Investigação da Ocorrência de Fluorose Associada ao Consumo de Água Subterrânea na Região Nordeste do Estado de Goiás Utilizando Sistema de Informações Geográficas. Trabalho de Conclusão do Curso de Tecnologia em Geoprocessamento apresentado ao CFET/Goiás.

GUNN. J. Point. Recharge of limestone aquifers – a model from New Zeland Karst. Journal of Hydrology 61, 19-29. 1983.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009. Mapa Político do Estado de Minas Gerais.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010 - Rendimento, Taxa de Alfabetização e IDHM.

http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/indicadores_sociais_municipais/indicadores_sociais_municipais_tab_pdf.shtm

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Censo agropecuário – 2006.

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/>

IBGE. <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/> (Acesso em 31/03/2016)

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso: 02 de fevereiro de 2015.

IGAM/Minas Gerais. Manual Técnico e Administrativo de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais (Versão Usuário). Belo Horizonte, 103 p. 2010.

INDA, H. A. V. & BARBOSA, J. F. Nota Explicativa para o Mapa Geológico do Estado da Bahia - escala 1:1.000.000. Salvador, SME/CPM, 137p. 1978.

Jornal Gazeta Mineira. Montes Claros próxima dos 400 mil habitantes. Montes Claros, 31/08/2015.

KARMANN, I.; SÁNCHEZ, L. H. Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil. Espeleotema. Monte Sião, v 13, p. 105-167. 1979.

KLIMCHOUK, A.B. The formation of epikarst and its role in vadose speleogenesis. In: A.Klimchouk, D.Ford, A.Palmer, W.Dreybrodt, Eds: Speleogenesis: Evolution of karst aquifers. Huntsville: Natl. Speleol. Soc. 91-99. 2000.

KLIMCHOUK, A.B. Towards defining, delimiting and classifying epikarst: Its origin, processes and variants of geomorphic evolution. Re-published (modified) from: Jones, W. K., Culver, D.C. and Herman, J. (Eds.). Epikarst. Karst Water Institute special publication 9, 23-35. 2004.

KLIMCHOUK, A.B., Ford, D. Palmer, and A. Dreybrodt, W. Eds. Speleogenesis: Evolution of karst aquifers. Huntsville: Natl. Speleol. Soc. 496 p., 356 illustrations. 2001.

KOGOVSEK, J. Vertical percolation in Planina Cave in the period 1980/81. Acta Carsologica 10, 111-125. 1981.

KUCHENBECKER, M.; REIS, H. L. S.; FRAGOSO, D. G. C. Caracterização estrutural e considerações sobre a evolução tectônica da Formação Salitre na porção central da Bacia de Irecê, norte do cráton do São Francisco. Revista Geonomos. v 19, n 2, p. 42-49. 2011.

Lins, P.G.C.; Guimarães, R.B.; Silva, A.A.B.; Silva, L.S.C., 2015. Contribuição para a Construção de um Modelo Geomecânico para Análise de Risco do

Relevo C do Município de Lapão - BA. In: XV Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental. Bento Gonçalves, RS.

LIU, Z., & DREYBRODT, W. Dissolutions kinetics of calcium carbonate minerals in H₂O-CO₂ solutions in turbulent flow: the role of the diffusin boundary layer and the slow reaction H₂O+CO₂=H⁺⁺HCO⁻³. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 61, 2879-2889. 1997.

MANOEL FILHO, J. Ocorrência das Águas Subterrâneas. In: Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações FEITOSA F. A. C.; MANOEL FILHO, J. (Coord). Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE. p 13-33. 1997.

Menegasse, L.N. et al, s/ data. Fluorose dentária e anomalias de flúor nos aquíferos do Grupo Bambuí em São Francisco, Minas Gerais. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Disponível em: < http://www.odonto.ufmg.br/odonto/geologia_saude.html>.

Minas Gerais. Decreto 41758 de 8 de março de 2001. Regulamenta a Lei 13199/99 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2001.

Minas Gerais. Decreto 46633 de 20 de outubro de 2014. Dispõe sobre o Regulamento do Instituto Mineiro de Gestão da Água IGAM. Belo Horizonte. 2014.

Minas Gerais. Lei 11903, de 6 de setembro de 1995. Cria a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável SEMAD. Belo Horizonte. 1995.

Minas Gerais. Lei 12584, de 17 de julho de 1997. Altera a Denominação do Departamento de Recursos Hídricos DRH para o Instituto Mineiro de Gestão de Água IGAM e dispõe sobre sua Reorganização. Belo Horizonte. 1997.

Minas Gerais. Lei 13199, de 19 de janeiro de 1999. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais. Belo Horizonte. 1999.

Minas Gerais. Lei 13771 de 11 de dezembro de 2000. Dispõe sobre a Administração, Proteção e Conservação das águas subterrâneas de domínio do Estado e das outras providências. Belo Horizonte. 2000.

