

ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS E DE VULNERABILIDADE DO SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA

PROPOSIÇÃO DE MODELO DE GESTÃO
INTEGRADA E COMPARTILHADA

RELATÓRIO FINAL

**VOLUME 3 | ESTRATÉGIAS DE MANEJO SUSTENTÁVEL DOS SISTEMAS
AQUÍFEROS URUCUIA E AREADO E CONCLUSÕES**

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

Fabício 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**

RELATÓRIO FINAL

***VOLUME 3 - ESTRATÉGIAS DE MANEJO SUSTENTÁVEL
DOS SISTEMAS AQUÍFEROS URUCUIA E AREADO E
CONCLUSÕES***

© 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 Urucuia)
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 Andrezza	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 Urucuia e proposição de modelo de gestão integrada compartilhada : volume 3 – estratégias de manejo sustentável dos Sistemas aquíferos Urucuia e Areado e conclusões : relatório final / Agência Nacional de Águas ; Elaboração e Execução: Consórcio Engecorps - Walm. -- Brasília : ANA, 2017.

139 p. il.
Vol. 3
3 v.

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

CDU 556.33

APRESENTAÇÃO

O **Relatório Final** dos *Estudos Hidrogeológicos e de Vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucuia e Proposição de Modelo de Gestão Integrada e Compartilhada* apresenta os resultados dos trabalhos desenvolvidos no âmbito do Contrato nº 015/ANA/2011, adjudicado pela Agência Nacional de Águas – ANA – ao Consórcio ENGEORPS♦WALM, em maio de 2011.

Trata da consolidação dos estudos realizados, apresentados nos nove Relatórios Parciais, além de algumas notas técnicas elaboradas sobre temas específicos, definidos pelos Termos de Referência, este elaborado em conjunto pela Agência Nacional de Águas e os seis estados abrangidos pelo Sistema Aquífero Urucuia (SAU) (**Bahia, Minas Gerais, Goiás, Tocantins, Piauí e Maranhão**), os quais orientaram o desenvolvimento dos trabalhos.

Os estudos realizados contemplaram a execução de cinco grandes etapas metodológicas - com conteúdo descrito resumidamente a seguir - na área de 142.061 Km² apresentada nos termos de referência, considerada naquele documento orientador como o Sistema Aquífero Urucuia-Areado, que abrangia as áreas correspondentes às rochas dos Grupos Urucuia e Areado, incluindo territórios dos estados de Minas Gerais, Bahia, Goiás, Tocantins, Maranhão e Piauí. Com o desenvolvimento dos estudos foram reconsiderados os limites, de tal forma que a área total passou a ter 149.077 Km², e propôs-se dividir as unidades em Sistema Aquífero Urucuia (SAU) e Sistema Aquífero Areado (SAA) com embasamento técnico, onde esse último termo será apresentado de forma separada neste trabalho (Figura 1).

- ✓ **Etapas I - Mobilização e Consolidação do Plano de Trabalho:** dedicada à realização de atividades necessárias para dar início aos trabalhos e à coleta de dados disponíveis sobre o SAU e o SAA, além de reunião para apresentação da equipe, definição de diretrizes e procedimentos para desenvolvimento dos trabalhos;
- ✓ **Etapas II - Estado da Arte: Hidrogeologia, Geomorfologia, Geologia, Hidrologia, Hidrogeoquímica e Uso e Ocupação do Solo:** realização de um amplo levantamento de dados secundários, visando à obtenção do estado da arte dos aspectos de interesse à caracterização dos aquíferos Urucuia e Areado, a saber: hidrogeologia, geomorfologia, geologia, hidrologia, hidrogeoquímica e uso e ocupação do solo;
- ✓ **Etapas III - Levantamento Geológico, Geomorfológico, de Solo, de Vegetação, Hidrológico, de Uso e Ocupação do Solo, de Ensaio de Infiltração, de Dimensões e Condições de Contorno dos Aquíferos e Levantamento Hidrogeológico:** realização dos levantamentos de campo programados com base nas fases antecedentes (Etapas I e II);
- ✓ **Etapas IV - Avaliação Hidrogeológica e Avaliações de Ocupação e Uso do Solo, Hidrogeoquímica, Vulnerabilidade e Riscos de Contaminação do SAU:** contemplou 12 atividades, com o objetivo de realizar a interpretação dos resultados dos levantamentos de campo obtidos na Etapa III, à luz da bibliografia disponível; e

- ✓ **Etapa V - Estratégias de Manejo Sustentável das Águas Subterrâneas dos Sistemas Aquíferos Urucuia (SAU) e Areado (SAA):** constituiu a consolidação do trabalho, consubstanciada na elaboração de uma base de dados em ambiente SIG para consulta às informações geradas de modo a subsidiar a proposta do plano de gestão integrada e compartilhada dos aquíferos entre os Estados.

Esses estudos foram acompanhados por uma comissão (Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização – CTAF) de técnicos, representantes indicados pelos estados abrangidos pelos Sistemas Aquíferos. A Comissão procedeu o acompanhamento e avaliação de todas as fases dos estudos, juntamente com representantes da Agência Nacional de Águas.

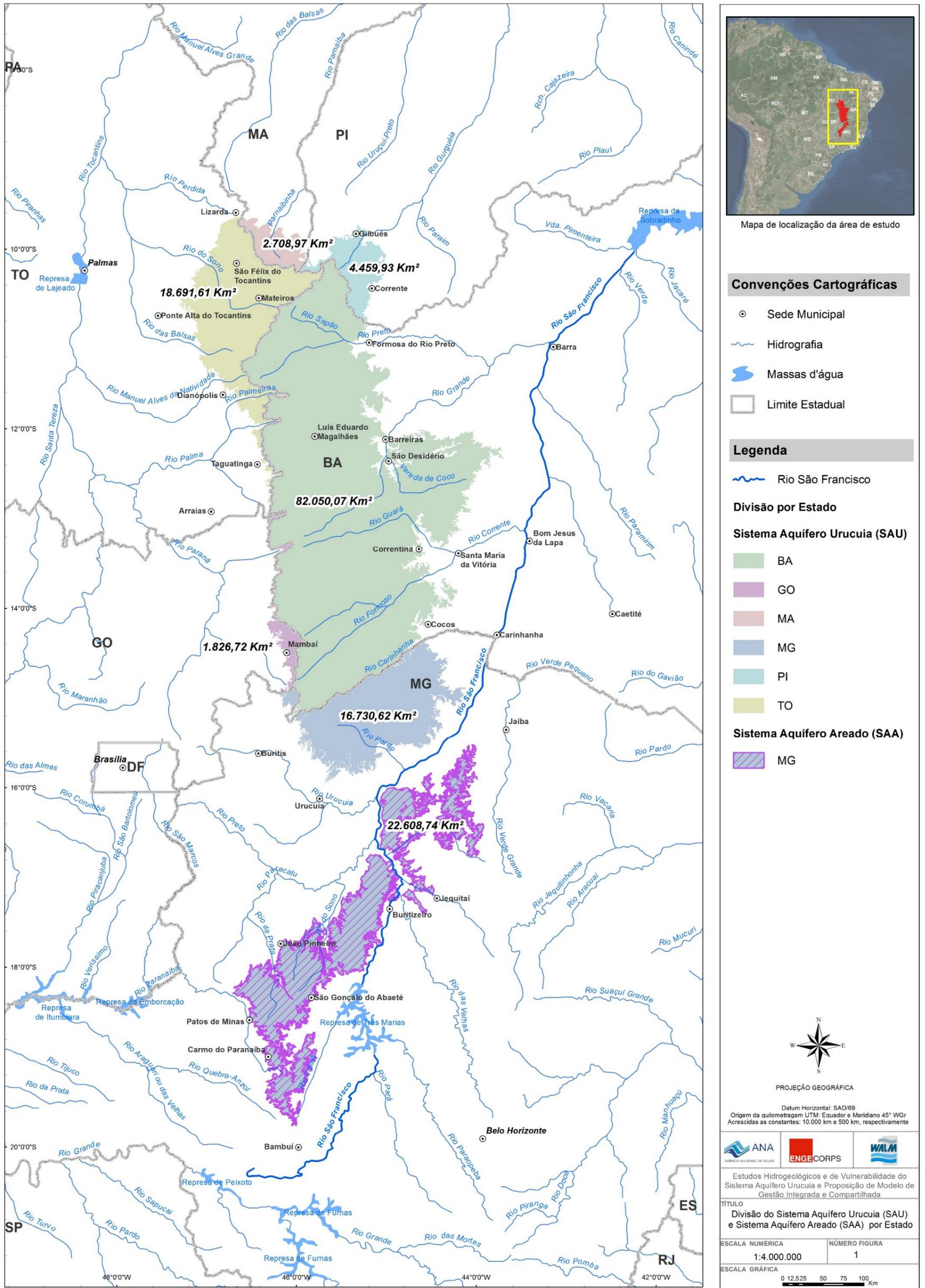


Figura 1 - Divisão do SAU e SAA por Estado.

No presente **Relatório Final** apresenta-se a consolidação dos estudos, estruturado em 13 capítulos, e apresentado em três volumes, sendo o primeiro deles subdividido em dois Tomos. Este produto final inclui ainda o Resumo Executivo, Relatórios Temáticos (Hidrologia, Hidrogeoquímica, Geofísica e Infiltração), e ainda um banco de dados (SIGSAU), o qual consiste no sistema de informações geográficas dos estudos que reúne mapas, relatórios, planilhas e toda a base de dados dos estudos.

O Relatório Final está estruturado conforme descrito a seguir:

VOLUME 1 – DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO DA REGIÃO DE ABRANGÊNCIA DOS SISTEMAS AQUÍFEROS URUCUIA E AREADO

Tomo I: CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO, DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA, LEVANTAMENTO HIDROGEOLÓGICO E INVESTIGAÇÕES GEOFÍSICAS

Capítulo 1 - Introdução

Capítulo 2 - Preparação de Bases Cartográficas e Interpretação de Imagens de Satélite

Capítulo 3 - Caracterização Geológica, Geomorfológica, Tectônica, Pedológica e de Usos da Terra e Cobertura Vegetal e Ensaio de Infiltração

Capítulo 4 - Levantamento Hidrogeológico

Capítulo 5 - Investigações Geofísicas

Tomo II: CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E HIDROLÓGICA DA REGIÃO DE ESTUDO

Capítulo 6 - Estudos Climatológicos e Avaliação Hidrológica

VOLUME 2 – HIDROGEOLOGIA DOS SISTEMAS AQUÍFEROS URUCUIA E AREADO

Capítulo 7 - Avaliação Hidrogeológica dos Sistemas Aquíferos Urucua e Areado

Capítulo 8 - Hidrogeoquímica, Vulnerabilidade e Riscos de Contaminação

VOLUME 3 – ESTRATÉGIAS DE MANEJO SUSTENTÁVEL DOS SISTEMAS AQUÍFEROS URUCUIA E AREADO E CONCLUSÕES

Capítulo 9 - Estratégias de Manejo Sustentável dos Sistemas Aquíferos Urucua e Areado

Capítulo 10 - Proposta de Plano de Gestão Integrada e Compartilhada do Sistema Aquífero Urucua

Capítulo 11 - Proposta de Plano de Gestão Integrada do Sistema Aquífero Areado

Capítulo 12 - Considerações Finais e Recomendações sobre a Gestão de Recursos Hídricos

Capítulo 13 - Resumo e Conclusões Finais

Ao final de cada volume, estão listadas as referências bibliográficas citadas ao longo do texto ou utilizadas para consulta.

O presente caderno constitui o **Volume 3** do Relatório Final que inclui os **capítulos 9 a 13**.

SUMÁRIO DE FIGURAS

VOLUME 3

PÁG.

FIGURA 9.1 - USO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS NA PREPARAÇÃO DO SOLO PARA AGRICULTURA NA REGIÃO DO OESTE BAIANO”.....15

FIGURA 9.2 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E PERÍMETROS REFERENCIAIS DE ALGUMAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO.....19

FIGURA 9.3 - ÁREAS DE RECARGA E DESCARGA DO SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA.....23

FIGURA 9.4 - ÁREAS DE RECARGA E DESCARGA DO SISTEMA AQUÍFERO AREADO.....24

FIGURA 9.5 - MAPA RESULTANTE DO CRUZAMENTO DAS ÁREAS DE RECARGA DO SAU COM AS ÁREAS DE VEGETAÇÃO NATURAL PRESERVADA (CERRADO E CAATINGA).....25

FIGURA 9.6 - MAPA RESULTANTE DO CRUZAMENTO DAS ÁREAS DE RECARGA DO SAA COM AS ÁREAS COM VEGETAÇÃO NATURAL PRESERVADA DE CERRADO.....26

FIGURA 9.7 - ÁREAS DISPONÍVEIS PARA PROTEÇÃO DO SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA.....27

FIGURA 9.8 - ÁREAS DISPONÍVEIS PARA PROTEÇÃO DO SISTEMA AQUÍFERO AREADO.....28

FIGURA 9.9 - IDENTIFICAÇÃO DOS PERÍMETROS DE PROTEÇÃO DE POÇOS (PPP) PARA OS EXEMPLOS SELECIONADOS DO SAU.....32

FIGURA 9.10 - IDENTIFICAÇÃO DOS PERÍMETROS DE PROTEÇÃO DE POÇOS (PPP) PARA OS EXEMPLOS SELECIONADOS DO SAA.....33

FIGURA 9.11 - ÁREAS DEGRADADAS NA REGIÃO DE GILBUÉS. LIMITE NORTE DE ABRANGÊNCIA DO SAU.....35

FIGURA 9.12 - ÁREAS DEGRADADAS NA REGIÃO DE GILBUÉS. LIMITE NORTE DE ABRANGÊNCIA DO SAU.....35

FIGURA 9.13 - MESA DE ABERTURA DO EVENTO EM BARREIRAS (BA) COM REPRESENTANTES LOCAL, ESTADUAL, FEDERAL E DOS CONSULTORES.....40

FIGURA 9.14 - MESA DE ABERTURA DO EVENTO EM ARINOS (MG) COM REPRESENTANTES LOCAL, ESTADUAL, FEDERAL E DOS CONSULTORES.....41

FIGURA 9.15 - MESA DE ABERTURA DO EVENTO EM PALMAS (TO) COM REPRESENTANTES LOCAL, ESTADUAL, FEDERAL E DOS CONSULTORES.....43

FIGURA 10.1 - MAPA COM OS COMITÊS DE BACIA ESTADUAIS E FEDERAIS IMPLEMENTADOS NA REGIÃO DO SAU.....55

FIGURA 10.2 - UNIDADES DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS DO MARANHÃO.....61

FIGURA 10.3 - UNIDADES DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS DO PIAUÍ.....65

FIGURA 10.4 - MAPA DE ÁREAS ESTRATÉGICAS DE GESTÃO (AEG) DO ESTADO DO TOCANTINS.....68

FIGURA 10.5 - MAPA DAS REGIÕES DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA BAHIA.....70

FIGURA 10.6 - MAPA DAS UNIDADES DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS DE GOIÁS (UPGRH).....74

FIGURA 10.7 - MAPA DAS UNIDADES DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DE MINAS GERAIS.....76

FIGURA 10.8 - USOS DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NO SAU E NO SAA.....80

