

ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS E DE VULNERABILIDADE DO SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA

PROPOSIÇÃO DE MODELO DE GESTÃO
INTEGRADA E COMPARTILHADA

RESUMO EXECUTIVO

C O N S Ó R C I O



República Federativa do Brasil

Michel Miguel Elias Temer Lulia

Presidente da República

Ministério do Meio Ambiente

Sarney Filho

Ministro

Agência Nacional de Águas**Diretoria Colegiada**

Vicente Andreu (Diretor-Presidente)

Ricardo Medeiros de Andrade

João Gilberto Lotufo Conejo

Gisela Damm Forattini

Ney Maranhão

Superintendência de Implementação de Programas e Projetos - SIP

Tibério Magalhães Pinheiro

Victor Alexandre Bittencourt Sucupira

Coordenação de Águas Subterrâneas - COSUB

Fernando Roberto de Oliveira

Márcia Tereza Pantoja Gaspar (Gestora do Contrato)

Leonardo de Almeida (Gestor Substituto)

Adriana Niemeyer Pires Ferreira

Fabrcio Bueno da Fonseca Cardoso

Letícia Lemos de Moraes

**Estudos Hidrogeológicos e de Vulnerabilidade do Sistema
Aquífero Urucuia e Proposição de Modelo de Gestão
Integrada e Compartilhada**

RESUMO EXECUTIVO

© 2017 Agência Nacional de Águas – ANA
Setor Policial, Área 5, Quadra 3, Blocos B, L e M
CEP: 70610-200, Brasília - DF
PABX: 2109-5400 / 2109-5252
Endereço eletrônico: <http://www.ana.gov.br>

Capa:

Local da Foto: Cachoeira do Registro, Taguatinga (TO), Rio Sobrado, com vista da Serra Geral de Goiás (Grupo Uruçuia)
Fotografia – Wilton Rocha

Equipe:

Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização – CTAF:

Márcia Tereza Pantoja Gaspar (ANA)	Leonardo de Almeida (ANA)	
José Jânio de Castro Lima (SEMA-MA)	Zoltan Romero C. Rodrigues (SEMA-BA)	Hugo Leonardo T. Soares (SECIMA)
Aldo Araújo de Azevedo (SEMADES-TO)	Eduardo Farias Topázio (INEMA-BA)	Maricene Menezes de O. M. Paixão (IGAM-MG)

Elaboração e Execução – CONSÓRCIO ENGECORPS – WALM:

Marcos Oliveira Godoi – Diretor Técnico do Consórcio
Maria Bernardete Sousa Sender – Coordenação Geral
Daniel Andreas Klein – Apoio à Coordenação
Jacinto Costanzo Junior – Coordenação Setorial

Membros da Equipe Técnica Executora:

Flávio de Paula e Silva – Coordenação Técnica

Alberto Lang Filho	Marcia Regina Stradioto	Walter Sergio de Faria
Rinaldo Moreira Marques	Ualfrido del Carlo Junior	Lígia Monteiro da Silva
Andresa Oliva	Aída M. Pereira Andreazza	Laura Rocha de Castro
Maria Luiza M. Granziera	Elias Hideo Teramoto	Maíra Gimenes
Mirtis Malagutti	Fernando Garcia	Milena Mariano dos Santos
Sibele Lima Dantas	Henrique A. de A. Ramos	Fernanda Machado Martins
Caetano Pontes Costanzo	Lígia de Souza Girnius	Fernando Santos Corrêa
Talita Filomena Silva	Christiane Spörl	

Agradecimentos

Agradecemos aos professores José Eloi Guimarães Campos (UnB), Chang Hung Kiang (UNESP - Rio Claro) e Francisco Manoel Wohnrath Tognoli (UNISINOS) pela colaboração nas discussões técnicas no âmbito destes estudos, bem como todos os demais colaboradores e usuários de recursos hídricos que direta ou indiretamente contribuíram com a elaboração deste trabalho.

Todos os direitos reservados.

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

A265m Agência Nacional de Águas (Brasil).
Estudos hidrogeológicos e de vulnerabilidade do Sistema Aquífero Uruçuia e proposição de modelo de gestão integrada compartilhada: resumo executivo / Agência Nacional de Águas; Elaboração e Execução: Consórcio Engecorps - Walm. -- Brasília: ANA, 2017.

100 p. il.

1. Hidrogeologia. 2. Água Subterrânea. 3. Aquífero Uruçuia.
I. Consórcio Engecorps II. Título.

CDU 556.33

Sumário

3 Apresentação

4 Introdução

Atores e Atividades do Projeto

Localização e Contextos Hidrogeológico e Geopolítico

10 Estudos Temáticos

Clima e Hidrologia

Geologia e Tectônica

Geomorfologia e Pedologia

Usos da terra e Cobertura Vegetal

34 Levantamentos de Campo

Cadastramento de Usuários e Fontes Potenciais de Contaminação

Investigações Geofísicas

Ensaio de Infiltração

Hidrogeoquímica

55 Avaliação Hidrogeológica

Modelo Hidrogeológico Conceitual

Balanco Hídrico e Recarga

Reservas e Disponibilidades

Vulnerabilidade Natural e Riscos

80 Estratégias de Manejo Sustentável dos Sistemas Aquíferos

Gestão Integrada

Gestão Participativa

Proposta de Plano de Gestão Integrada e Compartilhada do SAU e SAA

99 Considerações Finais

APRESENTAÇÃO

Este **Resumo Executivo** apresenta uma síntese dos *Estudos Hidrogeológicos e de Vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucuia e Proposição de Modelo de Gestão Integrada e Compartilhada*, elaborado pela Agência Nacional de Águas – ANA, na escala 1:250.000, e executado pelo Consórcio Engecorps/Walm.

Esses estudos consideraram o objetivo específico “Ampliar o conhecimento hidrogeológico nacional”, previsto no primeiro ciclo da Agenda da ANA em Águas Subterrâneas, a qual reflete as atribuições da Agência indicadas no Programa Nacional de Águas Subterrâneas (PNAS), do Plano Nacional e Recursos Hídricos.

A ampliação do conhecimento acerca desses mananciais e de suas relações de interdependência com as águas superficiais deu-se numa área de cerca de 142 mil Km², que abrange seis estados (Bahia, Minas Gerais, Goiás, Tocantins, Piauí e Maranhão), correspondente aos afloramentos das rochas que compõem os Sistemas Aquífero Urucuia e Areado.

Os trabalhos foram acompanhados por representantes técnicos dos estados, na Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização (CTAF), constituída para avaliar e acompanhar o desenvolvimento dos estudos juntamente com a ANA.

Introdução

INTRODUÇÃO

O objetivo principal dos *Estudos Hidrogeológicos e de Vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucuia e Proposição de Modelo de Gestão Integrada e Compartilhada* consistiu na realização de estudos para o melhor entendimento acerca das características hidráulicas dos aquíferos, suas relações de interdependência com as águas superficiais, reservas e potencialidades, com vistas à subsidiar uma proposta de plano gestão integrada e compartilhada na bacia do rio São Francisco.

As cinco etapas metodológicas executadas nestes estudos foram: mobilização e plano de trabalho; estado da arte (multitemática e interdisciplinar); levantamento de dados primários (geologia, geomorfologia, solos e vegetação, hidrologia, uso e ocupação da terra, ensaios de infiltração, geofísica, hidrogeologia); avaliações multitemáticas (hidrogeologia, uso e ocupação da terra, hidrogeoquímica, vulnerabilidade e riscos de contaminação; e, estratégias de manejo sustentável das águas subterrâneas dos sistemas aquíferos Urucuia (SAU) e Areado (SAA).

No âmbito dessas etapas foram desenvolvidas diversas atividades de levantamento de dados, avaliações temáticas em toda a área de estudo, e efetuada modelagens em áreas específicas dos sistemas aquíferos.

Atividades

Estado da Arte	Cadastro de poços e nascentes	Cadastro de fontes potenciais de contaminação
Mapeamento do usos e ocupação da terra	Levantamentos geofísicos	Ensaio de infiltração
Avaliação Climatológica Hidrológica	Cenários de Mudanças Climáticas	Coletas de amostras e análises hidroquímicas
Balço Hídrico	Recargas, reservas, potencialidades dos sistemas aquíferos	Modelagem Conceitual e computacional
Vulnerabilidade natural e risco de contaminação	Proposta de plano gestão integrada e compartilhada	

ATORES

Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização – CTAF

Comissão técnica constituída com representantes da ANA e técnicos indicados pelos órgãos gestores de recursos hídricos dos estados abrangidos pelos estudos para acompanhar os estudos e avaliar os produtos entregues. Cinco dos seis estados indicaram representantes:

Agência Nacional de Águas

Márcia Tereza Pantoja Gaspar e Leonardo de Almeida

Maranhão SEMA

José Jânio de Castro Lima

Tocantins SEMADES

Aldo Araújo de Azevedo

Bahia SEMA

Zoltan Romero C. Rodrigues

Bahia INEMA

Eduardo Farias Topázio

Goiás SECIMA

Hugo Leonardo T. Soares

Minas Gerais IGAM

Maricene Menezes de Oliveira Mattos Paixão



NÚMEROS DA CTAF



5

ESTADOS PARTICIPANTES



6

ÓRGÃOS ESTADUAIS



18

REUNIÕES

6

TÉCNICOS ESTADUAIS

ESPECIALISTAS DA ANA

COLABORADORES DE UNIVERSIDADES

ACOMPANHAMENTO DE ATIVIDADES DO PROJETO

No âmbito de todas as etapas dos estudos foram desenvolvidas diversas atividades de levantamento de dados primárias, avaliações temáticas em toda a área de estudo, e algumas modelagens efetuadas nas áreas operacionais dos sistemas aquíferos.

LEVANTAMENTO GEOLÓGICO



LEVANTAMENTO HIDROGEOLÓGICO



ENSAIOS GEOFÍSICOS



ENSAIOS DE INFILTRAÇÃO



COLETA E ANÁLISE
HIDROQUÍMICA

LOCALIZAÇÃO

SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA (SAU)

Estende-se desde o extremo sul dos estados do Piauí e Maranhão, sudeste de Tocantins, chegando ao norte de Minas Gerais. Tem sua maior expressividade no oeste baiano.

SISTEMA AQUÍFERO AREADO (SAA)

Localizado em toda sua extensão no estado de Minas Gerais

CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO

A avaliação hidrogeológica realizada nestes estudos compreende os sistemas aquíferos Urucuia (SAU) e Areado (SAA), considerados aqui dois sistemas aquíferos independentes. Embora tenham sido considerados inicialmente como um sistema aquífero único, o Sistema Aquífero Urucuia-Areado, apresentou-se com propriedades hidrogeológicas distintas.

A maior complexidade litofaciológica e características hidrogeológicas peculiares das rochas constituintes do Grupo Areado, como a interdigitação com as rochas vulcânicas do Grupo Mata da Corda, aliadas à ausência de conexão hidráulica entre as sub-bacias geológicas (Abaeté e Urucuia), mostraram que esses reservatórios subterrâneos deveriam ser tratados como sistemas aquíferos distintos.

Esse entendimento foi corroborado pelos resultados das análises hidrogeoquímicas, onde as águas desses sistemas aquíferos mostraram características químicas diferentes.

Considerando a separação entre os sistemas aquíferos, procedeu-se, posteriormente, a delimitação das “áreas operacionais” do SAU e do SAA, consideradas na confecção de mapas temáticos e modelagens (quando disponíveis). Ressalta-se, contudo, que o levantamento de dados desses estudos considerou a área total de afloramento dos grupos de rochas do Urucuia e Areado, conforme estabelecido nos Termos de Referência.

CONTEXTO GEOPOLÍTICO

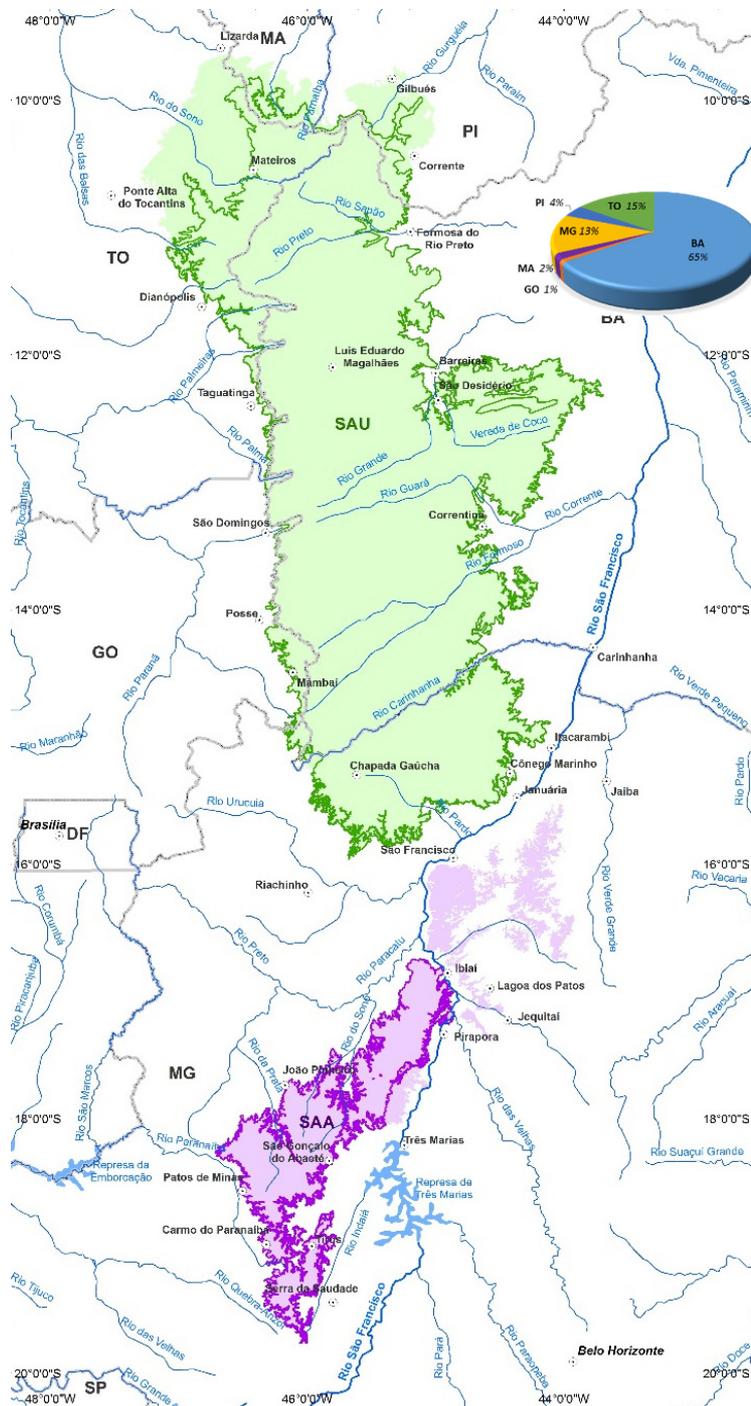
Sistema Aquífero Urucuia

O SAU ocupa uma área de 126 mil km², onde abrange seis estados do Brasil. Os estados do Maranhão, Piauí, Tocantins, Bahia, Goiás e Minas Gerais compartilham esse manancial. Morros testemunhos e porções isoladas do corpo principal são atribuídos ao SAU, e testificam sua maior extensão pretérita.

O oeste baiano destaca-se com sua maior área de exposição, 82 mil km², ou seja, 65% da área total.

Sistema Aquífero Areado

O Sistema Aquífero Areado, com 22 mil km², por sua vez está totalmente dentro do território do estado de Minas Gerais.



Estudos Temáticos

CACHOEIRA DA FORMIGA – JALAPÃO (GO)

CLIMA E HIDROLOGIA

Clima

Segundo a classificação climática de Köppen, a área ocupada pela porção central dos Sistemas Aquíferos Urucuia (SAU) e Areado (SAA), nos afluentes do rio São Francisco, é em grande parte do tipo *Tropical Úmido*, caracterizado por uma estação seca no inverno e amplitude térmica mensal menor que 5°C (*Aw*). A porção inferior dessas bacias, localizada no extremo leste, próximo à calha do rio São Francisco, é classificada como do tipo *Semiárido*, caracterizado por uma estação seca no inverno, com temperaturas sempre superiores aos 18°C (*BShwi*) e amplitude térmica mensal menor que 5°C (*Aw*).

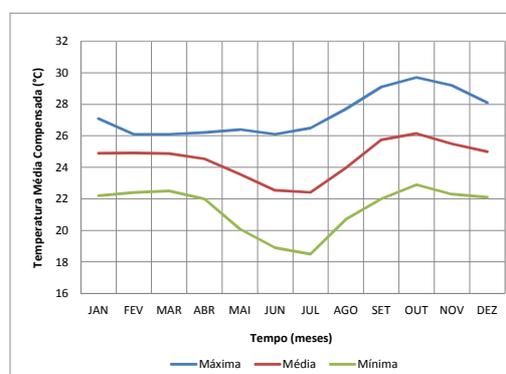
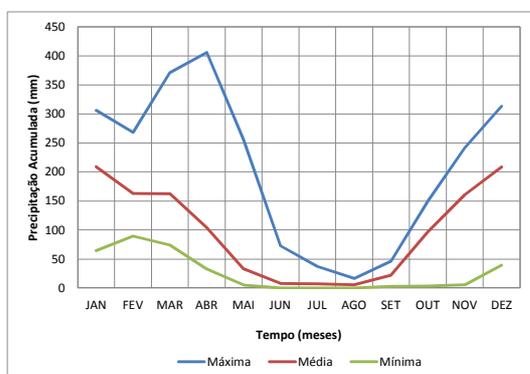


A região a oeste da parte central da área de estudo nos afluentes do rio Tocantins, tem clima *Tropical Quente e Úmido (Aw)*, caracterizado por inverno seco e ameno, com boa definição das estações chuvosa e seca, e temperatura média do mês mais frio superior a 18°C.

A precipitação anual na região de estudo varia entre 745 mm e 1.615 mm, com média de 1.168 mm. Diversas estações registram meses com precipitação nula, entre maio e novembro. A temperatura média compensada na região de estudo varia entre 18°C e 30°C.

PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO INMET (1961-1990)



Hidrologia

O Sistema Aquífero Urucuia localiza-se na região do Médio São Francisco, onde importantes afluentes do Velho Chico são mantidos pelo SAU na época de estiagem.

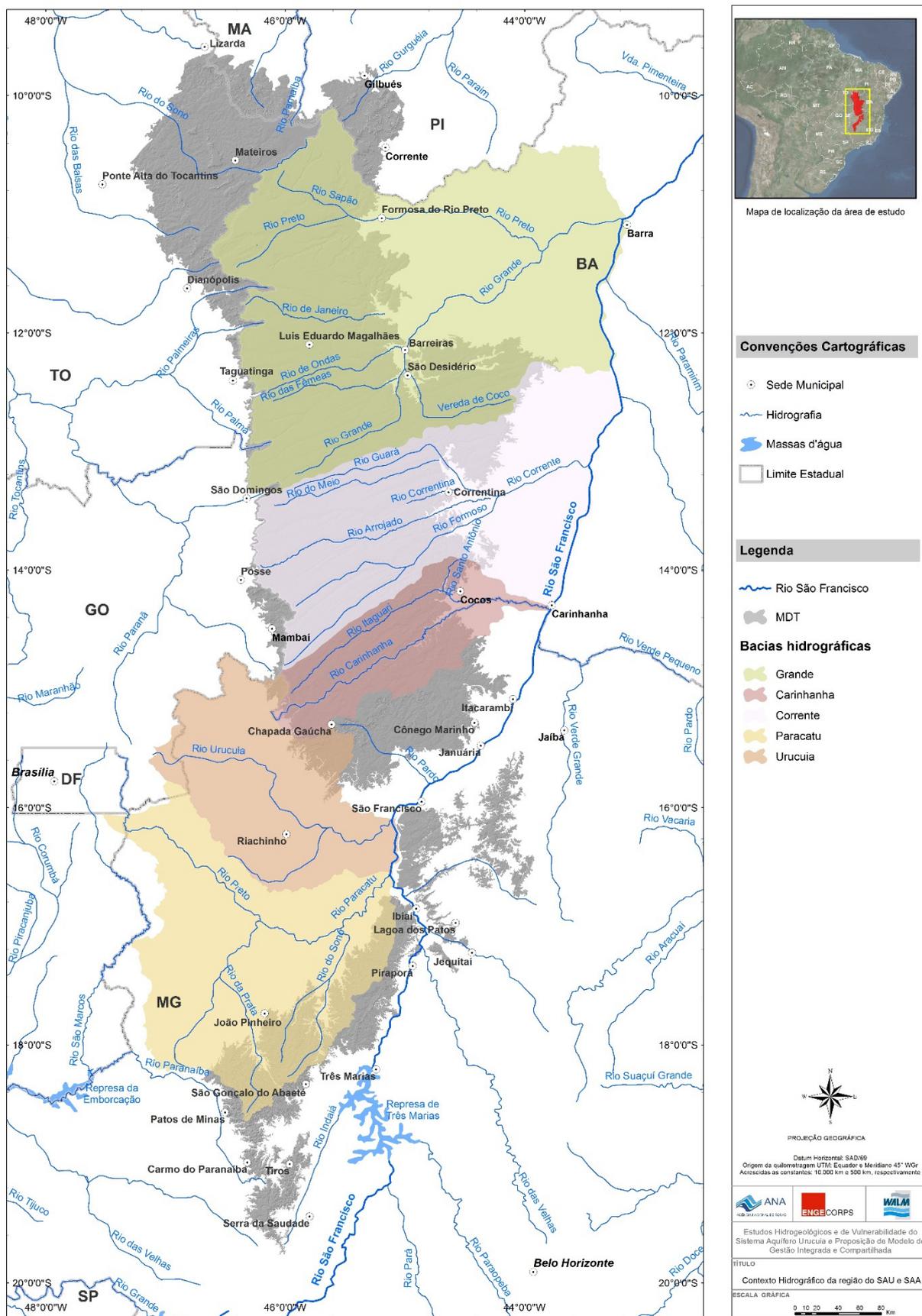
A drenagem da região do SAU é perene, sendo as principais de padrão paralelo a subparalelo, as quais fluem de oeste para leste, desaguando nos principais rios da área, o Carinhanha, Corrente e Grande (**Mapa 1**).

Característica comum nas drenagens é a presença de veredas, onde imponentes palmeiras de buriti bordejam as margens de rios e lagoas, assinalando as áreas úmidas no Cerrado.

O rio Carinhanha, situado no limite sul da área de abrangência do SAU, é um rio de domínio da União, o qual faz a divisa entre os estados de Minas Gerais e Bahia. Sua região de nascentes está dentro dos limites do Parque Nacional Grande Sertão Veredas. Ainda no limite sul do SAU, a drenagem fica por conta os rios Pandeiros, Pardo que nascem na região da Chapada Gaúcha, já no estado de Minas Gerais.



Um pouco mais a norte, o rio Corrente domina a drenagem com importantes afluentes, como os rios Formoso, Arrojado, Correntina, Santo Antônio, do Meio, Guará. Na região dos rios Pratudão e Pratinho – afluentes do rio Formoso - algumas lagoas se formam pelo afloramento do nível d'água mais raso do SAU, compondo a paisagem do Refúgio de Vida Silvestre das Veredas do Oeste Baiano, uma importante Unidade de Conservação. Os afluentes do rio Corrente são essenciais por serem principal fonte de abastecimento de comunidades tradicionais do oeste baiano.



Mapa 1 – Contexto hidrográfico da região do SAU e SAA.



3 AFLUENTES DO MÉDIO SÃO FRANCISCO (CARINHANHA, CORRENTE E GRANDE)

Na porção intermediária e norte dos limites do SAU o rio Grande representa a maior bacia hidrográfica da região. Com área de drenagem de cerca de 75 mil km², o rio Grande situa-se na região com maior número de áreas plantadas, onde importantes afluentes como o rio das Fêmeas, de Ondas, rio de Janeiro, rio Preto. Essa bacia tem um importante papel tanto nos projetos de irrigação, como no abastecimento de vilarejos e cidades, como Barreiras, por exemplo.

3 AFLUENTES DO ALTO TOCANTINS (SONO, PALMA E MANUEL ALVES)

No limite oeste da área, importantes sub-bacias do Alto Tocantins, são mantidos pelo fluxo de base do SAU. Os principais afluentes do Tocantins nessa área limítrofe são os rios do Sono, Palma e Manuel Alves.

Na região do Sistema Aquífero Areado (SAA), por sua vez, o Médio São Francisco tem entre seus principais afluentes os rios Urucuiá e Paracatu. Os principais tributários desses afluentes que drenam a área principal de afloramento das rochas do SAA são, o rio da Prata e o rio do Sono, ambos afluentes do rio Paracatu.

No que tange aos estudos hidrológicos, foram desenvolvidos com o objetivo principal de subsidiar a avaliação da contribuição dos aquíferos para o escoamento de base dos rios São Francisco, Tocantins e bacias hidrográficas adjacentes. Inicialmente, foram identificados e selecionados os postos fluviométricos e pluviométricos com dados adequados para utilização na análise. A partir da seleção dos postos, procedeu-se a análise de consistência dos dados dos períodos históricos selecionados. A localização dos postos está ilustrada nos **Mapas 2 e 3**.

1970 – 2010

PERÍODO DE DADOS DE CHUVAS
ANALISADO EM 255 POSTOS
PLUVIOMÉTRICOS



O VOLUME ANUAL DE CHUVA VARIA DE
OESTE PARA LESTE NESTA REGIÃO
(DIMINUINDO EM DIREÇÃO A CALHA DO
RIO SÃO FRANCISCO)

Da análise dos dados de chuva obteve-se a caracterização do regime pluviométrico da região e o mapa de isoietas dos totais precipitados – média anual (**Mapa 4**). O comportamento anual das chuvas mostra que sobre a região de abrangência do Sistema Aquífero Urucua as isoietas anuais têm alinhamento aproximadamente Norte-Sul, com totais anuais precipitados entre 1.200 mm e 800 mm. Na região de Taguatinga (TO), o mapa de isoietas anuais exhibe influência do fator orográfico – no limite da Serra Geral de Goiás – onde chove valores da ordem de 2.000 mm anualmente.

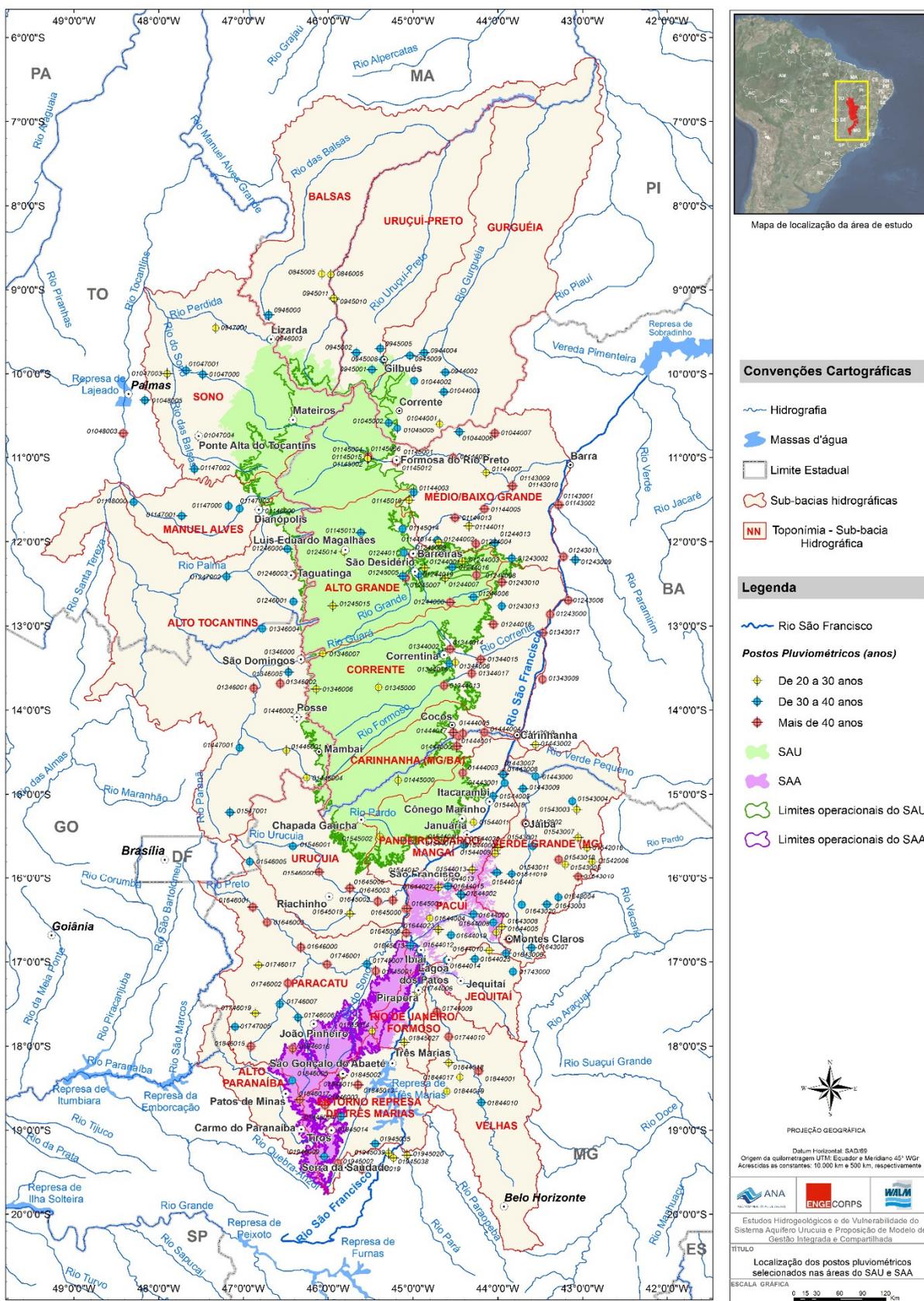
Com os dados de vazões diárias foram calculadas as séries de vazões médias mensais de cada posto e determinadas as características hidrológicas dessas séries para os 19 postos fluviométricos selecionados, incluindo: vazão específica; vazão média de longo termo; vazão máxima média mensal; vazão mínima média mensal; desvio padrão; coeficiente de variação; coeficiente de assimetria (**Quadro 1**). De posse dessa série de informações, foi desenvolvido o estudo de frequência de vazões, formalizado nas curvas de permanência dos postos.

1975 – 2005

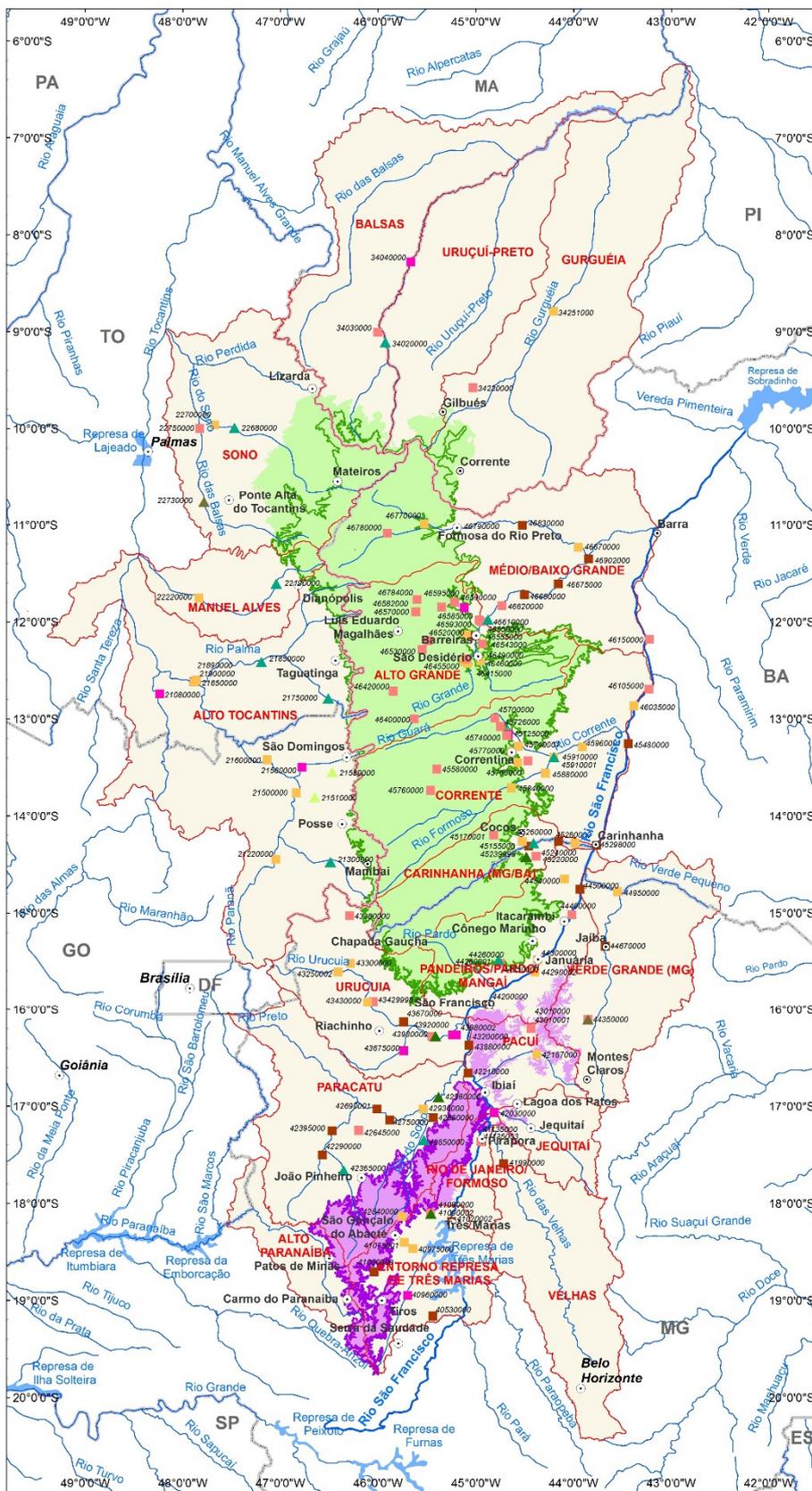
PERÍODO DE DADOS DE VAZÕES DIÁRIAS
ANALISADO



Estação fluviométrica no rio das Fêmeas
(Nome: Fêmeas Grande. Código: 46440000)



Mapa 2 – Localização dos postos pluviométricos selecionados nas áreas do SAU e SAA.