MISI, A. Estratigrafia Isotópica das sequências do Supergrupo São Francisco, coberturas neoproterozoicas do cráton do São Francisco. Idade e correlações. In: PINTO, C. P. e MARTINS-NETO (Org.). *Bacia do São Francisco: geologia e recursos minérios*. Belo Horizonte: SBG/MG. p. 67-92. 2001.

Moraes Neto, J.M. de; Barbosa, M.P.; Araújo, A.E. de., 2007. Efeito dos eventos ENOS e das TSM na variação pluviométrica do semiárido paraibano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.1, p.61-66, 2007.

Nossa, T.C.B. Avaliação da vulnerabilidade do aquífero cárstico Salitre - Bahia, através de análises hidroquímicas, isotópicas e aplicação da metodologia COP. Tese de doutoramento apresentada ao IG/UFBA, Salvador/BA. 2011.

Oliveira, C.N.N., s/data. Utilização das Águas Subterrâneas para Irrigação na Região de Irecê. UEFS/Bahia

PALMER, A. N. Origin and Morphology of Limestone Caves. Geological Society of American Bulletin, 103:1-21. 1991.

PATRUS, M.L.R.A.; DOS SANTOS, C.S.; FIGUEIREDO, V.L.S.; MATOS, A.R.; MENEZES, I.C.R. Parcela mineira da bacia do rio São Francisco: Caracterização hidroclimática e avaliação dos recursos hídricos de superfície. In: PINTO, C.P.; MARTINS-NETO (Org.). Bacia do São Francisco: geologia e recursos minérios. Belo Horizonte: SBG/MG. p. 09-30. 2001.

PEDROSA-SOARES A. C., NOCE C. M., WIEDEMANN C. M., PINTO C. P. The Araçuaí-West Congo orogen in Brazil: An overview of a confined orogen formed during Gondwanland assembly. Precambrian Resource, v. 110. P. 307-323.

PESSOA, P.F.P.; FERNANDES, R.A.; KIMURA, G. (NO PRELO). A discretização das recargas efetivas dos aquíferos: um novo procedimento de cálculo baseado no cômputo das descargas subterrâneas específicas médias ponderadas pelos atributos geológicos contidos numa bacia hidrográfica.

RAUCH H.W. AND WHITE W.B. Lithologic controls on the development of solution porosity in carbonate aquifers. Water Resources Research 6, 1175-1192. 1970.

RIMAS - Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php?rimas=true

SANT'ANNA NETO, J. L.; NERY, J. T. Variabilidade e mudanças climáticas no Brasil e seus impactos regionais. In: C. R. G. SOUZA, K. SUGUIO, A.M.S.P. OLIVEIRA, P.E. OLIVEIRA (eds.). Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto: Holos Editora. p. 28-51. 2005.

SCHOBENHAUS, C. BRITO NEVES, B. B. A Geologia do Brasil no Contexto da Plataforma Sul-Americana. In: BISI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Brasília. 2003.

SGARBI G. N. C., SGARBI P. B. de A., CAMPOS J. E. G., DARDENNE M. A., PENHA U. C. Bacia Sanfranciscana: o registro fanerozoico da bacia do São Francisco. In: Pinto C.P. e Martins-Neto M.A. (eds) Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais. Belo Horizonte, SBG/MG, 2001. p. 93-138.

SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>> Acesso em agosto de 2015.

Silva, H.M. Sistema de Informações Geográficas do Aquífero Cárstico da Microrregião de Irecê, Bahia: Subsídio Para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Verde e Jacaré. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Meio Ambiente da UFBA. 2005.

Souza, J.C.L., 2013. Recursos hídricos: breves considerações sobre o sistema de abastecimento de água no município de Montes Claros/MG e a percepção dos cidadãos em relação ao uso da água. Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade/vol.3 n.2.

SOUZA, S. M. T. Disponibilidades hídricas subterrâneas no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: HIDROSISTEMAS/COPASA, 1995. 525p.

UHLEIN, A.; CAXITO, F.A.; SANGLARD, J.C.D.; UHLEIN, G.J.; SUCKAU, G.L. Estratigrafia das faixas neoproterozoicas da porção norte do Craton do São Francisco. Geonomos, v.19, n. 2, p 8-31. 2011.

USSAMI, N. Estudos geofísicos no Cráton do São Francisco: Estágio atual e perspectivas. In: DOMINGUEZ, J. M. L., MISI, A. (eds). O Cráton do São Francisco. Salvador, SBG/SGM/CNPq., 1993. p. 35-43.

Velasquez, L.N.M. et al, 2004. Flúor na Água Subterrânea e Endemia de Fluorose Dentária no Município de São Francisco, Minas Gerais. Apresentação PP.

WILLIAMS, P.W. Subcutaneous hydrology and the development of doline and cockpit karst: Zeitschrift für Geomorphologie, v. 29, p.463-482. 1985.