FIGURA 10.9 - DISTRIBUIÇÃO DOS USOS DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NO SAU E NO SAA.....	81
FIGURA 10.10 - ARCABOUÇO HIDROGEOLÓGICO E GEOPOLÍTICO DA REGIÃO DO SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA.	85
FIGURA 10.11 - ÁREAS INTEGRADAS E COMPARTILHADAS DO SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA.	87
FIGURA 10.12 - ÁREAS DE TRANSFERÊNCIA DE FLUXO SUBTERRÂNEO INTERESTADUAIS DO SAU.	89
FIGURA 10.13 - EXEMPLOS DE CULTURAS PRATICADAS NA REGIÃO DO OESTE BAIANO.....	92
FIGURA 10.14 - EXEMPLOS DE PROBLEMAS AMBIENTAIS NA REGIÃO DO OESTE BAIANO.	93
FIGURA 10.15 - PAISAGENS TÍPICAS DAS DIVERSAS COMUNIDADES TRADICIONAIS NO OESTE BAIANO.....	94
FIGURA 10.16 - LAGOA DO PRATUDÃO (BACIA DO RIO CORRENTE), SITUADA NOS LIMITES DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO INTEGRAÇÃO “REFÚGIO DA VIDA SILVESTRE DO OESTE BAIANO”.....	95
FIGURA 10.17 - EXEMPLOS DE POÇOS TUBULARES UTILIZADOS NA REGIÃO (1) POÇO UTILIZADO PARA IRRIGAÇÃO E (2) POÇO TUBULAR UTILIZADO PARA ABASTECIMENTO HUMANO.	97
FIGURA 10.18 - PAISAGEM CARACTERÍSTICA DA REGIÃO DE GILBUÉS (PI). ÁREA EM PROCESSO DE DESERTIFICAÇÃO.....	100
FIGURA 10.19 - PAISAGENS DA REGIÃO DO JALAPÃO. SENTIDO HORÁRIO: CACHOEIRA DA FORMIGA, MATEIROS; DUNAS DO JALAPÃO; ENTRADA DA CACHOEIRA DA VELHA E QUEDA PRINCIPAL DA CACHOEIRA DA VELHA, NO RIO NOVO, AFLUENTE DO RIO DO SONO (TO).....	101
FIGURA 10.20 - VISTAS DA SERRA GERAL DE GOIÁS (AFLORAMENTO DO GRUPO URUCUIA) NA REGIÃO DE DIANÓPOLIS (TO).	102
FIGURA 10.21 - VISTAS DA ESCARPA DA SERRA GERAL DE GOIÁS (AFLORAMENTO DO GRUPO URUCUIA) NA REGIÃO DE SÃO DOMINGOS (GO).	104
FIGURA 10.22 - AFLORAMENTOS DAS ROCHAS DO GRUPO URUCUIA) NA REGIÃO DE GUARANI DE GOIÁS E SÃO DOMINGOS (GO).	105
FIGURA 10.23 - PROPOSTA DA REDE DE MONITORAMENTO INTEGRADO DO SAU (POÇOS DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS).....	121
FIGURA 10.24 - PROPOSTA DA REDE DE MONITORAMENTO INTEGRADO DO SAU (POSTOS PLUVIOMÉTRICOS).	122
FIGURA 10.25 - PROPOSTA DA REDE DE MONITORAMENTO INTEGRADO DO SAU (POSTOS FLUVIOMÉTRICOS).	123
FIGURA 11.1 - PROPOSTA DA REDE DE MONITORAMENTO INTEGRADO DO SAA (POÇOS DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS).....	126
FIGURA 11.2 - PROPOSTA DA REDE DE MONITORAMENTO INTEGRADO DO SAA (POSTOS FLUVIOMÉTRICOS E PLUVIOMÉTRICOS).	128

SUMÁRIO DE QUADROS

VOLUME 3

	PÁG.
QUADRO 9.1 - UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA ÁREA DOS SISTEMAS AQUÍFEROS URUCUIA E AREADO	17
QUADRO 9.2 - CRITÉRIOS E MÉTODOS DE DELINEAÇÃO DE PERÍMETROS DE PROTEÇÃO DE POÇOS	29
QUADRO 9.3 - EXEMPLOS DO PERÍMETRO DE PROTEÇÃO DE POÇOS NO SAU	30
QUADRO 9.4 - EXEMPLOS DO PERÍMETRO DE PROTEÇÃO DE POÇOS NO SAA.....	31
QUADRO 10.1 - RELAÇÃO DOS COMITÊS DE BACIA INSTALADOS NA ÁREA DO SAU OU REGIÃO DE INFLUÊNCIA	53
QUADRO 10.2 - SÍNTESE DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NOS ESTADOS ABRANGIDOS PELO SAU E UNIÃO	56
QUADRO 10.3 - ESTIMATIVA DE USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS DOS SISTEMAS AQUÍFEROS URUCUIA E AREADO	81
QUADRO 10.4 - DIFERENÇA ENTRE A DISPONIBILIDADE SUBTERRÂNEA (RPE) E OS USOS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO SAU E SAA.....	82
QUADRO 10.5 - DIFERENÇA ENTRE A DISPONIBILIDADE SUBTERRÂNEA (RPE) E OS USOS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM CADA SUB-BACIA NO SAU.....	83
QUADRO 10.6 - ÁREAS INTEGRADAS E COMPARTILHADAS DO SAU NOS ESTADOS	86
QUADRO 10.7 - ÁREAS DE TRANSFERÊNCIA DE FLUXO SUBTERRÂNEO INTERESTADUAIS DO SAU	88
QUADRO 10.8 - ESTIMATIVA DO FLUXO SUBTERRÂNEO INTERESTADUAL DO SAU	88
QUADRO 10.9 - ESTIMATIVA DE USO DAS ÁGUAS NAS ÁREAS INTEGRADAS E COMPARTILHADAS DO SAU	90
QUADRO 10.10 - RELAÇÃO ENTRE O USO DAS ÁGUAS EM FUNÇÃO DO TAMANHO DAS ÁREAS INTEGRADAS E COMPARTILHADAS DO SAU	91
QUADRO 10.11 - DADOS HIDROLÓGICOS NOS RIOS GRANDE E CORRENTE.....	96
QUADRO 10.12 - DADOS HIDROLÓGICOS NO RIO PANDEIROS.....	98

SUMÁRIO

VOLUME 3

PÁG.

APRESENTAÇÃO.....	2
9. ESTRATÉGIAS DE MANEJO SUSTENTÁVEL DOS SISTEMAS AQUÍFEROS URUCUIA E AREADO	11
9.1 GESTÃO INTEGRADA	12
9.1.1 Integração da Gestão de Recursos Hídricos com a Gestão Ambiental e dos Usos da Terra	13
9.1.2 Proposição de Fortalecimento das Unidades de Conservação Ambiental	16
9.1.3 Propostas de Áreas de Controle e Proteção na Região do SAU e SAA.....	20
9.1.4 Estratégias de Manejo para a Preservação de Áreas consideradas em desertificação	34
9.2 GESTÃO PARTICIPATIVA.....	37
9.2.1 Seminários: Estruturação Básica e Operacionalização.....	38
9.2.2 Programa de Educação Ambiental.....	45
10. PROPOSTA DE PLANO DE GESTÃO INTEGRADA E COMPARTILHADA DO SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA – SAU	48
10.1 OBJETIVOS	48
10.2 JUSTIFICATIVAS.....	49
10.3 EMBASAMENTO LEGAL E INSTITUCIONAL	50
10.3.1 Maranhão	58
10.3.2 Piauí	62
10.3.3 Tocantins	66
10.3.4 Bahia	69
10.3.5 Goiás	72
10.3.6 Minas Gerais	75
10.4 ESTIMATIVAS DE USOS	77
10.4.1 Estimativa de usos das águas subterrâneas e superficiais	77
10.4.2 Disponibilidade versus usos no SAU e SAA.....	82
10.5 AÇÕES DE GESTÃO INTEGRADA E COMPARTILHADA DO SAU.....	84
10.5.1 Definição de Áreas Integradas e Compartilhadas do SAU	84
10.5.2 Comissões Interestaduais, Grupo Gestor e Resolução Conjunta.....	107
10.5.3 Instrumentos integrados	112
10.5.4 Planos de Recursos Hídricos	112
10.5.5 Outorga de direitos de uso de recursos hídricos.....	113
10.5.6 Sistema de informação (SIGSAU).....	115
10.5.7 Cobrança	117
10.5.8 Proposta de rede de monitoramento integrado do SAU.....	117

11.	PROPOSTA DE PLANO DE GESTÃO INTEGRADA DO SISTEMA AQUÍFERO AREADO – SAA	
	124
11.1	PROPOSTA DE AÇÕES	124
11.1.1	Instrumentos integrados	124
11.1.2	Proposta de rede de monitoramento integrado do SAA.....	125
12.	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	129
13.	RESUMO E CONCLUSÕES FINAIS.....	131
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	138

9. ESTRATÉGIAS DE MANEJO SUSTENTÁVEL DOS SISTEMAS AQUÍFEROS URUCUIA 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 acerca dos Sistemas Aquíferos Urucuia e Areado foi atualizado nestes estudos com a utilização de várias ferramentas de avaliação multidisciplinares com vistas à obtenção de uma visão integrada de sua dinâmica e interações com o meio físico em geral. 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 seis estados abrangidos por esses reservatórios.

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 do meio físico como um todo e com a políticas que tratam dos recursos naturais. A participação da sociedade também foi contemplada nestes estudos por meio da realização seminários de gestão participativa com a apresentação dos resultados desses estudos à sociedade e recebendo contribuições/sugestões diversas nas ocasiões.

Todo esse panorama embasou as propostas de planos no que tange às ações de gestão propriamente ditas. As propostas de plano de gestão integrada e compartilhada do Sistema Aquífero Urucuia e de gestão integrada do Sistema Aquífero Areado tratam dos seguintes pontos principais:

- ✓ Os arranjos legal e institucional vigentes nos seis estados e União, bem como suas respectivas regras estabelecidas para concessão de direito de uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos;
- ✓ Identificação de áreas integradas e compartilhadas do SAU entre os estados, que trazem características físicas e de dominialidade particulares;
- ✓ Proposta de ações de gestão à luz da legislação vigente;
- ✓ Proposta de arranjos legais e institucionais para implementar a gestão integrada e compartilhada dos recursos hídricos nessa região.

A partir da apresentação deste trabalho é importante a apropriação dos órgãos gestores estaduais de recursos hídricos, bem como a discussão da proposta entre os entes envolvidos com vistas a avaliar os pontos propostos, bem como adaptar os procedimentos institucionais atuais e capacitar os técnicos para a realidade da gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

9.1 GESTÃO INTEGRADA

No presente contexto da *gestão integrada* considerou-se a relação da gestão das águas subterrâneas com as áreas de gestão ambiental e dos usos da terra.

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 competência e interesses. Essa integração está presente 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 Urucuaia 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 certamente esse índice atualmente é maior, haja vista a franca expansão de áreas agricultáveis na fronteira política dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (MATOPIBA), exatamente a área de abrangência do SAU.

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 do presente estudo, são aqui propostas ações de cunho conservacionistas no que diz respeito ao manejo do solo, dos recursos ambientais e das atividades potencialmente poluidoras. Atenção especial foi também dedicada às áreas de proteção e planejamento, com vistas à sustentabilidade do ciclo hidrológico local e regional abrangidos sistemas aquíferos Urucuaia e Areado.

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.

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

Para a proposta de gestão integrada dos Sistemas Aquíferos Urucuia e Areado são necessárias análises dos aspectos que incidem sobre seu uso e ocupação, os quais podem aumentar ou reduzir o perigo à contaminação e, conseqüentemente, sua proteção.

É certo que as atividades antrópicas representam potencial risco ao aquífero e à qualidade de suas águas. Assim, a gestão dos aquíferos deve levar em consideração os diversos usos da água subterrânea ao longo da sua área de abrangência, bem como a identificação das principais fontes potenciais de contaminação, conforme levantado nesses estudos.

Para a proteção dos aquíferos, sugerem-se algumas ações ou formas de organização. Deve-se tomar como essencial a necessidade da definição de normas que possibilitem o controle do uso e ocupação do solo que levem conta as características dos sistemas aquíferos como áreas de recarga e vulnerabilidade, por exemplo, bem como a fiscalização do cumprimento destas normas, as quais consistem em estratégias que podem ser adotadas para a proteção do aquífero.

Essas normas são competência dos poderes públicos municipais, os quais têm autonomia para a elaboração de leis específicas para o disciplinamento do uso e ocupação do solo por meio da elaboração de Planos de Ordenamento Territoriais (PDOT's). Por outro lado, os municípios, confrontam-se com dificuldades na implementação das próprias diretrizes políticas, que abrangem desde deficiências e carências técnicas no que tange a recursos humanos, quanto à baixa capacidade arrecadatória, na maioria dos casos, limitada pela pequena capacidade contributiva de cidadãos e empresas sob cada jurisdição. Alguns municípios, entretanto, se destacam devido à alta produção de grãos como São Desidério e Barreiras, no oeste baiano. São Desidério desponta na liderança entre os maiores PIBs agropecuários do Brasil.

Dentre as ações importantes nessa integração destaca-se: a constituição de consórcios intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos e do saneamento, devolução e destinação correta de embalagens de defensivos agrícolas, utilização de tanques de combustíveis superficiais, implementação do Sistema de Plantio Direto (SPD) nas lavouras.

A constituição de consórcios intermunicipais é uma ferramenta que pode ser utilizada no âmbito da gestão integrada dos recursos hídricos com a gestão ambiental, visto que conforme estabelecido na Lei Federal n. 11.107 de abril de 2005, os consórcios são entidades que reúnem diferentes municípios para a execução de ações conjuntas que se fossem produzidas individualmente, não atingiriam os mesmos resultados ou utilizariam um volume maior de recursos, além de demandar mais tempo.

No caso dos municípios da área de abrangência do SAU e SAA, a utilização de consórcios intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos e do saneamento, por exemplo, contribui para a proteção do Sistema Aquífero Urucuia. Todavia, a dificuldade de implementação desses consórcios entre os municípios do oeste da Bahia, por exemplo, advém da grande distância

entre os principais aglomerados urbanos dos municípios, essencialmente nas sedes municipais, situadas a mais de 100 Km de distância.

Outro ponto a ser considerado é a importância da fiscalização da utilização, e posterior descarte de embalagens de agrotóxicos e fertilizantes. No oeste baiano desde 2003 ocorre a coleta de embalagens de agrotóxicos que atende às exigências da lei federal 9.974 e ao Decreto 3.550, ambos do ano de 2000, que disciplinam e tornam obrigatória a devolução das embalagens de agrotóxicos usados nas lavouras, com a finalidade de reciclagem. O descumprimento da lei é crime ambiental passível de multas para o produtor ou comerciante.

O Sistema Campo Limpo implementado na região é gerenciado pelo Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (INpev) para realizar a logística reversa de embalagens vazias de defensivos agrícolas no Brasil.

A região tem três centrais de Sistema Campo Limpo nos municípios de Barreiras - considerada a maior do país em volume processado, Roda Velha (São Desidério) e Rosário (Correntina) – terceira maior do nordeste do país. Além disso, outros três postos localizados nas regiões agrícolas da Coaceral, Panambi e Campo Grande, e a coleta itinerante para pequenos produtores, recolhendo no total mais de 3 mil toneladas de embalagens por ano, o que representa cerca de 90% de todo o material recolhido na região nordeste do país (Fonte: INpev).

Embora seja uma das regiões recordistas no Brasil devido a sua extensa e contínua área plantada, os resultados das análises químicas de agroquímicos obtidas neste estudo indicaram que todas as amostras analisadas apresentam concentrações desses compostos inferiores aos valores máximos permitidos pela Portaria Nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, portanto não indicaram a presença dos agroquímicos nas águas subterrâneas e nascentes testados, conforme pode ser verificado no capítulo 8 do Volume 2 do Relatório Final.

No que tange aos aspectos locais de potenciais ameaças à proteção das águas subterrâneas na região do oeste baiano, vale destacar a presença de tanques enterrados de armazenamento de combustível em algumas propriedades. Tendo em vista as grandes distâncias a serem percorridas até os postos de combustíveis para o abastecimento de máquinas e camionetes, muitos agricultores mantêm em suas propriedades tanques no subsolo, para armazenar combustível. O cadastro desses tanques, todavia, não foi possível de ser efetuado no âmbito desses estudos devido à dificuldade de acesso a informação e pelo fato de que os tanques não são visíveis em superfície. De todo modo, constatou-se não haviam piezômetros para monitoramento de possíveis vazamentos e chegou-se a observar óleo diesel derramado sobre o solo, próximo ao local onde estava “enterrado” um determinado reservatório, instalado a poucos metros um poço que abastecia a sede da fazenda.