Mapa de localização da área de estudo

Convenções Cartográficas

- Sede Municipal
- ~ Hidrografia
- Massas d'água
- Limite Estadual
- Sub-bacias hidrográficas
- Toponímia - Sub-bacia Hidrográfica

Legenda

- Rio São Francisco
- SAU
- SAA
- Limites operacionais do SAU
- Limites operacionais da SAA

Postos Fluviométricos

- Principais (anos)**
- ▲ De 10 a 20 anos
 - ▲ De 20 a 30 anos
 - ▲ De 30 a 40 anos
 - ▲ Mais de 40 anos
- Auxiliares (anos)**
- Até 20 anos
 - De 20 a 30 anos
 - De 30 a 40 anos
 - Mais de 40 anos



Datum Horizontal: SAD89
 Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° WGR
 Aproximação aos centímetros: 10.000 km e 500 km, respectivamente.

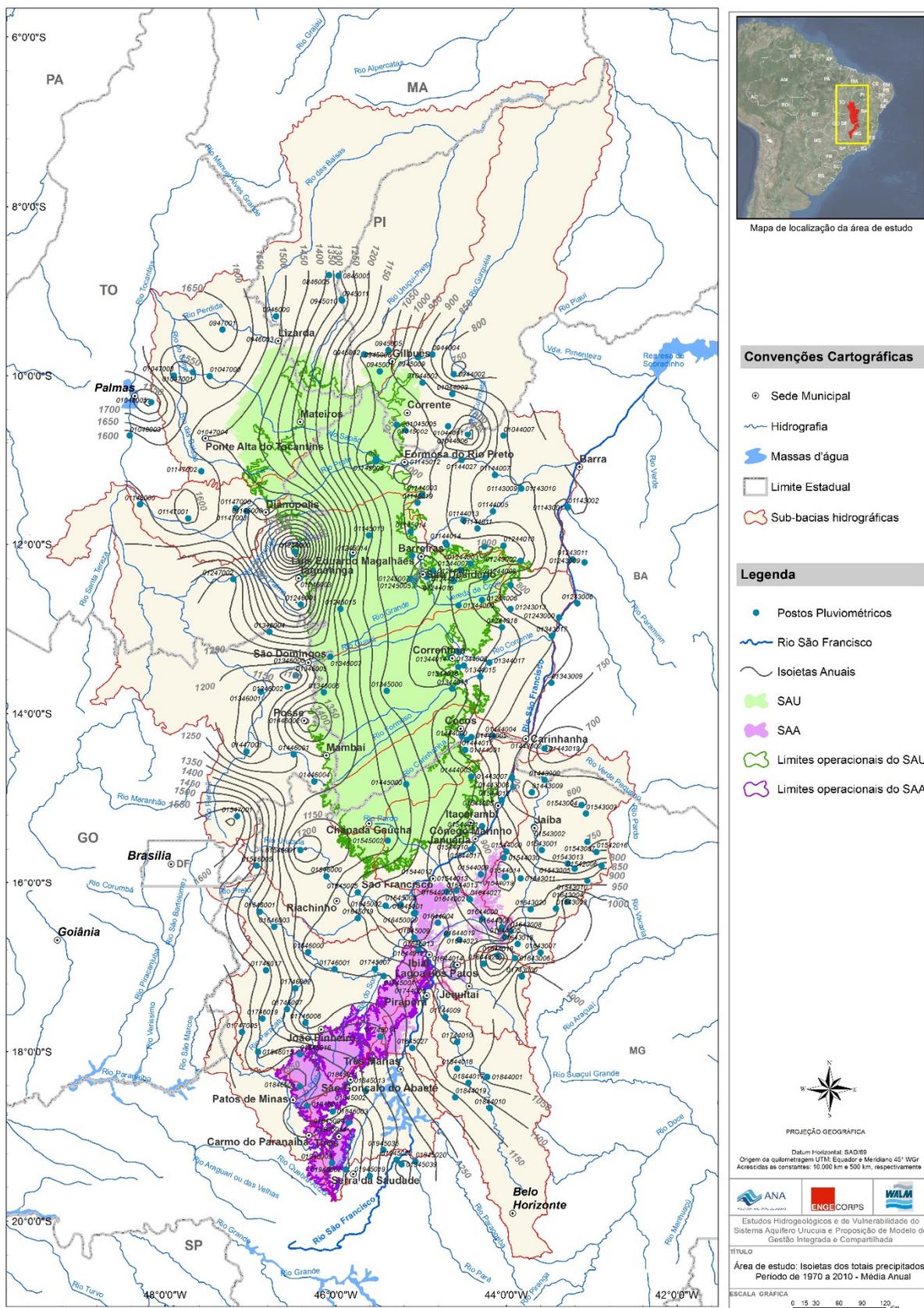
Logos of ANA, ENGECORPS, and WLM.

Estudos Hidrogeológicos e de Vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucui e Proposição de Modelo de Gestão Integrada e Compartilhada

TÍTULO
 Localização dos postos fluviométricos selecionados nas áreas do SAU e SAA

ESCALA GRÁFICA
 0 15 30 60 90 120 Km

Mapa 3 – Localização dos postos fluviométricos selecionados nas áreas do SAU e SAA.



Mapa 4 – Mapa de isoietas médias anuais – Período de 1970 a 2010.

CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DOS POSTOS FLUVIOMÉTRICOS SELECIONADOS

QUADRO 1

Descrição	Postos Fluviométricos																		
	21300000	21510000	21580000	21750000	21850000	22190000	22680000	22730000	34020000	42365000	42850000	42980000	43880000	44250000	45210000	45220000	45910001	46610000	46790000
Área de Drenagem (km²)	3.760,00	1.020,00	409,00	1.040,00	12.400,00	1.780,00	16.900,00	4.730,00	1.020,00	3.360,00	4.390,00	41.300,00	23.800,00	3.230,00	12.600,00	2.380,00	29.500,00	32.900,00	14.300,00
Vazão média anual (m³/s)	56,47	16,20	11,16	37,17	228,45	42,97	301,48	89,95	116,57	52,59	57,66	470,35	249,15	23,83	131,72	12,52	210,93	185,58	99,03
Vazão mínima média anual (m³/s)	1,18	3,14	5,18	16,53	77,58	1,10	125,20	23,14	61,76	0,29	3,34	39,11	15,32	8,35	66,88	2,88	126,70	107,10	56,10
Vazão máxima média anual (m³/s)	900,80	219,44	134,26	477,31	2.882,55	244,56	2.980,00	902,04	1.388,00	1.525,89	1.174,19	3.942,47	1.715,00	160,00	440,00	97,40	824,38	706,42	308,00
Vazão média de longo termo (m³/s)	56,50	16,24	11,17	37,22	228,97	43,04	302,24	90,34	116,81	52,75	57,88	472,07	249,87	23,85	131,83	12,53	211,09	185,75	99,14
Vazão máxima média mensal (m³/s)	247,25	113,55	39,92	141,67	1.382,99	122,43	1.260,37	397,28	614,45	385,82	370,24	2.899,11	1.426,15	86,18	313,87	51,70	547,87	468,52	221,52
Vazão mínima média mensal (m³/s)	9,79	5,12	5,44	24,54	112,38	13,17	129,71	26,83	64,64	9,27	4,42	54,75	22,14	8,74	73,20	3,91	132,30	113,67	57,45
Vazão específica (l/s/km²)	15,02	15,88	27,28	35,74	18,42	24,14	17,84	19,02	114,29	15,65	13,14	11,39	10,47	7,38	10,45	5,26	7,15	5,64	6,93
Desvio Padrão	26,55	9,77	4,04	11,08	103,20	17,52	126,50	50,38	37,63	44,10	50,93	354,38	193,82	9,62	33,33	4,52	44,72	40,82	19,62
Coefficiente de variação	47,02%	60,28%	36,22%	29,82%	45,17%	40,78%	41,96%	56,01%	32,28%	83,86%	88,32%	75,34%	77,79%	40,36%	25,31%	36,13%	21,20%	22,00%	19,81%
Coefficiente de assimetria	5,76	4,44	4,70	6,46	5,47	2,57	3,83	2,89	4,91	5,45	3,96	2,49	2,13	2,91	2,01	3,01	2,54	1,48	1,88
<i>Permanência (%)</i>	<i>Vazões Médias Diárias Garantidas (m³/s)</i>																		
5%	130,28	46,77	23,89	72,73	503,90	96,21	638,40	228,82	220,00	194,40	216,95	1.606,13	839,78	52,16	225,74	24,47	327,30	287,11	149,45
10%	93,11	30,34	17,32	52,72	370,35	72,89	496,90	174,43	175,00	119,63	144,75	1.121,87	621,00	39,50	191,05	19,50	284,80	260,39	133,00
15%	73,91	22,87	14,15	43,42	306,51	61,74	427,37	146,00	154,00	84,99	97,47	854,28	478,00	33,46	171,99	17,24	261,75	240,24	122,67
20%	64,33	19,15	12,48	39,17	265,12	54,07	389,76	125,88	139,00	64,98	78,34	674,70	377,00	29,50	156,43	15,88	245,48	226,45	115,62
25%	57,49	16,51	11,48	36,85	235,32	48,38	353,70	111,20	129,00	51,20	64,23	541,61	313,00	26,97	146,03	14,54	234,31	213,00	110,00
30%	53,22	14,59	10,82	35,11	216,18	44,47	322,06	100,00	121,00	43,13	52,39	457,75	263,00	24,96	139,05	13,40	224,60	202,78	105,55
35%	49,35	12,99	10,15	33,54	197,92	41,35	296,69	89,64	114,00	37,61	44,07	393,65	222,00	23,40	132,24	12,40	216,65	193,00	101,00
40%	46,51	11,94	9,82	32,39	185,77	38,25	272,31	79,72	108,17	33,77	37,34	342,60	188,19	22,20	125,60	11,70	209,00	185,03	97,47
45%	43,73	11,32	9,49	31,62	176,61	35,65	253,94	71,35	103,49	30,13	31,60	303,42	163,00	21,00	121,48	11,19	201,41	178,99	94,00
50%	41,90	10,41	9,15	30,87	167,70	33,55	239,83	64,45	98,80	26,34	27,34	270,37	142,00	19,80	117,57	10,60	194,94	173,32	91,20
55%	40,10	9,70	8,51	30,26	161,48	31,70	224,33	58,98	94,80	23,81	24,25	243,79	124,00	18,83	114,43	10,21	190,50	168,22	88,95
60%	39,21	9,13	8,49	29,39	155,39	30,54	211,43	54,09	91,00	21,38	20,76	221,80	109,00	17,71	111,35	9,91	184,25	162,15	87,00
65%	37,45	8,75	8,16	29,02	150,60	29,41	201,20	49,54	87,90	19,33	18,25	201,10	96,40	16,62	108,27	9,47	180,00	156,90	84,73
70%	36,57	8,38	7,83	28,58	145,90	28,25	192,76	45,30	84,51	17,40	15,90	181,10	86,00	15,81	105,00	9,07	174,72	151,52	82,59
75%	34,85	8,14	7,79	28,14	142,42	27,25	183,60	41,80	82,10	15,85	13,91	163,08	76,27	14,81	101,74	8,75	169,46	146,91	80,37
80%	33,16	7,82	7,50	27,91	137,86	26,44	176,85	39,03	79,00	14,58	12,05	146,37	66,30	14,22	98,38	8,38	163,40	142,27	78,91
85%	31,49	7,55	7,16	27,57	132,26	25,79	169,13	36,63	76,00	13,05	10,34	127,94	56,30	13,55	95,15	7,71	157,70	135,86	77,45
90%	29,44	7,10	6,83	26,57	128,96	24,64	161,58	34,49	73,60	12,05	8,72	108,44	46,80	12,47	91,17	6,76	151,10	129,91	74,72
95%	27,44	6,75	6,50	25,68	124,33	23,31	152,38	31,70	70,57	10,62	6,64	84,77	35,70	10,79	84,28	5,56	144,67	123,40	71,95
100%	1,18	3,14	5,18	16,53	77,58	1,10	125,20	23,14	61,76	0,29	3,34	39,11	15,32	8,35	66,88	2,88	126,70	107,10	56,10



**POSTOS
FLUVIOMÉTRICOS
PRINCIPAIS UTILIZADOS
PARA AVALIAÇÃO DA
CONTRIBUIÇÃO DOS
AQUÍFEROS PARA OS RIOS**

6 RIO SÃO FRANCISCO

3 RIO TOCANTINS

1 RIO PARANAÍBA

Para a determinação da vazão de base utilizou-se o programa HYSEP, método MIF (Método do Intervalo Fixo), que produz estimativas da vazão de base e do escoamento superficial direto (ESD) para cada dia, com base nos dados de entrada (vazões). Essas estimativas diárias produziram estatísticas mensais e anuais resumidas para cada ano hidrológico completo, que de acordo com o comportamento pluviométrico da região, é de outubro do ano em análise a setembro do ano seguinte.

Para a realização dos estudos e análises da hidrologia dos sistemas aquíferos adotou-se a área das estações considerando o divisor hidrogeológico que na área é diferente em relação ao divisor hidrográfico superficial.

Identificou-se na bacia do rio São Francisco seis sub-bacias com postos fluviométricos representativos¹ para contabilizar as vazões efluentes do SAU. Obteve-se as vazões de contribuição de cada sub-bacia (vazões de base) e constatou-se que as vazões de base média escoadas dessas sub-bacias representam entre 14 % e 20 % do precipitado anualmente na região, destacando-se o posto fluviométrico Lagoa das Pedras, no rio Carinhanha, com vazões de base da ordem de 28 % da precipitação anual.

¹ Os postos fluviométricos considerados representativos de vazões de base efluentes do SAU e do SAA têm em suas áreas de drenagem superficiais entre 84% e 100% das área de afloramento desses sistemas aquíferos.

A estimativa da contribuição total dos sistemas aquíferos Urucuia e Areado para o rio São Francisco resultou da soma da contribuição das seis sub-bacias com postos fluviométricos representativos (566 m³/s) com aquela das sub-bacias sem postos representativos (164 m³/s), resultando numa contribuição média total de 730 m³/s o rio São Francisco, no período avaliado (1975 a 2005).



As análises efetuadas utilizando as vazões médias mensais efluentes dos sistemas aquíferos e as vazões naturais do rio São Francisco indicaram que:

- ✓ A contribuição média do SAU e do SAA para a bacia do rio São Francisco é da ordem de 30% do total escoado;
- ✓ Ao longo do ano, a contribuição dos sistemas aquíferos para a bacia do rio São Francisco é menos significativa no período de dezembro a março/abril, variando entre valores mínimos de cerca de 10% e máximos da ordem de 50%. Nos demais meses do ano, aumenta a importância da contribuição dos sistemas aquíferos, podendo chegar a valores médios da ordem de 80% nos meses de agosto a outubro e máximos superiores a 90% nos meses de setembro/outubro.

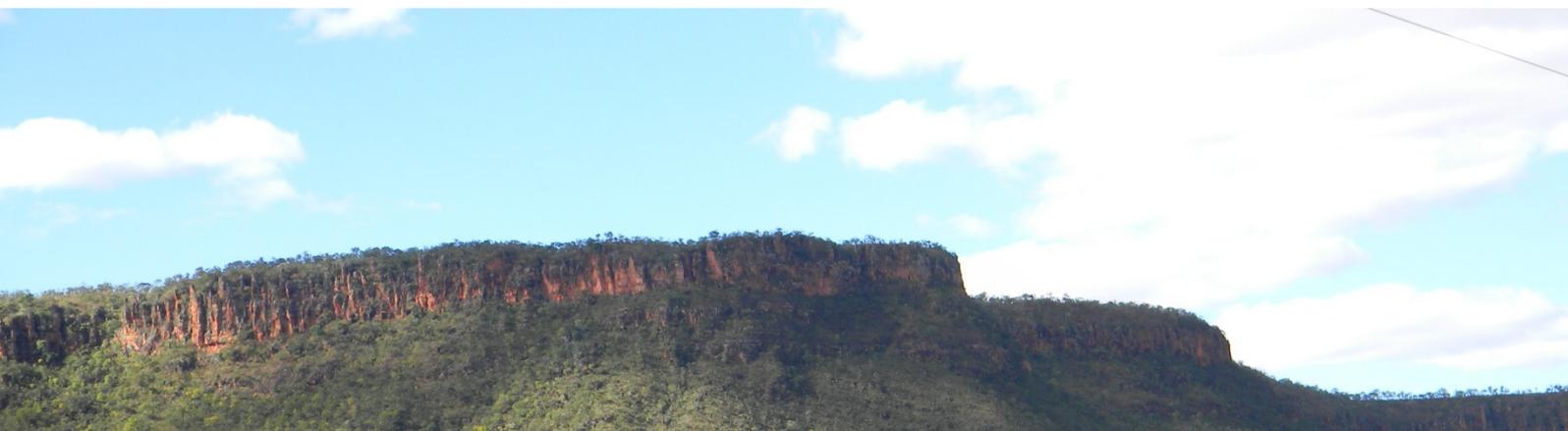
Constatou-se com base na análise desse período histórico que as vazões efluentes do SAU e SAA têm registrado tendência de diminuição gradativa da ordem de 25%, iniciada nos anos de 1978 a 1980 e prosseguindo até o final do período analisado.

CONTRIBUIÇÃO SUBTERRÂNEA TOTAL

1975 – 2005

Bacias	Área SAU e SAA (km ²)	Precipitação média anual (mm)	Contribuição/Precipitação (%)	Contribuição (mm)	Contribuição (m ³ /s)
São Francisco	109.129	1.180	17,9%	211,15	730,68
Tocantins	27.831	1.427	17,1%	243,92	215,26
Parnaíba	7.361	1.137	16,9%	192,18	44,86
Paranaíba	98	1.450	16,7%	241,52	0,75
Total Geral/Média	144.419	1.226	17,7%	216,52	991,55

GEOLOGIA E TECTÔNICA

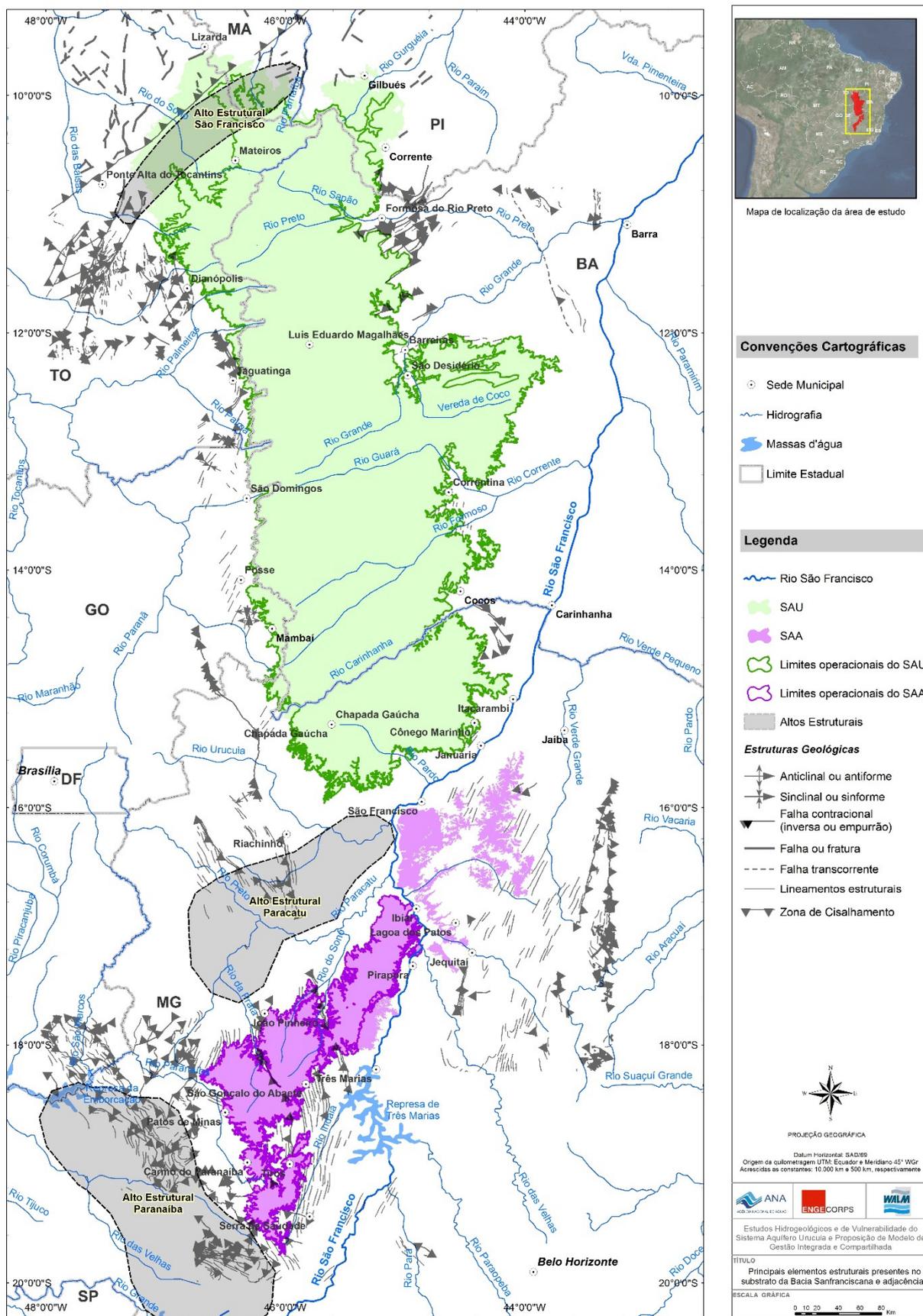


O contexto geológico da área de estudo é representado pela cobertura sedimentar fanerozoica do Cráton do São Francisco, a Bacia Sanfranciscana. Tem como rochas do seu embasamento as unidades geológicas proterozoicas dos grupos Canastra Paranoá, Bambuí e faixas do embasamento granitognáissico na porção centro-norte da bacia. Na porção norte repousa sobre as rochas paleozoicas da Bacia Sedimentar do Parnaíba.

A Bacia Sanfranciscana abrange cerca de 160 mil km² nos estados da Bahia (53%) e Minas Gerais (29%), e em menores proporções em Tocantins (12%), Piauí (3%), Maranhão (2%) e Goiás (1%). Possui formato alongado, com eixo superior a 1 mil km, direção aproximadamente Norte-Sul e largura que pode atingir mais de 250 km.

Sua delimitação a oeste e a leste é dada pelas faixas de dobramentos brasileiras (Faixas Brasília e Araçuaí/Espinhaço Setentrional). Ao sul, o limite é dado pela Flexura de Goiânia/Soerguimento do Alto Parnaíba, separando-a da Bacia do Paraná. No limite norte o Arco do São Francisco a separa da Bacia Sedimentar do Parnaíba. Na concepção atual, as rochas cretáceas da Bacia Sedimentar Sanfranciscana estão seccionadas nas sub-bacias Urucuia (130 mil km²), no centro-norte e Abaeté (30 mil km²), ao sul, pelo Alto Estrutural do Paracatu (**Mapa 5**).

O preenchimento da Bacia Sanfranciscana compreende rochas sedimentares permocarboníferas do Grupo Santa Fé, rochas eocretácicas do Grupo Areado, rochas vulcânicas neocretácicas do Grupo Mata da Corda e arenitos neocretácicos do Grupo Urucuia (Campos & Dardenne, 1997a) (**Mapa 6**). Os sedimentos cenozoicos da bacia são constituídos pelas coberturas arenosas inconsolidadas da Formação Chapadão, composta por material eluvionar, coluvionar e aluvionar (Campos & Dardenne, 1997a).



Mapa 5 – Mapa de contexto tectônico da região de abrangência dos Sistemas Aquíferos Urucua e Areado.

Na Sub-Bacia Urucuia, o registro sedimentar mesozoico compreende o Grupo Urucuia, subdividido nas formações Posse (inferior) e Serra das Araras (superior).

Os litotipos atribuídos ao Grupo Urucuia incluem arenitos finos, médios, avermelhados com boa maturidade textural e mineralógica, geralmente apresentando bom grau de seleção; argilitos e conglomerados. Estruturas do tipo estratificação cruzada de grande porte, granulometria bimodal, paleocorrentes e arranjo das fácies levaram Campos & Dardenne (1997b) a relacionarem a sedimentação desse grupo a um sistema eólico de campos de dunas e fluvial com contribuição eólica.



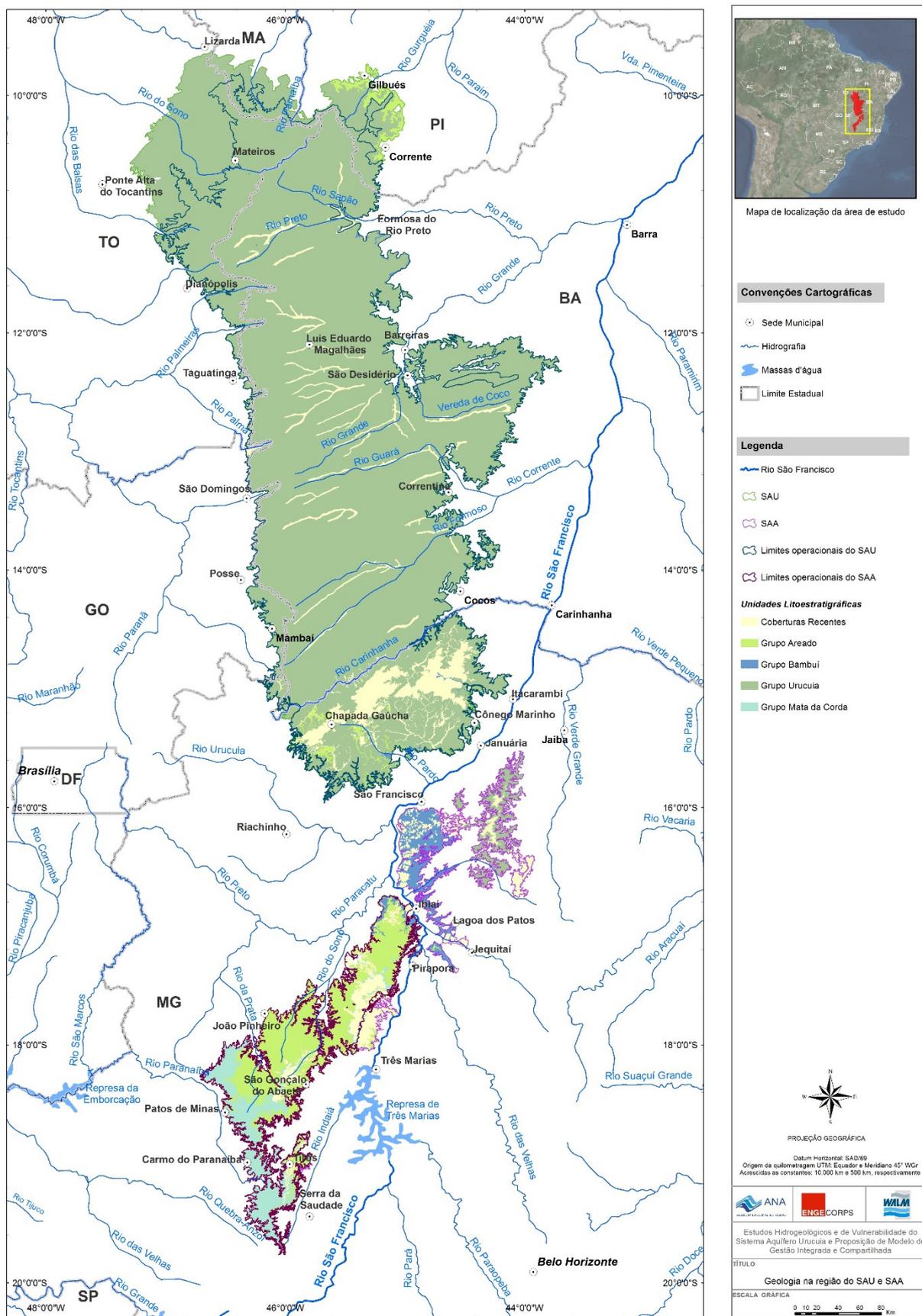
O registro sedimentar mesozoico da Sub-Bacia Abaeté compreende, da base para o topo, o Grupo Areado, subdividido nas formações Abaeté, Quiricó e Três Barras, e o Grupo Mata da Corda, subdividido nas formações Patos e Capacete. As rochas do Grupo Areado são representadas por conglomerados com ventifactos, arenitos, folhelhos, siltitos; e ainda arenitos médios, vermelhos ou rosados, com estratificações cruzadas de grande porte e estratificações plano-paralelas. O Grupo Mata da Corda, por sua vez, é caracterizado pela presença de rochas vulcânicas alcalinas efusivas e piroclásticas, plutônicas alcalinas e sedimentares epiclásticas.



ARENITOS AVERMELHADOS DO GRUPO URUCUIA
REGIÃO DO JALAPÃO (TO)



CONGLOMERADOS DO GRUPO URUCUIA
REGIÃO DO JALAPÃO (TO)



Mapa 6 – Mapa geológico da região de abrangência dos Sistemas Aquíferos Urucuia e Areado.

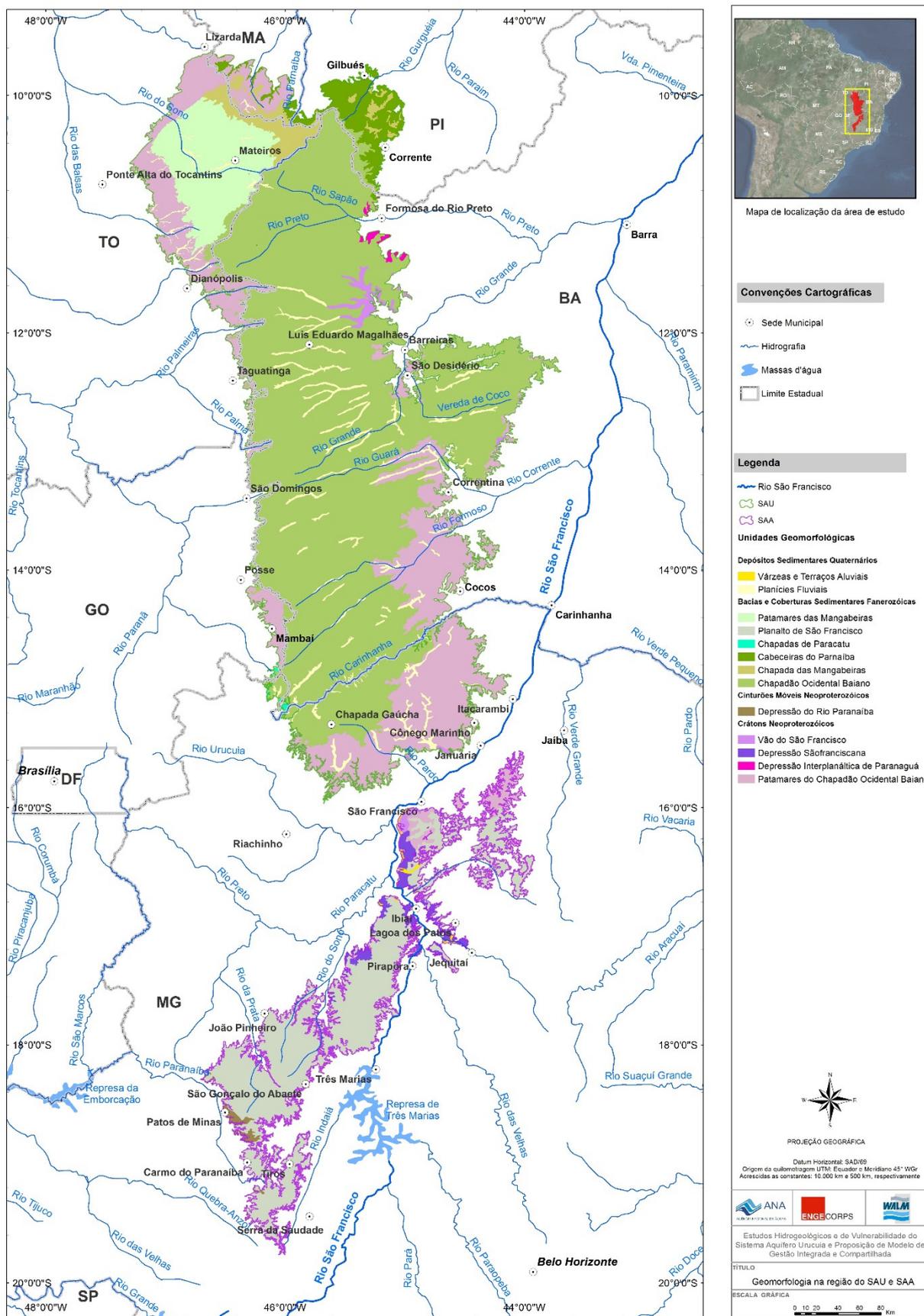
GEOMORFOLOGIA E SOLOS



O estudo geomorfológico para a área de abrangência dos sistemas aquíferos Urucuia (SAU) e Areado (SAA) teve como instrumento de apoio o levantamento geomorfológico elaborado em estudos anteriores, observações de campo realizadas neste projeto, o SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), o Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (2009), e por fim, é importante destacar também as imagens de satélite Landsat 5 e 7, que facilitaram o entendimento de nuances de relevo.