WILLIAMS, P.W. The role of the subcutaneous zone in karst hydrology: Journal of hydrology, v. 61, p.45-67. 1983.

ANEXO 1 - Tabela de pontos propostos para monitoramento quantitativo

Tabela 5.1 – Pontos propostos para o monitoramento Quantitativo.

Código	UGA	Bacia Hidrográfica	SIRGAS 2000	
			X	Y
P001	Baixo Velhas - Verde Grande	Colônia do Jaíba	-43,570874	-16,25062
P002	Baixo Velhas - Verde Grande	Colônia do Jaíba	-43,792046	-16,231161
P003	Baixo Velhas - Verde Grande	Colônia do Jaíba	-43,616184	-15,625217
P004	Baixo Velhas - Verde Grande	Colônia do Jaíba	-44,101882	-16,132707
P005	Baixo Velhas - Verde Grande	Fazenda Umburana - Montante	-44,465867	-17,238858
P006	Baixo Velhas - Verde Grande	Fazenda Umburana - Montante	-44,245846	-17,270057
P007	Baixo Velhas - Verde Grande	Fazenda Umburana - Montante	-44,205086	-17,605713
P008	Baixo Velhas - Verde Grande	Fazenda Umburana - Montante	-44,17424	-17,737016
P009	Baixo Velhas - Verde Grande	Fazenda Umburana - Montante	-44,430954	-17,235313
P010	Baixo Velhas - Verde Grande	Claro dos Poções	-44,130978	-16,833345
P011	Baixo Velhas - Verde Grande	Claro dos Poções	-44,132083	-16,88893
P012	Baixo Velhas - Verde Grande	Claro dos Poções	-43,918707	-16,930457
P013	Baixo Velhas - Verde Grande	Capitão Eneás	-43,756274	-16,421226
P014	Baixo Velhas - Verde Grande	Capitão Eneás	-43,625707	-16,794573
P015	Baixo Velhas - Verde Grande	Capitão Eneás	-43,656154	-16,897393
P016	Baixo Velhas - Verde Grande	Capitão Eneás	-43,534856	-16,905987
P017	Baixo Velhas - Verde Grande	Ponte dos Ciganos	-44,226187	-16,675431
P018	Baixo Velhas - Verde Grande	Ponte dos Ciganos	-44,06812	-16,71082
P019	Baixo Velhas - Verde Grande	Ponte dos Ciganos	-44,205009	-16,628072
P020	Baixo Velhas - Verde Grande	Ponte do Picão	-44,534772	-18,655593
P021	Baixo Velhas - Verde Grande	Ponte do Picão	-44,331801	-18,563361
P022	Baixo Velhas - Verde Grande	Ponte do Picão	-44,372131	-18,623335
P023	Baixo Velhas - Verde Grande	Estação de Curimatai	-43,926641	-17,969825
P024	Baixo Velhas - Verde Grande	Estação de Curimatai	-44,212268	-17,95678
P025	Baixo Velhas - Verde Grande	Estação de Curimatai	-44,254578	-17,910818
P026	Baixo Velhas - Verde Grande	Santo Hipólito (ANA/CEMIG)	-44,054093	-18,520084
P027	Baixo Velhas - Verde Grande	Santo Hipólito (ANA/CEMIG)	-44,181577	-18,497645
P028	Baixo Velhas - Verde Grande	Várzea da Palma	-43,934457	-18,19227
P029	Baixo Velhas - Verde Grande	Várzea da Palma	-44,315682	-18,250758
P030	Baixo Velhas - Verde Grande	Várzea da Palma	-44,773337	-17,677058
P031	Baixo Velhas - Verde Grande	Várzea da Palma	-44,619076	-17,890506
P032	Baixo Velhas - Verde Grande	Ponte do Bicudo	-44,726287	-18,348731
P033	Baixo Velhas - Verde Grande	Ponte do Bicudo	-44,529884	-18,397164
P034	Baixo Velhas - Verde Grande	Ponte do Bicudo	-44,701825	-18,678186
P035	Baixo Velhas - Verde Grande	Ponte do Bicudo	-44,639273	-18,473589
P036	Baixo Velhas - Verde Grande	Colônia do Jaíba	-43,616192	-15,812037
P037	Chapadão Urucuia	Boqueirão	-43,815776	-11,63127
P038	Chapadão Urucuia	Boqueirão	-44,422231	-12,019572

Tabela 5.2 – Pontos propostos para o monitoramento Quantitativo – Continuação.