No que se refere ao uso e ocupação da terra faz-se necessário a adoção de práticas conservacionistas nas áreas onde existam o desenvolvimento de atividades agropecuárias. O fato de que a área de recarga do SAU é amplamente ocupada por essas atividades faz com que

o impacto do manejo do solo seja direto sobre a infiltração da água da chuva no solo e consequentemente da recarga.

Ensaios de infiltração desenvolvidos nos solos do oeste baiano apontaram que os solos dos cerrados são mais permeáveis (condutividade hidráulica média de $7,0 \times 10^{-3}$ cm/s) quando comparados com os solos de terras agrícolas (condutividade hidráulica média de $1,6 \times 10^{-3}$ cm/s), onde os valores médios permitem estabelecer uma relação de 4:1. Essa diferença deve-se ao manejo do solo nas áreas agrícolas que se utilizam, no geral, de técnicas que promovem a compactação da parte superficial do solo devido ao uso de pesadas máquinas na preparação do solo (Figura 9.1).



Figura 9.1 - Uso de máquinas agrícolas na preparação do solo para agricultura na região do oeste baiano”.

Além do uso das máquinas, a retirada total da vegetação natural (Cerrado) também é extremamente prejudicial ao equilíbrio da recarga da água da chuva para o aquífero. É comum a presença de extensas áreas sem vegetação natural e sem o uso do terraceamento, que também prejudica a recarga do aquífero e promove o aumento do *run off*, bem como a perda de solo e consequente erosão em muitos casos.

A redução da recarga do aquífero, a perda do solo por erosão e o assoreamento dos rios são resultantes de práticas inadequadas de manejo e conservação do solo. O agricultor tem um importante papel no processo de melhoria desse cenário por meio da adoção de técnicas e práticas conservacionistas que aumentam ou conservem a capacidade de infiltração dos solos.

Dentre essas práticas cita-se a conservação ou recuperação de veredas e as reservas legais; o terraceamento, a adoção de Plantio Direto de Qualidade, a construção e manutenção de estradas vicinais (bacias de contenção), barragens de contenção de água e outras práticas conservacionistas.

No caso específico das reservas legais vale destacar a importância de adotá-las nas áreas mais planas, ou seja, nas áreas de recarga do Sistema Aquífero Urucuaia. Em várias propriedades do Oeste Baiano existe a adoção da reserva legal em condomínio, onde alguns proprietários reservam áreas de preservação de forma que sejam contínuas. Todavia, essas áreas estão localizadas em áreas onde a declividade é maior, ou seja, a função de recarga do aquífero nessas áreas não é tão eficiente, embora seja localizada na mesma bacia hidrográfica da propriedade como orienta a legislação.

Segundo recomendações citadas na Oficina “A importância da recarga de aquíferos para o crescimento sustentável da agricultura irrigada”, realizada em 2013, na cidade de Luís Eduardo Magalhães (BA), no XXIII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem (CONIRD), a utilização de práticas conservacionistas para melhor disciplinar e favorecer a infiltração de água no solo, a exemplo de terraços, barragens dos mais diferentes portes, superficiais ou subterrâneas, sistematização e drenagem de estradas vicinais com bacias de acumulação, práticas vegetativas e culturais integradas em sistemas conservacionistas de manejo do solo e da água.

9.1.2 Proposição de Fortalecimento das Unidades de Conservação Ambiental

Segundo a Lei Federal nº 9.985, de 18 de junho de 2000, uma Unidade de Conservação foi definida como “espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção” (Cap. I; Art. 2º/I). Essas unidades de conservação estão divididas em duas categorias de manejo: Unidade de Proteção Integral, objetivando “preservar a natureza, sendo admitido apenas uso indireto dos seus recursos naturais” (Cap. III; art.7º; §1º); e Unidades de Uso Sustentável, objetivando “compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela de seus recursos naturais” (Cap. III; art.7º; §2º).

São consideradas Unidades de Proteção Integral as seguintes categorias de Unidades de Conservação: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Natural, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre. Constituem Unidades de Uso Sustentável as Áreas de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva da Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

O levantamento das Unidades de Conservação e Áreas Protegidas na região de estudo (Quadro 9.1) foi realizado por meio da compilação da legislação vigente, de dados bibliográficos, cartográficos e de consultas juntos aos órgãos federais e estaduais.

As Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) não foram incluídas nesse levantamento, tampouco aquelas áreas destinadas à preservação na forma de áreas condominiais de reserva legal. Essas áreas foram consideradas na abordagem de indicação de áreas para proteção no SAU (item seguinte). Além dessas tipologias de unidades de conservação são registradas na região duas Terras Indígenas: Xakriabá e Xakriabá Rancharia,

com aproximadamente 6.600 ha e população de 9.196 pessoas (FUNASA, 2010), da família linguística Jê. Apesar da gestão das Terras Indígenas não estar associada ao sistema de unidades de conservação, por princípio, elas apresentam caráter conservativo.

A Figura 9.2 mostra a distribuição espacial e perímetros referenciais das UCs existentes na área do SAU e do SAA, ressaltando-se que existe apenas uma UC em uma pequena parte da área do SAA.

QUADRO 9.1 - UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA ÁREA DOS SISTEMAS AQUÍFEROS URUCUIA E AREADO

	<i>Unidade de Conservação</i>	<i>Estado</i>	<i>Município</i>	<i>Instrumento Legal</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>Plano de Manejo</i>
1	APA Bacia do Rio de Janeiro	BA	Barreiras; Luís Eduardo Magalhães	Decreto n. 2.185 de 06/1993 Decreto n. 7.971 de 06/2001 ampliou a área	351.300	n.i.
2	APA Bacia do Rio Pandeiros	MG	Januária	Lei Estadual n. 11.901 de 09/1995	380.000	n.i.
3	APA Cavernas do Peruaçu	MG	Januária; Itacarambi	Decreto n. 98.182 de 09/1989	143.354	n.i.
4	APA Cochá e Gibão	MG	Januária; Bonito de Minas	Decreto n. 43.911 de 11/ 2004	284.468	n.i.
5	APA das Nascentes do Rio Vermelho	GO	Buritinópolis; Damianópolis; Mambaí; Posse	Decreto s/n. de 09/2001	176.322	n.i.
6	APA de São Desidério	BA	São Desidério	Decreto n. 10.020 de 06/2006	10.961	n.i.
7	APA do Jalapão	TO	Mateiros; Novo Acordo; Ponte Alta do Tocantins	Lei n. 1.172 de 06/2000	461.730	sim
8	APA do Rio Preto	BA	Formosa do Rio Preto; Santa Rita de Cássia; Mansidão	Decreto n. 10.019 de 06/ 2006	1.146.162	n.i.
9	APA Serra da Tabatinga	MA; TO	Alto Parnaíba; Ponte Alta do Norte	Decreto n. 99.278 de 06/1990	35.185	n.i.
10	EE Serra Geral do Tocantins	TO; BA	Almas; Ponte Alta do Tocantins; Rio da Conceição; Mateiros; Formosa do Rio Preto	Decreto s/n. de 09/2001	716.306	não
11	FLONA de Cristópolis	BA	Cristópolis	Decreto s/n. de 05/2001	12.791	n.i.
12	PARES Serra das Araras	MG	Chapada Gaúcha	Decreto n. 39.400 de 01/1998	11.137	sim
13	PARNA Cavernas do Peruaçu	MG	Itacarambi; Januária; São João das Missões	Decreto s/n. de 09/1999	56.800	sim
14	PARNA das Nascentes do Rio Parnaíba	PI; MA; BA; TO	Formosa do Rio Preto; Alto Parnaíba; Gilbués; São Gonçalo do Gurguéia; Barreiras do Piauí; Corrente; Mateiros; São Felix; Lizarda	Decreto s/n. de 07/2002	729.814	não
15	PARNA Grande Sertão Veredas	BA; MG	Cocos; Formoso; Chapada Gaúcha; Arinos	Decreto n. 97.658 de 04/1989 Decreto s/n. de 05/2004 ampliou a área	230.853	sim
16	PARES Jalapão	TO	Mateiros	Lei n. 1.203 de 01/2001	158.886	sim

Continua...

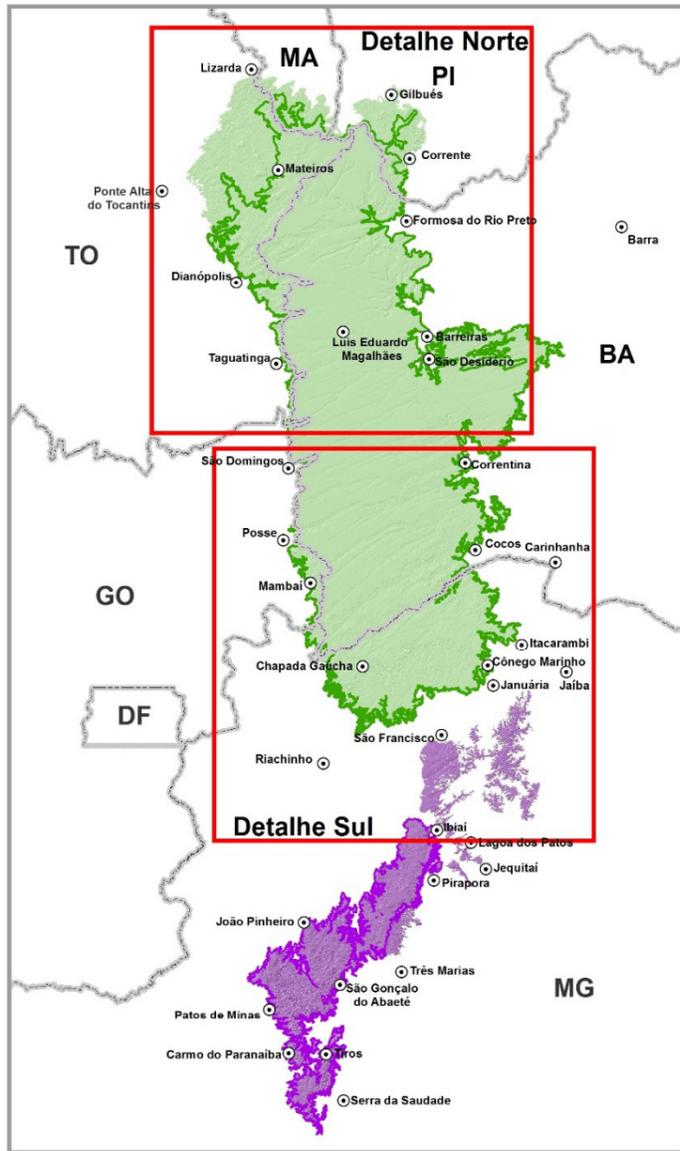
Conclusão.

QUADRO 9.1 - UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA ÁREA DOS SISTEMAS AQUÍFEROS URUCUIA E AREADO

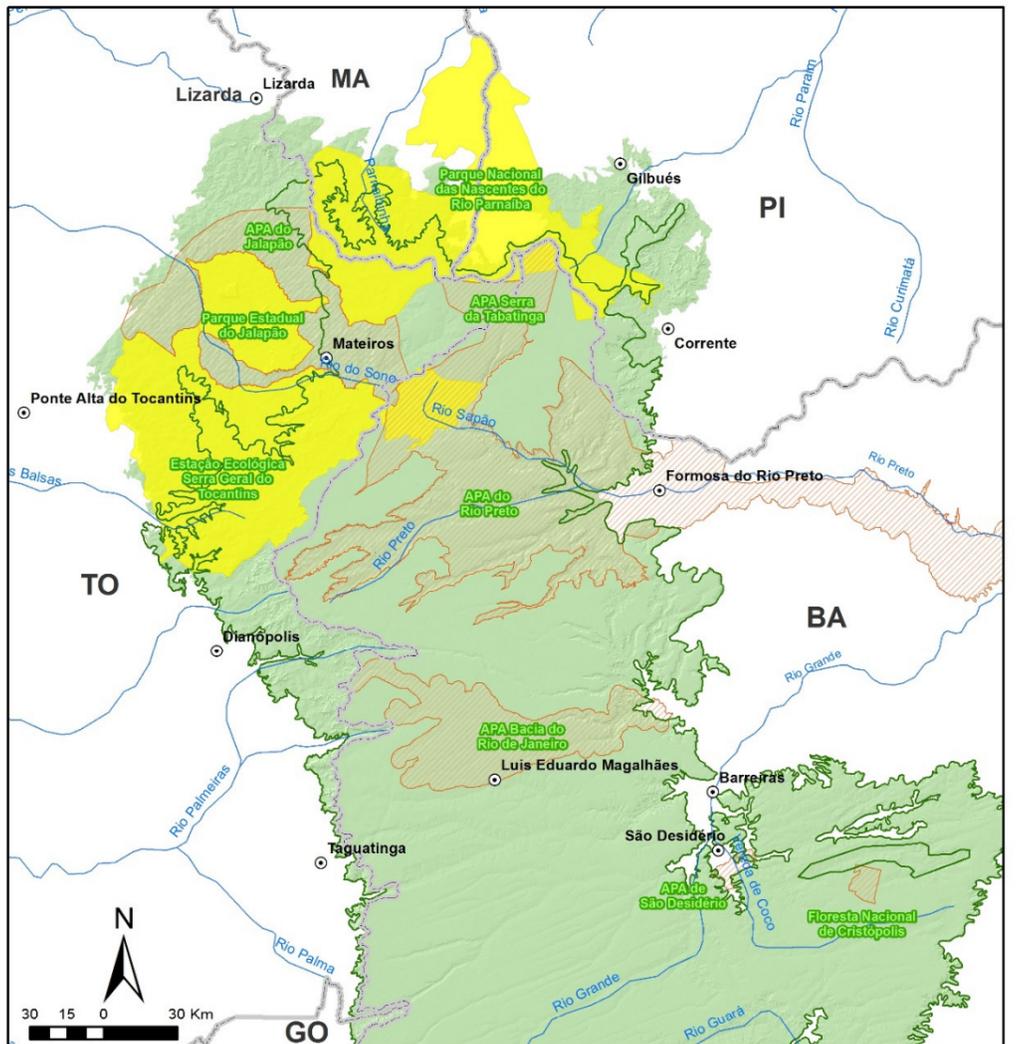
	<i>Unidade de Conservação</i>	<i>Estado</i>	<i>Município</i>	<i>Instrumento Legal</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>Plano de Manejo</i>
17	PARES Veredas do Peruaçu	MG	Januária; Cônego Marinho	Decreto n. 36.070 de 09/1994	31.221	n.i.
18	Refúgio Estadual de Vida Silvestre Rio Pandeiros	MG	Januária	Decreto n. 43910 de 11/2004	6.103	n.i.
19	Refúgio de Vida Silvestre Veredas do Oeste Baiano	BA	Jaborandi; Cocos	Decreto s/n. de 12/2002	128.521	n.i.
20	RDS Veredas do Acari	MG	Chapada Gaúcha; Urucuia	Decreto s/n. de 10/2003	60.975	n.i.
21	RESEX do Recanto das Araras de Terra Ronca	GO	Guarani de Goiás; São Domingos	Decreto s/n. de 09/2006	11.964	n.i.
22	APA Serra Geral de Goiás	GO	São Domingos	Decreto n. 4.666 de 04/1996	60.0000	não
23	PARES Terra Ronca	GO	São Domingos e Guarani de Goiás	Lei n. 10.879 de 07/1989 Decreto n. 4.700 de 08/1996	57.000	n.i.
24	PARES da Lapa Grande	MG	Montes Claros	Decreto n. 44.204 de 01/2004	7.000	não

Legenda: Dados coletados nos instrumentos legais ou sites do ICMBio e IBAMA / áreas indicadas em hectares são aproximadas / No Plano de Manejo, são indicadas as unidades com/sem plano de manejo e n.i. = não foi identificado o plano de manejo