Na região do SAU e o SAA distinguem-se dezoito unidades Geomorfológicas que estão distribuídas em quatro Domínios Geomorfológicos: as *Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozoicas*; *Cinturões Móveis Neoproterozoicos*; *Crátons Neoproterozoicos*; e, *Depósitos Sedimentares Quaternários* (**Mapa 7**).

Pelas características principais dos Domínios Geomorfológicos, pode-se observar que em toda a região dos aquíferos prevalecem os planaltos e os depósitos sedimentares oriundos da decomposição destes planaltos. Na parte norte da área de estudos, a principal feição de relevo é a escarpa da Serra Geral de Goiás, que na verdade, se estende até o estado do Tocantins. Essa Serra representa o limite geopolítico dos estados da Bahia, Goiás e Tocantins, mas também o divisor hidrográfico das bacias dos rios São Francisco e Tocantins.



Mapa 7 – Geomorfologia na região dos Sistemas Aquíferos Urucua e Areado.

No que se refere aos solos, as classes predominantes da região dos Cerrados e, também, na maior parte de ocorrência do SAU e SAA são os Latossolos, que ocorrem em 46% da área (**Mapa 8**).

Esses tipos de solos apresentam uma coloração que varia do vermelho para o amarelo, são profundos, bem drenados na maior parte do ano, apresentam acidez, toxidez de alumínio e são pobres em nutrientes essenciais (como cálcio, magnésio, potássio e alguns micronutrientes) para a maioria das plantas.



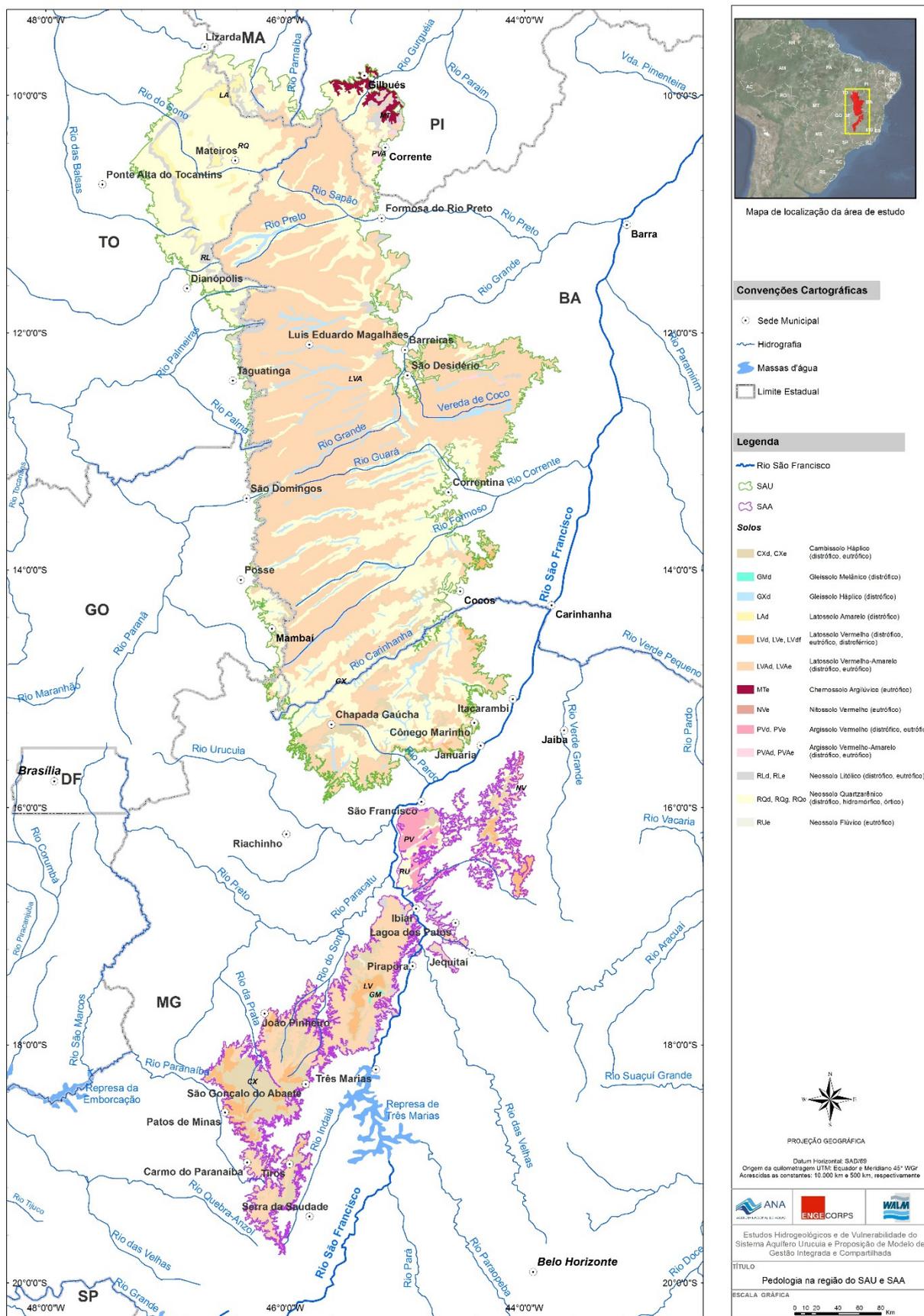
Além desses, têm-se os solos pedregosos e rasos (Neossolos Litólicos), geralmente de encostas, os arenosos (Neossolos Quartzarênicos), os orgânicos (Organossolos) e outros de menor expressão.

Especificamente em relação ao oeste do Estado da Bahia, os solos são em geral homogêneos, tendo como material de origem as rochas arenosas do Grupo Urucuia, que compõem um sistema aquífero do tipo intergranular. São solos, na maioria, desenvolvidos numa área de relevo plano, com inclinação para leste inferior a 5%, no extenso chapadão do oeste baiano, principal área de recarga do Sistema Aquífero Urucuia.



No limite norte da área de abrangência do SAU, todavia, são comuns solos degradados, como em Gilbués (PI). Nessa área o solo é pedregoso, com pouca ou nenhuma vegetação e é comum a presença de voçorocas na paisagem.

O cenário desolador pertence aos limites do Núcleo de Desertificação de Gilbués, onde as rochas do Grupo Urucuia apresentam pouca espessura sobre as rochas mais antigas da bacia sedimentar do Parnaíba.

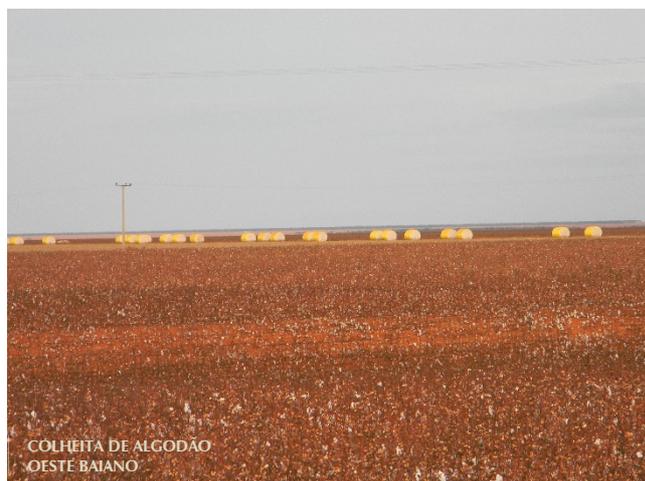


Mapa 8 – Mapa pedológico da região dos Sistemas Aquíferos Uruçuia e Areado.

USOS DA TERRA E COBERTURA VEGETAL

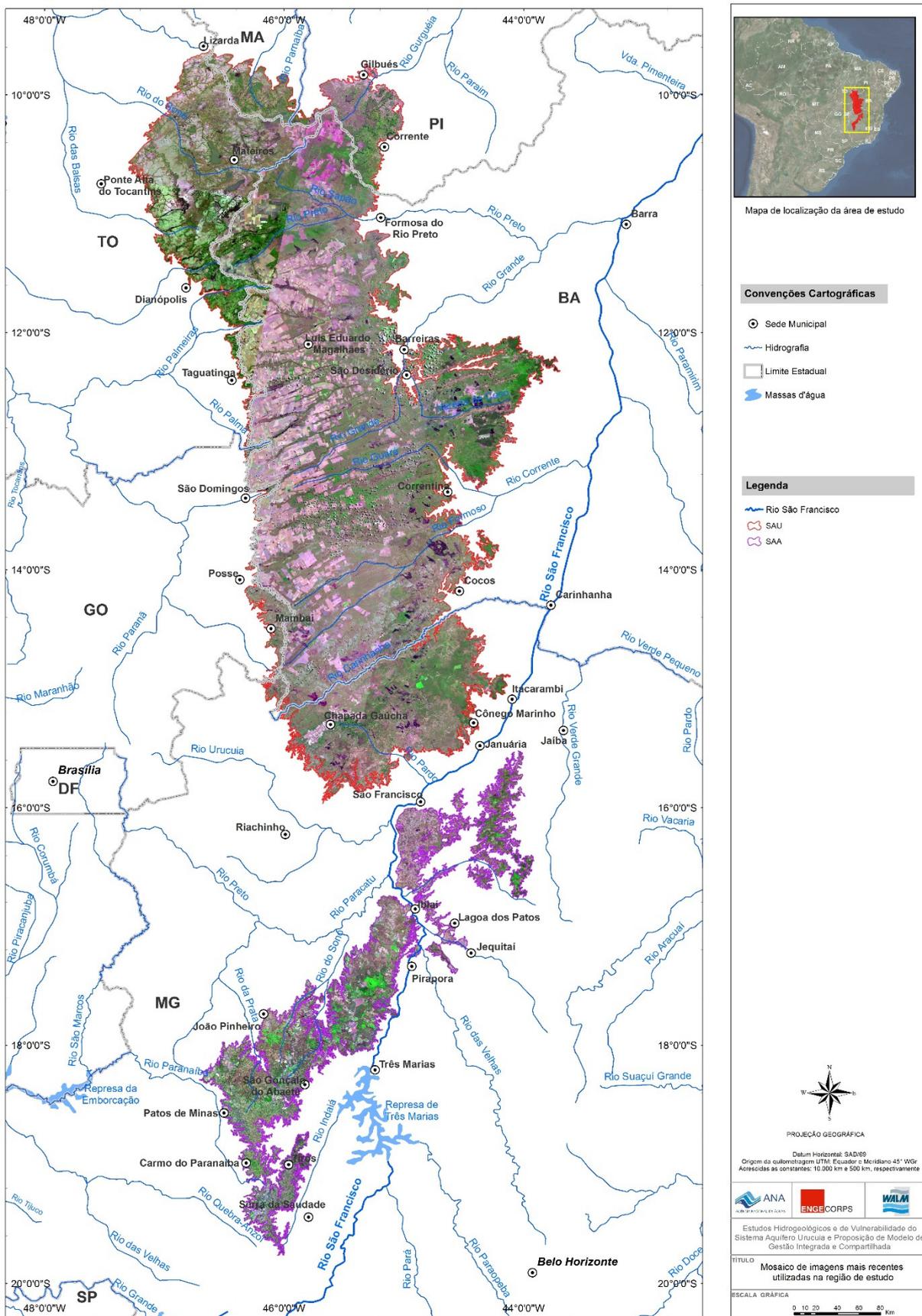


Para o estudo do Uso da Terra e Cobertura Vegetal utilizou-se um mosaico de imagens Landsat 5/7 e Imagens CBERS, atualizadas para o ano de 2011, para a classificação das classes de uso (**Mapa 9**). Na área de abrangência do SAU e do SAA, observa-se extensa ocupação antrópica, distribuída em 38% da região, caracterizada basicamente pelo uso agropecuário.



A região agrícola do Oeste Baiano destaca-se com produção intensiva de soja, algodão, milho, café. Nessa região as áreas utilizadas são planas, onde a atividade agrícola é mecanizada e empresarial, constituindo o maior polo agrícola da Bahia. A irrigação é feita naturalmente nas áreas do limite oeste (sequeiro) e por pivôs com utilização das águas dos rios e águas subterrâneas.

As culturas de soja e algodão são predominantes na região. A soja ocupa a maior área plantada na região do oeste baiano, sendo predominante em áreas de sequeiro. O algodão, por sua vez, também ocupa lugar de destaque na região, considerada atualmente como segunda maior produtora nacional. Com extensão territorial menos expressiva, ocorrem áreas agrícolas de subsistência no oeste da Bahia, junto aos vales dos rios, com produção de mandioca, milho, arroz e feijão, além da pecuária de pequeno porte, executados nos pequenos vilarejos e nas áreas das populações tradicionais.



Mapa 9 – Mosaico de imagens em composição colorida R5 G4 B3 da região do SAU e do SAA.

Em Minas Gerais o perfil de ocupação é diferente do Oeste Baiano, onde as propriedades ocupadas por pecuária, principalmente bovina, são bastante frequentes. A atividade agrícola apresenta-se mais diversificada, com pequenas e grandes propriedades dedicadas à produção de grãos e cana de açúcar, além das atividades de subsistência nas propriedades menores.



Com relação às classes de áreas naturais, que perfazem 62% da região de estudo (**Quadro 2**), representam quase que em sua totalidade o bioma Cerrado. Em menor extensão, porções de terra típicas e de transição para o bioma Caatinga (Ecótono). As formações florestais da Caatinga e do Cerrado ocupam respectivamente 0,7% e 12,6% da área de abrangência dos Sistemas Aquíferos.



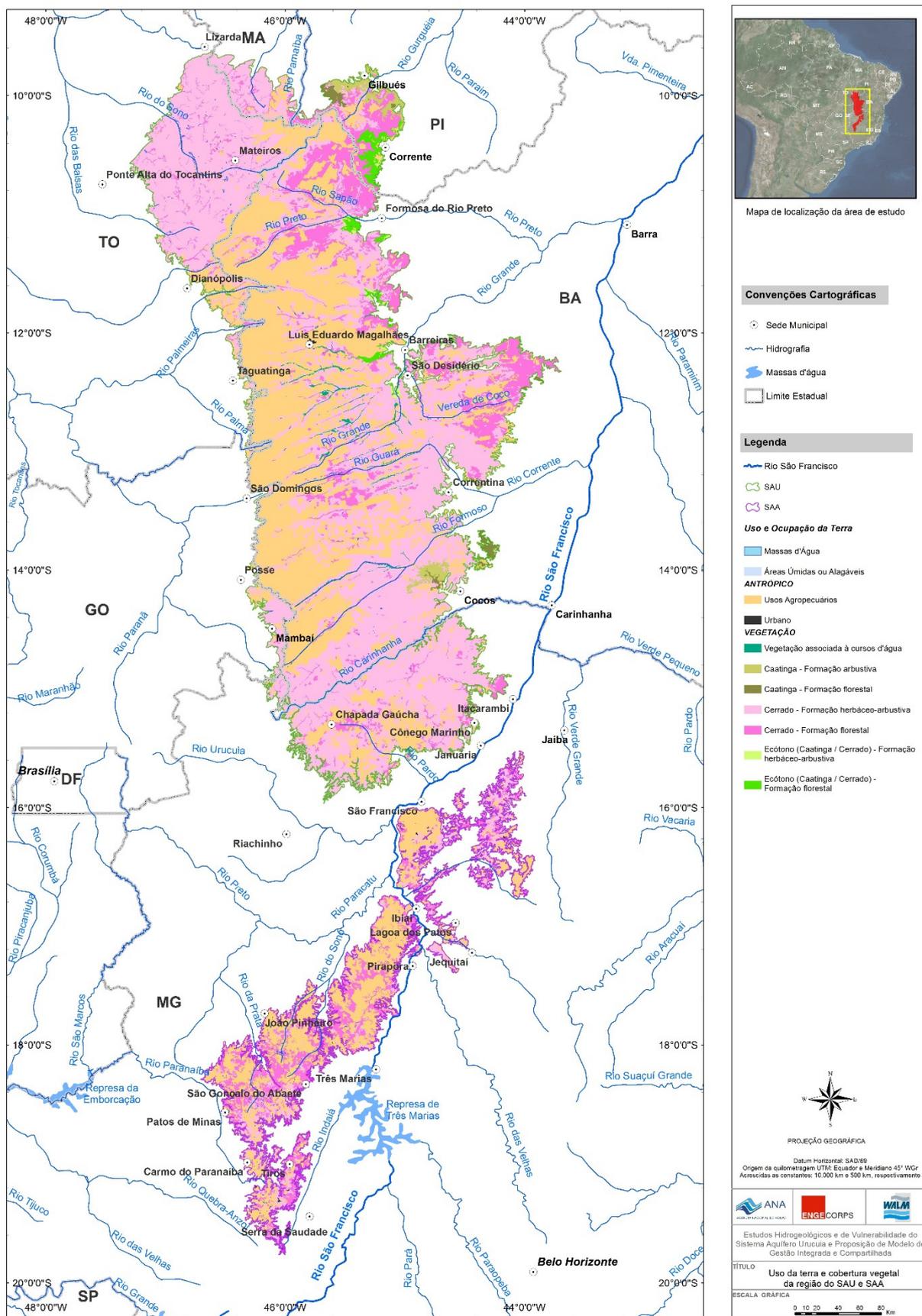
Áreas contínuas preservadas de Cerrado são encontradas na porção norte da região do SAU, nos estados do Tocantins, Piauí e Maranhão, na qual as Unidades de Conservação existentes (APA e Parque Estadual do Jalapão, Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba) asseguram a proteção legal desse bioma.

O oeste da Bahia também apresenta remanescentes áreas de Cerrado, porém, de maneira mais fragmentada e sob forte pressão do avanço das atividades agropecuárias que circundam e avançam sobre os fragmentos de vegetação (**Mapa 10**).

CLASSES DE USOS DA TERRA E COBERTURA VEGETAL

QUADRO 2

Descrição do Uso / Vegetação	Área (ha)	%
Caatinga - Formação arbustiva	145.421	1,0%
Caatinga - Formação florestal	105.027	0,7%
Cerrado - Formação florestal	1.832.747	12,6%
Cerrado - Formação herbáceo-arbustiva	6.765.926	46,4%
Corpo d'Água	9.673	0,1%
Ecótono (Caatinga / Cerrado) - Formação florestal	120.059	0,8%
Ecótono (Caatinga / Cerrado) - Formação herbáceo-arbustiva	25.498	0,2%
Vegetação associada a cursos d'água	55.015	0,4%
Urbano	7.909	0,1%
Usos Agropecuários	5.504.786	37,8%
Total geral	14.572.061	100,0%



Mapa 10 – Classes de usos da terra e cobertura vegetal da região do SAU e SAA.

Levantamentos de Campo

SERRA GERAL DE GOIÁS – VISTA DE TAGUATINGA (TO)

CADASTRO DE POÇOS E NASCENTES



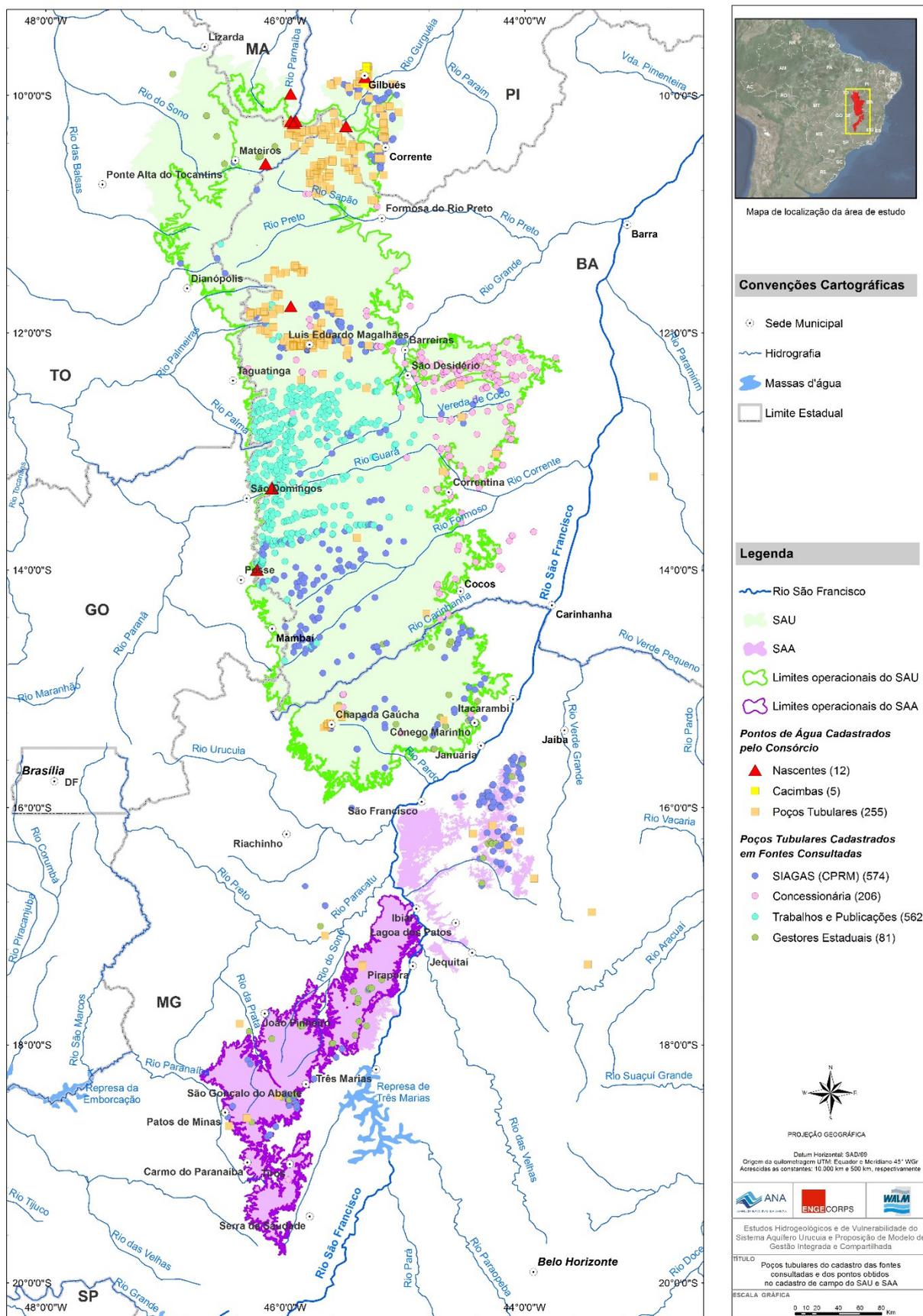
A etapa de cadastramento de poços iniciou-se com a coleta de dados cadastrais preexistentes (dados secundários) de diversas instituições. Posteriormente, realizou-se cadastro em campo de novos pontos de água (poços e nascentes) na área de estudo. As pesquisas de dados secundários resultaram na compilação de 4.830 poços (**Quadro 3**). Todavia, observou-se além da duplicidade de poços em vários cadastros secundários, a presença de poços que explotavam água subterrânea de outros aquíferos. O cadastro de campo, por sua vez, resultou no cadastro de 272 pontos de água, sendo 248 poços tubulares, 12 cacimbas e 12 nascentes.

A compilação final dos dados resultou na soma de poços dos dados secundários e daqueles cadastrados em campo, com a identificação de 1.423 poços tubulares com indicativos de exploração de água dos sistemas aquíferos Urucuia e Areado (**Mapa 11**). Desse total, apenas 143 poços têm perfis com a descrição das rochas atravessadas pelo poço, seja do SAU e do SAA, seja do aquíferos subjacentes.

DADOS DE POÇOS TUBULARES OBTIDOS DE CADASTROS SECUNDÁRIOS

QUADRO 3

	Fonte	Tipo	Nº poços	Nº fichas técnicas de poços
Gestores estaduais	INEMA/BA	Planilha com dados da SRH de 2005	425	--
	IGAM/MG	Planilhas de Outorgas	1.261	38
	SEMADES/TO	Cadastro em relatório SRHMA (2010)	23	01
	SEMARH/GO	Planilha	23	--
	SEMA/MA	Planilha	01	--
Concessionárias	CERB/BA	Planilha e fichas técnicas de poços tubulares	2.015	203
	COPASA/MG	Fichas técnicas de poços tubulares	88	88
	SANEATINS/TO	Fichas técnicas de poços tubulares	28	25
	SANEAGO/GO	Fichas de poços tubulares	09	09
	CAEMA/MA	Planilha	02	--
CPRM	SIAGAS	Fichas extraídas do HidroWeb	817	276
Trabalhos e Publicações	Gaspar (2006)	Planilhas	117	--
	SRH (2001)	Relatório de cadastro de poços tubulares	19	--
	SRH (2001b, 2002)	Relatório de perfuração de poços tubulares	02	02



Embora o cadastro de poços compilados para este estudo disponha de poucos dados, efetuou-se um breve tratamento estatístico naqueles disponíveis (**Quadro 4**). A estatística foi elaborada para três conjuntos distintos de poços: (A) Dados de poços de cadastros preexistentes (secundários) com dados que indicaram a exploração do SAU e do SAA - 1.454 poços; (B) Dados de poços de cadastros secundários com dados que indicaram a exploração do SAU e do SAA, confirmado em descrições de perfis - 95 poços; (C) Dado dos novos poços cadastrados no âmbito deste estudo, com indicações de exploração do SAU e SAA - total de 81 poços.

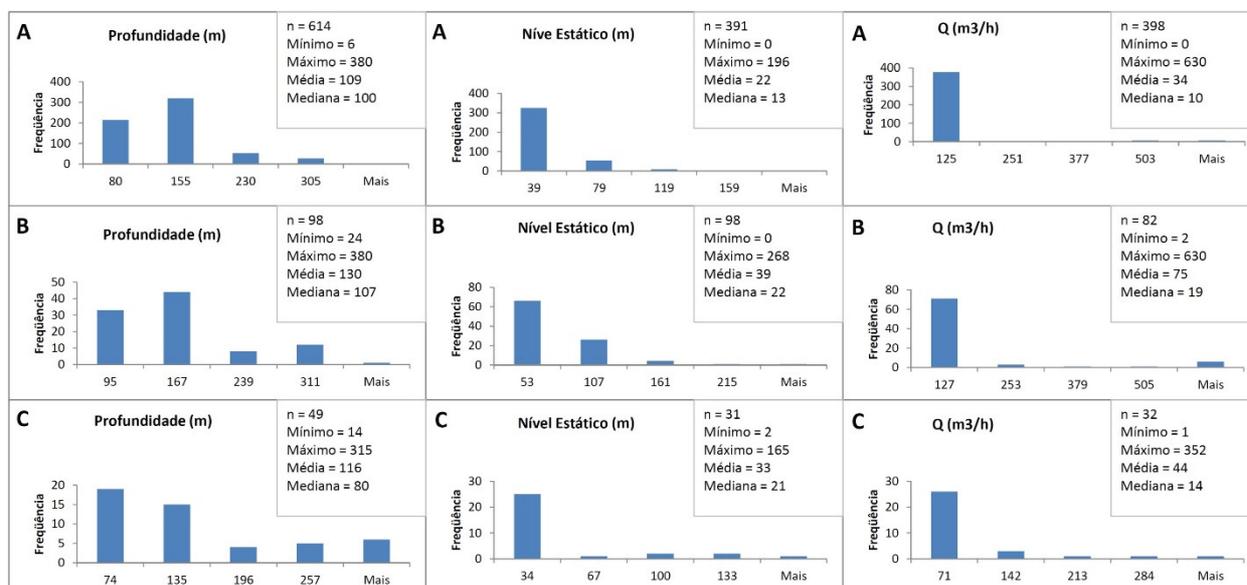


As profundidades máximas dos poços são de 380 m (A e B) e 315 m (C). Os conjuntos de dados A, B e C apresentam profundidades médias de 118 metros. No que se refere aos níveis estáticos (NE) para os conjuntos de dados A, B e C têm valores mínimos inferiores a 2 metros e valores máximos de 196 m (A), 268 m (B) e 165 m (C). Vale ressaltar ainda que é comum encontrar poços profundos e secos localizados próximos ao limite oeste do SAU, próximo à escarpa da Serra Geral de Goiás, no estado da Bahia. Nesses caso os poços situam-se à oeste do divisor hidrogeológico, a partir de onde o nível piezométrico decresce e a água subterrânea alimenta as nascentes dos afluentes do Alto Tocantins.

As vazões (Q) dos poços tubulares dos conjuntos de dados A, B e C têm valores máximos de 630 m³/h. No que diz respeito ao tipo de uso da água subterrânea, predomina o consumo humano nos conjuntos de dados A e C. No conjunto de dados B dominam os usos de irrigação e consumo humano em conjunto com a dessedentação de animais.

TRATAMENTO ESTATÍSTICO DE DADOS DE POÇOS TUBULARES

QUADRO 4



FONTES POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO

Esse cadastramento foi realizado a partir de dados disponíveis e de levantamentos de campo, considerando como área de abrangência os 114 municípios da área de estudo, dos quais, 35 possuem sede urbana na área do SAU e SAA. Considerou-se fontes potenciais de caráter difuso

e pontual. Nas áreas urbanizadas, a carga difusa é mais intensa em áreas com manejo inadequado de resíduos e/ou com sistema de coleta de esgoto inexistente ou deficiente. As áreas rurais por sua vez, como no oeste baiano, estão associadas a fontes potenciais difusas de contaminantes (defensivos agrícolas, fertilizantes, corretivos de solo, etc.) ocasionadas por escoamento de águas de chuva sobre as plantações e/ou por fluxo de retorno da irrigação.

No levantamento cadastral de poços tubulares, foi verificada quantidade relevante do uso de água subterrânea para a pulverização de defensivos agrícolas. Mapeou-se a localização das seguintes fontes de poluição: *postos de abastecimento de combustíveis, indústrias, cemitérios, depósitos de resíduos sólidos e sistemas de coleta e tratamento de esgotos.*



Maior concentração de postos de abastecimento de combustíveis (**total de 535**) nos municípios de Luís Eduardo Magalhães-BA e Patos de Minas-MG, considerando somente a área de abrangência do SAU e SAA



Maior concentração de indústrias situa-se nos municípios de Luís Eduardo Magalhães-BA e Patos de Minas-MG



Identificou-se **80 cemitérios** nos municípios inseridos total ou parcialmente na área de abrangência do SAU e do SAA



Dos 35 municípios com área urbana inserida nos limites do SAU e do SAA, **apenas nove** dispõem de aterros para disposição final dos resíduos sólidos urbanos enquanto os 26 demais se utilizam de lixões ou outras formas de destinação final.

INVESTIGAÇÕES GEOFÍSICAS

O objetivo das investigações geofísicas foi determinar a distribuição espacial, espessura, litofácies e profundidade do nível d'água dos sistemas aquíferos Urucuia e Areado. Utilizou-se para tanto três métodos geofísicos distintos: Método da Eletrorresistividade, por meio da técnica de Sondagem Elétrica Vertical (SEV); Método Gravimétrico; e Método Eletromagnético, com o emprego da técnica da Sondagem Vertical no Domínio do Tempo (TDEM). Ao todo, foram realizadas 149 SEVs, 200 sondagens de TDEM e obtidos 200 registros gravimétricos (**Mapa 12**).

Método da Eletrorresistividade



As SEVs foram executadas em arranjo *Schlumberger*, com espaçamento máximo de $AB/2$ de 2 mil metros, com exceção da SEV-99 que teve um espaçamento máximo de 1 mil metros, o que permitiu investigar uma profundidade teórica máxima aproximada de 700 e 300 metros, respectivamente. Na prática, essa profundidade dependeu do contraste entre as resistividades das camadas geoeletricas. As interpretações das SEVs

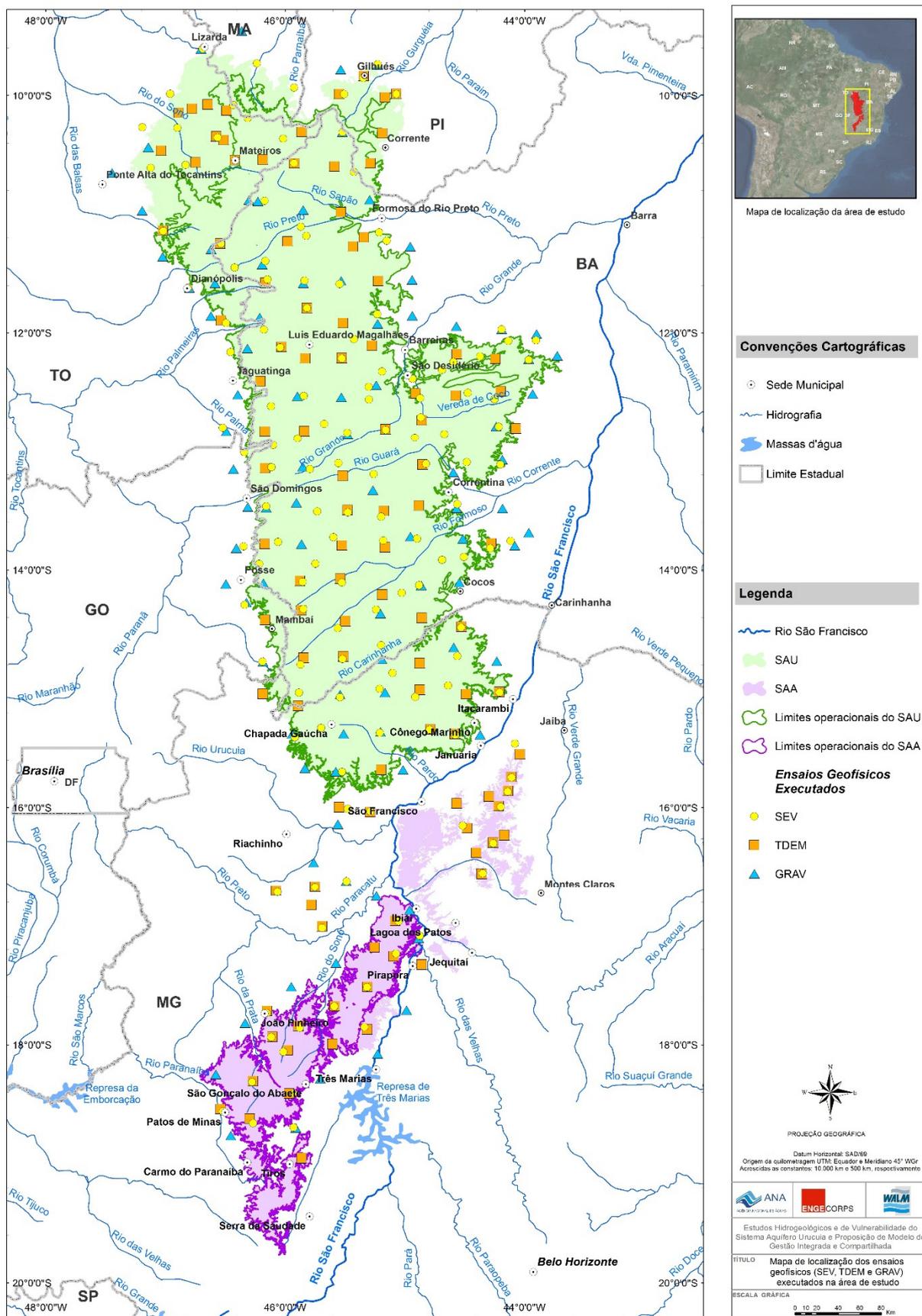
foram apoiadas no modelo geoeletrico, informações geológicas e em dados de poços.