P039	Chapadão Urucuia	Boqueirão	-44,325585	-11,817949
P040	Chapadão Urucuia	Fazenda Porto Limpo	-45,411002	-11,067618
P041	Chapadão Urucuia	Fazenda Porto Limpo	-44,974319	-11,027888
P042	Chapadão Urucuia	Fazenda Porto Limpo	-44,116914	-10,809896
P043	Chapadão Urucuia	Tagua	-44,69912	-11,935626
P044	Chapadão Urucuia	Tagua	-44,74351	-11,748159
P045	Chapadão Urucuia	Tagua	-44,869109	-11,716818
P046	Chapadão Urucuia	Nova Vida - Montante	-45,653116	-11,911081
P047	Chapadão Urucuia	Nova Vida - Montante	-45,152456	-11,84638
P048	Chapadão Urucuia	Nova Vida - Montante	-45,302973	-11,648351
P049	Chapadão Urucuia	São Sebastião	-44,885613	-12,050426
P050	Chapadão Urucuia	São Sebastião	-45,144967	-11,913106
P051	Chapadão Urucuia	Fazenda Coqueiro	-44,597522	-12,435108
P052	Chapadão Urucuia	Fazenda Coqueiro	-44,59659	-12,310209
P053	Chapadão Urucuia	Fazenda Coqueiro	-44,714965	-12,518996
P054	Chapadão Urucuia	Barreiras	-44,866196	-12,222126
P055	Chapadão Urucuia	Barreiras	-44,856876	-12,260808
P056	Chapadão Urucuia	Barreiras	-45,04842	-12,196028
P057	Chapadão Urucuia	Fazenda Redenção	-45,45613	-12,298976
P058	Chapadão Urucuia	Fazenda Redenção	-45,338515	-12,22077
P059	Chapadão Urucuia	Fazenda Redenção	-45,278358	-12,237222
P060	Chapadão Urucuia	Derocal	-45,584426	-12,498356
P061	Chapadão Urucuia	Derocal	-45,765429	-12,879715
P062	Chapadão Urucuia	Derocal	-45,812499	-12,672325
P063	Chapadão Urucuia	Sítio Grande	-45,619557	-12,984575
P064	Chapadão Urucuia	Sítio Grande	-45,284937	-12,81307
P065	Chapadão Urucuia	Lagoa das Pedras	-45,173625	-14,853805
P066	Chapadão Urucuia	Lagoa das Pedras	-45,946502	-15,244351
P067	Chapadão Urucuia	Lagoa das Pedras	-45,740568	-15,130752
P068	Chapadão Urucuia	Lagoa das Pedras	-44,628747	-14,244788
P069	Chapadão Urucuia	Capitânea	-44,634332	-14,625179
P070	Chapadão Urucuia	Capitânea	-44,635805	-14,528312
P071	Chapadão Urucuia	Capitânea	-44,631078	-14,808107
P072	Chapadão Urucuia	Porto Novo	-44,377549	-13,393296
P073	Chapadão Urucuia	Porto Novo	-44,138701	-13,394461
P074	Chapadão Urucuia	Porto Novo	-44,145459	-13,350652
P075	Chapadão Urucuia	Colônia do Formoso	-44,402249	-13,711837
P076	Chapadão Urucuia	Colônia do Formoso	-44,293894	-13,656144
P077	Chapadão Urucuia	Colônia do Formoso	-44,947754	-14,022688
P078	Chapadão Urucuia	Arrojado	-45,448752	-13,812968
P079	Chapadão Urucuia	Arrojado	-44,620824	-13,470892

Tabela 5.3 – Pontos propostos para o monitoramento Quantitativo – Continuação.