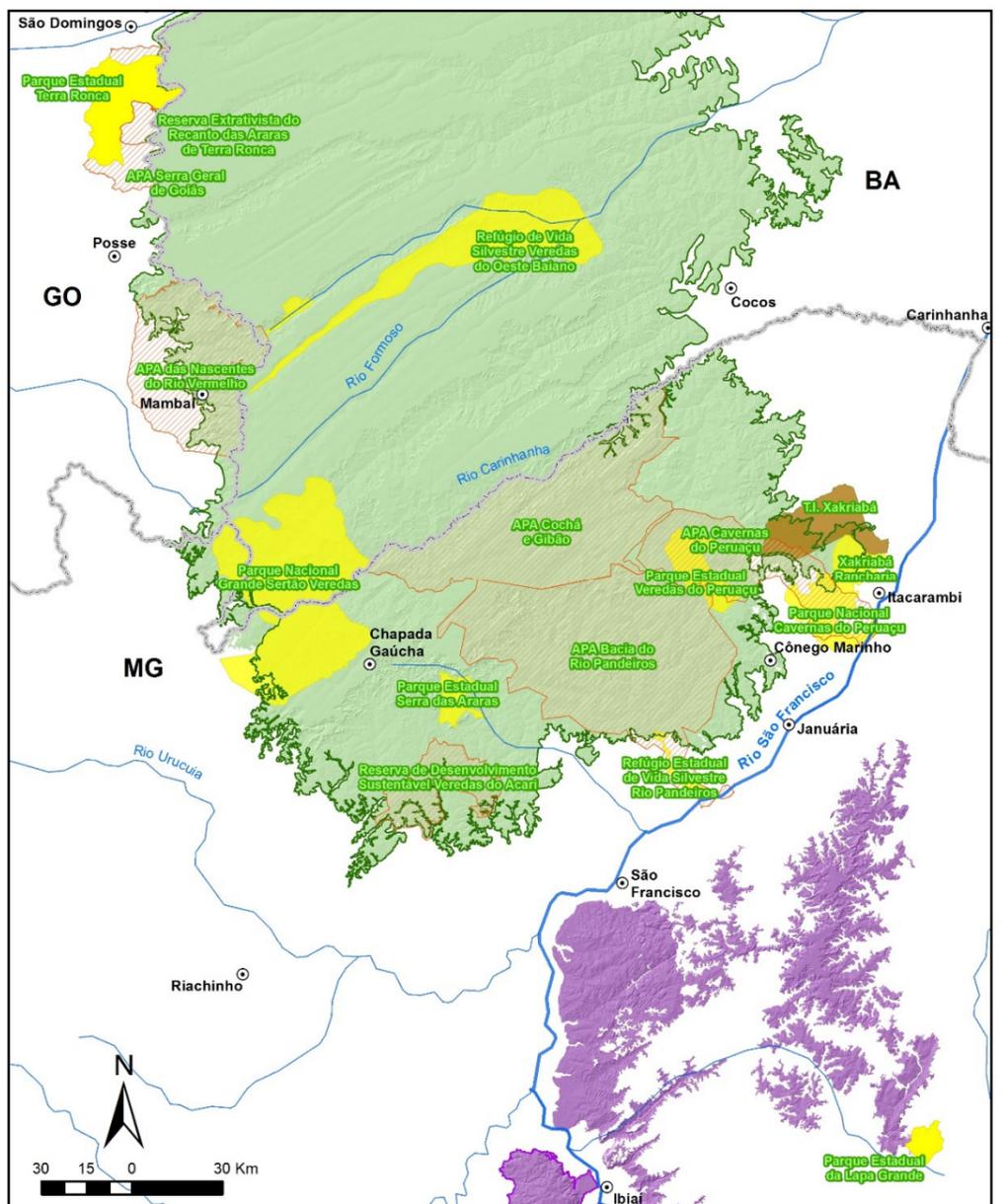
Limites Operacionais do SAU e SAA



Detalhe Norte



Detalhe Sul



Convenções Cartográficas

- Sede Municipal
- ~ Hidrografia
- Limite Estadual

Legenda

- ~ Rio São Francisco
- SAU
- SAA
- Limites operacionais do SAU
- Limites operacionais do SAA
- Unidade de Conservação de Uso Sustentável
- Unidade de Conservação de Proteção Integral
- Terra Indígena

Datum Horizontal: SAD/69
 Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° WGr
 Acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente

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

TÍTULO
 Distribuição espacial e perímetros referenciais das UCs na área de estudo

ESCALA NUMÉRICA: 1:2.500.000 NÚMERO FIGURA: 9.2

ESCALA GRÁFICA: 0 5 10 20 30 40 Km

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2011)

Figura 9.2 - Distribuição espacial e perímetros referenciais das Unidades de Conservação na área de estudo.

Consideradas conjuntamente, estas Unidades de Conservação representam 2.074.177 ha de áreas integralmente protegidas (15% da área do Sistema Aquífero Urucuia) e 3.075.212 ha de unidades de proteção de uso sustentável (22% da área do SAU).

Considerados os aspectos legais diretamente relacionados à gestão das UCs, que de forma geral contribuem para o estabelecimento de restrições e para o ordenamento dos usos de seus territórios, entende-se que as “Unidades de Proteção Integral” têm toda a sua área atualmente conservada com baixíssimo risco ou, até mesmo, risco nulo de contaminação do aquífero.

Por sua vez, para as “Unidades de Uso Sustentável” é recomendável que sejam identificadas e delimitadas as áreas de maior fragilidade de contaminação do aquífero, de tal forma permitir a correspondente *proposição de medidas de restrição para certas tipologias de uso ou controle de uso*.

Dessa forma, aproximadamente 37% da área do SAU com possibilidade de proposição de ações de conservação por meio dos Planos de Manejo das Unidades de Conservação.

Para tanto, deve-se considerar ainda que das vinte e duas unidades de conservação identificadas apenas quatro tem plano de manejo, portanto há grande possibilidade de contribuição dos gestores de recursos hídricos, durante o desenvolvimento destes planos de manejo, no que se refere à inserção de ações de conservação do aquífero.

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

9.1.3.1 Áreas de Restrição e Controle

Áreas de Restrição e Controle (ARC) são caracterizadas pela necessidade de controlar fontes poluidoras já implantadas e restringir novas atividades potencialmente poluidoras e de disciplinar as extrações. Essas áreas são identificadas quando indicadores de disponibilidade ou de qualidade da água subterrânea ultrapassam certos limites e colocam em risco o abastecimento público.

Dados disponíveis de vazões de poços cadastrados e/ou outorgados e análises de amostras de água do SAU e do SAA coletadas durante a execução do projeto, não caracterizam áreas com necessidade de medidas de controle mais restritivas, no momento atual.

Poucas amostras de água apresentaram teores de alguns elementos acima do permitido pela legislação de potabilidade e são indicativas apenas de contaminações localizadas, provavelmente ligadas a problemas construtivos do próprio poço. Amostras de água com concentrações iônicas mais elevadas na parte sul da área podem ser relacionadas à influência do Aquífero Bambuí, subjacente, constatação marcante em algumas amostras que aparecem com concentrações mais elevadas de bicarbonato e de cálcio.

No que se refere às extrações, conforme será exposto adiante a estimativa de uso efetuada neste estudo não mostra indícios de sobre-exploração. Todavia, merece atenção especial a sub-

bacia hidrográfica do rio das Fêmeas tendo em vista a presença de aproveitamentos hidrelétricos que utilizam, segundo autorizado pelo estado da Bahia grande parte da disponibilidade hídrica superficial dessa sub-bacia. Diante do exposto e com base nas informações disponíveis de quantidade extraída e de qualidade das águas do SAU e do SAA, não se justifica a proposição de áreas de controle e restrição.

9.1.3.2 Áreas de Proteção de Aquíferos

Áreas de proteção de aquíferos são áreas selecionadas e delineadas no terreno com base em critérios técnicos e/ou políticos, cuja função é manter e preservar as condições naturais do aquífero, como capacidade de infiltração e capacidade de atenuação ou degradação de substâncias poluentes, de modo a assegurar suprimento público de água adequado e de boa qualidade.

Os critérios técnicos para seleção de áreas de proteção incluem análises de mapas de zonas de recarga e de descarga, mapas de vulnerabilidade e mapas de uso e ocupação do solo. Os critérios políticos incluem amplas discussões com órgãos gestores de recursos hídricos, comitês de bacias hidrográficas e representantes da sociedade civil. Também devem ser avaliadas as questões de ordem econômica, as quais exercem pressão sobre áreas naturais ou de preservação ambiental.

A primeira etapa para proposição das áreas de proteção do SAU e do SAA foi a elaboração dos mapas de áreas de recarga e de descarga dos Sistemas Aquíferos.

Definiu-se como critério de distinção de áreas de recarga, para o SAU, terrenos com declividades de até 2%. Áreas de descarga foram distinguidas pelas declividades do terreno maiores do que 2%, e também menores do que 2% quando associadas a cursos de água superficiais (planícies aluvionares). O mapa de áreas de recarga e de descarga do SAU é apresentado na Figura 9.3. As áreas de recarga correspondem a 67% e as áreas de descarga a 33% da sua área operacional (109.531 km²).

No caso do SAA, por tratar-se de relevo mais acidentado, terrenos com declividades de até 10% foram considerados áreas de recarga, e terrenos com declividades superiores a 10%, planícies aluvionares e cursos de água superficiais foram considerados áreas de descarga. O mapa elaborado (Figura 9.4) mostrou que as áreas de recarga correspondem a 60% e as áreas de descarga a 40% da área operacional do SAA (15.485 km²).

A segunda etapa constou do cruzamento dos mapas de áreas de recarga e de descarga dos sistemas aquíferos, com os mapas de usos da terra, sendo este último atualizado a partir da análise de imagens de satélite *Landsat* do ano de 2011, onde se distinguiu cerca de 37.750 km² de áreas de cerrado e de caatinga preservadas em áreas de recarga do SAU e 2.897 km² de áreas de cerrado preservadas em áreas de recarga do SAA. Vale ressaltar, entretanto que dessas áreas não estão descartadas as áreas de reservas legais individuais ou condominiais – quando disponíveis – das propriedades rurais do oeste baiano, haja vista a indisponibilidade dessas

áreas espacializadas em banco de dados públicos. Muitas estão apenas averbadas nos cartórios de registro de imóveis, e, atualmente sendo atualizadas no Cadastro Ambiental Rural (CAR). Os mapas resultantes da segunda etapa estão apresentados na Figura 9.5 (SAU) e na Figura 9.6 (SAA).

A etapa final do processo de distinção de áreas de proteção dos sistemas aquíferos constou do cruzamento dos mapas de áreas de cerrado e de caatinga preservadas, com os mapas de vulnerabilidade do SAU e do SAA, cujo resultado é apresentado, respectivamente, na Figura 9.7 e na Figura 9.8.

Esses mapas apresentam as áreas disponíveis para proteção do SAU e do SAA, levando-se em conta as seguintes características: **vulnerabilidade média, cobertura de vegetação de cerrado preservado e áreas de recarga**. Os locais de alta vulnerabilidade natural dos sistemas aquíferos não foram considerados neste cruzamento de dados por se tratarem, predominantemente, de zonas de descarga.

A distinção dessas áreas que podem ser reservadas para proteção foi baseada em critérios estritamente técnicos, considerando características do meio físico e conforme levantamento realizado no escopo deste estudo. Entretanto, a escolha e a delimitação formal destas áreas deverão ser discutidas e decididas conjuntamente entre Estados e municípios envolvidos (Artigo 30, inciso VIII da Constituição Federal de 1988).

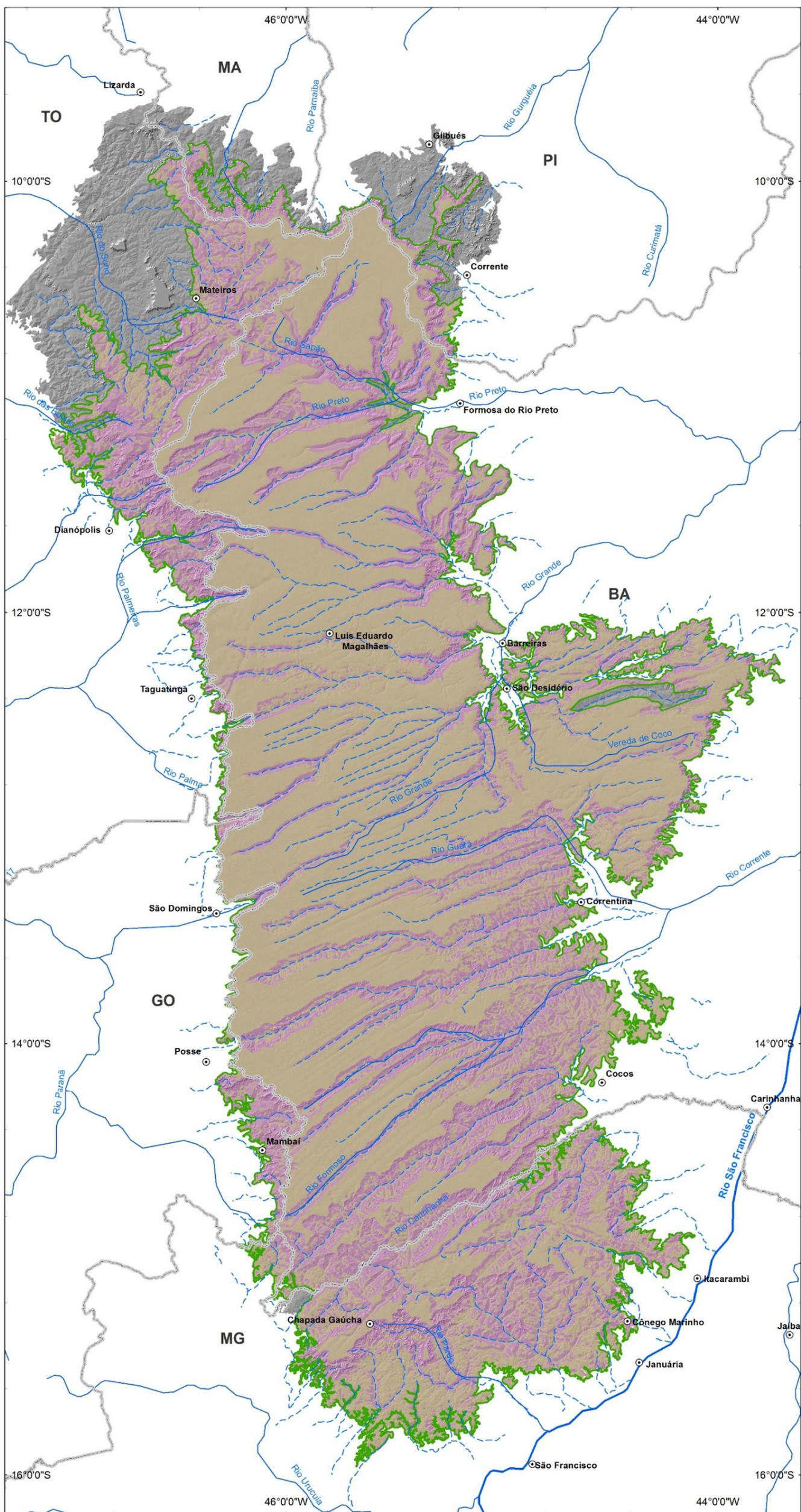
Essas áreas de proteção foram distinguidas em 59 dos 63 municípios da área do SAU, dos quais as sedes e distritos de 23 deles são abastecidos exclusivamente por água subterrânea, como, por exemplo, as cidades de Luís Eduardo Magalhães (BA), Mateiros (TO), São Domingos (GO) e Chapada Gaúcha (MG). Destaca-se, assim, a importância desses municípios disponibilizarem áreas de proteção específica para proteção desse manancial de abastecimento.

Na área do SAA, foram distinguidas áreas de proteção em 18 municípios da parte sul da área de estudo, concentradas principalmente nos municípios de João Pinheiro (530 km²), Buritizeiro (436 km²), Presidente Olegário (344 km²) e São Gonçalo do Abaeté (108 km²).

Para a elaboração dos mapas das figuras 9.7 e 9.8, foram descontadas as áreas resultantes do cruzamento (área de recarga, média vulnerabilidade e vegetação preservada), e que, portanto, são as indicadas como disponíveis para a proteção, das áreas que já são de preservação, sendo estas Unidades de Conservação, Reserva Legal¹ e Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)². Não foram consideradas as informações espacializadas de Áreas de Preservação Permanente (APP) devido aos arquivos de base estarem em sua maioria corrompidos.