Na análise morfológica das curvas das SEVs obtidas em campo identificou-se, em relação à resistividade, valores altos, típicos de sedimentos predominantemente arenosos, associados ao Grupo Urucuia, e valores extremamente altos, associados ao Grupo Bambuí e ao embasamento constituído por rochas gnáissicas ou calcárias. No Grupo Urucuia identificou-se dois estratos principais, com ampla variação de resistividade de um local para outro. Esses estratos foram divididos em zonas não saturada e saturada.

Para a zona não saturada, os valores de resistividade apresentaram uma ampla variação (32,95 Ωm a 569.855 Ωm). Os valores inferiores relacionados aos sedimentos argilosos do Grupo Urucuia, ou a sedimentos arenosos inconsolidados saturados pela infiltração de água por precipitação (níveis suspensos). Os valores superiores a 40 mil Ωm correlacionados aos níveis conglomeráticos e/ou arenosos silicificados. Para a zona saturada, os diferentes níveis geoeletricos foram agrupados em termos de litologia: predominantemente siltoargilosas, predominantemente arenossiltosas e predominantemente arenosas.

Com relação ao embasamento, as resistividades variaram de 26,50 Ωm a 858.836 Ωm . Valores inferiores a 170 Ωm , associado às rochas do Subgrupo Paraopeba (ardósias, argilitos, folhelhos e margas). Valores superiores a 170 Ωm correlacionados aos metassedimentos do Grupo Bambuí (margas e filitos), e os superiores a 100 mil Ωm relacionados ao embasamento constituído por calcários, quartzitos e por rochas gnáissicas.

A espessura do SAU obtida com o método elétrico variou entre 15 metros (porção leste da área) e 317 metros (porção noroeste da área).



Mapa 12 – Localização dos ensaios geofísicos executados na área de estudo.

As profundidades do nível de água subterrânea no SAU, com base nas SEVs, variaram entre 2,0 e 159 metros. As maiores profundidades foram constatadas, principalmente, na porção oeste do SAU. Todavia, é sabido por meio de dados de poços tubulares nessa porção do SAU que há níveis estáticos mais profundos.

No que se refere ao Sistema Aquífero Areado (SAA) as espessuras das rochas variaram entre 20 e 115 metros. As profundidades do nível de água do SAA variaram entre 3,3 e 28 metros.

Método da Eletromagnético - TDEM

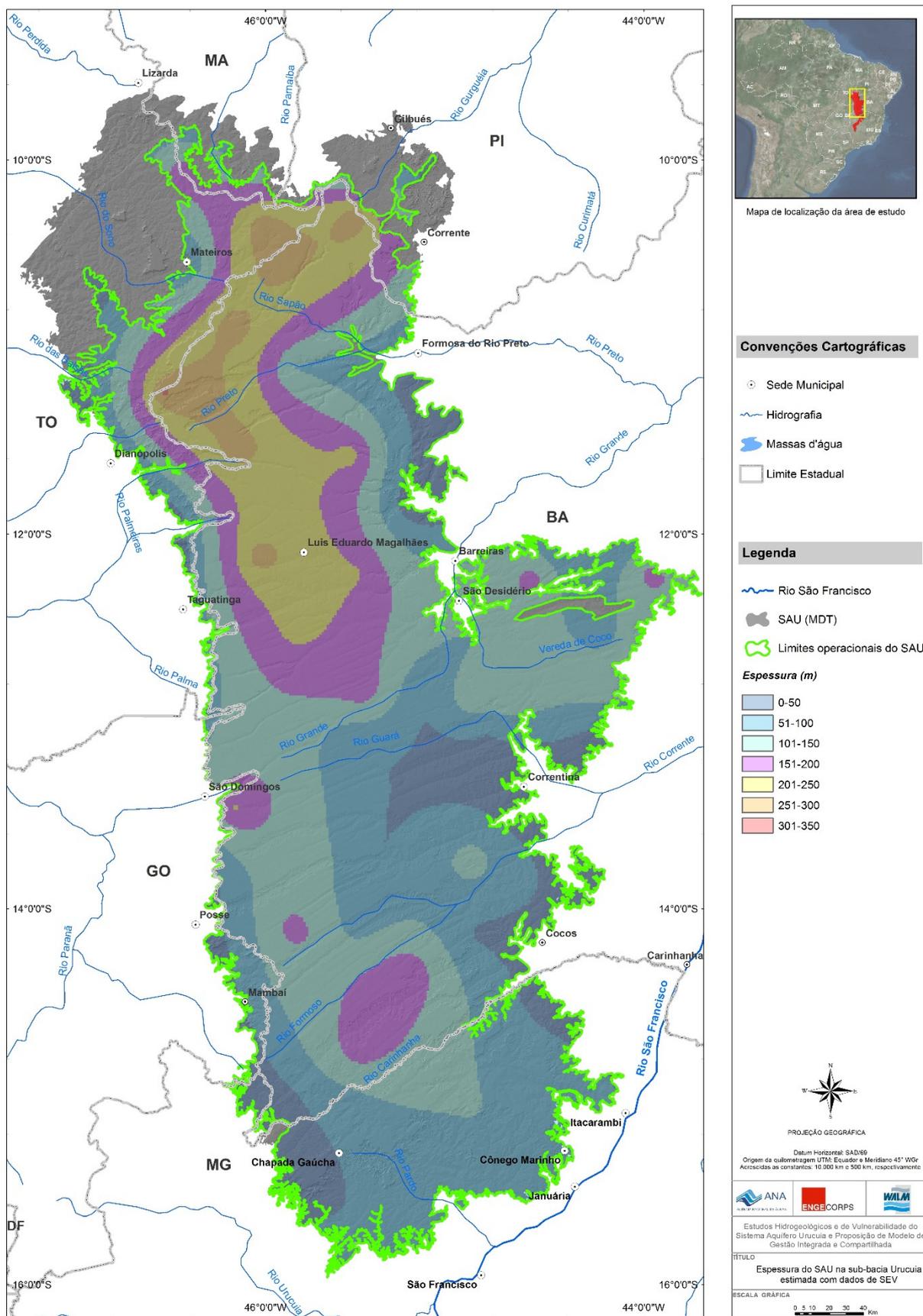


Das 200 sondagens realizadas, 33 foram desconsideradas devido a problemas de ruídos existentes nos dados. Sessenta e um (61) ensaios de TDEM foram locados próximos às SEVs, todavia, apenas 46 deles não apresentaram ruídos e os resultados puderam ser comparados com os resultados das SEVs.

Os valores das espessuras do Sistema Aquífero Urucuia, obtidos com TDEM, representam variações entre 2,0 e 366 metros. A comparação entre os valores de espessura do SAU pelo método TDEM e pelo método elétrico (SEVs) mostra diferenças. Essa variação é inerente à ferramenta geofísica, pois a resolução varia de um método para outro e se reflete no mapeamento dos contatos dos estratos que, por conseguinte, influencia na definição de espessuras e profundidades das camadas. Devido à redução de contraste na identificação dos estratos pelo método TDEM, as espessuras do SAU obtidas com as SEVs se mostraram mais condizentes com as espessuras presumíveis do aquífero (**Mapa 13**). Por esta razão, não foi elaborado o mapa de espessuras do SAA com emprego do TDEM.

Com relação às espessuras, vale ressaltar que embora as interpretações geofísicas tenham obtidos valores máximos de cerca de 300 metros, estudos anteriores obtiveram valores maiores. Ademais, no cadastro de poços deste estudo temos a presença de poços tubulares profundos que exploram água do SAU com profundidade maior que a espessura obtida para o oeste baiano. Acrescenta-se a isso, que após a conclusão da interpretação geofísica foram perfurados poços estratigráficos para ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) e CPRM (Serviço Geológico do Brasil) no estado da Bahia, onde as rochas do Grupo Urucuia foram atravessadas.

Segundo dados do poço da ANP, perfurado às margens da BR-242, entre as cidades de Luís Eduardo Magalhães e Barreiras (BA), o embasamento cristalino foi constatado a aproximadamente 900 metros de profundidade, onde as rochas do Grupo Urucuia compõem 600 metros desse perfil. Os poços perfurados pela CPRM também atingiram espessuras maiores do que aquelas interpretadas pelos métodos geofísicos deste projeto. Considera-se, assim, que a resposta elétrica e interpretações efetuadas não permitiram a separação da base do Grupo Urucuia e topo do Grupo Bambuí; de tal forma que o SAU poderá ser mais espesso em diversas áreas.



Mapa 13 – Espessura do SAU na sub-bacia Uruçua estimada com dados de SEV.

Método Gravimétrico



Os dados gravimétricos foram adquiridos em 200 estações distribuídas em uma malha com espaçamento de 30 km entre cada ponto, com posições coincidentes com os pontos de ensaio de TDEM.

A grandeza medida em campo com a utilização do gravímetro é a aceleração da gravidade nos pontos determinados segundo a malha de levantamento executada. O fechamento das linhas é realizado num mesmo ponto, dentro de 24 horas, para permitir o cálculo da deriva instrumental. Em cada ponto de medida foi determinada a altitude ortométrica e as coordenadas por meio de GPS geodésico. Os dados armazenados foram posteriormente tratados, juntamente com dados fornecidos pelo IBGE.

Na modelagem gravimétrica associou-se valores de densidade de $1,9 \text{ g/cm}^3$ para as rochas associadas ao Grupo Urucuia; $2,3 \text{ g/cm}^3$ para as rochas que compõem o Grupo Bambuí; $2,5 \text{ g/cm}^3$ para as rochas que compõem os Grupos Canastra e Espinhaço; e $2,7 \text{ g/cm}^3$ para as rochas do embasamento cristalino. A partir do modelamento foram observadas quebras bruscas do relevo, tendo sido inferidos sistemas de falhas para justificar os desníveis existentes na geometria do contato entre o topo do embasamento e as rochas dos Grupos Espinhaço/Canastra.



ENSAIOS DE INFILTRAÇÃO



Os ensaios de infiltração foram realizados para determinação da condutividade hidráulica medida *“in situ”*, com emprego dos métodos de Permeômetro Guelph e Infiltrômetro de anel duplo, dentro dos limites do SAU e do SAA, em duas campanhas.

Os testes foram conduzidos em dois tipos de uso e ocupação do solo: o primeiro do tipo agrícola (modificado antropicamente) e o segundo constituído por Cerrado nativo (sem sinais de alteração).

ENSAIOS DE INFILTRAÇÃO COM O PERMEÂMETRO GUELPH (A) E INFILTRÔMETRO DE ANEL DUPLO (B)



(A)



(B)

Os resultados dos ensaios realizados com o Permeômetro Guelph mostraram que os solos dos Cerrados são mais permeáveis quando comparados com os solos de terras agrícolas, sendo que os valores médios permitem estabelecer uma relação de 4:1.

Os resultados dos ensaios realizados com o Infiltrômetro de Anel Duplo, calculados a partir do método para regime permanente também mostraram que os solos do Cerrado são mais permeáveis quando comparados com os solos de terras agrícolas, sendo que os valores médios permitem estabelecer uma relação de 5:1.

HIDROGEOQUÍMICA

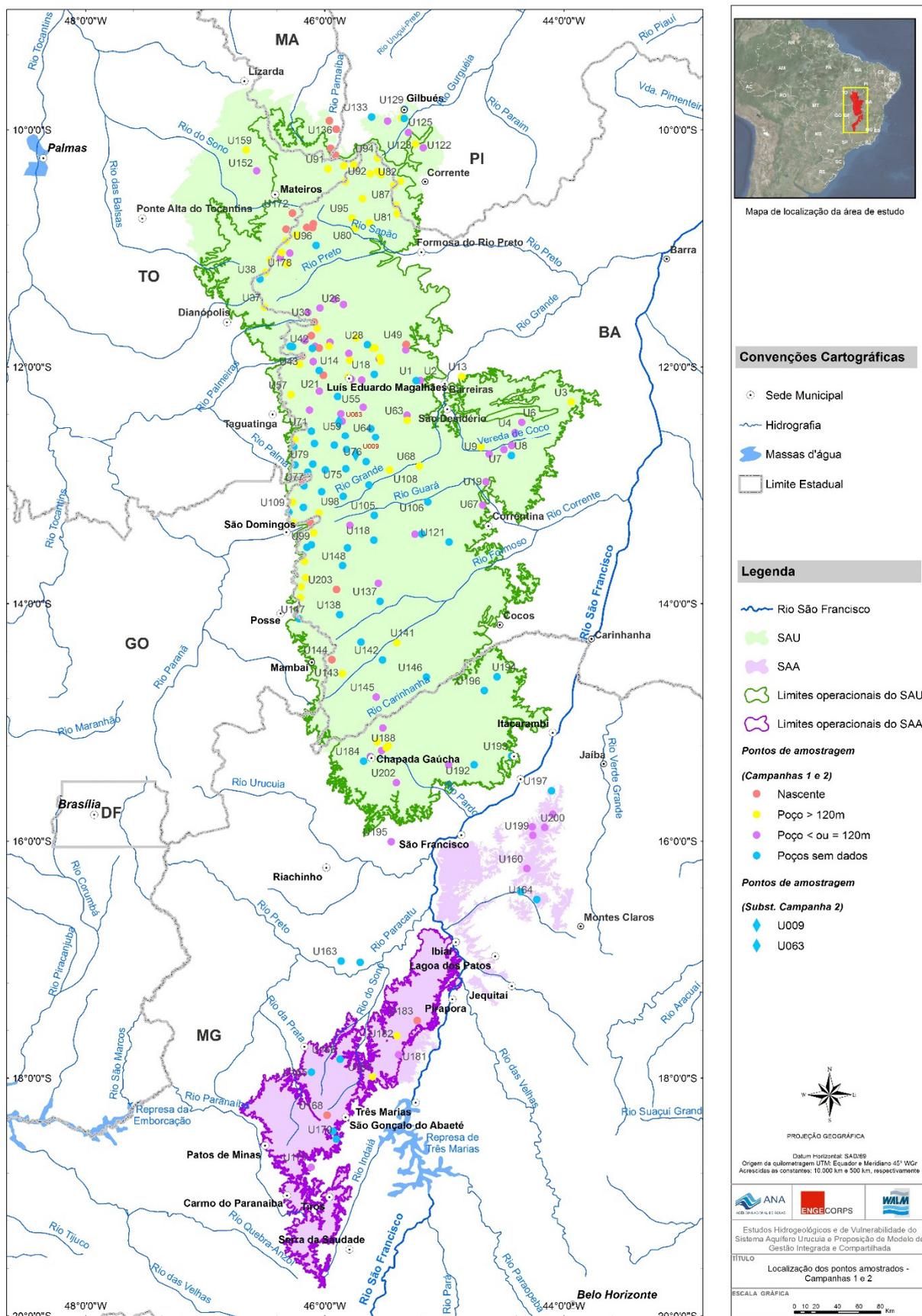
Para a caracterização hidroquímica das águas do SAU e do SAA, foram realizadas duas campanhas de amostragens de águas subterrâneas de poços tubulares e nascentes (**Mapa 14**). Os parâmetros analisados nas duas campanhas, totalizando 44: Temperatura, Condutividade, pH, HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cor, Turbidez, STD, Dureza, ClO_2^- , F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Br^- , Acetato, $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, Li, Na, NH_4^+ , N-NH_3 , Ka, Al, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Si, Sn, Sr, V, Zn.

Na primeira campanha (06 e 07/2012), coletou-se 203 amostras, sendo 22 amostras de nascentes, 56 amostras de poços rasos (≤ 120 metros), 61 amostras de poços profundos (> 120 metros) e 64 poços sem dados de profundidade. Na segunda campanha (04/2013) coletou-se 198 amostras, sendo 20 amostras de nascentes, 56 amostras de poços rasos, 59 amostras de poços profundos e 63 poços sem dados de profundidade. Nessa campanha também se coletou 40 amostras para análises bacteriológicas; 59 para determinação de agrotóxicos; 30 para análises de BTEX e índices de fenóis; 43 para metais pesados; 40 para análises de isótopos estáveis de oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$) e hidrogênio (δD); 14 para análises de isótopos radioativos de carbono (^{14}C); e 25 para determinação de trítio (^3H) (**Mapa 15**).

Classificação Hidroquímica das Águas

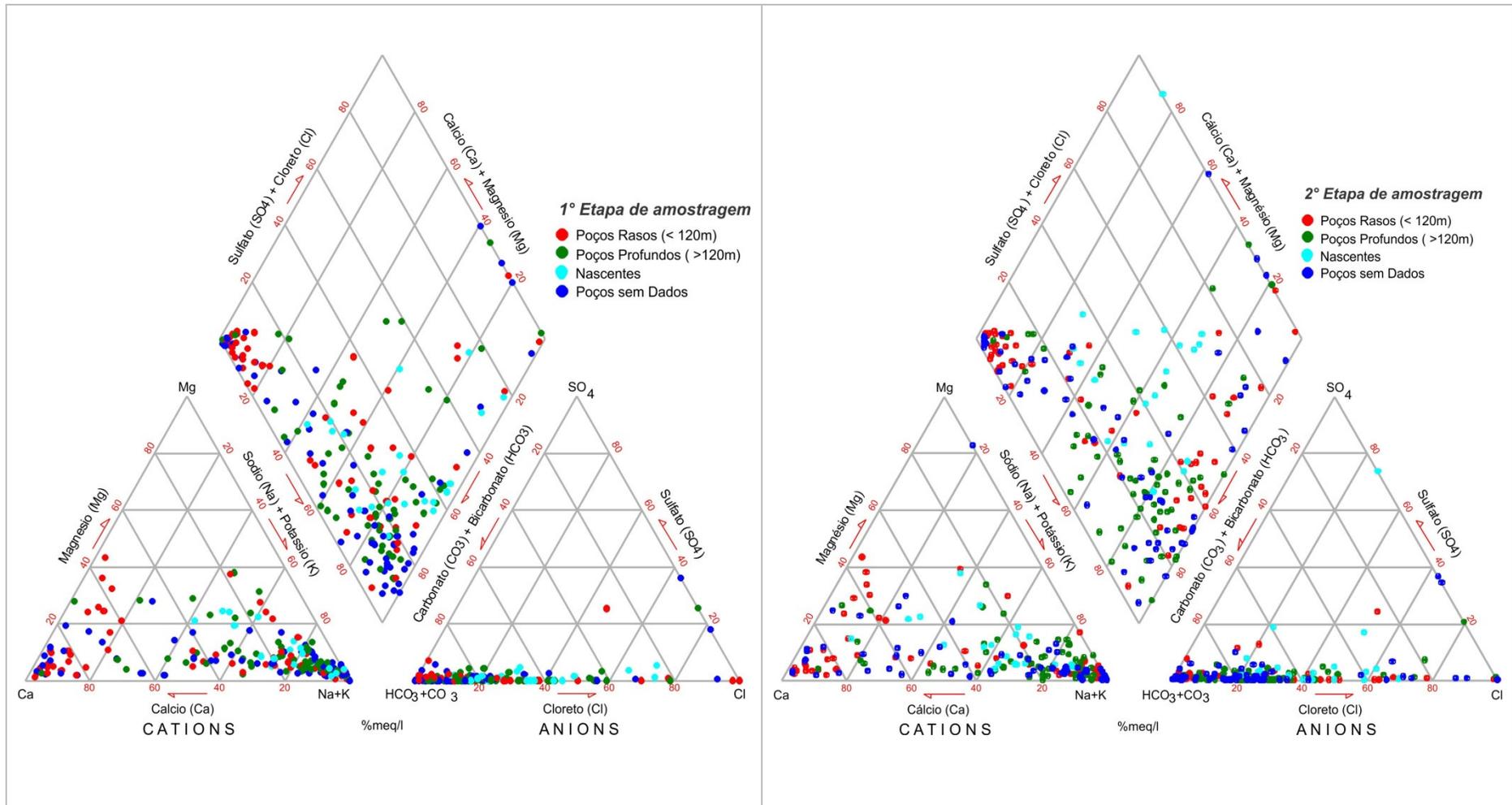
A classificação hidroquímica feita com base nos diagramas de *Piper* e *Stiff*, admitindo-se valor zero para íons que ficaram com teor abaixo do limite de detecção do método de análise empregado. As amostras de água do SAU e do SAA foram classificadas, predominantemente, como bicarbonatadas sódicas. Segundo o diagrama de Piper, a classificação das águas pode ser assim resumida:

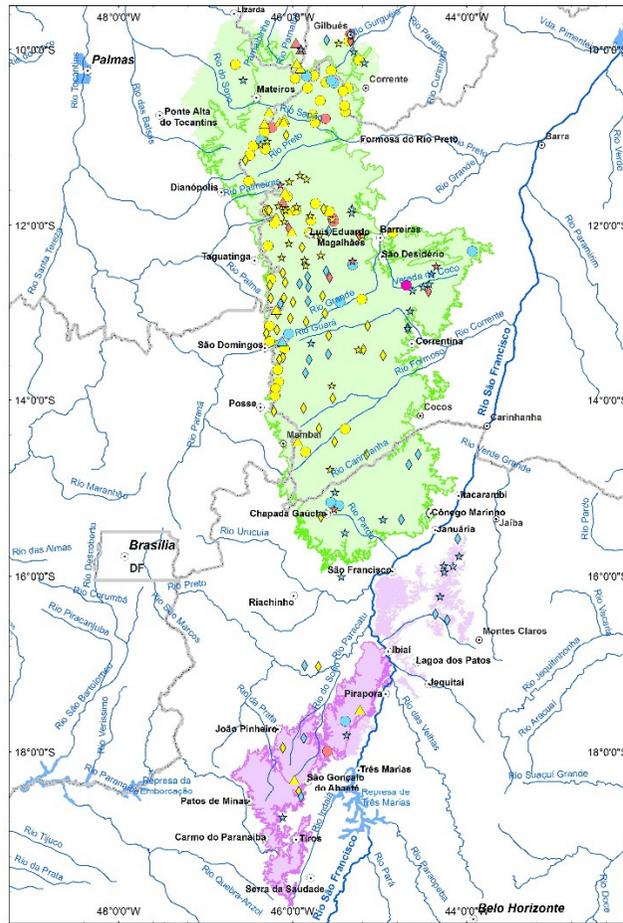
- ✓ As águas das nascentes (1ª campanha) bicarbonatadas sódicas (76,2%), cloretadas sódicas (14,3%) e bicarbonatadas cálcicas (9,5%). Na 2ª campanha, as bicarbonatadas sódicas permanecem como maioria (50%), seguida das cloretadas sódicas (30%), bicarbonatadas cálcicas (15%) e uma amostra classificada como sulfatada cálcica (5%).
- ✓ As amostras dos poços rasos (≤ 120 m) (1ª campanha) foram classificadas como bicarbonatadas sódicas (44,6%), bicarbonatadas cálcicas (44,6%), como cloretadas sódicas (10,8%). As amostras da segunda campanha são classificadas, predominantemente, como bicarbonatadas cálcicas (50%), bicarbonatadas sódicas (34%), cloretadas sódicas (16%).
- ✓ As amostras de águas dos poços profundos (>120 m) (1ª campanha) foram classificadas como bicarbonatadas sódicas (70,5%), bicarbonatadas cálcicas (18%), cloretadas sódicas (10%), e apenas uma amostra (U9) classificada como sulfatada cálcica. Na segunda campanha, as águas foram classificadas como bicarbonatadas sódicas (76,3%), bicarbonatadas cálcicas (15,2%) e cloretadas sódicas (8,5%).
- ✓ As amostras coletadas em poços sem dados de profundidade (1ª campanha) foram classificadas como bicarbonatadas sódicas (56,2%), seguidas pelas bicarbonatadas cálcicas (34,4%) e cloretadas sódicas (9,4%). Na segunda campanha, a maioria são bicarbonatadas cálcicas (48%), seguidas pelas bicarbonatadas sódicas (36,5%) e cloretadas sódicas (14%), e uma amostra classificada como sulfatada cálcica (1,5%).



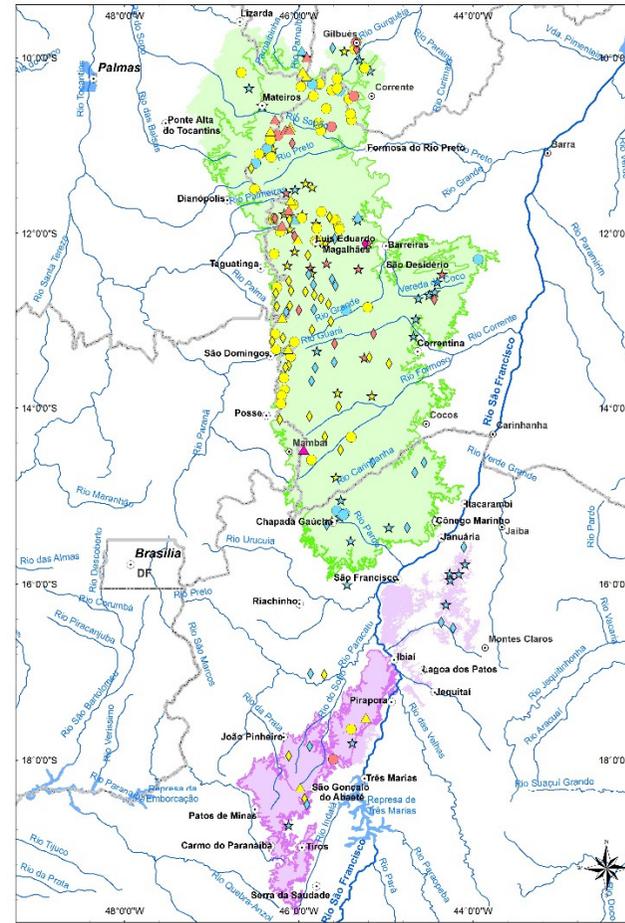
Mapa 14 – Localização dos pontos de água amostrados nas duas campanhas de coleta.

DIAGRAMAS DE PIPER PARA AMOSTRAS DE ÁGUA DO SAU E SAA – CAMPANHAS 1 E 2

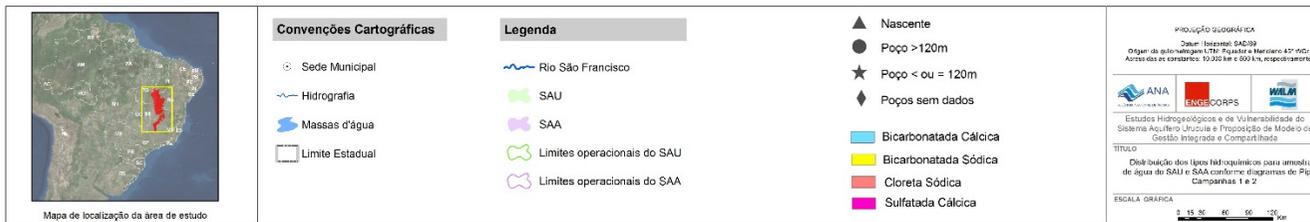




1ª Campanha



2ª Campanha



Mapa 15 – Distribuição dos tipos hidroquímicos das águas do SAU e SAA, conforme diagramas de Piper – Campanhas 1 e 2.



O diagrama de *Stiff* contém linhas dispostas à esquerda e à direita a partir de um eixo vertical que representa o valor zero de concentração. Os cátions (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Fe^{2+}) são plotados à esquerda, enquanto os ânions (Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} e NO_3^-) à direita desse eixo. As concentrações iônicas são expressas em miliequivalentes por litro (meq/L).

Os pontos gerados são interligados por linhas, originando polígonos de várias

formas e tamanhos, os quais expressam as características químicas das águas e permitem sua classificação e correlação. Quanto mais afastados os vértices entre si e maiores os lados dos polígonos, maior a concentração dos íons, ou seja, mais sais dissolvidos na água.

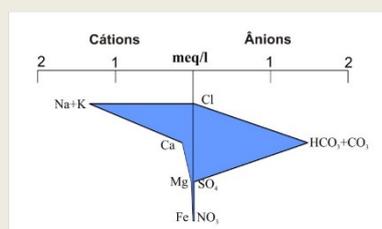


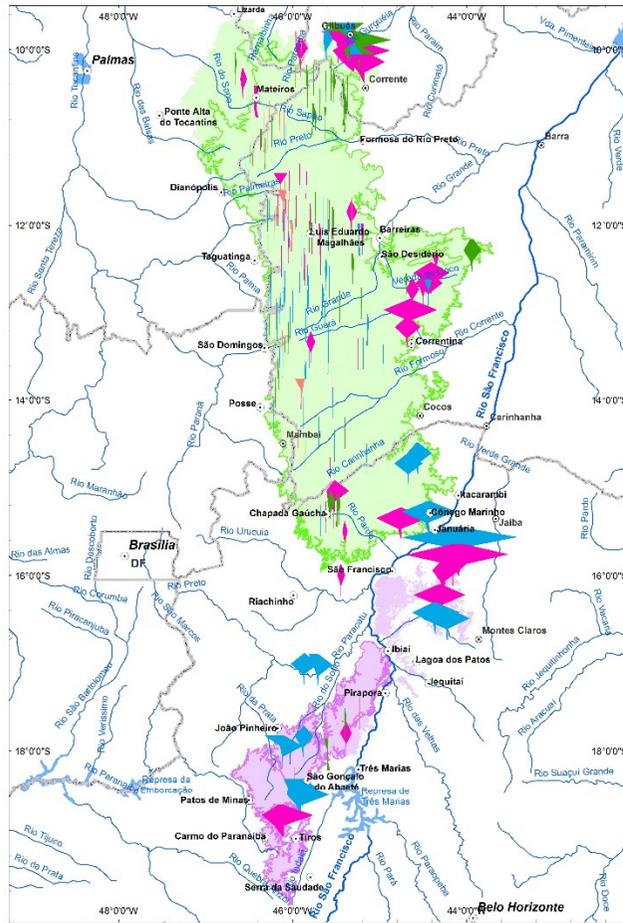
DIAGRAMA DE STIFF

A representação gráfica com a utilização do diagrama de *Stiff* facilita a visualização expedita da composição química das águas e permite a comparação de diferentes amostras.

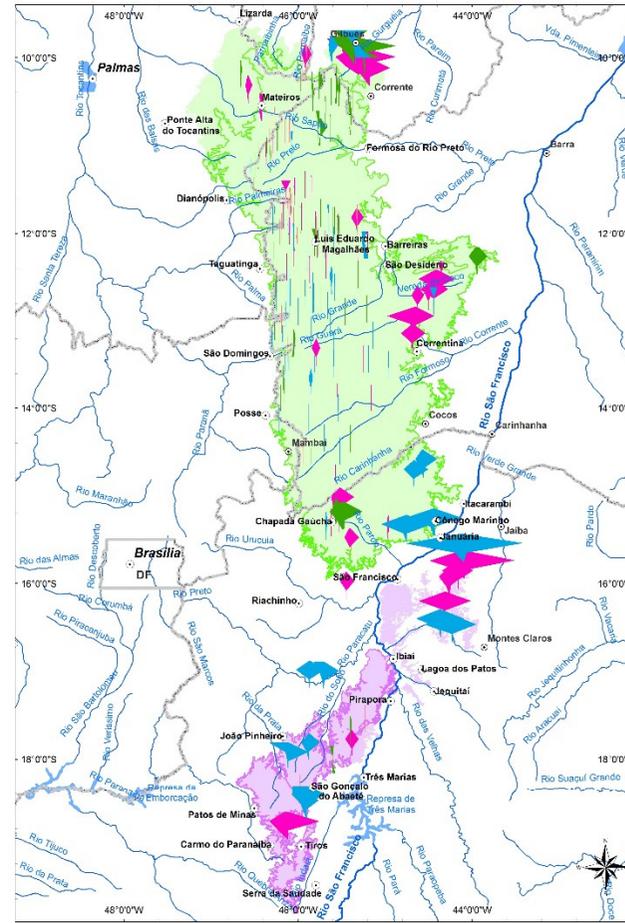
Observa-se nos diagramas de *Stiff* (**Mapa 16**) as diferenças de concentrações iônicas das amostras. Na borda oeste e porção central do SAU, as águas têm poucos sais dissolvidos; enquanto que nas bordas leste, nordeste e sudeste do SAU e na área do SAA as concentrações aumentam devido, provavelmente, à influência do Aquífero Bambuí ou de outras unidades aquíferas subjacentes. Nota-se que algumas amostras coletadas em poços rasos apresentam valores de bicarbonato e de cálcio relativamente maiores em relação ao padrão geral, muito provavelmente em decorrência de mistura com águas do Aquífero Bambuí.