P080	Chapadão Urucuia	Arrojado	-44,634106	-13,493961
P081	Chapadão Urucuia	Mocambo	-45,253246	-13,266998
P082	Chapadão Urucuia	Mocambo	-45,721155	-13,384441
P083	Chapadão Urucuia	Mocambo	-45,394924	-13,163536
P084	Chapadão Urucuia	Mocambo	-44,588201	-13,215267
P085	Chapadão Urucuia	Juvelínia	-44,357786	-14,413263
P086	Chapadão Urucuia	Juvelínia	-44,460665	-14,576087
P087	Chapadão Urucuia	Juvelínia	-44,322716	-14,380931
P088	Chapadão Urucuia	Juvelínia	-44,25479	-14,235175
P089	Chapadão Urucuia	Usina do Pandeiros - Montante	-44,845835	-15,417266
P090	Chapadão Urucuia	Usina do Pandeiros - Montante	-45,268413	-15,161412
P091	Chapadão Urucuia	Usina do Pandeiros - Montante	-45,121395	-15,215922
P092	Chapadão Urucuia	Boqueirão	-44,350595	-11,468318
P093	Chapadão Urucuia	Boqueirão	-44,373942	-11,521783
P094	Chapadão Urucuia	Nova Vida - Montante	-45,305802	-11,741299
P095	Chapadão Urucuia	Lagoa das Pedras	-44,965703	-14,643403
P096	Chapadão Urucuia	Lagoa das Pedras	-44,786954	-14,19115
P097	Chapadão Urucuia	Porto Novo	-45,042278	-13,475583
P098	Chapadão Urucuia	Colônia do Formoso	-44,943938	-13,934888
P099	Indefinido	Indefinido	-40,974416	-9,218844
P100	Indefinido	Indefinido	-41,249938	-9,376438
P101	Indefinido	Indefinido	-42,267256	-9,777111
P102	Indefinido	Indefinido	-41,981925	-9,602191
P103	Indefinido	Indefinido	-43,143967	-9,864904
P104	Indefinido	Indefinido	-43,10282	-9,841537
P105	Indefinido	Indefinido	-43,472064	-11,046745
P106	Indefinido	Indefinido	-42,861525	-10,76367
P107	Indefinido	Indefinido	-43,539559	-10,112515
P108	Indefinido	Indefinido	-43,512902	-10,80664
P109	Irecê	Abreus	-40,921831	-11,15771
P110	Irecê	Abreus	-41,210516	-10,810915
P111	Irecê	Abreus	-41,121094	-11,056841
P112	Irecê	Jaguaraci	-41,459908	-11,737032
P113	Irecê	Jaguaraci	-42,050619	-12,239661
P114	Irecê	Jaguaraci	-42,058717	-11,817483
P115	Irecê	Rio Verde II	-42,345013	-11,6927
P116	Irecê	Rio Verde II	-42,094864	-11,349808
P117	Irecê	Rio Verde II	-42,140129	-11,593549
P118	Irecê	Abreus	-41,048457	-10,787624
P119	Irecê	Abreus	-40,853448	-10,726452
P120	Irecê	Abreus	-40,947318	-10,486977
P121	Irecê	Abreus	-40,825296	-10,4179

Tabela 5.4 – Pontos propostos para o monitoramento Quantitativo – Continuação.

P122	Irecê	Abreus	-40,912875	-10,580686
P123	Irecê	Abreus	-40,924496	-10,584389
P124	Irecê	Abreus	-40,972865	-10,172853
P125	Irecê	Abreus	-40,815852	-10,113153
P126	Irecê	Abreus	-41,205371	-10,451072
P127	Irecê	Abreus	-41,048341	-10,864908
P128	Irecê	Abreus	-41,17403	-11,08506
P129	Irecê	Abreus	-41,052275	-11,308237
P130	Irecê	Abreus	-41,139665	-11,167245
P131	Irecê	Abreus	-40,949437	-10,667318
P132	Irecê	Abreus	-40,873504	-10,50379
P133	Irecê	Abreus	-40,951851	-10,483482
P134	Irecê	Abreus	-40,812348	-10,106892
P135	Irecê	Abreus	-40,860108	-10,363287
P136	Irecê	Abreus	-40,613812	-10,208188
P137	Irecê	Jaguaraci	-41,933135	-11,789021
P138	Irecê	Jaguaraci	-41,764761	-11,680481
P139	Irecê	Jaguaraci	-41,414308	-11,441708
P140	Irecê	Jaguaraci	-41,510043	-10,971823
P141	Irecê	Rio Verde II	-42,102262	-11,225249
P142	Irecê	Rio Verde II	-42,276365	-11,389644
P143	Irecê	Rio Verde II	-42,408741	-11,304565
P144	Irecê	Rio Verde II	-42,339905	-11,145641
P145	Irecê	Rio Verde II	-42,354234	-11,154662
P146	Irecê	Rio Verde II	-42,126456	-11,237933
P147	Irecê		-40,199342	-9,564295
P148	Irecê		-39,870394	-9,201236
P149	Irecê		-40,828472	-9,609741
P150	Margem Esquerda	Fazenda Bom Retiro	-44,40742	-14,785732
P151	Margem Esquerda	Fazenda Bom Retiro	-44,320591	-14,740062
P152	Margem Esquerda	Fazenda Bom Retiro	-44,300149	-14,722904
P153	Margem Esquerda		-45,037511	-15,558238
P154	Margem Esquerda		-45,312252	-15,897653
P155	Rio das Velhas	Presidente Juscelino - Jusante	-43,598943	-18,686074
P156	Rio das Velhas	Presidente Juscelino - Jusante	-43,692157	-19,027792
P157	Rio das Velhas	Presidente Juscelino - Jusante	-43,743291	-19,019613
P158	Rio das Velhas	Presidente Juscelino - Jusante	-43,780061	-18,606795
P159	Rio das Velhas	Presidente Juscelino - Jusante	-43,784971	-19,222952
P160	Rio das Velhas	Ponte Preta	-43,621494	-19,442401
P161	Rio das Velhas	Ponte Preta	-43,677201	-19,462321
P162	Rio das Velhas	Ponte Preta	-43,76176	-19,48976
P163	Rio das Velhas	Ponte Preta	-43,762865	-19,476746

Tabela 5.5 – Pontos propostos para o monitoramento Quantitativo – Continuação.