¹ <http://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>

² <http://sistemas.icmbio.gov.br/simrppn/publico/>



Mapa de localização da área de estudo

Convenções Cartográficas

- Sede Municipal
- ~ Hidrografia
- Limite Estadual
- Massas d'água

Legenda

- ~ Rios - Descarga
- ~ Rio São Francisco
- SAU (MDT)
- Limites operacionais do SAU
- Áreas de recarga
- Áreas de descarga



PROJEÇÃO GEOGRÁFICA

Datum Horizontal: SAD/69
Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° WGr
Acréscidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente



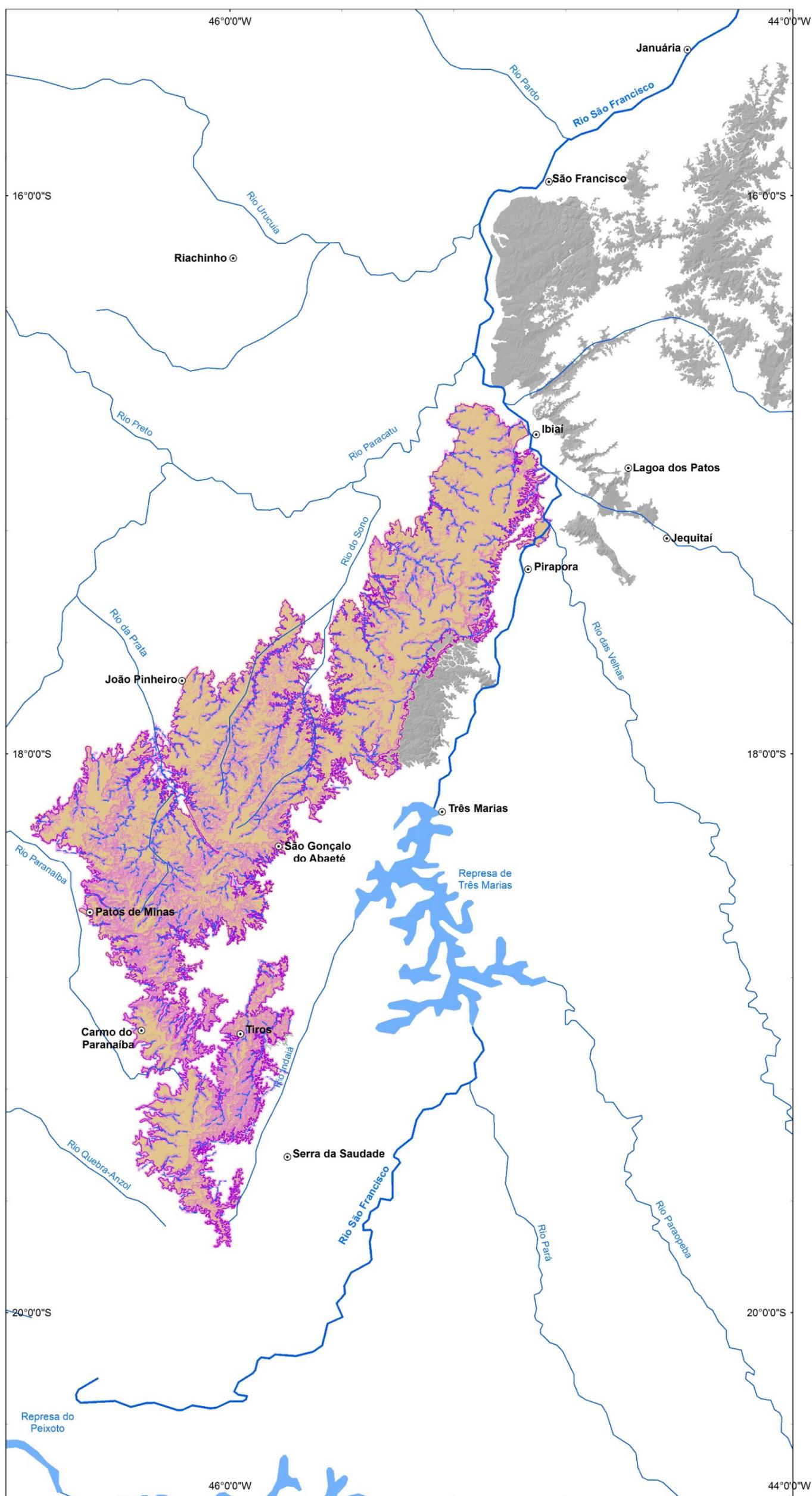
Estudos Hidrogeológicos e de Vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucuia e Proposição de Modelo de Gestão Integrada e Compartilhada

TÍTULO: **Áreas de recarga e descarga do Sistema Aquífero Urucuia**

ESCALA NUMÉRICA	NUMERO FIGURA
1:1.900.000	9.3

ESCALA GRÁFICA

Figura 9.3 - Áreas de recarga e descarga do Sistema Aquífero Urucuia.



Mapa de localização da área de estudo

Convenções Cartográficas

- Sede Municipal
- ~ Hidrografia
- Massas d'água

Legenda

- ~ Rios - Descarga
- ~ Rio São Francisco
- SAA (MDT)
- Limites operacionais do SAA
- Recarga
- Descarga



PROJEÇÃO GEOGRÁFICA

Datum Horizontal: SADI/69
 Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° WGr
 Acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente



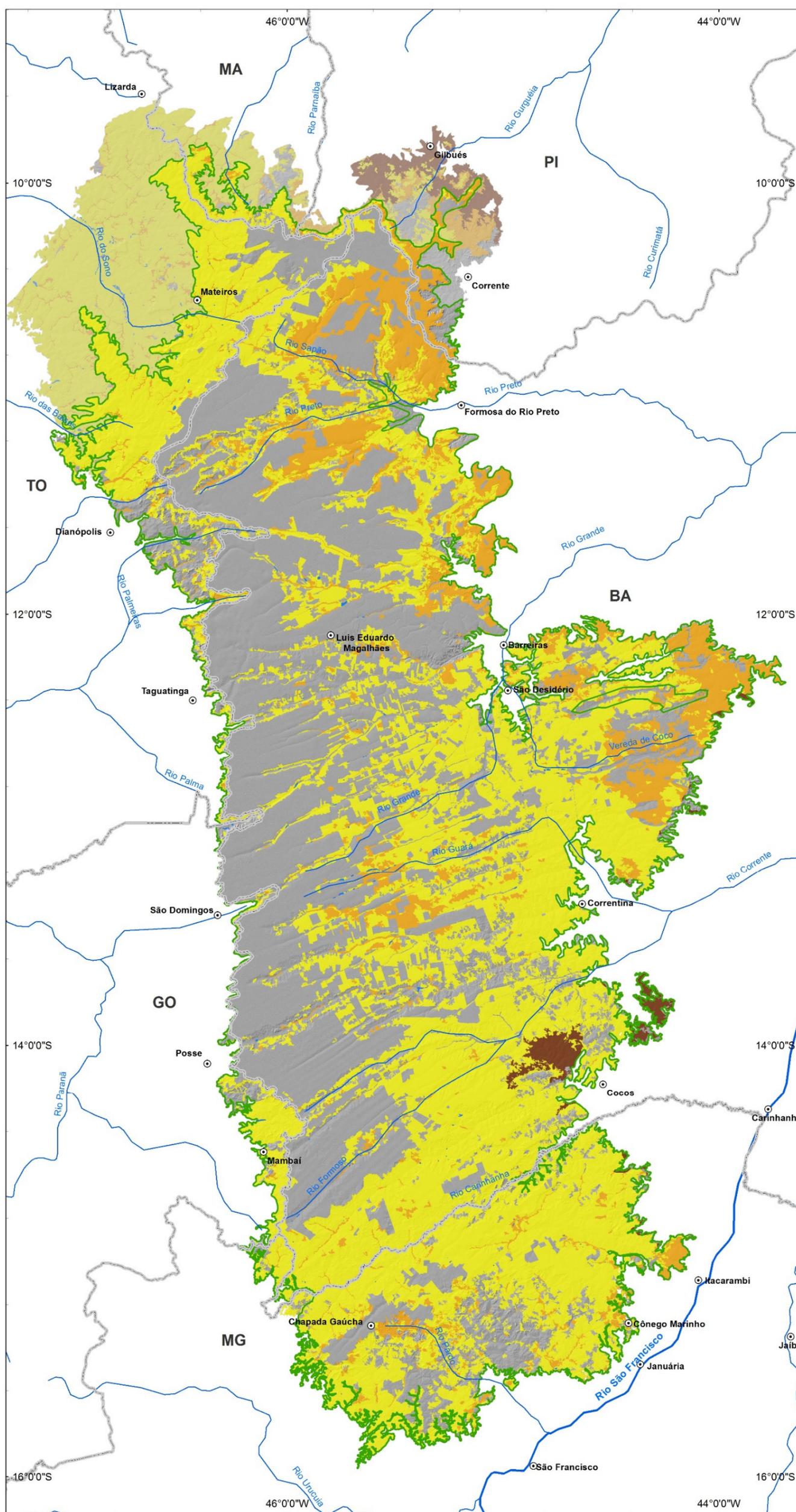
Estudos Hidrogeológicos e de Vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucua e Proposição de Modelo de Gestão Integrada e Compartilhada

TÍTULO
 Mapa de áreas de recarga e descarga do Sistema Aquífero Areado

ESCALA NUMÉRICA 1:1.450.000 NÚMERO FIGURA 9.4

ESCALA GRÁFICA
 0 5 10 20 30 40 Km

Figura 9.4 - Áreas de recarga e descarga do Sistema Aquífero Areado.



Mapa de localização da área de estudo

Convenções Cartográficas

- Sede Municipal
- Hidrografia
- Limite Estadual
- Massas d'água

Legenda

- Rio São Francisco
- SAU (MDT)
- Limites operacionais do SAU
- Caatinga
- Cerrado - Formação florestal
- Cerrado - Formação herbáceo-arbustiva
- Massas d'Água

PROJEÇÃO GEOGRÁFICA

Datum Horizontal: SAD/69
 Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° WGr
 Acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente

ANA ENGE CORPS WALM

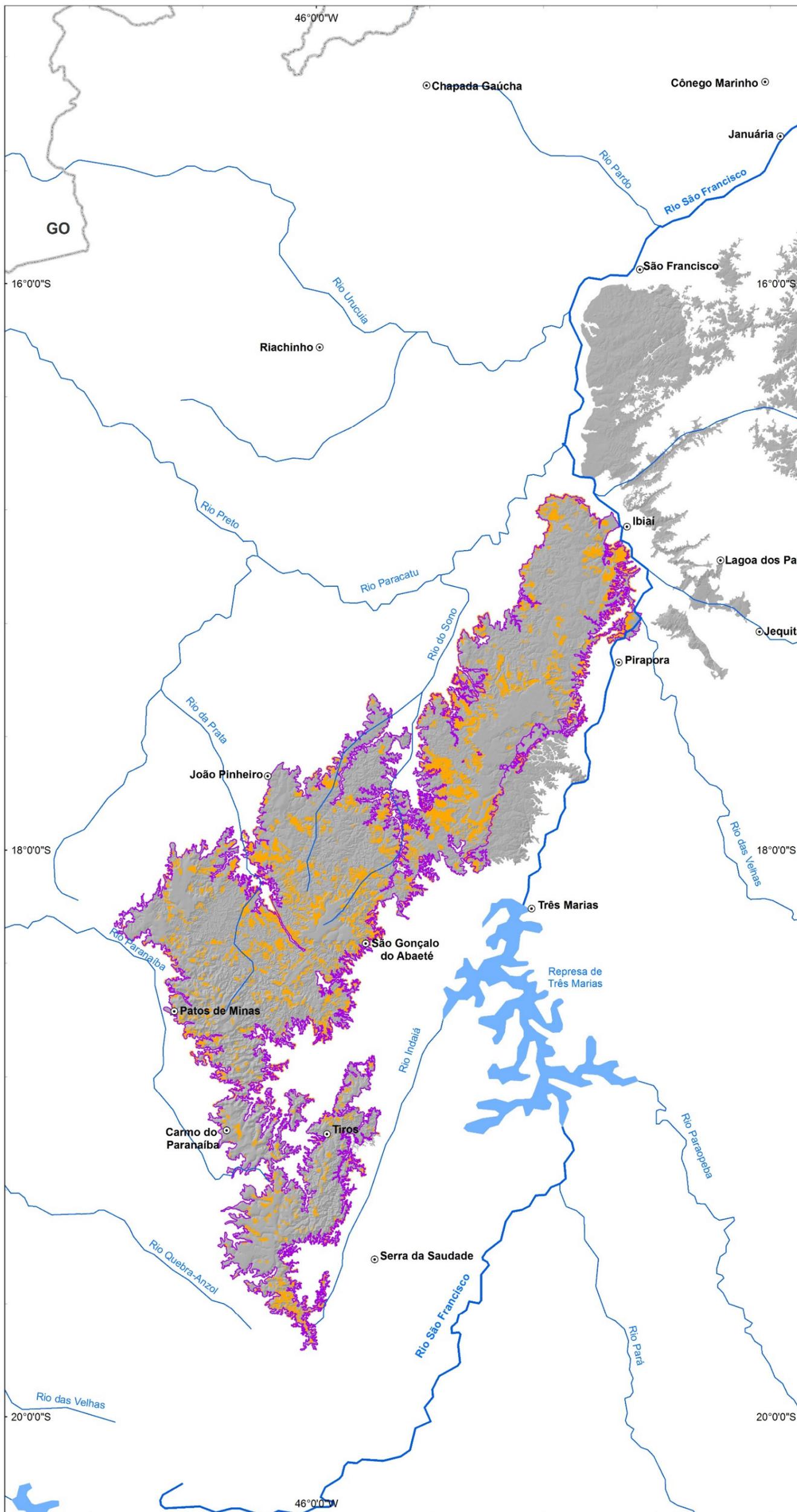
Estudos Hidrogeológicos e de Vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucua e Proposição de Modelo de Gestão Integrada e Compartilhada

TÍTULO
 Áreas de recarga do SAU com vegetação natural preservada (cerrado e caatinga)

ESCALA NUMÉRICA 1:1.900.000 NÚMERO FIGURA 9.5

ESCALA GRÁFICA 0 5 10 20 30 40 km

Figura 9.5 - Mapa resultante do cruzamento das áreas de recarga do SAU com as áreas de vegetação natural preservada (cerrado e caatinga).



Mapa de localização da área de estudo

Convenções Cartográficas

- Sede Municipal
- ~ Hidrografia
- Limite Estadual
- Massas d'água

Legenda

- ~ Rio São Francisco
- SAA (MDT)
- Limites operacionais do SAA
- Áreas de cerrado preservadas



PROJEÇÃO GEOGRÁFICA

Datum Horizontal: SAD/69
 Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° WGr
 Acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente



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

TÍTULO
Áreas de recarga do SAA com vegetação natural preservada de cerrado

ESCALA NUMÉRICA: 1:1.450.000 NÚMERO FIGURA: 9.6

ESCALA GRÁFICA: 0 5 10 20 30 40 Km

Figura 9.6 - Mapa resultante do cruzamento das áreas de recarga do SAA com as áreas com vegetação natural preservada de cerrado.