Também é possível observar que amostras de poços rasos, profundos e de nascentes localizadas no SAU não apresentam diferenças hidroquímicas expressivas, com exceção das amostras da borda leste que devem representar mistura de águas de diferentes aquíferos ou mesmo águas do aquífero subjacente, o Bambuí.

No limite norte da área do SAU também é possível observar os polígonos com lados maiores e vértices mais afastados que representam águas com mais íons dissolvidos, coletadas de poços que exploram águas provavelmente dos aquíferos subjacentes nessa região, representado pelas rochas paleozoicas da bacia geológica sedimentar do Parnaíba, unidades de embasamento do SAU.



1ª Campanha



2ª Campanha



Mapa 16 – Distribuição dos diagramas de Stiff para as águas do SAU e SAA - Campanhas 1 e 2.

Aspectos Sanitários

Quanto aos aspectos sanitários e considerando a legislação incidente, os resultados das amostragens realizadas podem ser assim resumidos:

- ✓ Metais pesados (bário, cádmio, cromo, cobre, níquel, chumbo, zinco, arsênio e mercúrio) e agroquímicos: todas as amostras estão abaixo dos respectivos valores máximos permitidos pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde;
- ✓ Fenóis: todos os valores se situaram abaixo do limite de quantificação praticável (LQP) definido pela resolução Conama 396/2008; no entanto, a maioria das amostras apresenta concentrações acima de 1 µg/L, necessitando de tratamento convencional prévio para consumo humano, segundo a resolução Conama 20/1998;
- ✓ Benzeno, tolueno e xileno: todas as amostras analisadas apresentaram valores inferiores aos máximos permitidos na Portaria e na Resolução citadas acima;
- ✓ Conteúdo bacteriológico: algumas amostras apresentam resultados maiores que os limites recomendados pelas normas, em pontos localizados na área do SAA.

Analisou-se 17 agroquímicos: Glifosato+AMPA, 2,4-D + 2,4,5-T, Alaclor, Aldrin + Dieldrin, Atrazina, Clordano, Endossulfan, Endrin, Lindano, Metolacoloro, Molinato, DDT+DDD+DDE, Pendimetalina, Permetrina, Simazina, Terbufós, Trifluralina. Na região no SAU foram selecionados 57 pontos para coleta de amostras de água para análises de agroquímicos. Entre os pontos amostrados estão 8 nascentes, 19 poços rasos (≤ 120 m), 24 poços profundos (>120 m) e 6 poços sem dados de profundidade. Todas as amostras analisadas do SAU apresentam concentrações de compostos agroquímicos inferiores aos valores máximos permitidos (Portaria 2914/2011) do Ministério da Saúde.

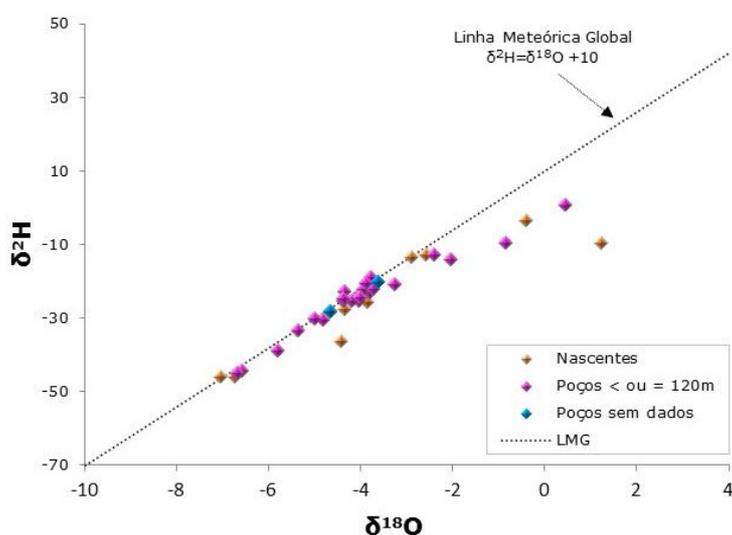


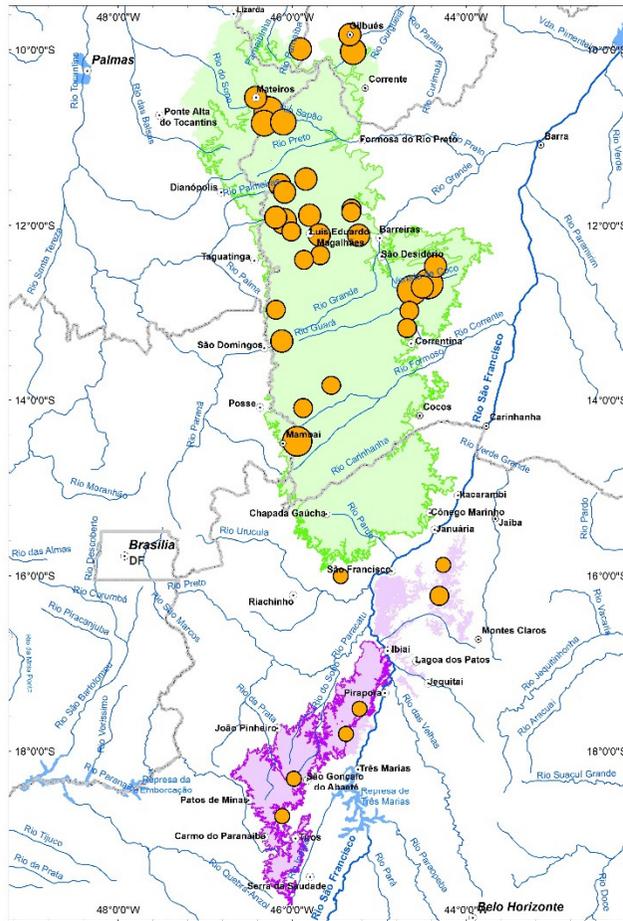
Análises Isotópicas

Isótopos estáveis de Oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$) e Deutério (δD)

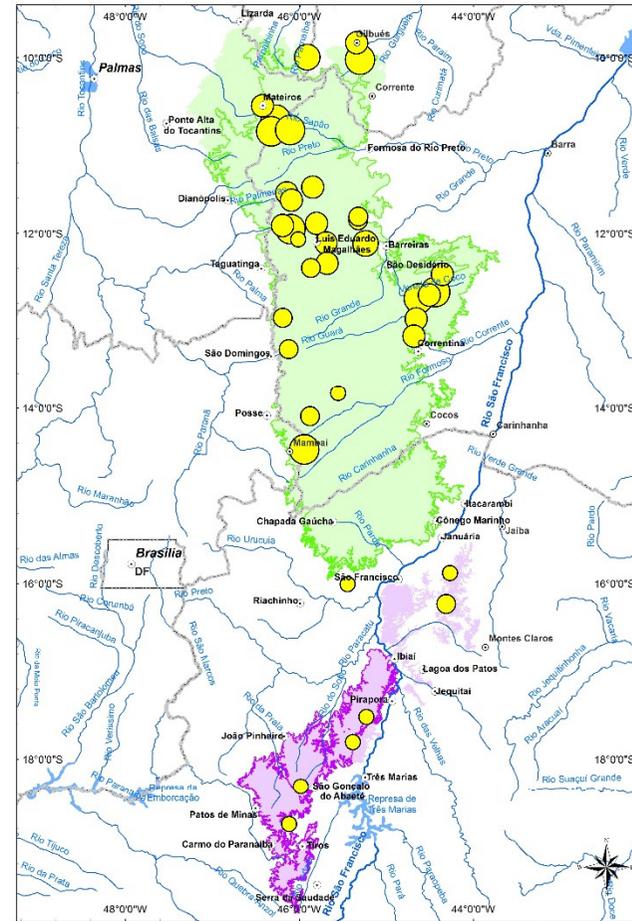
Para análise dos isótopos ^{18}O e deutério coletou-se 40 amostras de água dos Sistemas Aquíferos Urucuia (SAU) e Areado (SAA) na segunda campanha. As razões isotópicas das análises para $\delta^{18}\text{O}$ variaram no intervalo de $-7,03\text{‰}$ a $+1,23\text{‰}$, enquanto que os resultados para δD oscilam de $-45,91\text{‰}$ a $+0,84\text{‰}$. A maioria das amostras, tanto as coletadas nas nascentes quanto nos poços, tem composição isotópica próxima à da linha meteórica global (LMG), confirmando sua origem meteórica. Os valores predominantes estão entre -5‰ e -3‰ para $\delta^{18}\text{O}$ e entre -30‰ e -20‰ para δD .

A área do do SAU tem mais amostras enriquecidas que na região do SAA (**Mapa 17**). Esse fato está provavelmente relacionado a fatores climáticos da época da recarga e/ou a misturas com águas do pré-SAU.





Isótopo - $\delta^{18}O$



Isótopo - δD



Mapa 17 – Distribuição de $\delta^{18}O$ e δD dos Sistemas Aquíferos Urucuia e Areado - 2ª campanha de amostragem.

Isótopos radioativos de Carbono 14 (^{14}C) e Trítio (^3H)

O ^{14}C e o T (^3H – Trítio) são amplamente utilizados na datação de águas devido ao apropriado tempo de meia-vida que possuem, respectivamente de 5.730 e 12,43 anos. Isso define faixas acessíveis de datação de 200 a 30 mil anos e de 0 a 50 anos, respectivamente.

As análises de Carbono-14 (^{14}C) nas amostras de água do SAU e SAA obtiveram idades que variaram de 450 a 2.840 anos, nas quais as mais antigas estão predominantemente localizadas na borda oeste do SAU. Uma amostra de água do Sistema Aquífero Areado analisada apresentou idade de 1.310 anos.

Para análises de trítio (^3H), os valores de $\delta^3\text{H}$ variam de 0,8 a 1.8 TU, o que permite interpretar que a recarga nesses mananciais é submoderna, ou seja, anterior a 1952 em determinados pontos, enquanto em outros é uma mistura entre recarga submoderna e recarga recente.

Essa variação nos resultados das análises de isótopos radioativos, possivelmente reflete, misturas de águas em um mesmo poço, ou seja, águas mais antigas da parte mais profunda do poço, com águas mais jovens da parte mais superficial.



MEDIÇÃO DE NÍVEL D'ÁGUA
POÇO 2900016692 (SIAGAS/CPRM): 228 METROS
FAZENDA CHAPADÃO ALEGRE II. CORRENTINA (BA)

Os resultados da avaliação hidroquímica permitiram concluir que não há diferenças significativas nas amostras do SAU e SAA. Observou-se que as águas, sejam provenientes de nascentes ou poços de diferentes profundidades, possuem baixas concentrações de íons, a maioria com condutividades elétricas menores que $50 \mu\text{S}/\text{cm}$. O principal motivo dessa baixa concentração de íons está ligado à geologia do meio, com elevada proporção de quartzo nas rochas, à constante recarga e ao

curto tempo de residência das águas subterrâneas nesse reservatório. As amostras com concentrações iônicas mais elevadas estão presentes nas águas do SAA e nos limites leste e norte da área do SAU, relacionadas à influência do Aquífero Bambuí e das rochas da bacia geológica sedimentar do Parnaíba, respectivamente.

Vale ressaltar ainda, que não se observou diferenças expressivas entre as amostras coletadas nas duas campanhas de amostragem, indicando que a sazonalidade não influencia na composição química dessas águas.

Avaliação Hidrogeológica



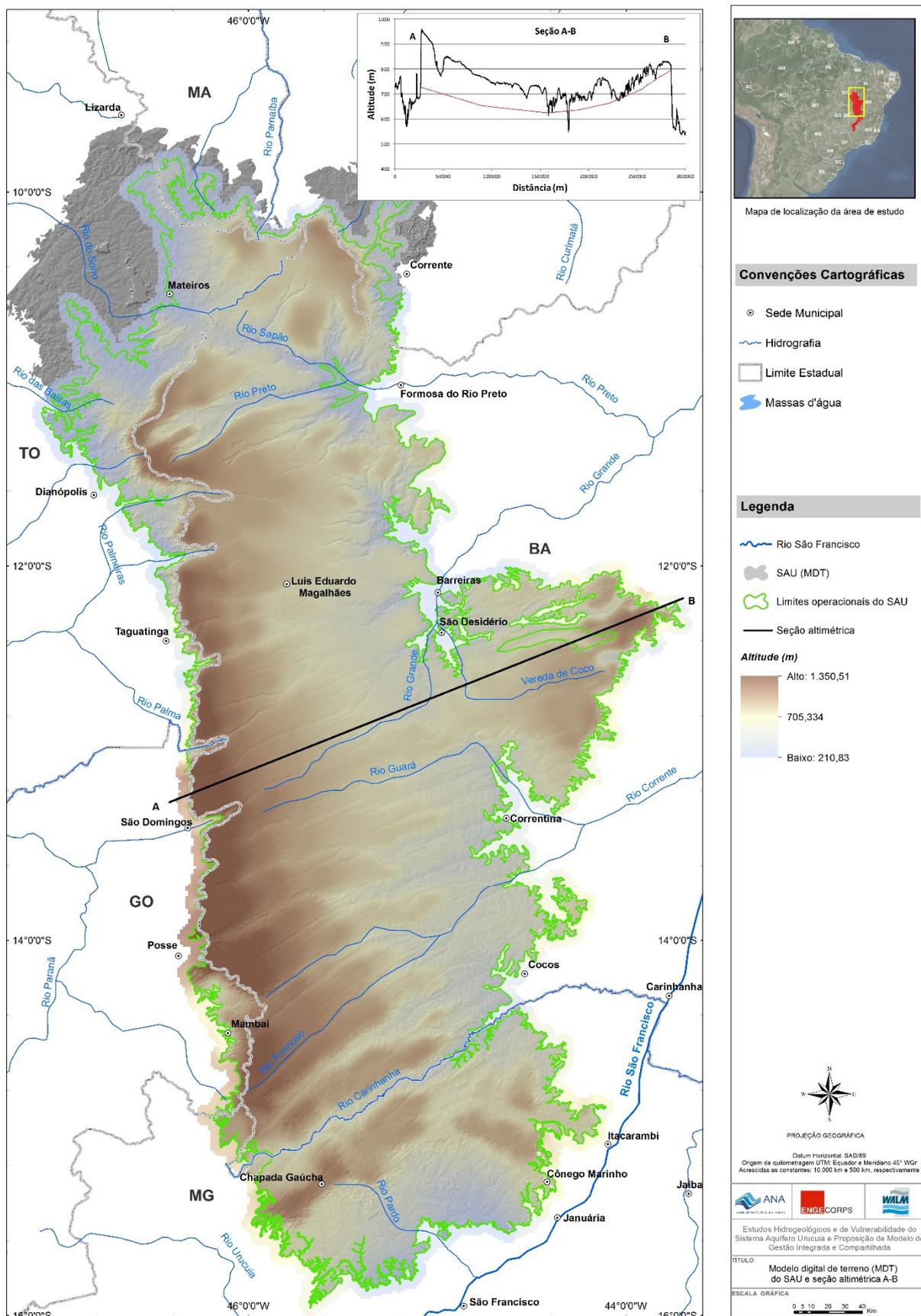
MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL



O modelo hidrogeológico conceitual aqui apresentado descreve de maneira simplificada o arcabouço hidroestratigráfico dos sistemas aquíferos Urucuia e Areado, comportamento dos fluxos subterrâneos e a interação de suas águas como parte do ciclo hidrológico.

O **Sistema Aquífero Urucuia (SAU)** está entre os mais importantes aquíferos de extensão regional do País. Sua importância transcende a estritamente hidrogeológica haja vista sua considerável contribuição para as vazões de base do rio São Francisco, conforme relatado no item Hidrologia. Em virtude de sua influência considerável sobre a vazão do rio da Integração Nacional e devido a sua importância para a economia local, tendo a água como insumo fundamental nas atividades agropecuárias, especialmente do oeste baiano, o SAU é foco de diversas pesquisas acadêmicas e estudos.

O SAU ocupa 126 mil km² de área de chapadões aplainados que se destacam no relevo, com altitudes variando de 500 a 1.000 metros. As maiores altitudes são observadas no bordo oeste, nos limites com o Estado de Goiás. Sua área de exposição mostra formato alongado segundo a direção aproximada N-S e comprimento de cerca 660 km. Sua largura varia entre 170 km e 300 km. A conformação atual da bacia de acumulação dos sedimentos constituintes do aquífero mostra uma calha de direção aproximada NNW, com os bordos este e oeste do embasamento alçados em relação ao seu eixo (**Mapa 18**).



Mapa 18 – Modelo digital de terreno (MDT) do SAU e seção altimétrica A-B.

A superfície potenciométrica regional normalmente possui configuração muito semelhante à superfície topográfica no SAU, de modo que em termos práticos, o fluxo subterrâneo natural ocorre das mais altas altitudes para as mais baixas, ou seja, de oeste (limite da Serra Geral de Goiás) para leste (em direção as sedes municipais do oeste baiano), ou seja em termos regionais, ocorre uma direção de fluxo subterrâneo principal no sentido leste. Todavia a presença de um divisor hidrogeológico de direção aproximada Norte-Sul que não coincide com o divisor hidrográfico divide esse fluxo regional da água subterrânea (**Mapa 19**).

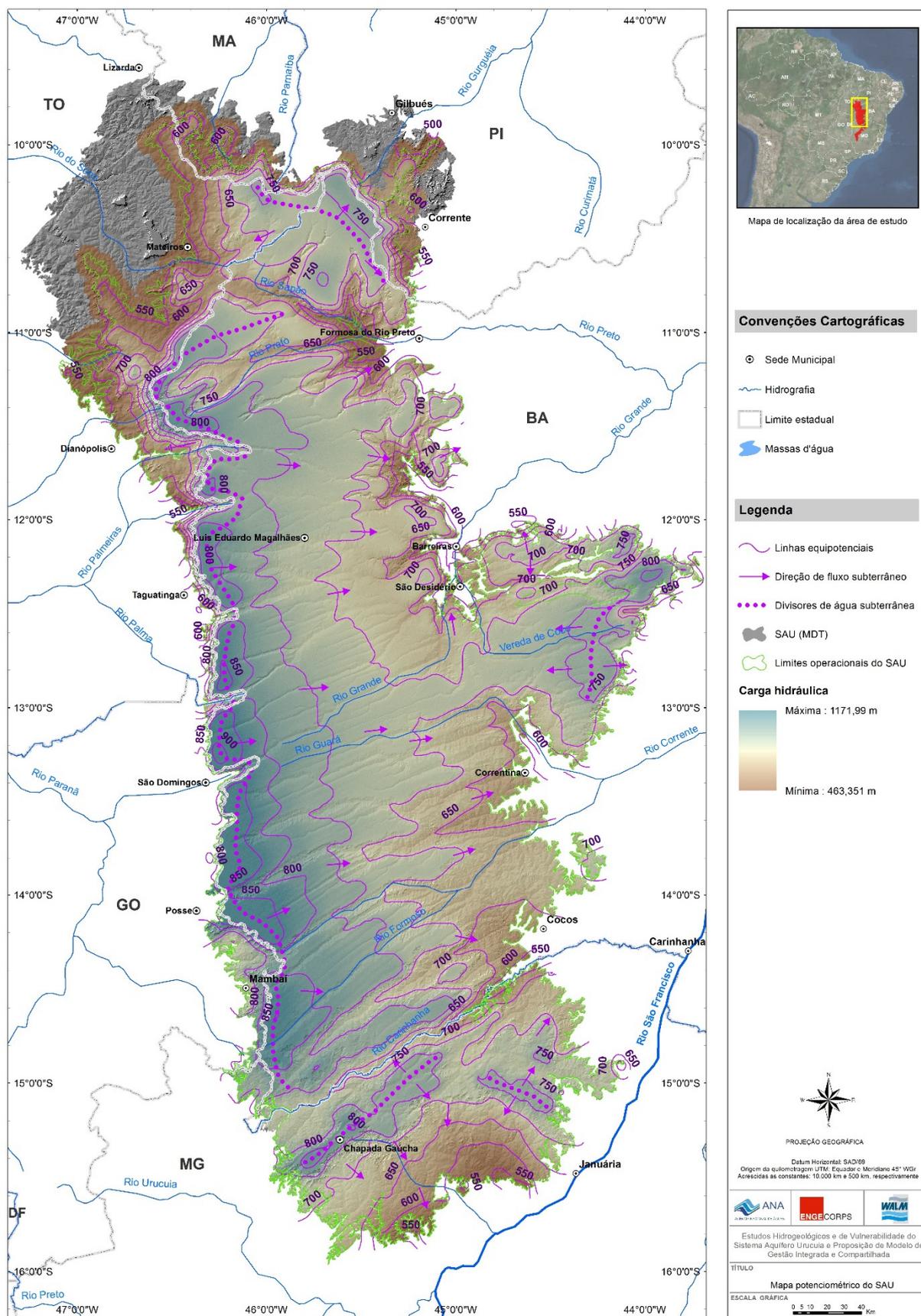
A partir desse divisor parte do fluxo se dirige para leste, alimentando as drenagens que constituem os afluentes do médio São Francisco, enquanto que a parte do fluxo que se dirige para oeste alimenta os afluentes do Alto Tocantins. Outros divisores de fluxo subterrâneo também são observados em outros locais do Sistema Aquífero, onde o fluxo de água se direciona para sentidos opostos. A extensão da área drenada no sentido leste e a capacidade de armazenamento do aquífero mostra a importância da contribuição da água subterrânea no fluxo de base que sustenta o rio São Francisco, conforme apresentado no item Hidrologia.

Os gradientes hidráulicos são normalmente suaves, menores do que 0,5% (ou 0,005 m/m) em praticamente toda a área do SAU, tornando-se mais íngremes próximos às áreas de descarga, onde podem alcançar 4% (ou 0,04 m/m), como por exemplo, no bordo oeste da bacia, onde o fluxo subterrâneo se dirige para a bacia do Tocantins.

O armazenamento da água no SAU se dá nos poros dos sedimentos constituintes das rochas, as quais são predominantemente arenitos quartzosos, argilitos e níveis de conglomerados associados a cimentação silicosa. Esses níveis de rochas silicificadas não são contínuos, mas sua presença confere localmente ao Sistema Aquífero um comportamento semiconfinado, onde a drenagem vertical é retardada pelo fato desses níveis apresentarem uma condutividade hidráulica menor que aquela dos arenitos. Vários poços que atravessam esses níveis em meio ao pacote de rochas do SAU, apresentam níveis potenciométricos mais rasos que o regional, mostrando que localmente a água está armazenada a uma pressão superior à da atmosfera. Esses níveis silicificados tem espessuras variadas e ocorrem especialmente na parte superior do pacote rochoso, pertencente à Formação Serra das Araras.

Uma parcela desse armazenamento é descarregada para as drenagens das bacias hidrográficas em forma de escoamento básico, caracterizando o regime efluente dos cursos de água superficiais, representados na parte leste pelos importantes afluentes do rio São Francisco (Carinhanha, Corrente, Grande) e na parte oeste por afluentes da margem direita do rio Tocantins (Paraná, Manuel Alves e Rio do Sono).

Dados hidrodinâmicos obtidos de testes de bombeamento enquadram o aquífero no modelo “não confinado com drenagem retardada”, proposto por Neuman (1975). Suas condutividades hidráulicas mensuradas são geralmente superiores a 2 m/d; o efeito elástico do armazenamento é atestado por coeficientes da ordem de 10^{-4} e as porosidades efetivas situam-se em 14%.



Mapa 19 – Mapa potenciométrico do Sistema Aquífero Urucua.

O **Sistema Aquífero Areado (SAA)** estende-se por cerca de 22 mil km² no estado de Minas Gerais. É constituído de rochas sedimentares e vulcanoclásticas, distribuídas respectivamente nos grupos Areado e Mata da Corda. Este pacote rochoso encontra-se parcialmente sobreposto por coberturas cenozoicas e assenta-se diretamente sobre o embasamento cristalino proterozoico, representado por metassedimentos do Grupo Bambuí. O registro sedimentar do SAA é mais diversificado e suas relações estratigráficas são mais complexas do que as encontradas no Sistema Aquífero Uruçuia.

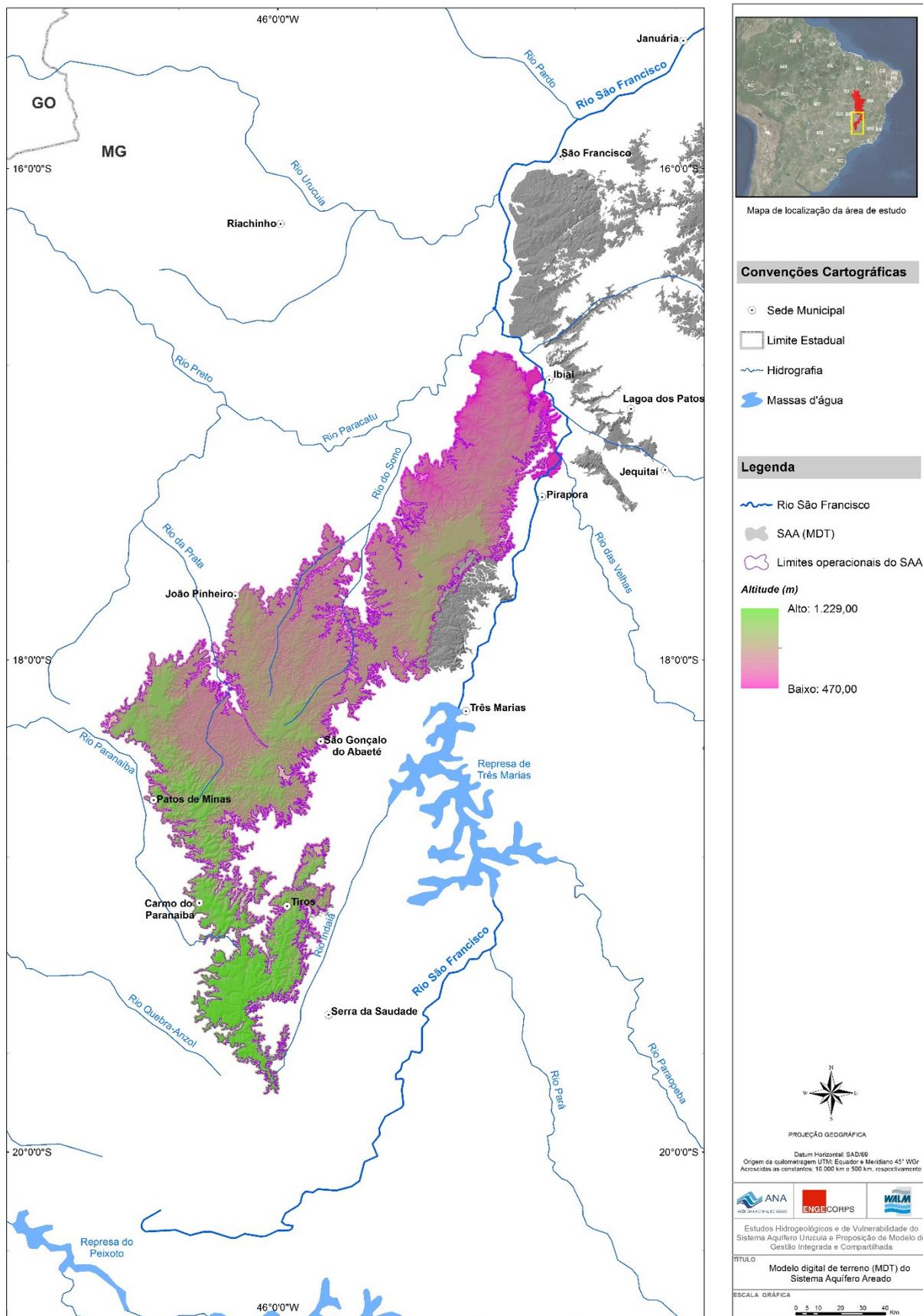
O SAA estende-se por faixa orientada na direção nordeste, com cerca de 250 km de comprimento e largura variável da ordem de 40 a 60 km. Na porção terminal sul da faixa afloram predominantemente rochas do Grupo Mata da Corda.

Na área de ocorrência do SAA, o relevo encontra-se bastante dissecado e grande parte da cobertura mesocenoica original já foi arrasada. Na porção sul/sudeste, o SAA apresenta altitudes que podem alcançar mais de 1.200 metros e que caem suavemente (1,2 m/km) para nordeste, onde chegam a atingir valores inferiores a 500 metros nas porções limítrofes do aquífero (**Mapa 20**).

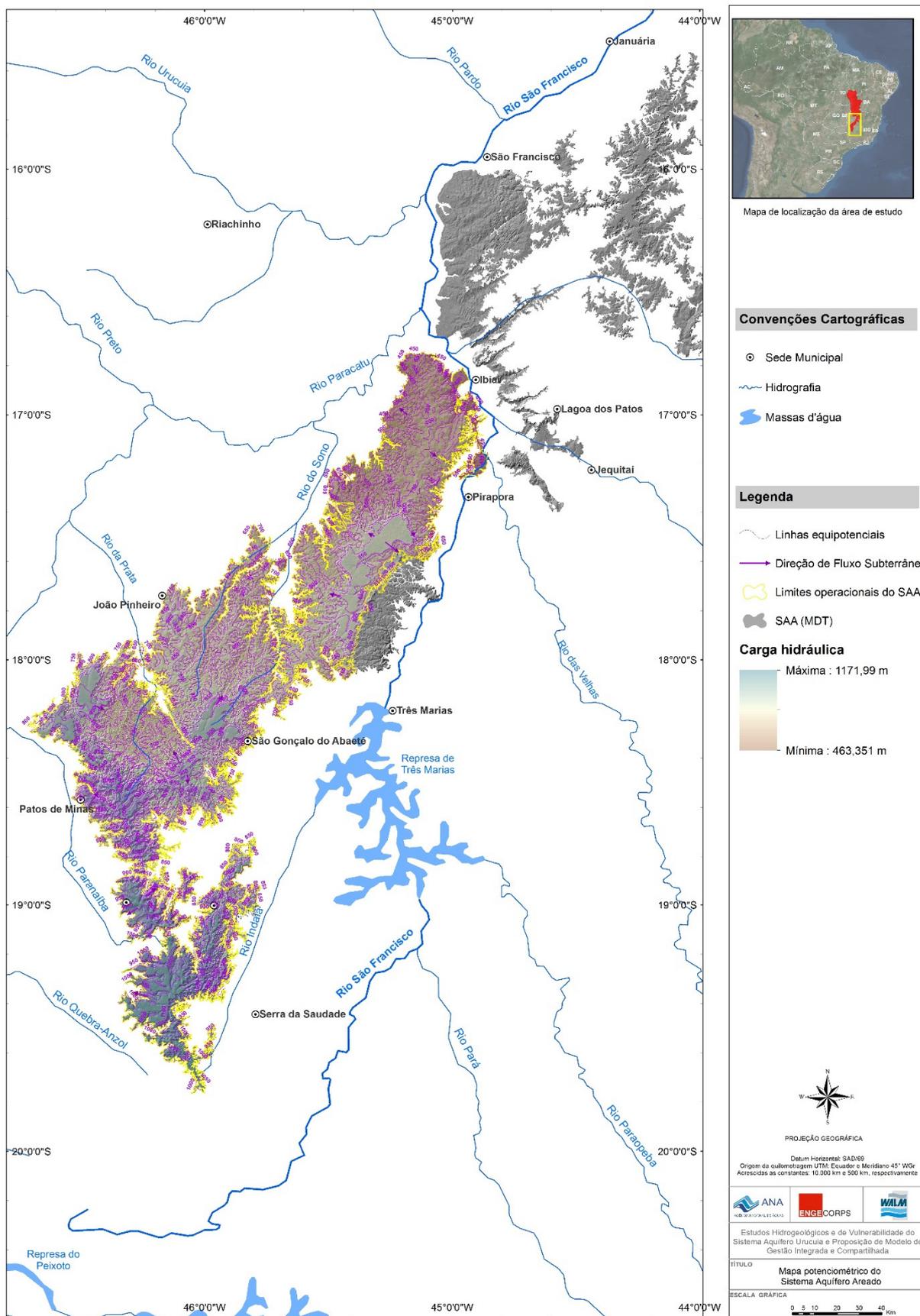
A espessura total das rochas do SAA pode alcançar entre 200 metros e 250 metros em porções restritas associadas ao relevo de chapadas, e as menores do que 100 metros predominam em 65% da área de ocorrência do aquífero. Áreas com espessuras menores do que 50 metros também são frequentes e representam resquícios de uma sedimentação outrora maior, atualmente arrasada pelos processos erosivos modeladores do relevo.

O SAA comporta-se também como um aquífero de natureza livre, do tipo poroso, de extensão regional, contínuo, porém heterogêneo. Sua heterogeneidade deve-se à complexidade das relações litoestratigráficas e às variações faciológicas encontradas nas sucessões sedimentares e vulcanossedimentares, associadas respectivamente aos grupos Areado e Mata da Corda. O armazenamento da água no SAA ocorre nos poros dos sedimentos dessas rochas, principalmente das formações Três Barras e Abaeté, as quais são predominantemente arenitos finos a médios, com intercalações de níveis de conglomerados. Os estratos representativos da Formação Quiricó, que consistem em folhelhos e siltitos, por sua vez apresentam um comportamento de aquífero, onde a drenagem vertical é retardada pela baixa condutividade hidráulica desse pacote rochoso. Do mesmo modo as rochas do Grupo Mata da Corda funcionam como aquíferos ou aquíferos haja vista sua intensa alteração, com conteúdo argiloso importante em seu arcabouço.