P164	Rio das Velhas	Ponte do Licínio - Jusante	-43,82116	-19,893536
P165	Rio das Velhas	Ponte do Licínio - Jusante	-44,00431	-19,490577
P166	Rio das Velhas	Ponte do Licínio - Jusante	-43,88825	-20,13718
P167	Rio das Velhas	Ponte do Licínio - Jusante	-43,858404	-19,881207
P168	Rio das Velhas	Ponte do Licínio - Jusante	-43,786842	-20,163941
P169	Rio das Velhas	Ponte do Licínio - Jusante	-43,563866	-19,754997
P170	Rio das Velhas	Ponte do Licínio - Jusante	-43,803283	-19,672499
P171	Rio das Velhas	Vespasiano	-44,044276	-19,631046
P172	Rio das Velhas	Vespasiano	-44,071276	-19,586394
P173	Rio das Velhas	Vespasiano	-44,17103	-19,584503
P174	Rio das Velhas	Vespasiano	-44,144723	-19,658893
P175	Rio das Velhas	Ponte do Licínio - Jusante	-43,7628	-20,198949
P176	Rio das Velhas	Ponte do Licínio - Jusante	-43,805973	-20,127649
P177	Rio das Velhas	Ponte do Licínio - Jusante	-43,82004	-20,037188
P178	Rio das Velhas	Ponte do Licínio - Jusante	-43,833318	-20,031383
P179	Rio das Velhas	Ponte do Licínio - Jusante	-43,827474	-19,914938
P180	Rio das Velhas	Ponte do Licínio - Jusante	-44,010243	-19,071104
P181	Rio das Velhas	Ponte do Licínio - Jusante	-44,111672	-18,999229
P182	Rio das Velhas	Ponte do Licínio - Jusante	-44,173368	-18,766878
P183	Rio das Velhas	Ponte do Licínio - Jusante	-44,221814	-18,716599
P184	Rio das Velhas	Ponte do Licínio - Jusante	-44,095481	-19,182184
P185	Rio das Velhas	Ponte do Licínio - Jusante	-44,039932	-19,23572
P186	Rio Paracatu	Porto dos Poções	-47,106226	-16,206097
P187	Rio Paracatu	Porto dos Poções	-47,134709	-16,18897
P188	Rio Paracatu	Porto dos Poções	-47,004878	-16,226784
P189	Rio Paracatu	Porto dos Poções	-46,799237	-16,24569
P190	Rio Paracatu	Porto dos Poções	-47,289768	-16,01617
P191	Rio Paracatu	Fazenda Barra da Égua	-46,87026	-16,874769
P192	Rio Paracatu	Fazenda Barra da Égua	-46,785855	-16,714185
P193	Rio Paracatu	Fazenda Barra da Égua	-46,726127	-16,695953
P194	Rio Paracatu	Ponte da BR-040 Paracatu	-46,842797	-17,977013
P195	Rio Paracatu	Ponte da BR-040 Paracatu	-46,976198	-18,108618
P196	Rio Paracatu	Ponte da BR-040 Paracatu	-46,63589	-17,738125
P197	Rio Paracatu	Ponte da BR-040 Paracatu	-46,538533	-17,792267
P198	Rio Paracatu	Porto da Extrema	-46,89074	-17,124827
P199	Rio Paracatu	Porto da Extrema	-46,59091	-16,938727
P200	Rio Paracatu	Porto da Extrema	-46,515877	-16,998148
P201	Rio Paracatu	Santa Rosa	-46,660605	-17,39216
P202	Rio Paracatu	Santa Rosa	-46,767969	-17,30352
P203	Rio Paracatu	Santa Rosa	-46,880059	-17,275712
P204	Rio Paracatu	Santa Rosa	-46,529425	-17,19763
P205	Rio Paracatu	Fazenda Córrego do Ouro	-46,835925	-17,723571

Tabela 5.6 – Pontos propostos para o monitoramento Quantitativo – Continuação.