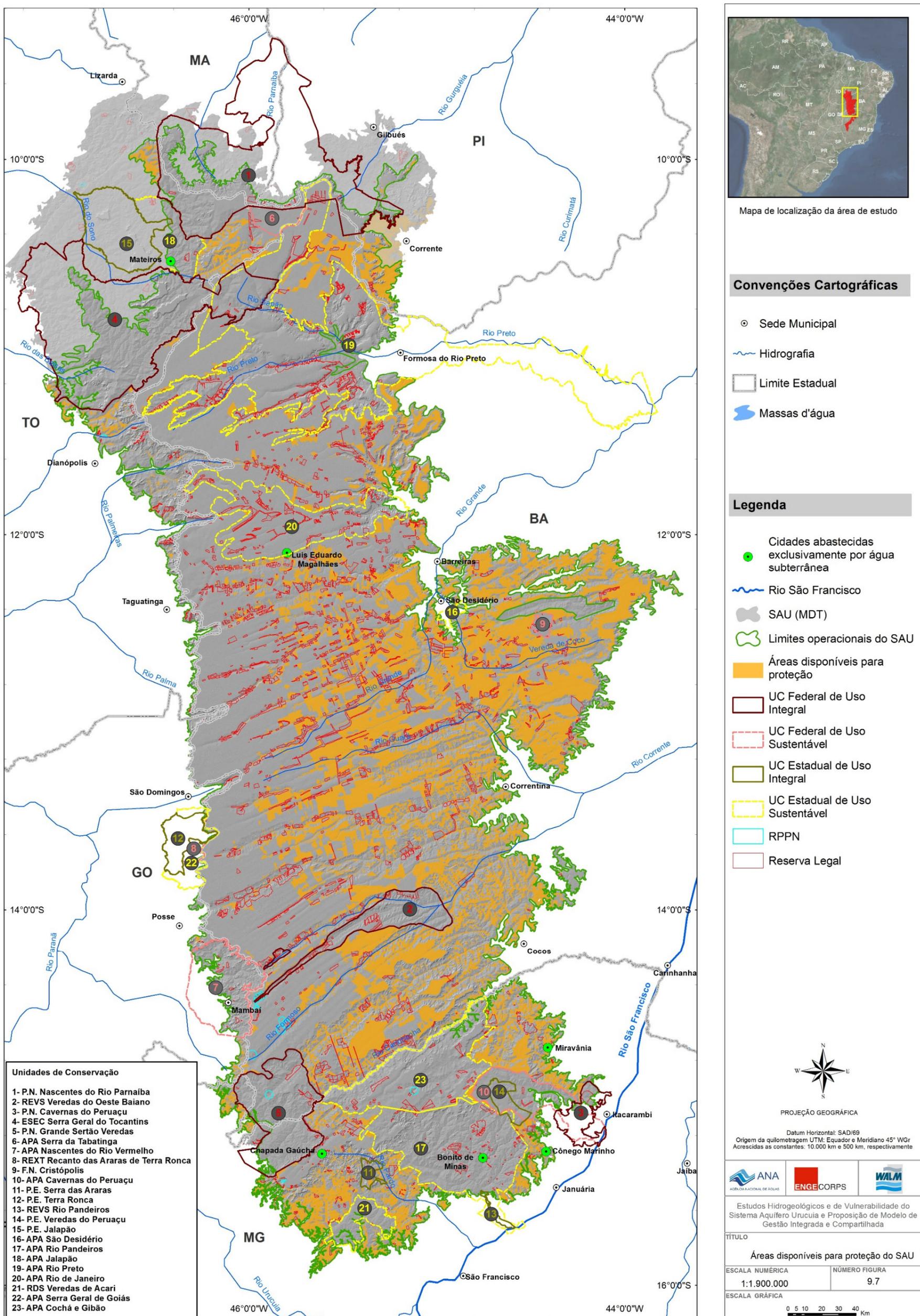
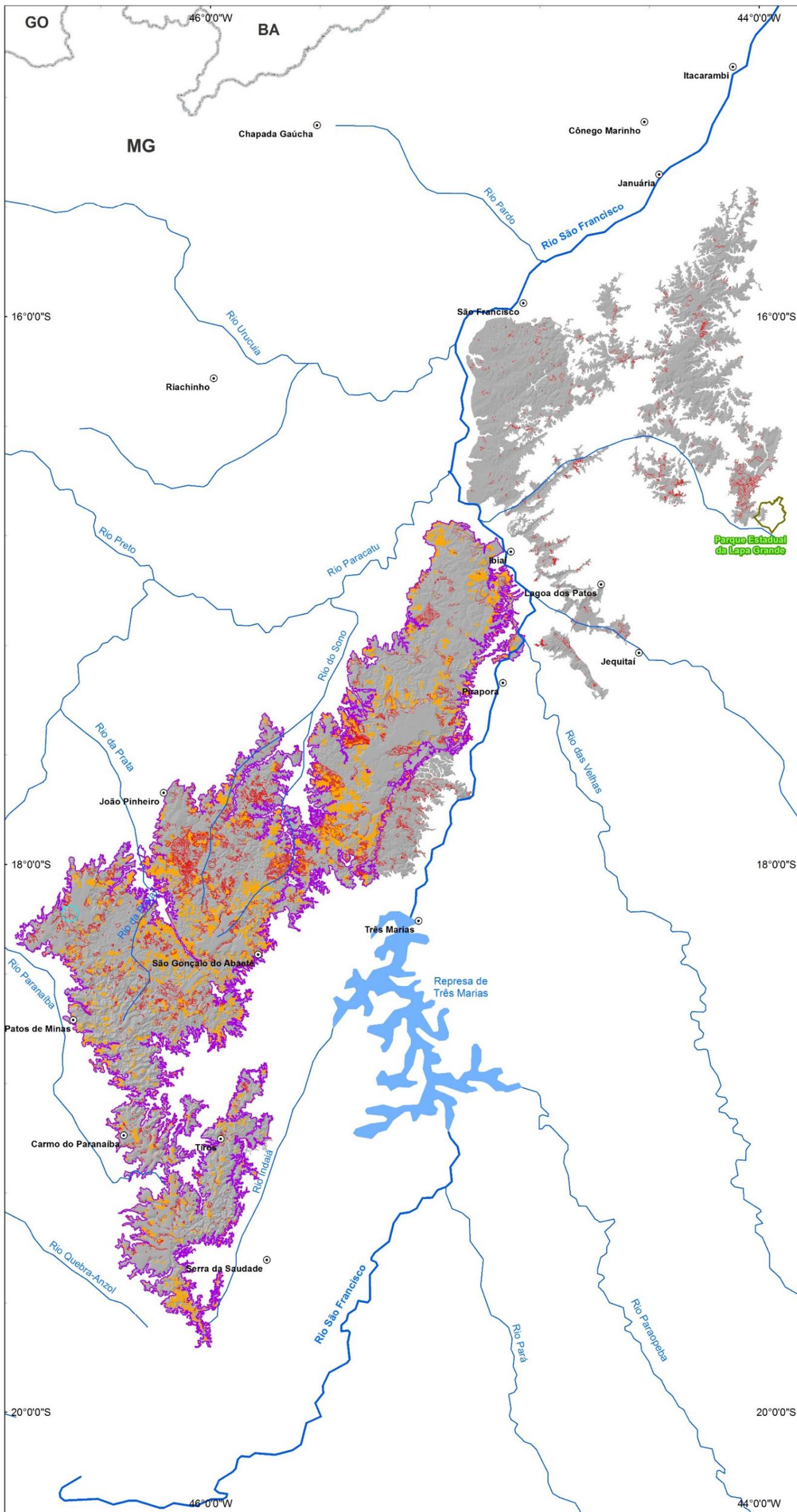


Figura 9.7 - Áreas disponíveis para proteção do Sistema Aquífero Uruçuia.



Mapa de localização da área de estudo

Convenções Cartográficas

- Sede Municipal
- ~ Hidrografia
- Limite Estadual
- Massas d'água

Legenda

- Rio São Francisco
- SAA (MDT)
- Limites operacionais do SAA
- Áreas disponíveis para proteção
- UC Estadual de Uso Integral
- RPPN
- Reserva Legal

PROJEÇÃO GEOGRÁFICA

Datum Horizontal: SADI/69
 Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° WGr
 Acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente

ANA
 ENGE CORPS
 WALM

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

TÍTULO

Áreas disponíveis para proteção do SAA

ESCALA NUMÉRICA	NÚMERO FIGURA
1:1.500.000	9.8
ESCALA GRÁFICA	

0 5 10 20 30 40 Km

Figura 9.8 - Áreas disponíveis para proteção do Sistema Aquífero Areado.

9.1.3.3 Perímetros de Proteção de Poços de Abastecimento Público

De acordo com Iritani & Ezaki (2010), o perímetro de proteção de fontes de abastecimento de água subterrânea é uma área definida, que restringe a ocupação por atividades potencialmente contaminantes no terreno que circunda a captação.

Alguns perímetros de proteção de poços (PPPs) foram calculados para poços de abastecimento público instalados nos municípios de Luís Eduardo Magalhães (BA), Barreiras (BA), Januária (BA), Chapada Gaúcha (MG) e Mateiros (TO). Esses poços são operados por concessionárias de abastecimento público como a EMBASA (BA), COPASA (MG).

As principais etapas do processo de proteção de captações de água subterrânea para abastecimento público ou privado envolvem a avaliação da área de contribuição, levantamento de fontes de contaminação no interior desta área e avaliação da susceptibilidade da captação aos contaminantes (Kraemer *et al.*, 2007). Todavia, nem todas as captações dessa natureza dispõem dessas avaliações, tampouco da delimitação e áreas de proteção.

A EPA (*Environmental Protection Agency of USA*) estabeleceu um guia de orientação sobre critérios e métodos para delinear perímetros de proteção de poços (USEPA, 1993 e 1994). Os critérios incluem (1) distância, (2) rebaixamento, (3) tempo de residência, (4) condições de contorno e (5) capacidade de assimilação.

Os métodos aplicáveis vão do mais simples ao mais complexo, incluindo mapeamento, raio de interferência do bombeamento calculado e modelagem hidrogeológica (Quadro 9.2).

QUADRO 9.2 - CRITÉRIOS E MÉTODOS DE DELINEAÇÃO DE PERÍMETROS DE PROTEÇÃO DE POÇOS

Critérios	Métodos					
	Raio fixo arbitrado	Raio fixo calculado	Fluxo uniforme	Mapeamento hidrogeológico	Modelagem hidrogeológica	Modelagem de transporte
Distância	x	X				
Rebaixamento		x	x		x	x
Tempo de residência		x	x		x	x
Limites hidrogeológicos				x	x	x
Capacidade de assimilação						x

Considerando a facilidade de uso em razão de pequena quantidade de parâmetros conhecidos para estimativa do perímetro, o método volumétrico ou do Raio Fixo Calculado (RFC) é o mais interessante para ser aplicado no presente estudo. O método do raio fixo calculado (RFC) utiliza o critério de tempo de trânsito para estimar o perímetro de proteção de poços. O raio é calculado usando dados de taxa de bombeamento do poço, porosidade efetiva e espessura saturada. A área criada é circular e não considera anisotropias do aquífero.

O método é empregado assumindo-se as seguintes condições:

- ✓ Os contaminantes não são conservativos; ou

- ✓ Contaminantes conservativos podem ser detectados em tempo suficiente, de modo a permitir a remediação imediata ou a busca de novas fontes alternativas de captação de água potável.

Para determinação do perímetro de proteção sanitária dos poços perfurados na área de estudo recomenda-se delinear um raio fixo de 10 metros a partir do ponto de captação, o qual deve ser cercado e protegido por telas de arame. O ponto de captação deverá ser dotado de laje de proteção sanitária para evitar a penetração de poluentes. A laje deverá ser de concreto armado, fundida no local, e deve envolver o tubo de revestimento sanitário; com declividade do centro para as bordas, espessura mínima de 10 cm e área não inferior a 3 m². Esse é o **perímetro imediato de proteção sanitária**, conforme estabelecido no estado de São Paulo e sugerido nesse estudo. Trata-se da área imediatamente adjacente ao ponto de captação.

O **perímetro de alerta** é definido pelo tempo de trânsito que um contaminante advectivo leva para atingir o poço. Normalmente utiliza-se o tempo de trânsito de 50 dias visando a proteção microbiológica (Iritani & Ezaki, 2010).

Exemplos de perímetros de proteção de poços (PPPs) para as condições hidrogeológicas locais encontradas no SAU são apresentados no Quadro 9.3, para captações de concessionárias públicas localizadas nos municípios de Luís Eduardo Magalhães (BA), Barreiras (BA), Januária (MG), Chapada Gaúcha (MG) e Mateiros (TO). De acordo com a equação volumétrica, incrementos do período de bombeamento e da vazão aumentam o raio do PPP, enquanto incrementos de porosidade efetiva e espessura saturada diminuem o raio do PPP.

QUADRO 9.3 - EXEMPLOS DO PERÍMETRO DE PROTEÇÃO DE POÇOS NO SAU

<i>Exemplos de cálculos de perímetros de proteção de poços</i>							
<i>Municípios</i>	<i>Código do poço</i>	<i>Fonte do Cadastro do Poço</i>	<i>n_e (%)</i>	<i>t (d)</i>	<i>H (m)</i>	<i>Q (m³/h)</i>	<i>Perímetro - R (m)</i>
L. E. Magalhães	Poço 3	SRH (2001)	0,14	365	262	332,9	159,0
L. E. Magalhães	Poço 4	SRH (2001)	0,14	365	261	373,3	168,8
L. E. Magalhães	Poço 6	SRH (2001)	0,14	365	281	400,0	168,5
Barreiras	Poço 15	SRH (2001)	0,20	365	253	400,3	148,5
Barreiras	Poço 16	SRH (2001)	0,14	180	261	373,3	118,6
Barreiras	Poço 17	SRH (2001)	0,14	365	226	433,3	195,3
Barreiras	Poço 18	SRH (2001)	0,14	365	246	250,0	142,3
Chapada Gaúcha	3100016491	SIAGAS	0,14	365	79	30,0	87,2
Januária	3100005739	SIAGAS	0,14	365	69	60,0	131,8
Mateiros	T303	SRHMA (2010)	0,14	365	100	25,0	70,5

Legenda: n_e: porosidade efetiva; t (d): tempo de trânsito em dias; H (m): espessura saturada em metros; Q (m³/h): vazão do poço em metros cúbicos por hora.

No Quadro 9.4 são apresentados exemplos de perímetros de proteção de poços (PPP) para as condições hidrogeológicas locais encontradas no SAA, na parte sul da área do estudo, para captações localizadas nos municípios de Tiros, Varjão de Minas, Presidente Olegário, João Pinheiro e Buritizeiros, todos em Minas Gerais.