O fluxo subterrâneo no SAA ocorre de forma local, bem controlado pelo relevo e hidrografia, conforme exhibe o mapa potenciométrico do SAA (**Mapa 21**). No terço sudoeste da área, a descarga subterrânea é controlada principalmente pelo rio da Prata, que drena as águas do SAA e flui no sentido noroeste. No terço médio, o fluxo subterrâneo regional mantém-se no sentido de sudoeste para nordeste, descarregando suas águas no rio do Sono, que também flui no sentido nordeste. No terço nordeste, o fluxo subterrâneo regional é no sentido de sudeste para noroeste e contribui com a rede de drenagem da bacia do rio Paracatu. Fluxos locais são controlados pelas bacias de drenagens superficiais secundárias.

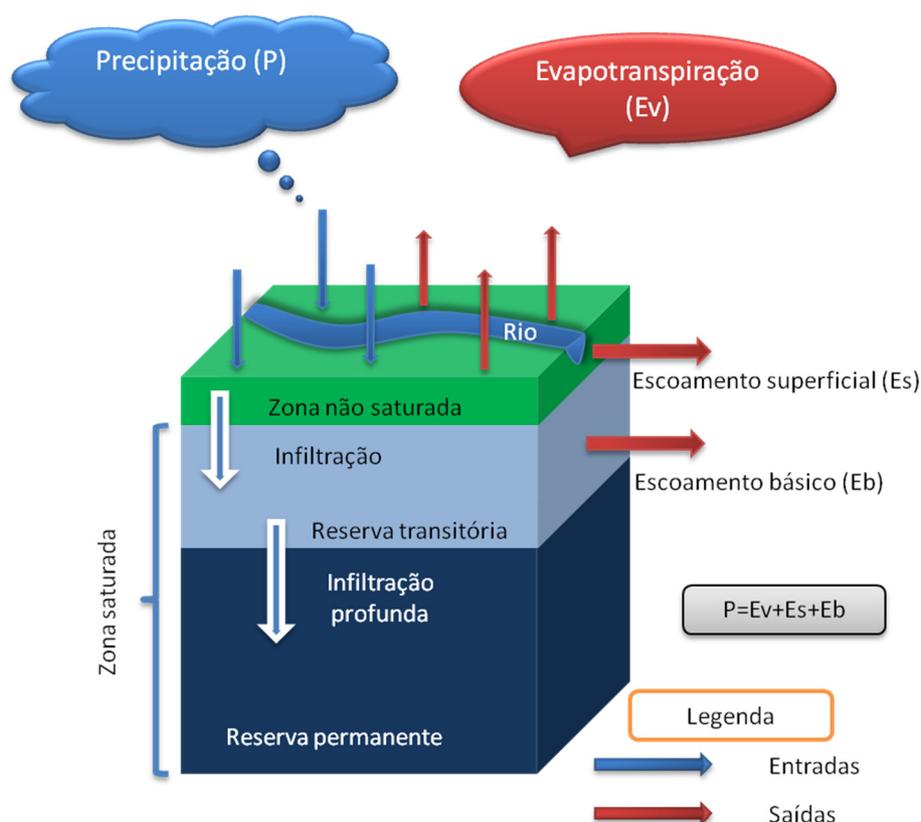


Mapa 20 – Modelo digital de terreno (MDT) do Sistema Aquífero Areado.



Mapa 21 – Mapa potenciométrico do Sistema Aquífero Areado.

BALANÇO HÍDRICO E RECARGA



O balanço hídrico é um método muito utilizado para estimativa da infiltração ou da recarga em aquíferos não confinados, ou seja, o percentual da precipitação que efetivamente infiltra nos aquíferos, denominado de coeficiente de infiltração. Do balanço define-se as variáveis do ciclo hidrológico, como precipitação, escoamento superficial, escoamento subterrâneo, evaporação e transpiração, e obedece ao princípio da continuidade ou da conservação de massa, segundo o qual, a diferença entre as entradas e saídas é igual à variação do armazenamento do sistema, conforme diagramado no bloco diagrama acima.

No balanço hídrico deste estudo levou-se em consideração a assimetria entre a bacia hidrográfica e a hidrogeológica e tomou-se como referência a área de contribuição do aquífero a partir do divisor hidrogeológico e não toda a área de drenagem das bacias hidrográficas. O balanço foi avaliado com base nos componentes de fluxo obtidos da análise hidrológica desenvolvida neste estudo, considerando o período de 1975 a 2005. Nos cálculos desses componentes, considerou-se a proporcionalidade da área do SAU dentro das áreas de drenagem dos postos fluviométricos avaliados.



CABECEIRAS DO RIO DO SONO (TO)

Seis postos fluviométricos foram utilizados nessa avaliação: Formosa do Rio Preto (Médio/Baixo Rio Grande); São Sebastião (Alto Rio Grande); Santa Maria da Vitória (Rio Corrente); Lagoa das Pedras (Rio Carinhanha); Capitânea (Rio Carinhanha); Usina dos Pandeiros Montante (Pandeiros/Pardo/Mangai). Esses postos estão situados próximo ao limite de afloramento das rochas do SAU, e têm dentro de suas áreas de drenagem entre 88 e 100% da área

do SAU. Deste modo, suas vazões são consideradas como representativas do deflúvio desse sistema aquífero.

Conhecidas as vazões de base (Eb) e superficiais (Es), e a precipitação média (P) nas sub-bacias da área de estudo, obtidas da avaliação hidrológica neste estudo, a evapotranspiração (Ev), foi estimada pela diferença entre precipitação e as demais variáveis conhecidas do balanço. Os resultados do balanço hídrico anual são apresentados no **Quadro 4**, onde Et representa o escoamento total (Eb+Es) do SAU na respectiva sub-bacia.

RESUMO DOS PARÂMETROS HIDROLÓGICOS DAS SUB-BACIAS DO SAU

QUADRO 4

Posto	Nome do Posto	Rio	Área SAU (Km ²)	Precipitação média anual (mm)	Eb SAU (mm/ano)	Es SAU (mm/ano)	Et SAU (mm/ano)	Ev sau (mm/ano)
46790000	Formosa do Rio Preto	Preto	13.270	1.250	211,27	18,27	229,54	1.020,46
46610000	São Sebastião	Grande	28.046	1.300	185,62	11,74	197,36	1.102,64
45910001	Santa Maria da Vitória	Corrente	23.590	1.120	232,81	17,20	250,01	869,99
45210000	Lagoa das Pedras	Carinhanha	11.341	1.075	298,71	29,94	328,65	746,35
45220000	Capitânea	Coxá	2.313	1.050	151,01	17,29	168,29	881,71
44250000	Usina dos Pandeiros Montante	Pandeiros	3.389	1.100	183,22	40,06	223,28	876,72
Médias Ponderadas			81.949	1.194	217,93	18,22	236,15	957,48

A **recarga**, por sua vez, é um componente vital para avaliar a sustentabilidade de aquíferos. A recarga, definida como a água que se move, a partir da superfície ou da zona insaturada, para a zona saturada, é fundamental no ciclo hidrológico e facilmente afetada pela ação do homem devido ao manejo do solo.

A **área de recarga do SAU** foi conceituada como toda área exposta das rochas que constituem o aquífero ou solos associados, capazes de permitir a infiltração direta de águas pluviais. Utilizou-se a declividade do terreno como critério para definição dessas áreas. Nesse sentido, definiu-se como áreas de recarga (**Mapa 22**) terrenos com declividades de até 2% e as áreas de descarga foram distinguidas pelas declividades do terreno > que 2%, e < que 2% quando associadas a cursos de água superficiais (planícies aluvionares). As áreas de recarga correspondem a 67% e as áreas de descarga a 33% da área operacional do SAU.

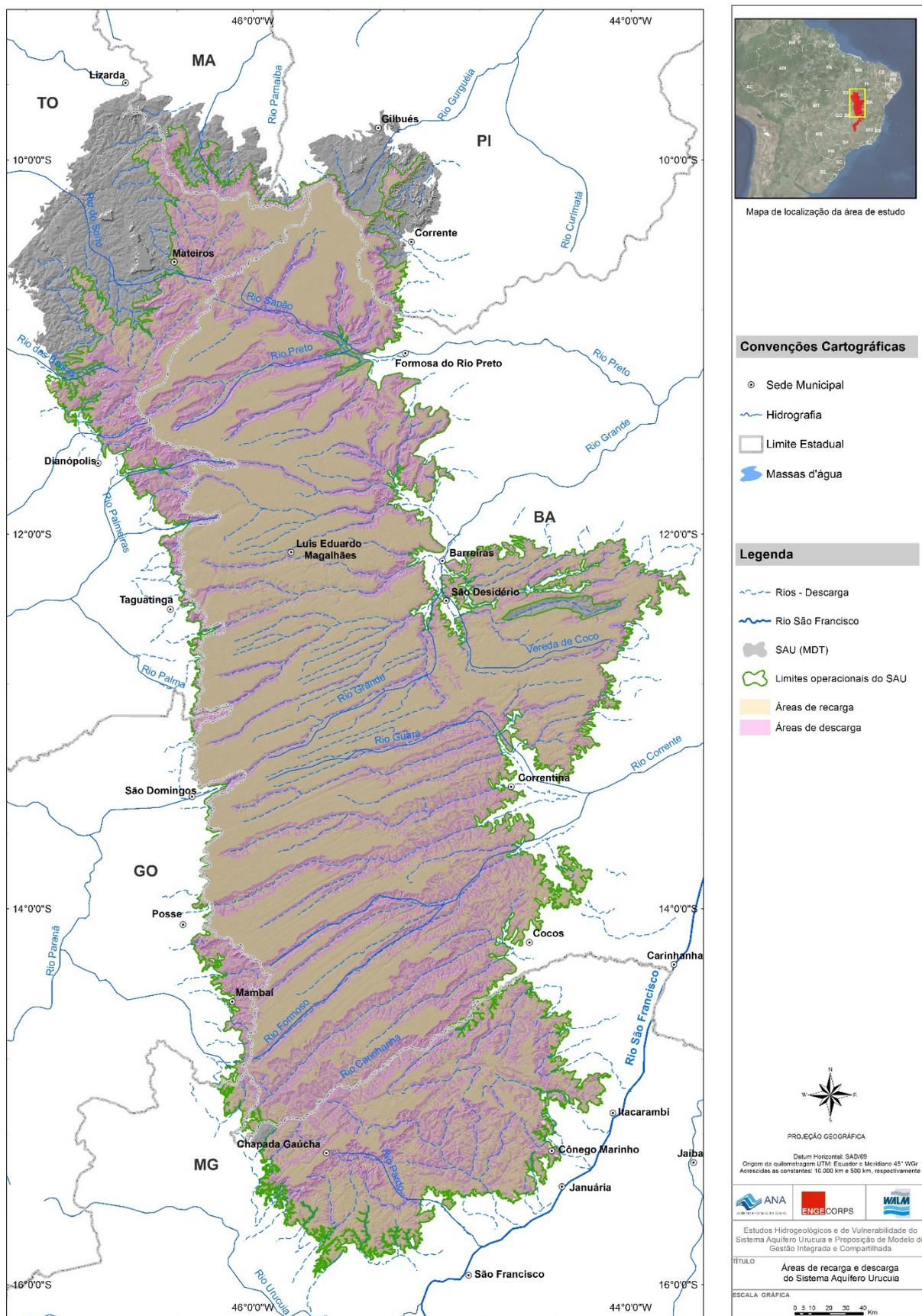
Considerando que há um contexto de uso instalado na região tomamos como referência a análise da recarga que se baseia nos dados de entrada do ciclo hidrológico (precipitação e coeficiente de infiltração), segundo ANA (2013), onde a reserva reguladora, denominada de **Recarga Potencial Direta** (RPD) corresponde à parcela da precipitação pluviométrica média anual que infiltra e efetivamente chega aos aquíferos livres e é representada pelas seguintes relações:

$$RPD = A \cdot C_i \cdot P$$

Considerando um coeficiente de infiltração de 18,5%, obtido da hidrologia, para a área operacional do SAU e a precipitação média anual de 1.194 mm, obteve-se para Recarga Potencial Direta um valor de 767,06 m³/s ou 24,19 km³/ano.



VEREDAS REGIÃO DO JALAPÃO (TO)



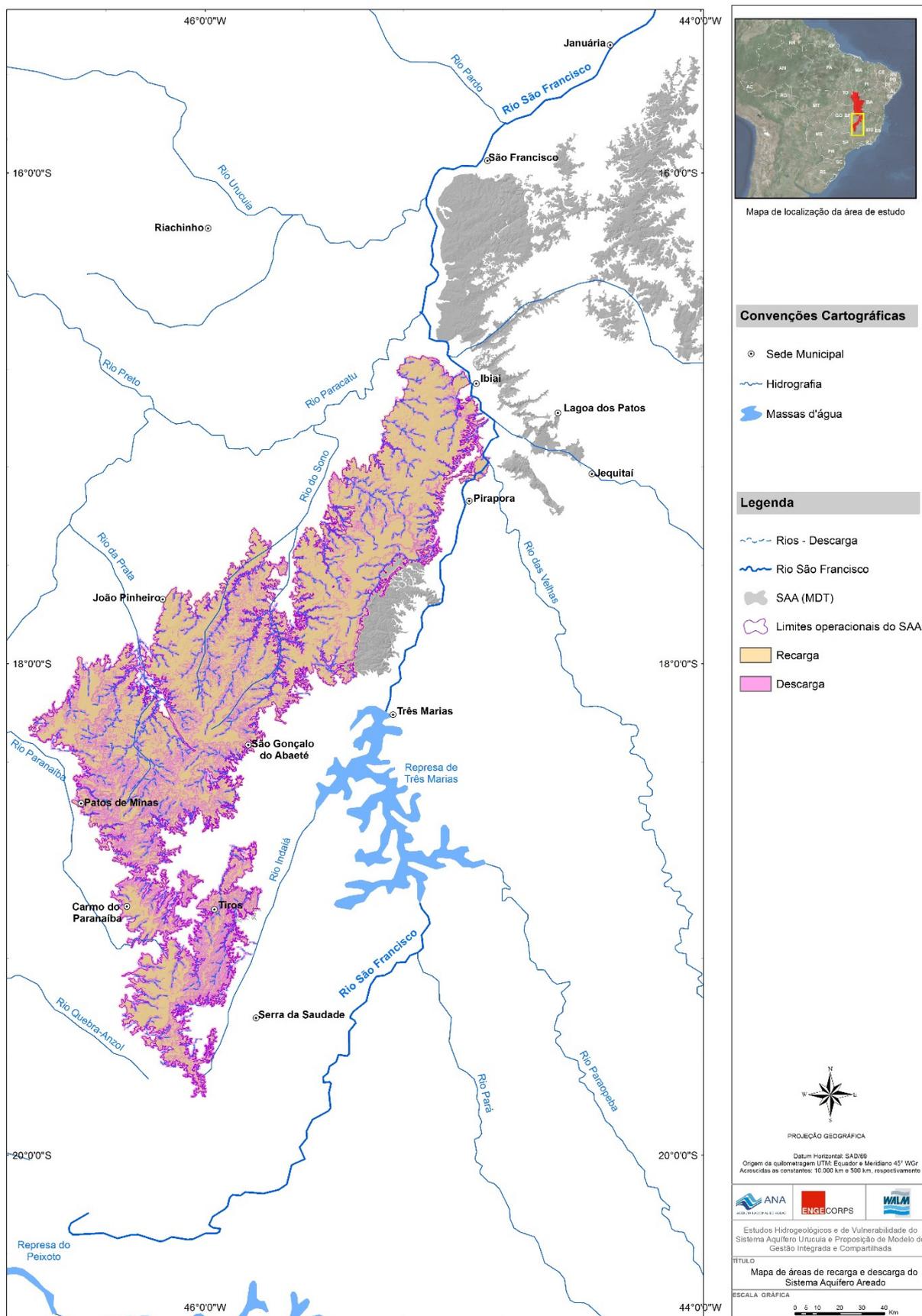
Mapa 22 – Áreas de recarga e descarga do Sistema Aquífero Urucuia.



As **áreas de recarga do SAA** são consideradas aquelas que apresentam expostas as rochas ou solos associados ao Grupo Areado, capazes de permitir a infiltração direta de águas pluviais na sua zona saturada.

Assim como na área do SAU, utilizou-se a declividade do terreno como critério para definição dessas áreas. Nesse sentido as áreas de recarga no SAA são aquelas situadas em terrenos com declividades de até 10%, enquanto que os terrenos com declividades superiores a 10%, planícies aluvionares e cursos de água superficiais foram considerados áreas de descarga (**Mapa 23**). As áreas de recarga correspondem a 60% e as áreas de descarga a 40% da área operacional do SAA.

A recarga do Sistema Aquífero Areado, representada pela *Recarga Potencial Direta (RPD)*, segundo a área operacional do SAA (15.485 Km²) definida neste trabalho foi de 109 m³/s ou 3,44 km³/ano. Considerando o coeficiente de infiltração 16,7% e precipitação média anual de 1.325 mm.



Mapa 23 – Áreas de recarga e descarga do Sistema Aquífero Areado.

RESERVAS E DISPONIBILIDADES

Os cálculos das reservas e disponibilidade hídrica de aquíferos é de fundamental importância para a segurança na tomada de decisão dos órgãos gestores quanto a concessão de outorga de direito de uso das águas subterrâneas e águas superficiais, uma vez que as vazões mínimas referenciais para a outorga de águas superficiais estão ancoradas em vazões formadas essencialmente pelo escoamento de base, exceto pelos volumes regularizados.

Embora sejam cálculos simples, leva-se em conta conceitos sobre características do material rochoso e a interdependência entre águas superficial e subterrâneas conhecida sobre a região em análise.

No que concerne às reservas dos sistemas aquíferos livres estima-se as reservas reguladoras ou sazonais e as permanentes ou seculares. A reserva reguladora ou sazonal corresponde à vazão ou volume que efetivamente infiltra nos aquíferos anualmente. A reserva permanente, por sua vez, representa o volume armazenado no aquífero abaixo do nível de oscilação sazonal.

A forma mais habitual de estimar esses volumes ou vazões considera para a reserva reguladora a oscilação do nível estático de um aquífero ou a vazão de base medida em uma estação fluviométrica, quando se considera o sistema em equilíbrio e com usos desprezíveis. No que tange à reserva permanente, considera-se a área do aquífero, sua espessura saturada e a porosidade efetiva das rochas ou sedimentos que o constituem.

Neste estudo, as **reservas renováveis do SAU e do SAA** foram estimadas com base em dados de entrada (coeficiente de infiltração e precipitação). Sendo assim, o valor da Recarga Potencial Direta (RPD) é equivalente à Reserva Reguladora, já apresentado como Recarga. Segundo obteve-se a RPD do SAU é de 767,06 m³/s ou 24,19 km³/ano.

As **reservas permanentes ou seculares**, por sua vez, correspondem ao volume de água acumulado no aquífero, não variável em decorrência da flutuação sazonal da superfície potenciométrica. A reserva permanente (R_p) pode ser fisicamente definida pela seguinte equação:

$$R_p = A.E.\phi_e = V.\phi_e$$

Onde: A é a área do aquífero; E representa a espessura do aquífero; ϕ_e é a porosidade eficaz do material constituinte do aquífero e V = volume rochoso saturado.

Para o cálculo do volume rochoso saturado do SAU e do SAA foram utilizados os mapas potenciométrico e de contorno estrutural do embasamento, preparados em ambiente SIG com o programa ArcGis®. A espessura saturada do SAU foi calculada pelo método de subtração de *grids* dos mapas potenciométrico e de contorno estrutural do embasamento. Tendo como base os mapas de espessura saturada, foi utilizado o aplicativo *Surface Volume* do programa ArcGis® para cálculo do volume rochoso saturado do aquífero, cujo resultado chegou a 9.656 km³ para o SAU.

Note-se que o volume rochoso saturado, compreendido entre o substrato do aquífero e a superfície potenciométrica, incorpora também o volume de água compreendido pela reserva reguladora, de modo que:

$$V_t = V_p + V_r$$

Onde: V_t é o volume rochoso saturado total; V_p é o volume rochoso saturado da reserva permanente; e V_r é o volume rochoso saturado da reserva reguladora.

Admitindo-se porosidade efetiva média de 14% para as rochas do SAU, a totalidade das reservas hídricas (reservas reguladoras + reservas permanentes) alcança aproximadamente 1.352 km³ de água. Subtraindo-se deste volume a quantidade de água correspondente à reserva reguladora, tem-se a reserva permanente, calculada em cerca de 1.328 km³.

RESERVAS HÍDRICAS DO SAU



109.531 km²

ÁREA OPERACIONAL



1.327 km³

RESERVA PERMANENTE



24,19 km³/ano

RECARGA POTENCIAL DIRETA (RPD) OU RESERVA REGULADORA



A reserva renovável equivalente à Recarga Potencial Direta do Sistema Aquífero Areado, considerando a área operacional do SAA (15.485 Km²) definida neste trabalho foi de 109 m³/s ou 3,44 km³/ano.

Nos cálculos das reservas permanentes (R_p) do SAA também se utilizou o mesmo método de cálculo. Assim as espessuras saturadas do SAA chegam a cerca de 250 metros, características das áreas onde o relevo é mais elevado. Na maior parte da região do corpo principal de afloramento das rochas do SAA a espessura situa-se entre 100 e 150 metros. Considerando como porosidade eficaz 10% a reserva hídrica permanente para o SAA é de 104 km³.

RESERVAS HÍDRICAS DO SAA



15.485 km²

ÁREA OPERACIONAL



104 km³

RESERVA PERMANENTE

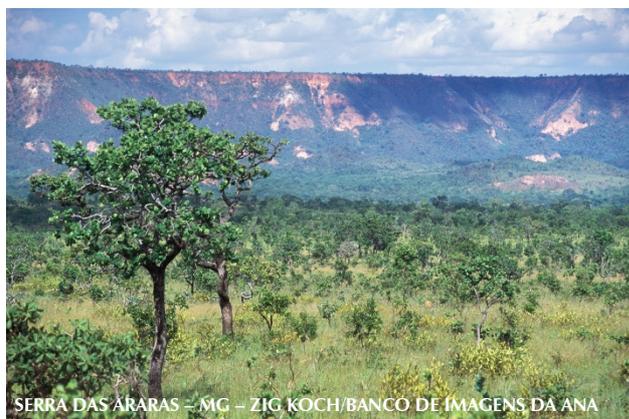


3,4 km³/ano

RECARGA POTENCIAL DIRETA (RPD) OU RESERVA REGULADORA

A definição de **disponibilidade hídrica** admite diferentes interpretações. Segundo Mace et al. (2001), a quantidade de água disponível para uso armazenada nos aquíferos é definida como disponibilidade hídrica subterrânea. Esse conceito discrimina a parcela de água efetivamente disponível para uso das reservas hídricas totais. Para ANA (2004), a definição de disponibilidade hídrica admite diferentes interpretações e está ligada às finalidades de planejamento e gerenciamento das bacias.

Considera-se como a disponibilidade hídrica subterrânea uma parcela da Recarga Potencial Direta. Baseada nos conceitos introduzidos no Relatório de Conjuntura de Recursos Hídricos (ANA 2013), propõe-se uma visão sustentável e integrada, e de certa forma, mais conservadora. Essa parcela, denominada de Coeficiente de Sustentabilidade (C_s), aplicado à RPD resulta na Reserva Potencial Explotável (RE), conforme relação: $RPE = C_s \cdot RPD$.



O coeficiente de sustentabilidade (C_s) é um percentual máximo recomendado para se explorar da Recarga Potencial Direta, com vistas a evitar efeitos adversos nos aquíferos e redução significativa das vazões de base dos rios a eles interconectados. A indicação desse percentual é evitar o comprometimento da disponibilidade hídrica superficial desses corpos d'água nos períodos de estiagem com o uso indiscriminado da água subterrânea, haja

vista que a disponibilidade hídrica superficial é baseada em vazões mínimas.

O valor do coeficiente de sustentabilidade varia entre 0,1 e 1,0, sendo atribuído por aquífero em função de suas características intrínsecas, especialmente sua contribuição por meio do fluxo de base no escoamento superficial total de um rio. No caso do SAU, onde a vazão de base representa parcela significativa do escoamento superficial, sugere-se C_s de 0,2, baseando-se numa relação Q_{90}/Q_{50} média ponderada pelas do SAU de 0,76, obtida dos seis postos fluviométricos avaliados na hidrologia.

Assim, o valor da Reserva Potencial Explotável do SAU correspondente à disponibilidade hídrica subterrânea é, segundo estimativa 4,84 Km^3/ano , conforme equação: $RPE = 0,2 \cdot 24,19/RPE = 4,84 Km^3/ano$.

Para o Sistema Aquífero Areado, adotou-se o C_s de 0,4. Assim, o valor da RPE calculado foi de 1,37 Km^3/ano , conforme estimativa: $RPE = 0,4 \cdot 3,44 /RPE = 1,37 Km^3/ano$.

VULNERABILIDADE NATURAL E RISCOS

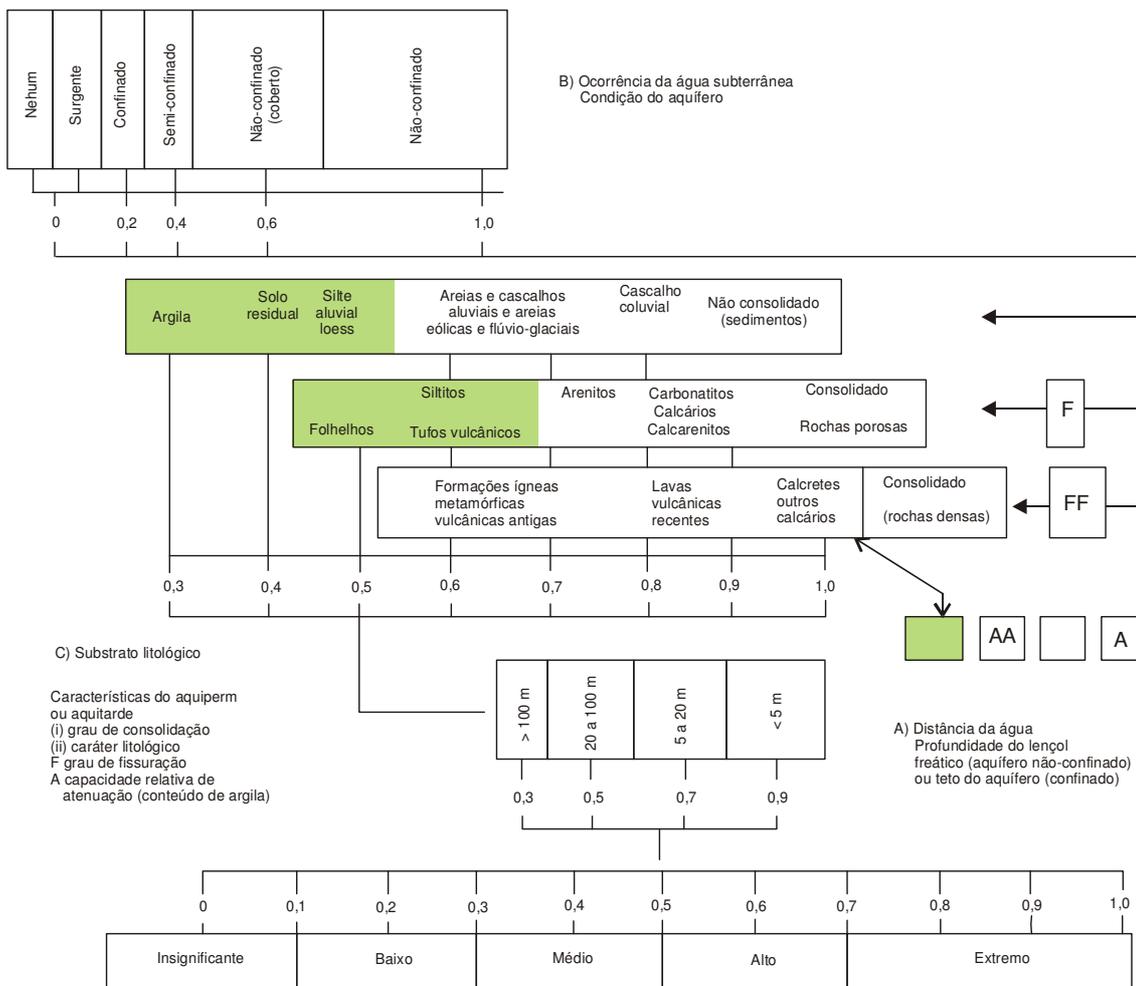
O termo “vulnerabilidade” aplica-se ao estabelecimento das características intrínsecas que determinam a susceptibilidade de um aquífero ser adversamente afetado por uma carga contaminante. A vulnerabilidade do aquífero é função da acessibilidade hidráulica de penetração de contaminantes e da capacidade de atenuação dos estratos situados acima da zona saturada. Quanto mais próxima da superfície estiver a zona saturada, mais vulneráveis se tornam as águas subterrâneas aos agentes contaminantes que atingem o solo.

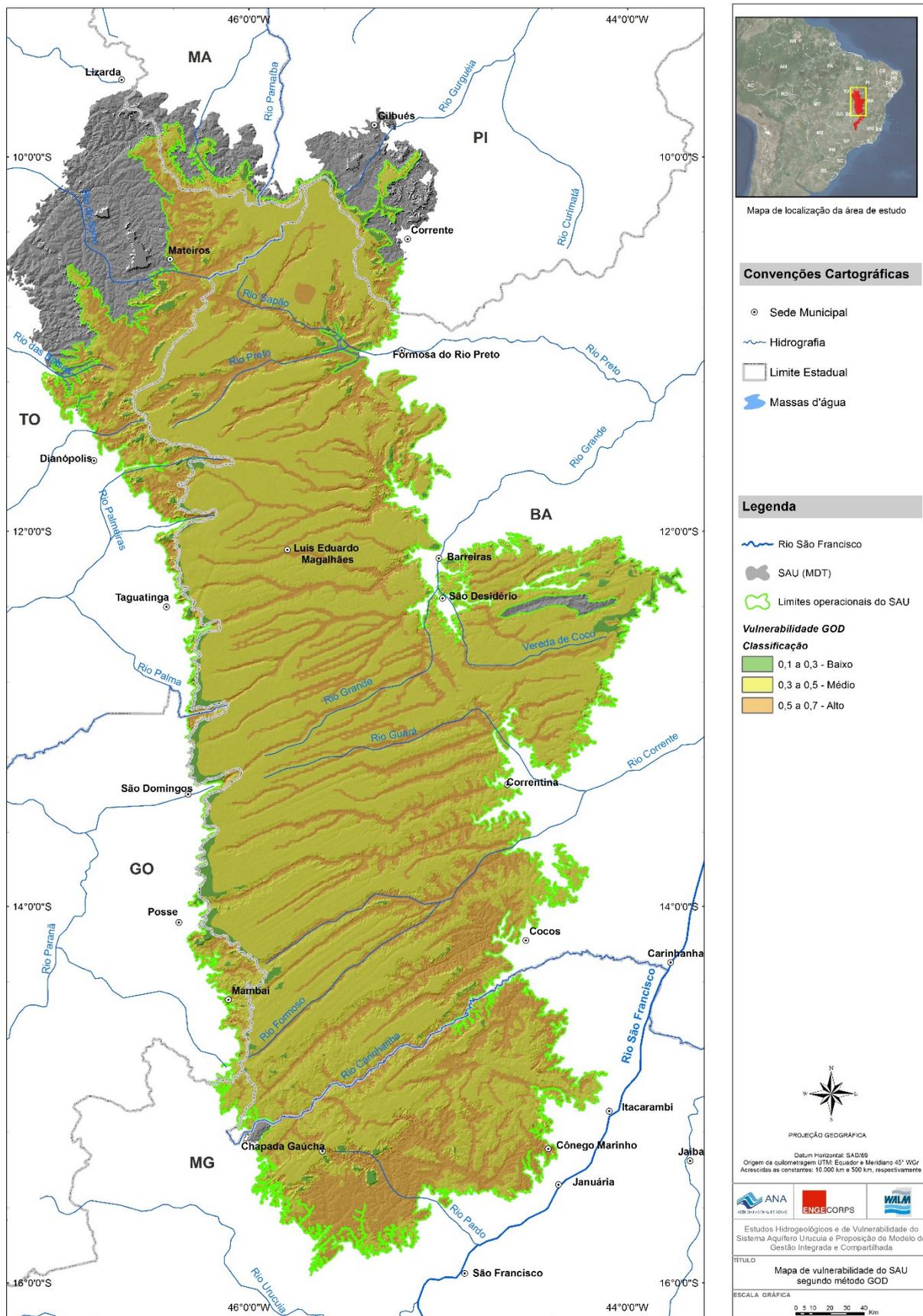
A necessidade de propor um instrumento de avaliação para tomada de decisões em nível de planejamento tornou os mapas de vulnerabilidade peça interessante para os órgãos gestores. Vários são os métodos utilizados atualmente para caracterização da vulnerabilidade de um aquífero.