P206	Rio Paracatu	Fazenda Córrego do Ouro	-46,955077	-17,702404
P207	Rio Paracatu	Fazenda Córrego do Ouro	-46,899878	-17,697125
P208	Rio Paracatu	Barra do Escurinho	-46,947115	-17,38657
P209	Rio Paracatu	Barra do Escurinho	-47,16092	-17,167424
P210	Rio Paracatu	Barra do Escurinho	-47,0457	-17,326597
P211	Rio Paracatu	Barra do Escurinho	-46,817284	-17,416649
P212	Rio Paracatu	Fazenda Poções	-46,942572	-16,986398
P213	Rio Paracatu	Fazenda Poções	-46,93671	-16,95632
P214	Rio Paracatu	Fazenda Poções	-46,961233	-16,943152
P215	Rio Paracatu	Porto Alegre	-46,015316	-17,570422
P216	Rio Paracatu	Porto Alegre	-45,781159	-17,423698
P217	Rio Paracatu	Porto Alegre	-45,336538	-17,312933
P218	Rio Paracatu	Cachoeira das Almas	-45,942833	-17,839515
P219	Rio Paracatu	Cachoeira das Almas	-45,964256	-18,186404
P220	Rio Paracatu	Cachoeira das Almas	-45,893172	-18,07898
P221	Rio Paracatu	Cachoeira das Almas	-45,68753	-17,699955
P222	Rio Paracatu	Ponte da BR-040 Prata	-46,30404	-18,343417
P223	Rio Paracatu	Ponte da BR-040 Prata	-46,215522	-18,474905
P224	Rio Paracatu	Ponte da BR-040 Prata	-46,23136	-18,217638
P225	Rio Paracatu	Ponte da BR-040 Prata	-46,193516	-18,156744
P226	Rio Paracatu	Porto dos Poções	-47,3796	-15,847763
P227	Rio Paracatu	Porto dos Poções	-47,400863	-15,975031
P228	Rio Paracatu	Porto dos Poções	-46,62806	-16,536841
P229	Rio Paracatu	Porto dos Poções	-46,756357	-16,510003
P230	Rio Paracatu	Porto da Extrema	-46,09548	-17,06039
P231	Rio Paracatu	Porto Alegre	-45,884912	-17,155677
P232	Rio Paraopeba	Martinho Campos	-45,247727	-19,542556
P233	Rio Paraopeba	Martinho Campos	-45,225528	-19,365372
P234	Rio Paraopeba	Martinho Campos	-45,273534	-19,528806
P235	Rio Paraopeba	Martinho Campos	-45,309993	-19,661349
P236	Rio Paraopeba	Ponte da Taquara	-44,53505	-19,453141
P237	Rio Paraopeba	Ponte da Taquara	-44,524847	-19,428487
P238	Rio Paraopeba	Ponte da Taquara	-44,454191	-19,410644
P239	Rio Paraopeba	Ponte da Taquara	-44,447315	-19,40046
P240	Rio Paraopeba	Ponte da Taquara	-44,474562	-19,412245
P241	Rio São Francisco	Porto Indaiá e Barra do Funchal	-45,903473	-19,461375
P242	Rio São Francisco	Porto Indaiá e Barra do Funchal	-45,999629	-19,40336
P243	Rio São Francisco	Porto Indaiá e Barra do Funchal	-45,889443	-19,389794
P244	Rio São Francisco	Porto Indaiá e Barra do Funchal	-45,859609	-19,20754
P245	Rio São Francisco	Tapiraí Jusante	-46,098762	-19,824663
P246	Rio São Francisco	Tapiraí Jusante	-46,079438	-19,815551
P247	Rio São Francisco	Tapiraí Jusante	-46,217738	-19,798187

Tabela 5.7 – Pontos propostos para o monitoramento Quantitativo – Continuação.

P248	Rio São Francisco	Tapiraí Jusante	-46,039474	-19,709997
P249	Rio São Francisco	Taquaral	-45,861525	-19,598106
P250	Rio São Francisco	Taquaral	-45,773922	-19,695325
P251	Rio São Francisco	Taquaral	-45,748759	-19,616254
P252	Rio São Francisco	Taquaral	-45,719139	-19,719679
P253	Rio São Francisco	Ponte do Chumbo	-45,817015	-19,8932
P254	Rio São Francisco	Ponte do Chumbo	-45,446125	-20,161901
P255	Rio São Francisco	Ponte do Chumbo	-45,960111	-19,948203
P256	Rio São Francisco	Ponte do Chumbo	-45,696094	-20,076644
P257	Rio São Francisco	Ponte do Chumbo	-45,631631	-20,072831
P258	Rio São Francisco	Fazenda São Félix	-45,76638	-18,802519
P259	Rio São Francisco	Fazenda São Félix	-45,888292	-19,067612
P260	Rio São Francisco	Fazenda São Félix	-45,93608	-19,221659
P261	Rio São Francisco	Fazenda São Félix	-45,862602	-18,979555
P262	Rio São Francisco	Abaeté	-45,675974	-19,201122
P263	Rio São Francisco	Abaeté	-45,650551	-19,197818
P264	Rio São Francisco	Abaeté	-45,562086	-19,215033
P265	Rio São Francisco	Iguatama	-46,431924	-20,330091
P266	Rio São Francisco	Iguatama	-46,005016	-20,544173
P267	Rio São Francisco	Iguatama	-45,986475	-20,429254
P268	Rio São Francisco	Iguatama	-45,925063	-20,429167
P269	Rio São Francisco	Calciolândia	-45,688133	-20,45465
P270	Rio São Francisco	Calciolândia	-45,664379	-20,293266
P271	Rio São Francisco	Calciolândia	-45,649819	-20,377666
P272	Rio São Francisco	Porto do Passarinho	-45,907689	-18,651557
P273	Rio São Francisco	Porto do Passarinho	-46,083621	-19,126922
P274	Rio São Francisco	Porto do Passarinho	-45,916777	-18,450575
P275	Rio São Francisco	Fazenda da Barra	-46,544869	-20,140802
P276	Rio São Francisco	Fazenda da Barra	-46,291494	-20,208083
P277	Rio São Francisco	Fazenda da Barra	-46,465056	-20,137412
P278	Rio São Francisco	Fazenda Samburá	-46,454688	-19,973969
P279	Rio São Francisco	Fazenda Samburá	-46,375232	-20,032593
P280	Rio São Francisco	Veredas	-45,900676	-18,261218
P281	Rio São Francisco	Veredas	-45,887854	-18,23087
P282	Rio São Francisco	Veredas	-45,835677	-18,182314
P283	Rio São Francisco	Major Porto	-46,225942	-18,745799
P284	Rio São Francisco	Major Porto	-46,097278	-18,773794
P285	Rio São Francisco	Major Porto	-46,194268	-18,649243
P286	Rio São Francisco	São Romão	-45,218261	-18,056734
P287	Rio São Francisco	São Romão	-45,54085	-18,148633
P288	Rio São Francisco	São Romão	-45,453226	-18,09325
P289	Rio São Francisco	São Romão	-45,457907	-18,104361

Tabela 5.8 – Pontos propostos para o monitoramento Quantitativo – Continuação.

P290	Rio São Francisco	São Romão	-45,72201	-18,234757
P291	Rio São Francisco	Porto Indaiá e Barra do Funchal	-45,6922	-18,931453
P292	Rio São Francisco	Porto Indaiá e Barra do Funchal	-45,793979	-18,992041
P293	Rio São Francisco	Porto Indaiá e Barra do Funchal	-45,787779	-18,953869
P294	Rio São Francisco	Porto Indaiá e Barra do Funchal	-45,696267	-18,911644
P295	Rio São Francisco	Porto Indaiá e Barra do Funchal	-45,749836	-19,067342
P296	Rio São Francisco	Ponte do Chumbo	-45,626169	-20,080322
P297	Rio São Francisco	Ponte do Chumbo	-45,474714	-20,006293
P298	Rio São Francisco	Fazenda São Félix	-45,6734	-18,604156
P299	Rio São Francisco	Iguatama	-46,017251	-20,300256
P300	Rio São Francisco	Iguatama	-46,009003	-20,336716
P301	Rio São Francisco	Iguatama	-45,863449	-20,148925
P302	Rio São Francisco	Iguatama	-45,780401	-20,163878
P303	Rio São Francisco	Porto do Passarinho	-45,953826	-18,783843
P304	Rio Urucuaia	Buritis-Jusante	-46,885921	-15,609618
P305	Rio Urucuaia	Buritis-Jusante	-46,999116	-15,650255
P306	Rio Urucuaia	Buritis-Jusante	-47,000221	-15,704704
P307	Rio Urucuaia	Buritis-Jusante	-47,038525	-15,630305
P308	Rio Urucuaia	Buritis-Jusante	-46,96919	-15,661581
P309	Rio Urucuaia	Vila Urucuaia	-45,639481	-15,777043
P310	Rio Urucuaia	Vila Urucuaia	-45,900492	-16,10742
P311	Rio Urucuaia	Vila Urucuaia	-46,396395	-16,006103
P312	Rio Urucuaia	Vila Urucuaia	-46,029678	-16,04674
P313	Rio Urucuaia	Arinos - Montante	-45,738043	-15,689634
P314	Rio Urucuaia	Arinos - Montante	-45,877388	-15,775082
P315	Rio Urucuaia	Arinos - Montante	-46,064245	-15,770908
P316	Rio Urucuaia	Fazenda Carvalho	-46,332623	-15,320093
P317	Rio Urucuaia	Fazenda Carvalho	-46,39364	-15,171295
P318	Rio Urucuaia	Fazenda Carvalho	-46,310401	-15,469628
P319	Rio Urucuaia	Fazenda Carvalho	-46,379398	-15,34035
P320	Rio Urucuaia	Santo Inácio	-45,95887	-16,575914
P321	Rio Urucuaia	Santo Inácio	-45,822287	-16,502988
P322	Rio Urucuaia	Santo Inácio	-46,221784	-16,614218
P323	Rio Urucuaia	Buritis-Jusante	-46,637353	-15,603815
P324	Rio Urucuaia	Buritis-Jusante	-46,531022	-15,531959
P325	Rio Urucuaia	Buritis-Jusante	-46,789194	-15,568159
P326	Rio Urucuaia	Buritis-Jusante	-46,789194	-15,568159
P327	Rio Urucuaia	Santo Inácio	-46,244372	-16,38001
P328	Rio Urucuaia	Santo Inácio	-46,120204	-16,425419



**MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE**

**GOVERNO
FEDERAL**