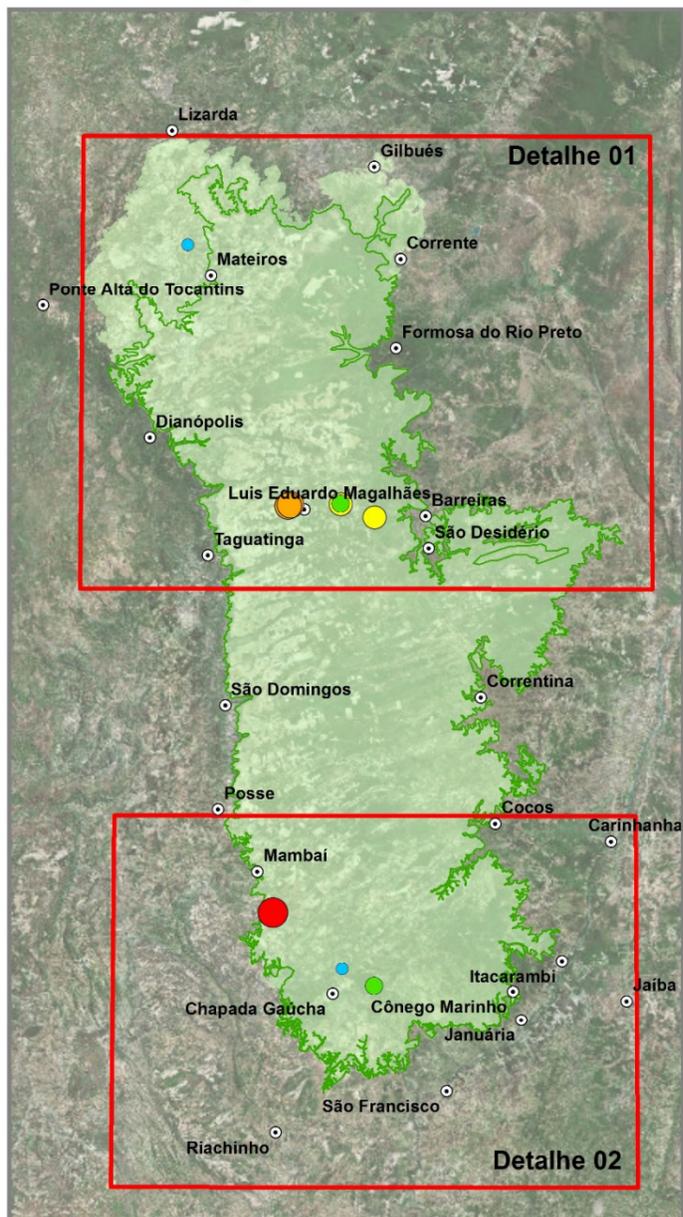
QUADRO 9.4 - EXEMPLOS DO PERÍMETRO DE PROTEÇÃO DE POÇOS NO SAA

<i>Exemplos de cálculos de perímetros de proteção de poços</i>							
<i>Municípios</i>	<i>Código do poço</i>	<i>Fonte do Cadastro do Poço</i>	<i>n_e (%)</i>	<i>t (d)</i>	<i>H (m)</i>	<i>Q (m³/h)</i>	<i>Perímetro - R (m)</i>
Tiros	C01tiros	COPASA	0,14	365	180	161,0	133,5
Varjão de Minas	3100017185	SIAGAS	0,14	365	122	39,0	79,8
Presidente Olegário	C01presoleg	COPASA	0,14	365	111	50,0	94,7
João Pinheiro	00656-2002	IGAM	0,14	365	64	13,0	63,6
Buritizeiro	07088-2009	IGAM	0,14	365	129	48,0	86,1

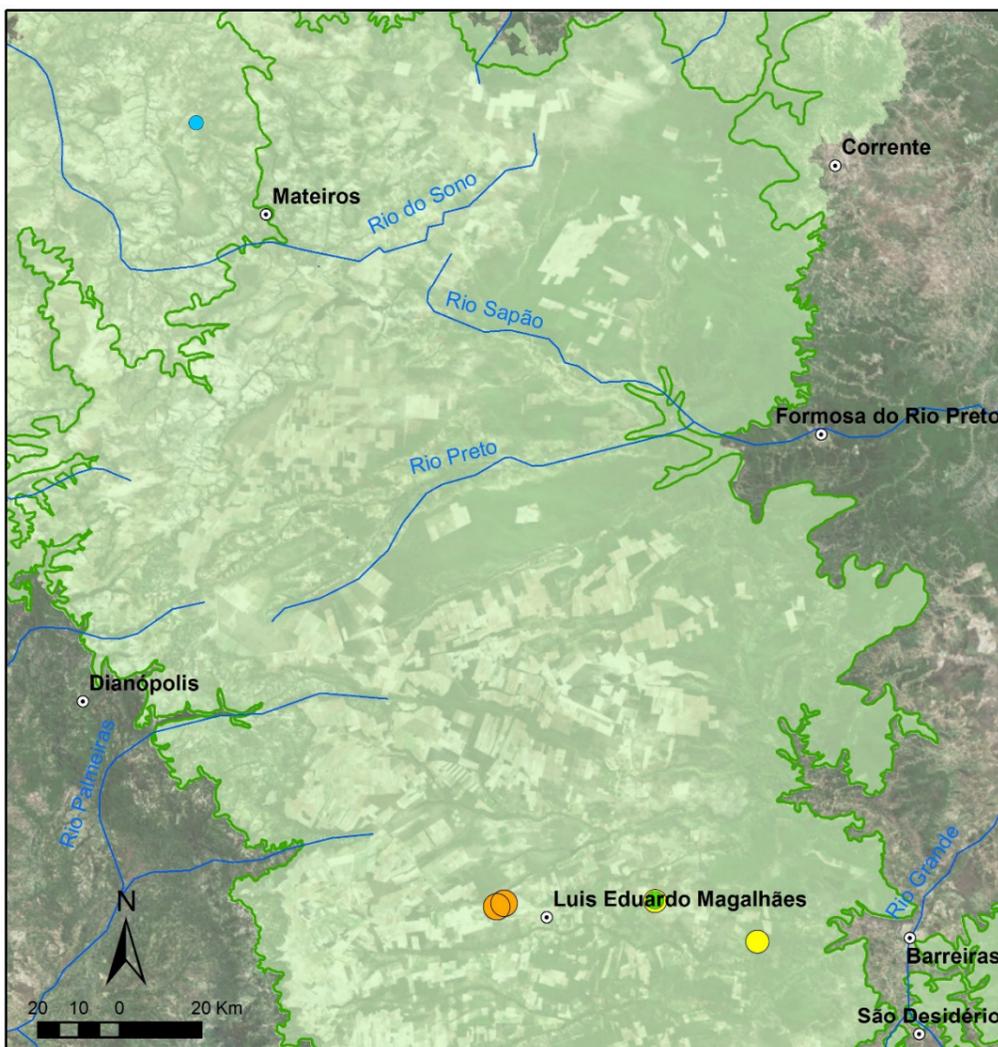
Legenda: n_e: porosidade efetiva; t (d): tempo de trânsito em dias; H (m): espessura saturada em metros; Q (m³/h): vazão do poço em metros cúbicos por hora.

A apresentação esquemática das áreas de proteção dessas captações encontra-se na Figura 9.9, para o SAU e na Figura 9.10, para o SAA.

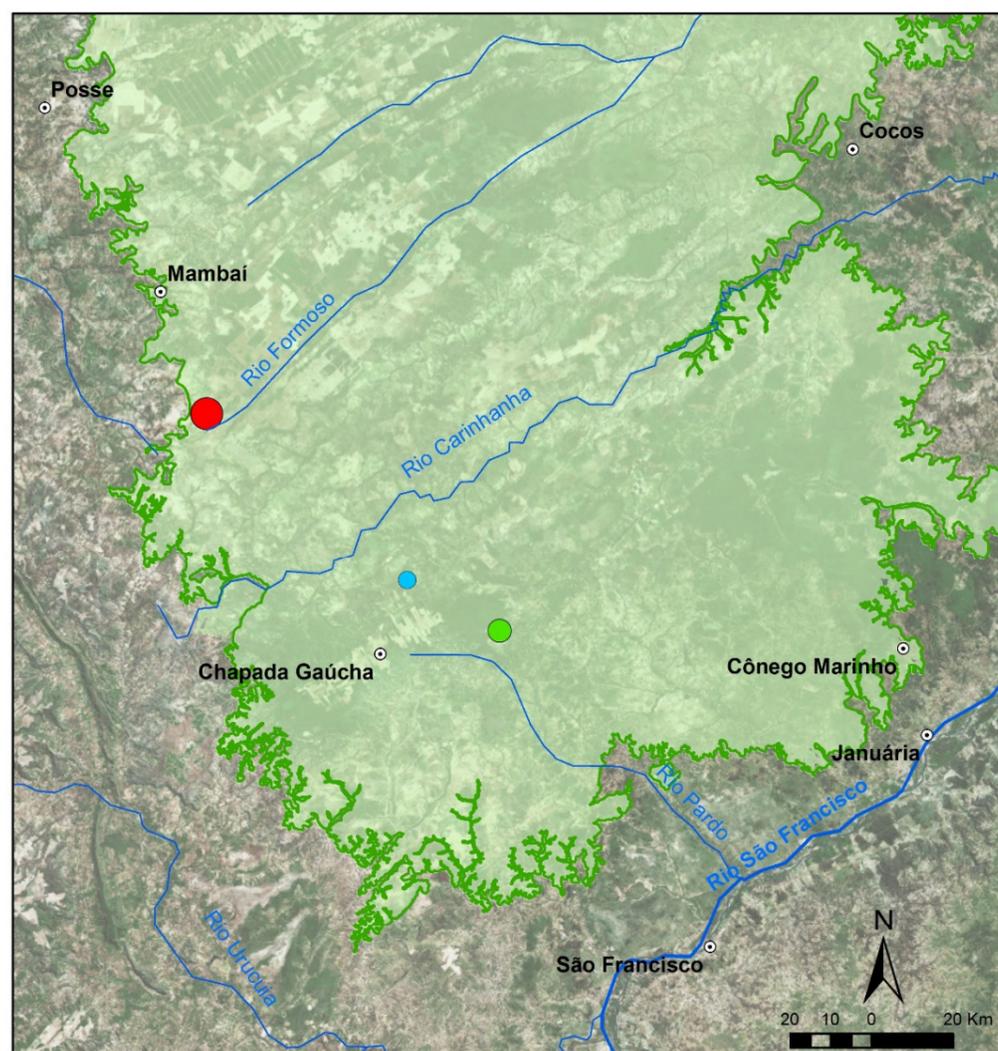
Limites Operacionais do SAU



Detalhe 01



Detalhe 02



Convenções Cartográficas

- ⊙ Sede Municipal
- Hidrografia

Legenda

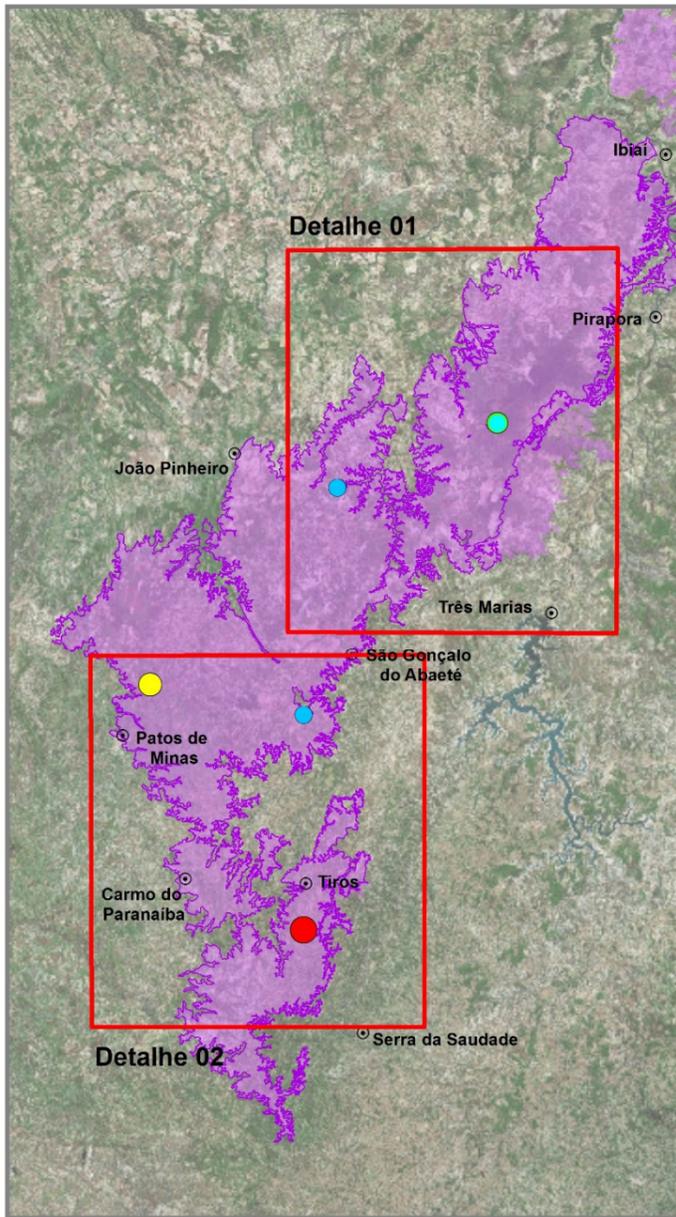
- Rio São Francisco
 - SAU
 - Limites operacionais do SAU
- Perímetro de Proteção de Poços (PPP)**
- De 70 m à 90 m
 - De 90 m à 140 m
 - De 140 m à 160 m
 - De 160 m à 190 m
 - > de 190 m

Datum Horizontal: SAD/69
 Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° WGr
 Acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente

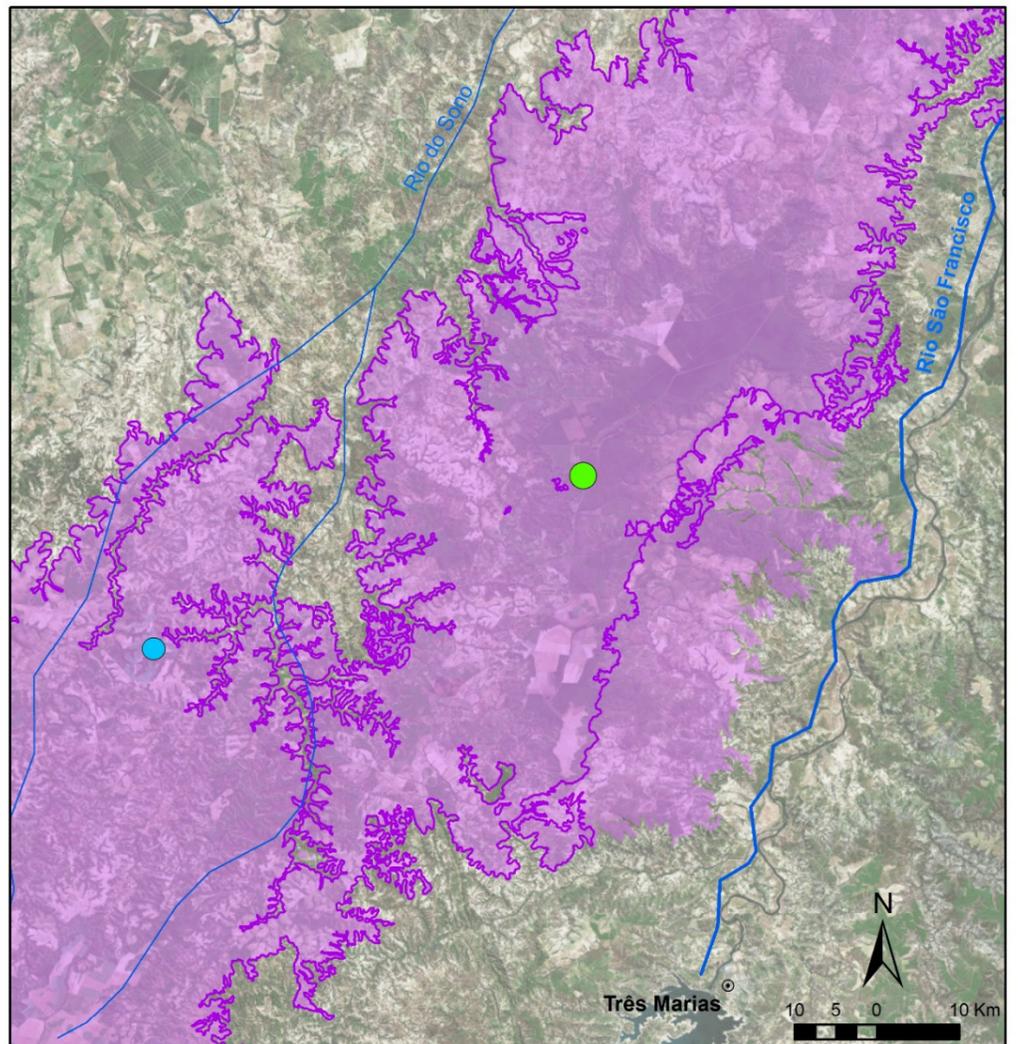
Estudos Hidrogeológicos e de Vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucuia e Proposição de Modelo de Gestão Integrada e Compartilhada		
TÍTULO Identificação dos Perímetros de Proteção de Poços (PPP) para os exemplos selecionados do SAU		
ESCALA NUMÉRICA	NÚMERO FIGURA	
1:1.500.000	9.9	
ESCALA GRÁFICA		
0 5 10 20 30 40 Km		

Figura 9.9 - Identificação dos Perímetros de Proteção de Poços (PPP) para os exemplos selecionados do SAU.