No presente estudo, foi utilizado o método **GOD**, que considera parâmetros relacionados à natureza do aquífero (condição do aquífero), tipo de substrato litológico e profundidade do nível de água; o produto desses valores fornece um índice geral de vulnerabilidade que vai desde insignificante até extremo. O produto destes valores fornece um índice geral de vulnerabilidade que vai desde insignificante até extremo (*Diagrama 1*). Esses parâmetros foram avaliados de acordo com as considerações abaixo:

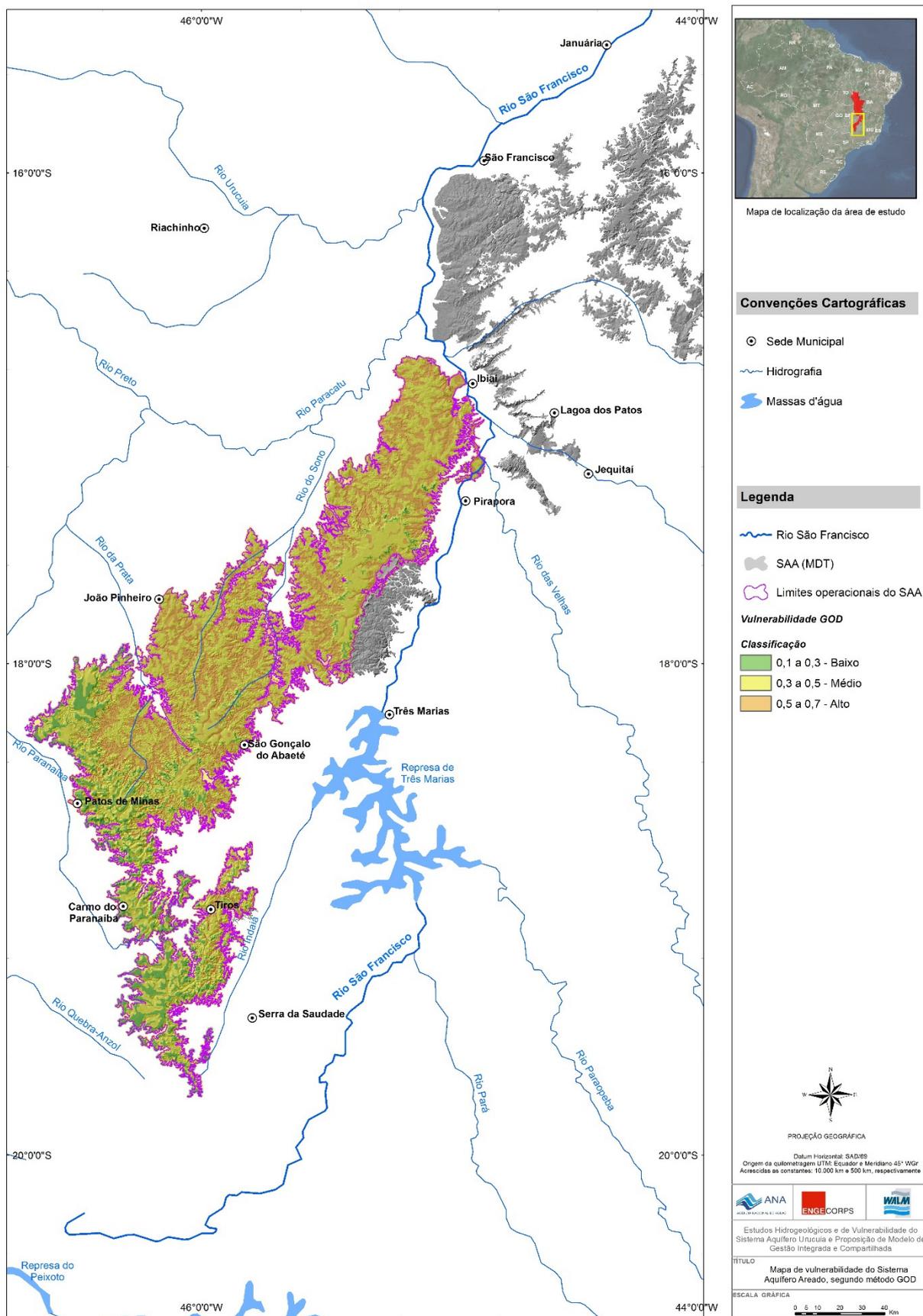
- ✓ Condição do aquífero: conforme já exposto, o SAU e o SAA são caracterizados como tipo livre, com condutividades hidráulicas horizontal e vertical elevadas, não coberto. Para esta condição, considerou-se valor de 0,9.
- ✓ Substrato litológico: os sistemas aquíferos se caracterizam pela homogeneidade litológica, com termos predominantemente arenosos de granulometria variando de fina a grossa. Para esta condição, considerou-se valor de 0,75.
- ✓ Profundidade do nível de água: a profundidade do nível de água dos aquíferos é variável, conforme mostrado nos mapas potenciométricos. Para converter valores de carga hidráulica do mapa potenciométrico em valores de profundidade de nível de água, utilizou-se o método de subtração de *grids*. Dos valores de altitude do modelo digital de terreno (MDT) foram subtraídos os valores de carga hidráulica do mapa potenciométrico, resultando em mapa de profundidade de nível de água. Em seguida, as profundidades do nível de água foram classificadas segundo os valores propostos no diagrama.

Para o SAU, observou-se o predomínio de regiões classificadas como de vulnerabilidade média (82%), seguida de regiões de vulnerabilidade alta (16%) e baixa (2%). O método GOD não definiu regiões de vulnerabilidade extrema ou insignificante para o SAU e o SAA, com base nos índices estabelecidos (**Mapas 24 e 25**).





Mapa 24 – Mapa de vulnerabilidade do SAU, segundo o método GOD.



Mapa 25 – Mapa de vulnerabilidade do SAA, segundo o método GOD.

A avaliação do risco de contaminação das águas subterrâneas do SAU e do SAA foi baseada no mapa de usos da terra e cobertura vegetal da região de estudo, apresentado no item *Estudos Temáticos* deste Resumo Executivo. As principais classes de uso identificadas foram cerrado (florestal e herbáceo-arbustivo), usos agropecuários, áreas úmidas ou alagáveis, urbano, rios e vegetação associada a cursos d'água. Dessas, o uso agropecuário cobre 53% do total da área do SAA, secundado pela cobertura vegetal de Cerrado com 46%. No SAU, o Cerrado cobre 58%, enquanto o uso agropecuário ocupa 40% da área.

Para cada classe foi atribuída uma classificação qualitativa em função do grau maior ou menor de possibilidade de comprometimento da qualidade da água subterrânea em decorrência das atividades exercidas sobre o terreno. A classificação adotada estabeleceu três níveis de contaminação potencial variando entre baixo, moderado e elevado. Considerou-se uso com elevado potencial de contaminação as regiões urbanas; com moderado potencial de contaminação foram considerados os usos agropecuários; as demais classes foram consideradas como de baixo potencial de contaminação. A cada classe foi associado um peso crescente em função da classificação do potencial de contaminação, de modo que o peso 1 significa baixo potencial e o peso 3, elevado potencial.

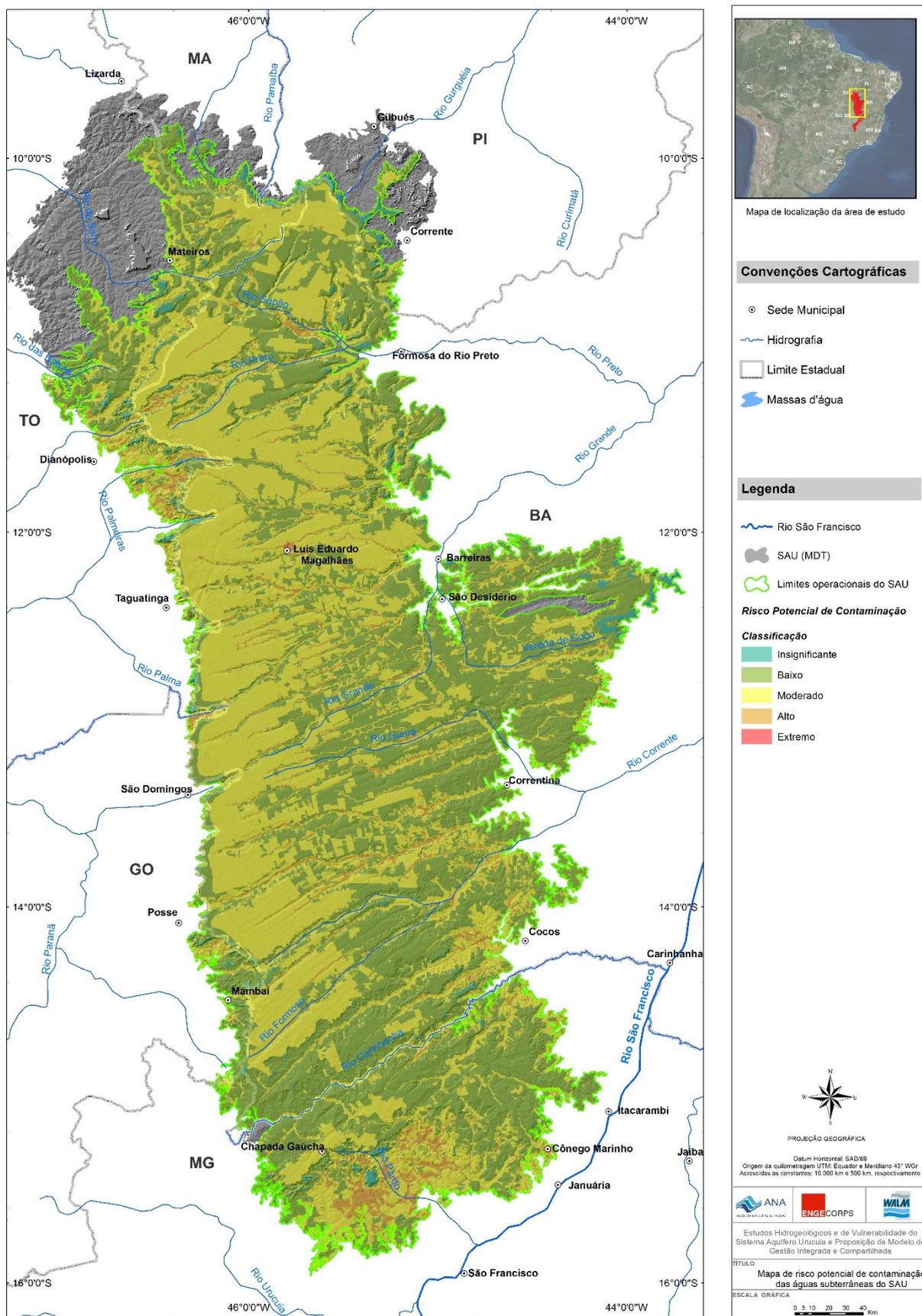
Para avaliação do risco de contaminação das águas dos aquíferos, o mapa de usos da terra e cobertura vegetal foi cruzado com os mapas de vulnerabilidade elaborados com base no método GOD, com três níveis de classificação variando entre baixo, médio e alto. A cada nível de classificação de vulnerabilidade foi associado um peso crescente, de modo que peso 1 significa baixa vulnerabilidade e peso 3 alta vulnerabilidade. O cruzamento entre os dois mapas produziu uma matriz com cinco níveis distintos de classificação de risco, com soma de pesos variando de 2 a 6 (**Quadro 5**).

MATRIZ DE ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DE RISCO

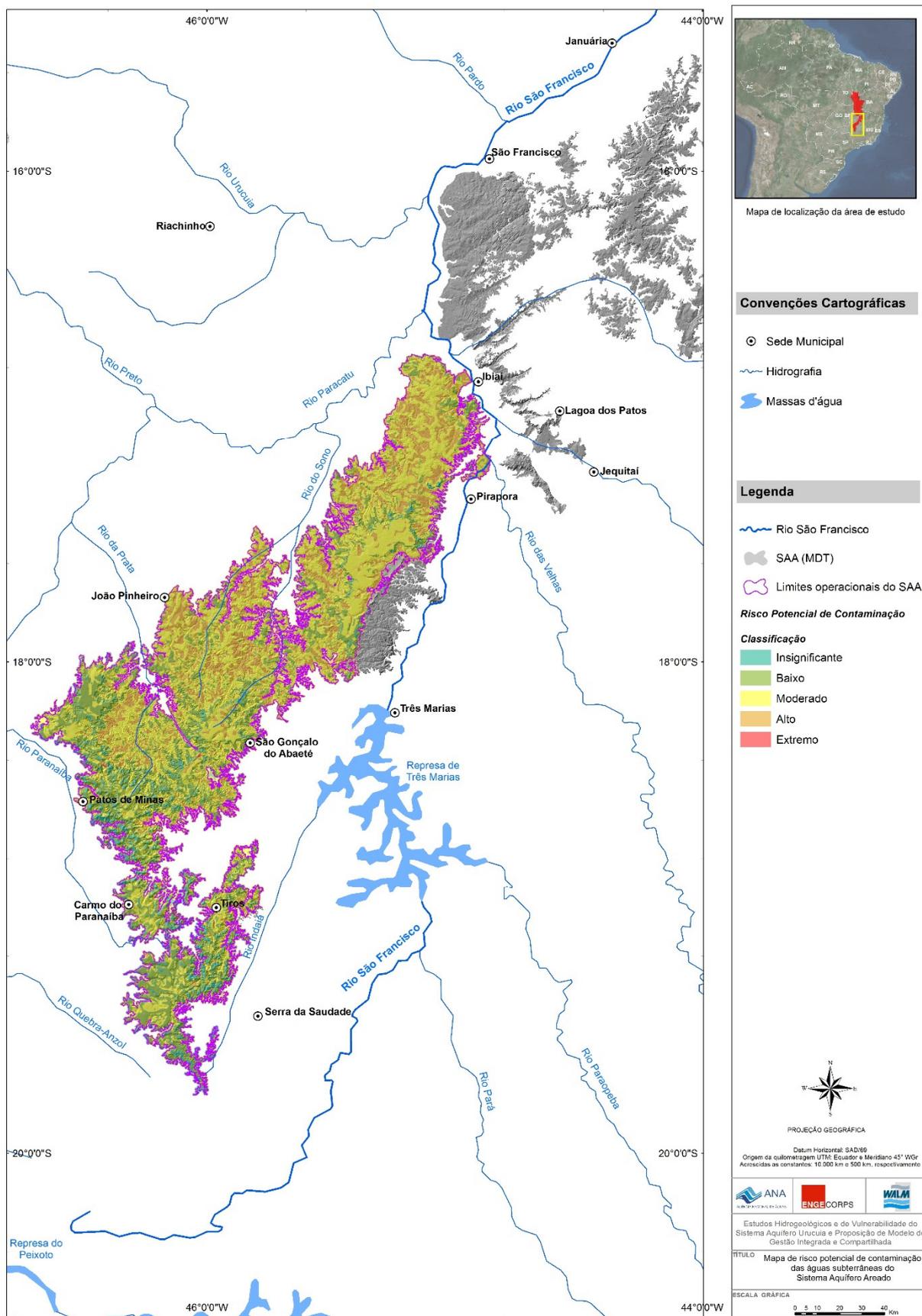
QUADRO 5

Matriz de análise					Classificação de Risco	
Uso do solo	Vulnerabilidade				2	Insignificante
		Peso 1	Peso 2	Peso 3	3	Baixo
	Peso 1	2	3	4	4	Moderado
	Peso 2	3	4	5	5	Alto
	Peso 3	4	5	6	6	Extremo

A cada uma das cinco classes de soma de peso da matriz de análise foi atribuída uma classificação qualitativa, como se segue: insignificante (2), baixo (3), moderado (4), alto (5) e extremo (6). Assim, a classe de risco extremo significa que ao terreno de alta vulnerabilidade natural está associada uma atividade de elevado potencial de contaminação das águas subterrâneas; por outro lado, a classe de risco insignificante mostra que ao terreno de baixa vulnerabilidade natural está associada uma atividade de baixo potencial de contaminação das águas subterrâneas. Os mapas de risco potencial de contaminação das águas subterrâneas (**Mapas 26 e 27**) mostram que 49% da área de ocorrência do SAU apresentam risco baixo e 47% risco moderado, enquanto 46% da área de ocorrência do SAA apresentam risco moderado e 31% risco baixo.



Mapa 26 – Mapa de risco potencial de contaminação das águas subterrâneas do SAU.



Mapa 27 – Mapa de risco potencial de contaminação das águas subterrâneas do SAA.



Estratégias de Manejo Sustentável dos Sistemas Aquíferos Uruçuia e Areado

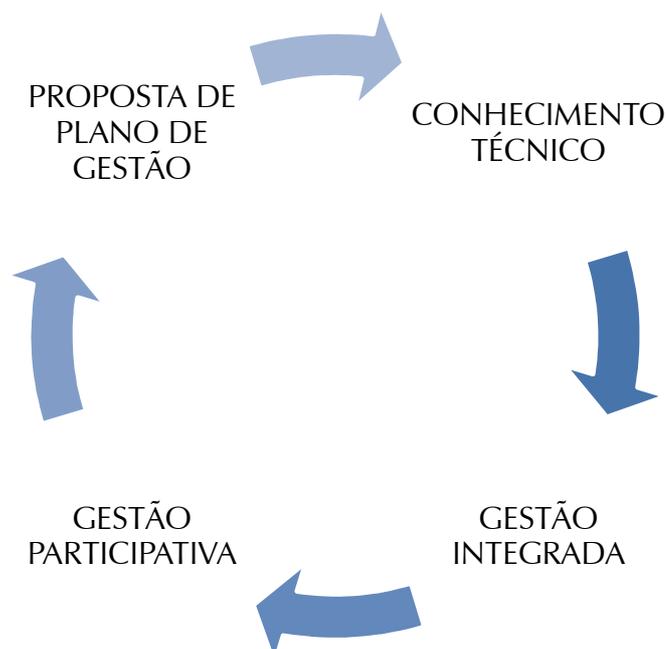


As estratégias de manejo sustentável das águas subterrâneas compreendem uma busca constante pela melhoria do conhecimento técnico, normas legais adequadas ao cenário, órgão regulador atuante, plano de ação, e a participação da sociedade.

O conhecimento técnico dos Sistemas Aquíferos Urucua e Areado foi atualizado nestes estudos com a utilização de várias ferramentas de avaliação

multidisciplinares com vistas a obtenção de uma visão integrada de sua dinâmica e interações com o meio físico. A atualização desse conhecimento fez-se fundamental para embasar as ações de gerenciamento dos recursos hídricos e deve ser encarada como uma atividade dinâmica nos estados.

Na presente abordagem a gestão dos recursos hídricos foi integrada à gestão ambiental e com a do uso do solo tendo em vista a importância da interação das políticas que tratam dos recursos naturais. A participação da sociedade foi contemplada por meio da realização seminários de gestão participativa com a apresentação dos resultados desses estudos à sociedade e recebendo contribuições/sugestões diversas nas ocasiões. Esse panorama embasou as propostas de planos no que tange às ações de gestão propriamente ditas.



Gestão Integrada

Do ponto de vista dos atores governamentais (União, Estados e Municípios), e não-governamentais, a conexão entre os sistemas de gestão de recursos hídricos, com o uso do solo, com a gestão ambiental e de saneamento básico é um modo de induzir a produção de resultados e possibilitar a mediação de conflitos de competências e interesses. Essa integração está prevista nas Diretrizes Gerais de ação da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Nº 9.433/1997), Art.3º, incisos III e V.

“Art. 3º Constituem diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos:

...

III - a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental

...

V - a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo”

Essa abordagem vem ao encontro da necessidade premente da região, tendo em vista que 38% da área total de abrangência dos sistemas aquíferos Urucua e Areado foi classificada como antrópica (usos agropecuários), segundo a classificação do uso e ocupação da terra. Como essa classificação foi efetuada com imagens Landsat atualizadas de 2011 esse índice atualmente pode ser maior, haja vista a franca expansão de áreas agricultáveis na fronteira política dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (MATOPIBA).



Os estados da Bahia e Minas Gerais apresentam os maiores índices dentre os seis estados abrangidos pelo SAU e SAA, com 45% e 37%, respectivamente, onde é predominante o uso agropecuário nas áreas de recarga desses sistemas aquíferos.

Adotando-se como base os resultados obtidos pelos trabalhos desenvolvidos no âmbito deste estudo, são propostas ações de cunho conservacionistas no que diz respeito ao manejo do solo,

dos recursos ambientais e das atividades potencialmente poluidoras. Atenção especial foi dedicada às áreas de proteção e planejamento, com vistas à sustentabilidade do ciclo hidrológico local e regional. Vale salientar que o enfoque gestão integrada no tange à interdependência entre as águas superficiais e subterrâneas será desenvolvido nas propostas de gestão dos sistemas aquíferos.

PROPOSTAS AÇÕES DE CUNHO CONSERVACIONISTAS

Integração da Gestão de Recursos Hídricos com a Gestão ambiental e dos Usos da Terra

- Constituição de consórcios intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos e do saneamento
- Práticas sustentáveis de uso e destinação de embalagens de defensivos agrícolas
- Monitoramento de reservas legais
- Utilização de tanques de combustíveis superficiais
- Adoção do Sistema de Plantio Direto

Proposição de Fortalecimento das Unidades de Conservação Ambiental

- Adotar nos Planos de Manejo das Unidades de Conservação ações voltadas a preservação dos mananciais

Propostas de Áreas de Controle e Proteção na Região do SAU e SAA

- Áreas de Restrição e Controle
- Áreas de proteção de aquíferos
- Perímetros de proteção de poços

Estratégias de Manejo para a Preservação de Áreas consideradas em desertificação

- Avaliar a viabilidade da aplicação da técnica de recarga artificial de aquíferos (direta e indireta) em estradas, casas, galpões, prédios públicos.

Gestão Participativa

A gestão participativa no âmbito deste estudo foi fundamental para fins de divulgação do conhecimento técnico e debate, com participação de diversos atores. Pesquisadores, técnicos dos órgãos gestores de recursos hídricos, prefeituras e representantes dos agricultores do oeste baiano e norte mineiro, assim como representantes de pequenos núcleos populacionais como as comunidades tradicionais foram partícipes nesse processo.

Essa atividade veio ao encontro do sexto Fundamento da Política Nacional de Recursos Hídricos que estabeleceu:

*Lei nº 9.433/1997: “Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos: ...VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e **contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.**”*

O debate com esses representantes referente à preservação dos mananciais subterrâneos, bem como o acesso da população à informação, traz relevantes benefícios, tais como o estímulo à organização e participação na busca das resoluções dos problemas vivenciados cotidianamente na gestão dos recursos hídricos, além de claramente adicionar o componente da mudança de atitudes e comportamentos, de maneira proativa, em favor de melhorias na qualidade de vida e reflexos positivos no meio ambiente.

No contexto ora apresentado, a gestão participativa foi desenvolvida neste estudo a partir da realização de três seminários, sediados na Bahia, Minas Gerais e Tocantins. No entanto, com vistas a considerar a integração regional, os estados que sediaram os seminários receberam como convidados os demais Estados vizinhos participantes dos estudos, o Piauí, Goiás e Maranhão, respectivamente. Os seminários contaram com a participação de 316 pessoas.

ENTIDADES E/OU SEGMENTOS REPRESENTADOS NOS EVENTOS

Poderes Públicos Municipais*	Comitês Gestores de Unidades de Conservação*
Instituições Não Governamentais	Lideranças comunitárias
Professores	Entidades de classe
Universidades	ONGs Ambientais
Comitês de Bacias Hidrográficas*	Órgãos ambientais municipais e estaduais*

*Todos da área de abrangência dos sistemas aquíferos

Segundo levantou-se dos seminários, a relação dos atores participantes com o uso das águas subterrâneas do SAU e SAA é estabelecida de formas diversas. Contudo, todos são alcançados pela forma como a gestão desses recursos é conduzida, bem como pela forma como são utilizados os recursos naturais da região.

As comunidades tradicionais e pequenos núcleos rurais apesar de não utilizarem o solo e a água de forma intensiva, haja vista viverem da agricultura familiar, experimentam pressões pelos impactos decorrentes da atividade agrícola intensiva na região, nos casos de degradação da qualidade e quantidade da água e degradação do solo, conforme relato apresentado pela ONG 10envolvimento.

Os grandes agricultores, por sua vez, sendo os maiores usuários, dos recursos naturais como um todo, segundo discutiu-se, devem procurar a viabilização de projetos ambientalmente sustentáveis, necessários para o desenvolvimento da região, para que esses recursos estejam disponíveis em quantidade e qualidade para garantia da manutenção de suas próprias atividades econômicas.



A oficina “A importância da recarga de aquíferos para o crescimento sustentável da agricultura irrigada”, realizada no XXIII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem (CONIRD), na cidade de Luís Eduardo Magalhães (BA), com a participação de técnicos da ANA, EMBRAPA, CPRM, SEMA BA e usuários, destacou práticas sustentáveis do usos do solo e dos aquíferos e a importância do monitoramento dos poços no SAU no âmbito da RIMAS – Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas,

conduzido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM):

- *Utilização de práticas conservacionistas para melhor disciplinar e favorecer a infiltração de água no solo, a exemplo de terraços, barragens superficiais ou subterrâneas, sistematização e drenagem de estradas vicinais com bacias de acumulação, práticas vegetativas integradas em sistemas conservacionistas de manejo do solo e da água.*
- *Adoção do Sistema Plantio Direto (SPD) com todos seus fundamentos e alternativas, perseguindo-se melhor qualidade e mais foco na retenção e infiltração das águas. A recarga dos aquíferos depende diretamente da gestão da propriedade rural como um todo, conciliando-se o uso de sistemas conservacionistas de manejo do solo e água, em especial de terraceamento e seus complementos, como bacias de contenção das águas.*
- *O entendimento dos sistemas hídricos, a discussão do que ocorre no campo, o conhecimento dos trabalhos em execução, dos desafios e problemas existentes e dos avanços com boas práticas conservacionistas, mecânicas e vegetativas, foi fundamental para que os participantes descortinassem os melhores caminhos para o empreendedorismo com base na agricultura irrigada.*



PROPOSTA DO PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL - PEA

OBJETIVO PRINCIPAL

Ampliar o conhecimento do público sobre os aquíferos, por meio da disseminação do conhecimento técnico deste estudo, com vistas a viabilizar iniciativas de educação ambiental que repercutam na conservação do recurso hídrico por meio de uma mudança de comportamento da população, políticas públicas e iniciativas privadas.

4

ANOS (DURAÇÃO EXPERIMENTAL)
EDUCAÇÃO FORMAL E NÃO-FORMAL



EQUIPE MULTIDISCIPLINAR

PROPOSTAS



✓ Produção e edição de material informativo consolidando os principais resultados do estudo desenvolvido pela ANA



✓ Produção e edição de uma cartilha pedagógica, com linguagem acessível



✓ Inserção de spots de rádio, TV e redes sociais, com informações sobre os aquíferos estudados



✓ Seminários de divulgação dos resultados dos estudos do SAU e SAA

✓ Oficinas de Educação Ambiental para capacitação de educadores

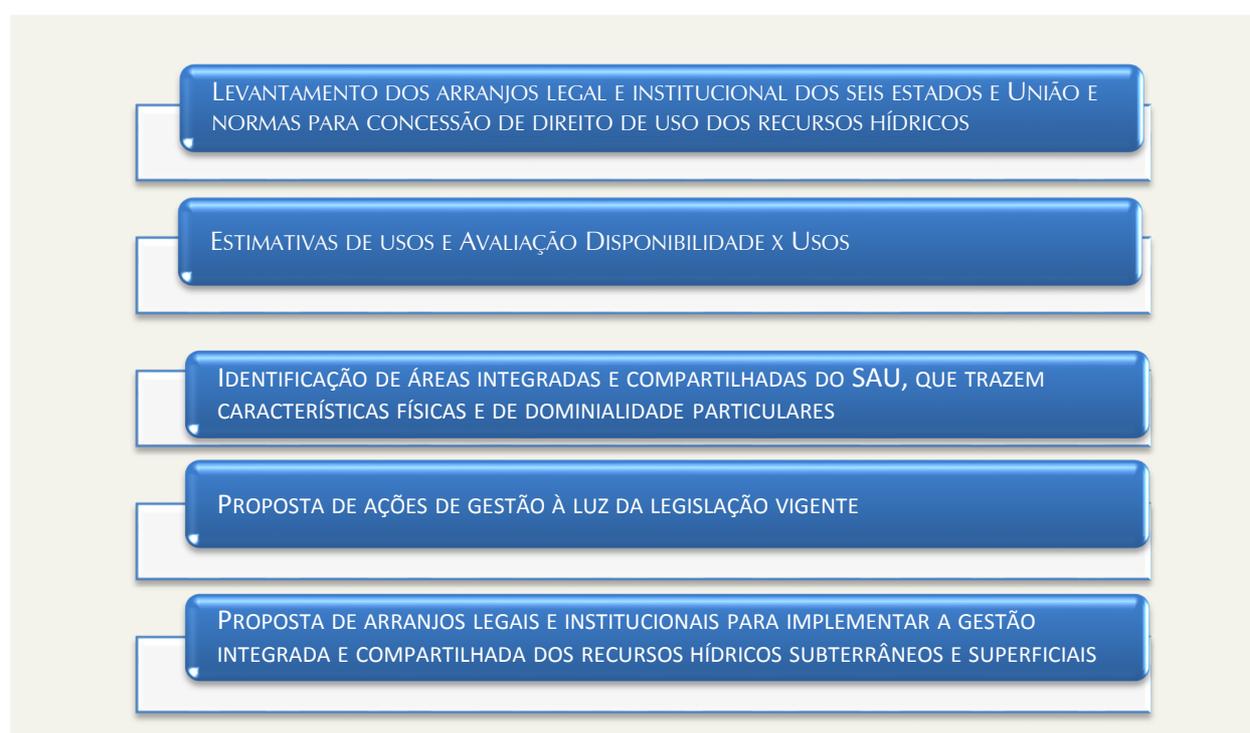
PROPOSTA DE PLANO DE GESTÃO INTEGRADA E COMPARTILHADA DO SAU E SAA

Um dos principais desafios discutidos para a gestão de recursos hídricos integrados e compartilhados refere-se a interdependência existente entre escoamento de base (aquíferos) afluentes, seus receptores e as diferentes dominialidades dos corpos hídricos pelos vários entes federados envolvidos. Essa discussão, usualmente, é restrita aos recursos hídricos superficiais e para as regiões de transição de dominialidade, onde se busca estabelecer requisitos de vazões mínimas (“vazões de entrega”) por meio de Marcos Regulatórios dos Usos da Água.

Há de se considerar, contudo, que as vazões mínimas nada mais são do que a exsudação da água subterrânea para os rios; assim como correspondem às vazões de referência utilizadas para as outorgas de águas superficiais. De um modo geral, a gestão de recursos hídricos hoje implementada nos estados e pela ANA não leva em conta essa interação no instrumento de outorga tampouco nos marcos regulatórios.

Deste modo, a proposta de Plano de Gestão Integrada e Compartilhada a ser apresentada para o Sistema Aquífero Urucuaia e de Gestão Integrada para o SAA, vem ao encontro da necessidade de embutir na gestão de recursos hídricos da região uma característica intrínseca no ciclo hidrológico e tão evidente na região do SAU - a interdependência entre as águas subterrâneas e superficiais.

PONTOS PRINCIPAIS DAS PROPOSTAS DE PLANO DE GESTÃO SAU E SAA



Embasamento Legal e Institucional

No âmbito da Política Nacional de Recursos Hídricos, o art. 4º da Lei nº 9.433/97 dispõe que **a União articular-se-á com os Estados tendo em vista o gerenciamento dos recursos hídricos de interesse comum**, que podem ser apontados como aqueles corpos hídricos que, localizados em uma mesma bacia hidrográfica, ou que extrapole uma bacia, são objeto da uso, guarda e proteção dos diversos órgãos e entidades envolvidos. A gestão integrada e compartilhada do SAU está plenamente contemplada nessa diretriz da lei das águas.

No campo das normas infra legais, as resoluções CNRH Nº 15/2001, 16/2001 e 22/2002 municiam os integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGERH, com orientações complementares às da Lei das Águas, acerca da gestão integrada e das águas subterrâneas. Na resolução CNRH Nº 15, em seus Arts. 2º, 3º e 5º orienta que na implementação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos deverão ser incorporadas **medidas que assegurem a promoção da gestão integrada das águas superficiais, subterrâneas e meteóricas**.

*Resolução CNRH Nº 15/2001. “Art. 5º No caso dos **aquíferos transfronteiriços ou subjacentes a duas ou mais Unidades da Federação**, o SINGREH promoverá a integração dos diversos órgãos dos governos federal, estaduais e do Distrito Federal, que têm competências no gerenciamento de águas subterrâneas.”*

Já a Resolução CNRH Nº 16/2001, em seu Art. 1, §4º indica que na análise dos pleitos de **outorga** deverá **considerar a interdependência das águas superficiais e subterrâneas**, reforçando mais uma vez a necessidade de uma abordagem holística e sistêmica na gestão de recursos hídricos, passando a todos os instrumentos de gestão.

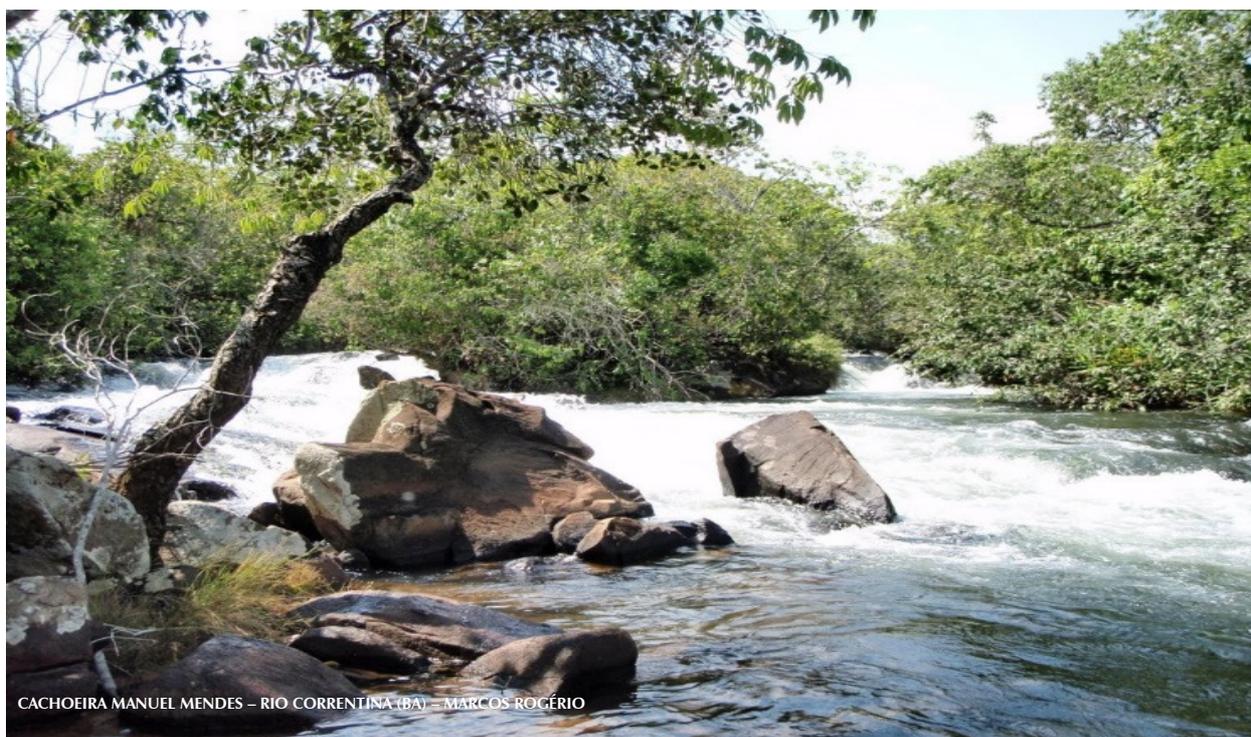
Na Resolução CNRH Nº 22/2002, por sua vez, estabelece que os Planos de Recursos Hídricos devem **promover a caracterização dos aquíferos e definir as inter-relações de cada aquífero com os demais corpos hídricos superficiais e subterrâneos e com o meio ambiente, visando à gestão sistêmica, integrada e participativa das águas**.

Nesse contexto, o CNRH continuamente municia os gestores com normas orientativas. Atualmente, discute-se uma resolução sobre diretrizes para a gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos e a articulação entre a União e os Estados e o Distrito Federal com vistas ao fortalecimento dessa gestão.

De todo modo, os seis estados que compartilham o SAU e a União já dispõem de normativas legais e arranjo institucionais próprios na implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos. No caso dos estados, todos abrangidos pelo SAU têm o instrumento de outorga implementado, mas a característica comum, na prática, é a ausência de integração entre as outorgas superficiais e subterrâneas. Embora em alguns estados como a Bahia, Goiás, e Maranhão as normas tenham previsão legal da integração e compartilhamento (Goiás, Piauí, Maranhão), na prática não se aplica.

SÍNTESE DAS INFORMAÇÕES SOBRE AS NORMAS DE GESTÃO EM CADA ESTADO ABRANGIDO PELO SAU E UNIÃO

Estado	Política de Recursos Hídricos	Regulamentação da outorga	VR* (Qref.)	VMO* Coletivo	VMO* Individual	Vazão Ecológica ou remanescente	Crítérios de outorga para águas subterrâneas	Prazo máximo outorga subterrânea	Dispensa de outorga (Águas subterrâneas)	Licença de perfuração
MA	Lei nº 8.149/04	Decreto nº 27.845/2011	Q ₉₀	20%	-	80%	Q nominal de teste do poço e capacidade de recarga do aquífero	Empreendimentos: 6 anos (consumo humano ou dessedentação animal); 3 anos (outras finalidades ou usos diversos). Máximo: 35 anos	- Consumo humano e dessedentação animal (Peq. núcleos popul. meio rural); < 2,5 m ³ /dia; poços pesquisa/monitoramento - poços escavados	Autorização de perfuração de poço tubular
PI	Lei nº 5165/00	Resolução CERH nº 004/2005	Q ₉₅	80%	25% Q ₉₅	20%	50% da vazão do teste de bombeamento	30 anos (concessão) 4 anos (autorização)	< 2 m ³ /h, poço de pesquisa ou núcleo rural com ≤600ha	
TO	Lei nº 1.307/02	Decreto nº 2.432 de 06/2005.	Q ₉₀	75%	25% Q ₉₀	25%	Estudos hidrogeológicos/ Informações sobre poços	35 anos (abast. público) 5 anos	< 1 l/s (3,6 m ³ /h)	Anuência prévia Máx 180 dias
BA	Lei nº 10.432/06	Decreto Estadual 6.296/97	Q ₉₀	80%	20% Q ₉₀	20%	Distância entre poços e entre poços e rios na região do SAU SAU (IN nº15/2011)	30 anos	≤0,5 l/s (1,8 m ³ /h)	
GO	Lei nº 13.123/97	Resolução CERH nº 09/2005. Alterada pela CERH Nº11/2007	Q ₉₅	50%	-	-	- Potencialidades - Vazão (bombeamento) - Demanda/24 hs bombeamento - Concentração de poços	12 anos (concessões) 6 anos (autorização)	- 1 l/s (3,6 m ³ /h); - Peq. núcleos popul. (meio rural); Captações insignificantes (Planos de Bacia)	Declaração de Disponibilidade Hídrica Subterrânea
MG	Lei nº 13.199/99	Portaria IGAM nº 49/2010	Q _{7,10}	30%		70%	-	35 anos (concessões) 5 anos (autorizações)	- poços manuais, surgências e cisternas; 10 m ³ /dia (0,41 m ³ /h)	Autorização Perfuração de poços (6 meses)
União	Lei nº9.433/ 97		Q ₉₅ SAZONAL	70%		30%	-	-	-	-



CACHOEIRA MANUEL MENDES – RIO CORRENTINA (BA) – MARCOS ROGÉRIO

Estimativa de Usos

- ✓ **Usos das águas subterrâneas:** cadastro consolidado (interseção dos dados de usuários regularizados do Relatório Conjuntura de Recursos Hídricos + dados de usuários regularizados disponíveis no CNARH/SNIRH² + estimativa de uso com base nos poços cadastrados neste estudo e aqueles disponíveis no SIAGAS/CPRM³).
- ✓ **Usos das águas superficiais:** dados de usuários regularizados do Relatório Conjuntura de Recursos Hídricos + dados de usuários regularizados pela ANA nos rios Carinhanha e Itaguari (**Mapa 28**).

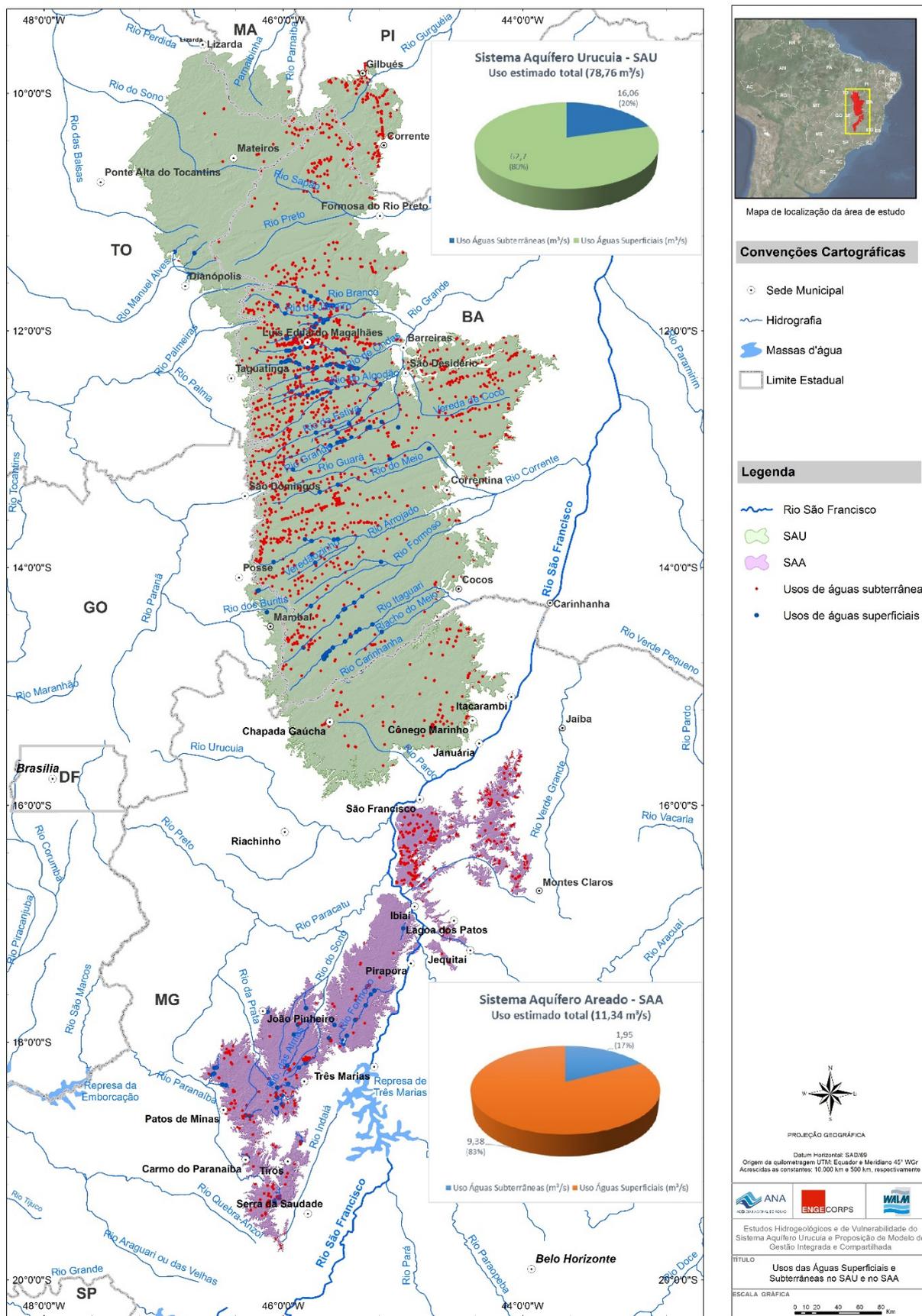
ESTIMATIVA DE USOS DOS SISTEMAS AQUÍFEROS URUCUIA E AREADO

	ÁGUAS SUBTERRÂNEAS			ÁGUAS SUPERFICIAIS			Uso Total (m ³ /s)
	Nº de poços	Uso Águas Subterrâneas (m ³ /h)	Uso Águas Subterrâneas (m ³ /s)	Nº de usuários regularizados	Uso Águas Superficiais (m ³ /h)	Uso Águas Superficiais (m ³ /s)	
SAU	2.118	57.828,6	16,06	189	225.720	62,7	78,76
SAA	717	7.042,2	1,95	42	33.768	9,38	11,34
TOTAL	2.835 poços	64.870,8 m³/h	18,01 m³/s	231 usuários	259.488 m³/h	72,08 m³/s	90,10 m³/s

Embora haja nesse levantamento um número maior de poços do que usuários das águas superficiais, as vazões de retirada das águas superficiais ultrapassam as dos reservatórios subterrâneos. Isto se deve principalmente porque as águas superficiais são mais facilmente acessíveis e mais comumente utilizadas na irrigação, atividade comum na região e que utiliza grandes volumes de água.

² Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos/ANA.

³ Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil.



Mapa 28 – Usos das águas superficiais e subterrâneas no SAU e no SAA.

Disponibilidade versus Usos

Confrontou-se a disponibilidade calculada para cada sistema aquífero (Reserva Potencial Explotável - RPE), segundo a área operacional de cada sistema aquífero, com os usos de águas subterrâneas.

DISPONIBILIDADE SUBTERRÂNEA (RPE) - USOS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

	Disponibilidade RPE (Km ³ /ano)	Disponibilidade RPE (m ³ /h)	Disponibilidade RPE (m ³ /s)	Uso Subterrâneo (m ³ /h)	Uso Subterrâneo (m ³ /s)	Saldo ¹ (m ³ /h)	Saldo ¹ (m ³ /s)
SAU	4,84	552.511,42	153,48	57.828,60	16,06	494.682,82	137,41
SAA	1,37	156.392,69	43,44	7.042,20	1,96	149.350,49	41,49

Disponibilidade (Reserva Potencial Explotável - RPE, Volume 2 Relatório Final): SAU = 4,84 Km³/ano SAA = 1,37 Km³/ano ¹Saldo: Disponibilidade – Usos Águas Subterrâneas

Vale ressaltar, todavia, que embora as estimativas apresentem saldos relativamente confortáveis, os dados utilizados para composição final apresentam uma defasagem da realidade, já que os cadastros não contemplam 100% dos usuários da região. Outra ressalva importante é que o saldo não é uniformemente distribuído nas bacias hidrográficas.

Estimativa semelhante foi efetuada em cada sub-bacia. Observou-se cenários semelhantes na maioria das sub-bacias, contudo destaca-se a sub-bacia do Alto Rio Grande que tem cerca de 28% de sua disponibilidade “comprometida” com os usos estimados.

DISPONIBILIDADE SUBTERRÂNEA (RPE) - USOS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR SUB-BACIA (SAU)

Rio	RPE (m ³ /s)	Usos Águas Subterrâneas (m ³ /s)	Saldo (RPE-Usos) (m ³ /s)	% Disponibilidade
Preto/Médio Baixo Grande	17,8	0,31	17,5	1,74
Alto Grande	33,0	9,21	23,8	27,91
Corrente	34,8	2,54	32,3	7,30
Carinhanha	21,4	0,81	20,6	3,79
Coxá	2,2	0,05	2,2	2,27
Pandeiros	4,00	0,06	3,94	1,50

Ações de Gestão Integrada e Compartilhada do SAU

Para fins de efetiva implementação da gestão integrada e compartilhada do SAU propõe-se algumas ações baseadas no conhecimento técnico atualizado e nas características regionais e locais verificadas

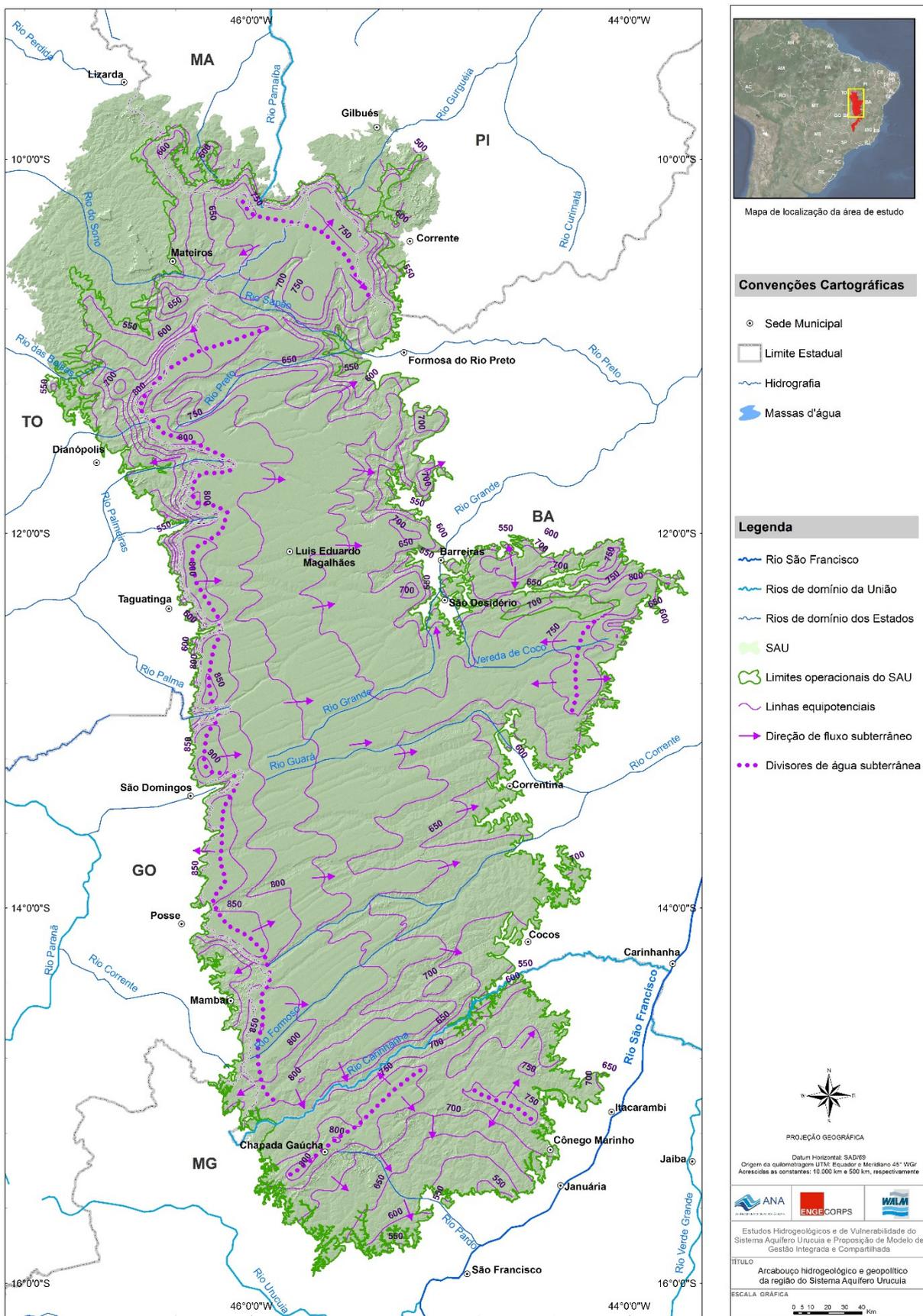


➤ **DEFINIÇÃO DE ÁREAS INTEGRADAS E COMPARTILHADAS DO SAU**

A definição de áreas integradas e compartilhadas do SAU baseou-se em suas características intrínsecas, em função dos intercâmbios de fluxos (subterrâneo/superficiais), dominialidade dos corpos hídricos e áreas compartilhadas do SAU entre os estados. As águas subterrâneas do Sistema Aquífero Urucua compreendem dominialidade estadual nos seis estados que o abrangem, enquanto as águas superficiais incluem rios de dominialidade tanto estaduais como da União (Carinhanha), dependentes do escoamento de base do SAU (**Mapa 29**).

Ademais, em função dos divisores hidrogeológicos de fluxo, os rios estaduais efluentes do SAU na região do oeste baiano são afluentes diretos do rio São Francisco; e no limite oeste do SAU as águas subterrâneas do SAU também alimentam os rios estaduais afluentes da margem direita do rio Tocantins.

Esse caráter compartilhado e interestadual da dinâmica de fluxo hídrico na região em estudo, no atual estágio do seu conhecimento, faz dessa "delimitação" uma estratégia importante para a transição entre o conteúdo eminentemente técnico e a gestão. Ou seja, a delimitação é aqui assumida como a espacialização referencial dos principais parâmetros de controle da quantidade e qualidade do aquífero. A definição das áreas integradas e compartilhadas do SAU compreendem as "**Áreas Integradas no SAU**" e as "**Áreas Integradas e Compartilhadas no SAU**".



Mapa 29 – Arcabouço hidrogeológico e geopolítico da região do Sistema Aquífero Urucuia.

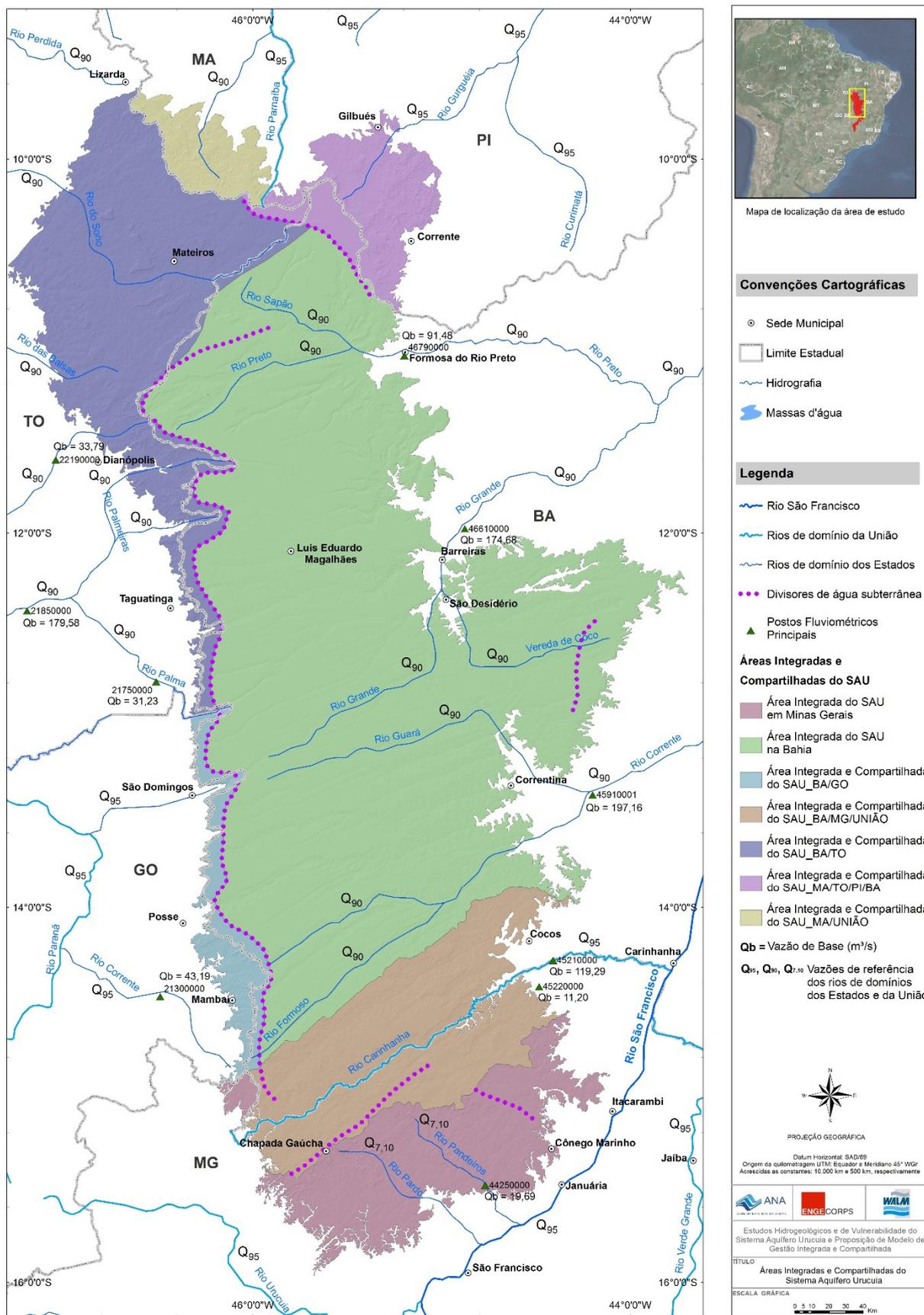
ÁREAS INTEGRADAS E COMPARTILHADAS DO SAU NOS ESTADOS

UNIDADE	ESTADOS	ÁREA (Km ²)	% EM RELAÇÃO À ÁREA DO URUCUIA (126.539 Km ²)
Área Integrada do SAU na Bahia	BA	69.847	55%
Área Integrada do SAU em Minas Gerais	MG	10.884	9%
Área Integrada e Compartilhada do SAU_MA/TO/PI/BA	MA/PI/TO/BA	5.643	4%
Área Integrada e Compartilhada do SAU_BA/TO	BA/TO	20.370	16%
Área Integrada e Compartilhada do SAU_MA/UNIÃO	MA/UNIÃO	2.710	2%
Área Integrada e Compartilhada do SAU_BA/GO	BA/GO	3.394	3%
Área Integrada e Compartilhada do SAU_BA/MG/UNIÃO	BA/MG/UNIÃO	13.691	11%
Total		126.539	100%

O **Mapa 30** exibe a definição das áreas integradas e compartilhadas do SAU propostas com base na dinâmica de fluxo e compartilhamento do SAU entre os estados, as diferentes vazões de referências utilizadas para emissão das outorgas superficiais pelos estados e pela União, assim como as vazões de base calculadas das estações fluviométricas para os principais rios.

Diferentes vazões mínimas são adotadas como vazões de referências para emissão das outorgas de águas superficiais. Adotam a Q_{90} os estados do Maranhão, Tocantins e Bahia; a Q_{95} os estados do Piauí, Goiás e a União; enquanto o estado de Minas Gerais adota a $Q_{7,10}$ como vazão de referência. Porém, todas são mantidas pela contribuição subterrânea.





Mapa 30 – Áreas Integradas e Compartilhadas do Sistema Aquífero Urucuia.

➤ **COMISSÕES INTERESTADUAIS, GRUPO GESTOR E RESOLUÇÃO CONJUNTA**

Para fins de se estabelecer um diálogo técnico constante acerca da gestão integrada e compartilhada do SAU sugere-se a criação de Comissões Interestaduais do Sistema Aquífero Urucuaia e um Grupo Gestor. Essa sugestão converge para o objetivo de garantir que as decisões dos Estados e União sejam convergentes, visando o uso sustentável do Sistema Aquífero Urucuaia, seja enquanto captação direta nesse sistema ou na forma de contribuição de fluxo de base para rios de domínios estadual e federal.

As **Comissões Interestaduais** seriam de caráter consultivo, cabendo-lhes avaliar as ações de implementação da gestão integrada e compartilhada do SAU na sua esfera de atuação; assegurar o intercâmbio entre os órgãos gestores estaduais representados; e, proceder a articulação institucional no âmbito dos sistemas de gestão de recursos hídricos e meio ambiente para implementação da proposta. Propõe-se que sejam instituídas mediante a indicação de titulares e suplentes, de seu órgão ou entidade responsável pela gestão e controle dos recursos hídricos de domínio estadual e por um representante de cada Comitê da Bacia constituído na área de atuação da Comissão.

- I - Comissão da Área Integrada e Compartilhada do SAU_BA/TO
- II - Comissão da Área Integrada e Compartilhada do SAU_MA/TO/PI/BA
- III - Comissão da Área Integrada e Compartilhada do SAU_MA/UNIÃO
- IV - Comissão da Área Integrada e Compartilhada do SAU_BA/GO
- V - Comissão da Área Integrada e Compartilhada do SAU_BA/MG/UNIÃO



As Comissões estariam aos sistemas estaduais de gerenciamento de recursos hídricos dos Estados e formadas por representantes dos órgãos e entidades estaduais e da União, gestoras de recursos hídricos, e teriam como atribuições aquelas delineadas na Resolução Conjunta.

O **Grupo Gestor**, por sua vez, seria formado pelo conjunto das Comissões Interestaduais, responsável pela avaliação da implementação da Resolução Conjunta e, principalmente pela troca de experiências entre as Comissões Interestaduais.

Para fins de nortear a implementação da gestão integrada e compartilhada do SAU propõe-se uma minuta de proposta de **Resolução Conjunta** a ser firmada entre os seis estados abrangidos pelo SAU e a União. A minuta abrange a oficialização das áreas integradas e compartilhadas, as comissões interestaduais e grupo Gestor e algumas medidas de acordo de preservação do SAU.

➤ INSTRUMENTOS INTEGRADOS

Para fins de implementação da gestão integrada e compartilhada de recursos hídricos na região do SAU entende-se que a gestão dos recursos hídricos deve ser capaz de equacionar o problema de demanda de água e a sua oferta através de procedimentos/instrumentos integrados de administração e planejamento.

Sob o aspecto legal, considerando a competência dos Estados e da União, a forma de buscar a harmonização do gerenciamento desses recursos consiste em um acordo a ser estabelecido entre os entes envolvidos, por intermédio das Comissões Interestaduais, no que se refere à implementação dos instrumentos de gestão e, sobretudo, à fixação conjunta de medidas de proteção do sistema aquífero nessas áreas.

Considerando assim que a gestão integrada e compartilhada no SAU parte da diretriz básica da integração entre a água superficial e subterrânea e do compartilhamento do aquífero por dois ou mais estados, quando da prática da adoção dos instrumentos da Política deve-se partir do pressuposto de que, em termos de disponibilidade hídrica, a recomendação é que não se deve adotar uma disponibilidade hídrica superficial e outra subterrânea, mas uma disponibilidade hídrica que utilize um balanço hídrico integrado.

Planos de Recursos Hídricos	Outorga de direitos de uso de recursos hídricos	Sistema de informação (SIGSAU)	Cobrança	Proposta de rede de monitoramento integrado
<ul style="list-style-type: none"> • Caracterização espacial; • Estimativa da contribuição da vazão de base ao escoamento superficial, no balanço hídrico; • Estimativa de recargas e descargas; • Estimativas das reservas explotáveis, renováveis e permanentes; • Caracterização físico-química e biológica das águas subterrâneas; • Propostas de medidas de usos e proteção dos aquíferos • Estimativa de volumes explotados; • Relação demanda x disponibilidade; • Levantamento de fontes de poluição; • Características e usos do solo; e, • Proposta de rede de monitoramento integrada de águas superficiais e subterrâneas 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisão das vazões de referência estabelecidas pelos estados e União para os rios avaliados neste estudo • Considerar o balanço hídrico integrado e disponibilidade hídrica integrada • Pactuação de exigências mínimas ao usuário nos procedimentos de outorgas de águas subterrâneas (No mínimo: o perfil construtivo do poço, o perfil geológico, teste de bombeamento com interpretação, análises químicas e bacteriológicas); Grandes usuários (acima de 100 m³/h): além do mínimo, perfilagens geofísicas, instalação de poços de monitoramento) 	<ul style="list-style-type: none"> • Agregar o SIGSAU aos sistemas de informações estaduais e alimentá-lo 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar a cobrança • A implantação da cobrança deverá ser precedida de estudos que considerem o Plano de Gestão Integrada, os quais servirão de base para as deliberações dos Comitês de Bacia Hidrográfica envolvidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Proposta de novos pontos de monitoramento integrado (chuva, vazão e níveis potenciométricos) no SAU e no SAA

No que se refere ao SAA a proposta de gestão de recursos hídricos difere da do SAU em virtude de que esse abrange apenas o estado de Minas Gerais, fato pelo qual não contempla no escopo da proposta o compartilhamento desse aquífero com outro ente federativo.

A diretriz básica inicial utilizada para elaboração desta proposta consiste no entendimento da **necessidade da integração da gestão entre a água superficial e subterrânea na gestão de recursos hídricos**.

Considerações Finais



Nas estratégias de manejo sustentável das águas subterrâneas do SAU e SAA discutiu-se a importância da Gestão Participativa e Integrada no processo de gestão dos recursos hídricos.

A apresentação dos planos de gestão desses Sistemas Aquíferos culminou como produto final deste estudo, os quais foram embasados no conhecimento técnico atualizado do meio físico e embasamento legal. O conhecimento das reservas hídricas subterrâneas, disponibilidades hídricas, comportamento hidrogeológico, da relação aquífero-rio e a avaliação da qualidade da água foram bases técnicas fundamentais para orientar as estratégias para um manejo sustentável dos recursos hídricos na região.

No que tange à gestão integrada considerou-se inicialmente a integração indispensável entre a gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental e com a do uso do solo, levando em consideração que o manejo da terra é parâmetro preponderante sobre a qualidade e quantidade das águas, especialmente no contexto do meio físico da região estudada, haja vista se tratar de aquíferos livres, com extensa área de recarga e importante interação com os corpos d'água superficiais. Em vista disso, sugeriu-se a adoção de práticas conservacionistas importantes para sustentabilidade ambiental e econômica da região.

A relação de interdependência das águas superficiais e subterrâneas também foi imprescindível nas propostas de gestão dos sistemas aquíferos Urucua e Areado, tendo em vista que a contribuição do SAU chega a percentuais da ordem de 80% da vazão do rio São Francisco no período de estiagem. Nessas propostas foram ainda abordados os aspectos legais e institucionais vigentes nos seis estados abrangidos pelos estudos e União, bem como a proposta de ações e arranjos que visam melhorar ou implementar um diálogo entre os entes que compartilham o Sistema Aquífero Urucua ou são alcançados de maneira natural pelo manejo conduzido na sua área ocorrência.

Assim, as propostas do *Plano de Gestão Integrada e Compartilhada do SAU* e do *Plano de Gestão Integrada do SAA* representam um esboço inicial de ações a serem discutidas entre os estados abrangidos por esses sistemas aquíferos e pela União. Diante do exposto anteriormente recomenda-se, como *ponto de partida* para o início das discussões visando à implementação da Gestão Integrada e Compartilhada:

- (i) A apropriação, por parte dos órgãos gestores representantes dos Estados partícipes, de todas as informações técnicas geradas no âmbito do presente estudo
- (ii) A incorporação dos bancos de dados e das informações do Sistema de Informações Geográficas dos estudos (SIGSAU) aos sistemas de informações estaduais sobre Recursos Hídricos (aqueles que dispõem);
- (iii) A capacitação específica dos técnicos que se envolverão nesta gestão inicial em técnicas de geoprocessamento, de tal forma poderem incorporar as informações e manipular, com autonomia, os dados gerados neste projeto;
- (iv) Viabilizar os encaminhamentos políticos com vistas a avaliação as propostas de gestão apresentadas. E discutir sobre a formação do *Grupo Gestor* e *Comissões Interestaduais*, e proposta de *Resolução Conjunta*.



CONSORCIO



MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE