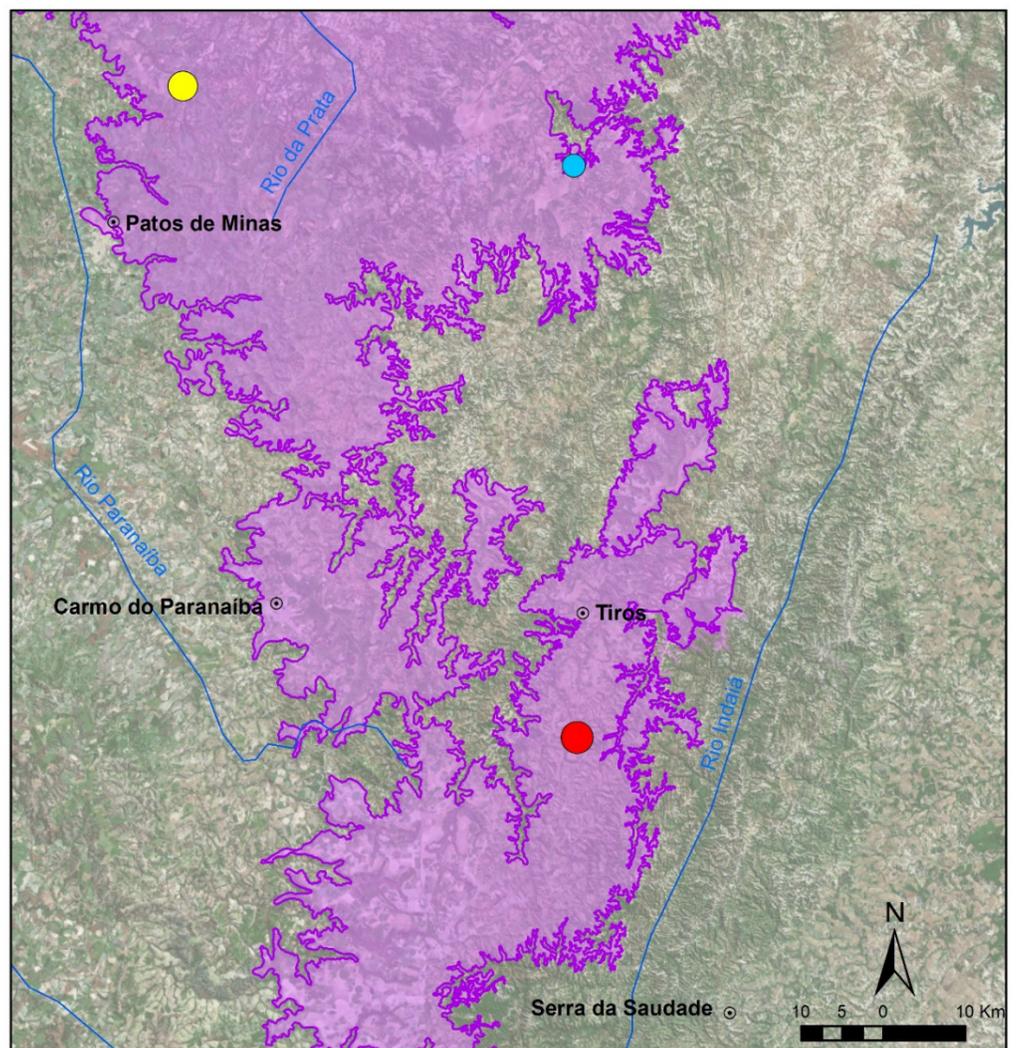
Limites Operacionais do SAA



Detalhe 01



Detalhe 02



Convenções Cartográficas

○ Sede Municipal

— Hidrografia

Legenda

— Rio São Francisco

SAA

Limites operacionais do SAA

Perímetro de Proteção de Poços (PPP)

- De 60 m a 80 m
- De 80 m a 90 m
- De 90 m a 100 m
- De 100 m a 150 m

Datum Horizontal: SAD/69
 Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° WGr
 Acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente

Estudos Hidrogeológicos e de Vulnerabilidade do Sistema Aquífero Uruçuia e Proposição de Modelo de Gestão Integrada e Compartilhada		
TÍTULO: Identificação dos Perímetros de Proteção de Poços (PPP) para os exemplos selecionados do SAA		
ESCALA NUMÉRICA	NÚMERO FIGURA	
1:745.000	9.10	
ESCALA GRÁFICA		
0 2.5 5 10 15 20 Km		

Figura 9.10 - Identificação dos Perímetros de Proteção de Poços (PPP) para os exemplos selecionados do SAA.

9.1.4 Estratégias de Manejo para a Preservação de Áreas consideradas em desertificação

Segundo Crepani (2009), o termo “desertificação”, como definido pela Convenção de Combate a Desertificação das Nações Unidas, é um processo de degradação de terras que ocorre em regiões de clima árido, semiárido ou subúmido seco, resultante de vários fatores, incluindo as *variações climáticas* e as *atividades humanas*. A degradação de terras por sua vez, é definida pela redução ou perda da fertilidade e da produtividade biológica ou econômica das terras áridas.

Ainda segundo o mesmo autor o conceito de “Núcleo de Desertificação” foi aplicado por Vasconcelos Sobrinho (1982) a seis áreas do Nordeste Brasileiro. Novos estudos sobre essas seis e outras áreas foram realizados pelo Ministério do Meio Ambiente, nos anos 90, no contexto das atividades da Conferência Nacional e do Seminário Latino-Americano da Desertificação – a Conslad – e dos trabalhos do *Núcleo Desert*, da Universidade Federal do Piauí-UFPI. A partir desses estudos, o MMA oficializou a identificação, em 1998/1999, de quatro Núcleos de Desertificação, que passaram a ser conhecidos como **Núcleos de Gilbués-PI**, de Irauçuba-CE, do Seridó-RN e de Cabrobó-PE.

Especificamente o Núcleo de Gilbués-PI que pertence ao limite norte da região de abrangência do Sistema Aquífero Urucuia, é composto pelos municípios de Barreiras do Piauí, Bom Jesus, Corrente, Curimatá, Gilbués, Monte Alegre do Piauí, Redenção do Gurguéia e São Gonçalo do Gurguéia. Nessa região localiza-se as nascentes de importantes rios como o rio Parnaíba e alguns de seus afluentes, o rio Gurguéia, ao leste do Parnaíba, e o Uruçuí Preto, a oeste.

O cenário da região é desolador com extensas áreas desmatadas, onde o solo está degradado impedindo o desenvolvimento de atividades simples como o plantio de subsistência (Figura 9.11). As condições de estradas são precárias o que dificulta o desenvolvimento da região, uma vez que nem serve de alternativa para escoamento de produção agrícola por aquele caminho (Figura 9.12).



Figura 9.11 - Áreas degradadas na região de Gilbués. Limite norte de abrangência do SAU.



Figura 9.12 - Áreas degradadas na região de Gilbués. Limite norte de abrangência do SAU.

Segundo Patrício *et al.* (2012), uma das causas de tamanha degradação tem sido a exploração de diamantes, ao longo dos anos, e que atingiu seu apogeu nas décadas de 1950 e 1960. Todavia outros autores apontam outras causas. Segundo o professor Luiz Gonzaga Carneiro, da UFPI (Universidade Federal do Piauí) um dos fatores que mais contribuíram para a degradação foi o mau uso do solo, tanto na pecuária como na agricultura. Para Carvalho e Almeida (2007), o processo de desertificação teve início com a lavoura e a prática de queimadas, sendo intensificado com a descoberta de pedras preciosas na região. Já para Muniz (2004), as causas

principais no processo de desertificação foram provocadas pela ação do homem durante décadas.

Conforme os estudos realizados por especialistas em solos, a desertificação em Gilbués teria sido intensificada pela exploração de diamantes. Todavia, o que de fato ocorreu nessa região, é resultado de uma sucessão de fatores antrópicos e climáticos. Os quais, desencadearam prejuízos econômicos, sociais e ecológicos irreparáveis.

Iniciativas para combater a desertificação na região já são uma realidade. O Núcleo de Pesquisa de Combate à Desertificação (NUPERADE) de Gilbués foi implantado em 2003 com o intuito de apoiar estudos sobre o fenômeno da desertificação e testar tecnologias para o controle do processo de degradação de terras e vem promovendo a recuperação de áreas degradadas da região. É uma ação conjunta dos Ministérios do Meio Ambiente, Agricultura, Integração Nacional e Governo do Estado do Piauí, através da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMAR) e Fundação Agente. No local onde existiam apenas voçoroca e solo improdutivo devido aos garimpos, agricultura e pecuária; hoje a área dispõe de experiências bem sucedidas. Todavia, são comuns denúncias da persistência de exploração clandestina de diamantes na região.

Resultados de análises hidroquímicas das águas subterrâneas de três poços (U127, U128 e U129) situados no município de Gilbués utilizados para este estudo apontaram que as águas são Cloretadas Cálcidas, com alta concentração de íons, condutividade elétrica acima 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Essas águas foram atribuídas a aquíferos constituídos por rochas da bacia Sedimentar do Parnaíba, ou seja, unidades que constituem o embasamento das rochas do SAU.

As amostras coletadas em duas campanhas de amostragem apresentaram valores de nitrato acima do limite permitido pela Portaria Nº 2914/2011, do Ministério da Saúde. Há de se considerar que esses valores de nitrato devem-se provavelmente à contaminação antrópica e podem ocorrer apenas em nível local devido a problemas construtivos dos poços e/ou condições de saneamento básico local. Deve-se atentar para o fato de que os níveis d'água subterrânea medidos nesses poços são rasos (<10 metros) o que os torna um ponto vulnerável para o alcance de contaminantes potenciais manejados ou dispostos em superfície, como a presença de fossas, por exemplo. Soma-se o fato de que os resultados das análises de Trítio (^3H) apontaram que a água coletada no poço U127 (48 metros de profundidade) teve uma recarga submoderna, ou seja, antes de 1952, enquanto que o poço U128 (200 metros de profundidade) que teve sua água datada pela análise do ^{14}C apresentou uma idade de aproximadamente 700 anos (762). Esses dados mostram que água captada nos poços tubulares profundos na região de Gilbués são antigas, revelando uma lenta dinâmica hídrica o que prejudica eventuais necessidades de reversão com problemas de contaminação do aquífero.

Dessa forma, com base no contexto geral do presente estudo e pontos de relevância colocados essa região merece atenção especial, sobretudo no que se refere aos efeitos desse processo de degradação de solos na área do Município de Gilbués, tendo em vista a sua localização próxima às nascentes do rio Paraíba. Recomenda-se analisar a viabilidade da aplicação da técnica de recarga artificial de aquíferos direta e indireta, em estradas, casas, galpões, prédios

públicos, com vistas a potencializar a recarga do aquífero e diminuir o *run off* responsável pela perda do solo e consequente assoreamento dos rios.

9.2 GESTÃO PARTICIPATIVA

A gestão participativa neste trabalho foi fundamental para fins de divulgação do conhecimento técnico e debate em seminários realizados, 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.

Dessa forma, no contexto geral ora apresentado, a gestão participativa com os interessados na gestão de recursos hídricos foi desenvolvida neste estudo a partir da realização de três seminários, sediados nos Estados da Bahia, de Minas Gerais e do Tocantins. No entanto, considerando que a integração regional foi considerada de grande importância, os Estados que sediaram os seminários receberam como convidados os demais Estados vizinhos participantes dos estudos, o Piauí, Goiás e Maranhão, respectivamente.

Nesses seminários foram apresentados resultados parciais dos estudos, as propostas para atividades de educação ambiental, e buscou-se uma interação entre os participantes quanto ao tema em discussão, além de ter proporcionado aos representantes estaduais que apresentassem suas perspectivas quanto à realização dos estudos.

O fomento às discussões relacionadas à preservação e uso sustentável do aquífero nos seus aspectos quantitativos e qualitativos, promoveu a sensibilização e conscientização dos diversos atores presentes e, conseqüentemente da população dos municípios da região, uma vez que aqueles participantes agem como multiplicadores das questões ali debatidas.

9.2.1 Seminários: Estruturação Básica e Operacionalização

Os seminários sobre os Sistemas Aquíferos Urucuia e Areado foram planejados pelo consórcio ENGEORPS-WALM com apoio técnico da Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização (CTAF-SAU), da ANA - Agência Nacional de Águas, dos estados abrangidos pelos estudos.

Dentre os objetivos gerais da realização dos seminários, destacaram-se a viabilização do debate com a população e/ou seus representantes, sobre o manejo sustentável da área dos aquíferos. Objetivou-se, ainda, estimular a participação qualificada dos grupos interessados em promover a preservação dos mananciais subterrâneos da área de abrangência dos Sistemas Aquíferos estudados, bem como a gestão integrada dos recursos hídricos.

Complementarmente, foi buscada e incentivada a contribuição dos participantes dos seminários na composição de uma proposta de “Programa de Educação Ambiental” que fosse adequado à realidade local e regional de ocupação e uso dos recursos naturais, com foco na sustentabilidade dos recursos hídricos.

Os seminários foram planejados para contar com a participação de aproximadamente 50 pessoas, em cada um deles, de tal forma a se fazerem representar os seguintes segmentos e/ou entidades:

- ✓ Poderes Públicos Municipais (todos da abrangência dos aquíferos);
- ✓ Instituições não governamentais;
- ✓ Professores;
- ✓ Universidades;
- ✓ Comitês de Bacias Hidrográficas;
- ✓ Comitês Gestores de Unidades de Conservação;
- ✓ Lideranças comunitárias;
- ✓ Entidades de classe;
- ✓ ONGs Ambientais; e
- ✓ Órgãos ambientais municipais e estaduais.

A intenção de se priorizar esse tipo de público alvo se refere à representatividade de grupos da população, salientando-se a grande capacidade de multiplicação do conteúdo apresentado, como é o caso, principalmente, de professores e lideranças. Os convites aos participantes, conforme indicações da CTAF-SAU e ANA, foram enviados via email e/ou contatos por correspondências/ofícios.

Os Seminários ocorreram em três Estados da área de abrangência dos aquíferos, sendo que em cada evento estavam representados dois Estados. Essa divisão foi uma estratégia para possibilitar a discussão sobre a gestão dos aquíferos de maneira compartilhada. Desta forma, no seminário do Estado da Bahia, que ocorreu no município de Barreiras, foram convidados

representantes do Estado do Piauí. No Estado de Minas Gerais, onde o Seminário foi realizado no município de Arinos, a representação foi em parceria com o Estado de Goiás e, no Tocantins, com o Estado do Maranhão.

Nos três Estados a dinâmica de apresentação seguiu a mesma estrutura: abertura do evento pelas autoridades locais; apresentação de representante da Agência Nacional das Águas – ANA, com a palestra: “A ANA e o Desenvolvimento de Estudos Hidrogeológicos no Brasil”; e apresentação de representante da equipe técnica do consórcio executor dos estudos sobre os resultados parciais dos estudos hidrogeológicos do Aquífero Urucua e Areado. Aos Estados representados foi reservado um tempo para apresentações sobre as perspectivas na gestão e conservação dos aquíferos.

Na segunda etapa do evento foi realizada a apresentação sobre o uso e ocupação do solo na região de estudo e a proposta de Gestão Compartilhada, também feita por representante da equipe técnica do consórcio, que finalizou as exposições com a apresentação da proposta de um Programa de Educação Ambiental para a região. Após as apresentações promoveu-se os debates, com vistas a estimular a participação dos presentes, na busca de contribuições para o programa.

A seguir, apresentam-se os principais resultados das discussões ocorridas em cada Seminário.

EVENTO 1: Seminário realizado no município de Barreiras - BA

Data: 03/04/2013

Local: Auditório da Universidade Federal da Bahia

Horário: 8h às 18h

Participantes: 78

No evento realizado em Barreiras (Figura 9.13), a peculiaridade foi a discussão técnica sobre a modelagem utilizada para a identificação do aquífero, visto que o perfil do público presente era de professores universitários e estudiosos de água subterrâneas. Além desses, participaram representantes do poder público local e estadual, como do Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia – INEMA e Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade de Barreiras - SEMMAS, além de associações ligadas ao setor agropecuário, comitês de bacia, dentre outros.

Na apresentação sobre as perspectivas do Estado da Bahia na conservação e gestão compartilhada da área do SAU, o representante do INEMA, fez uma apresentação focando na necessidade de adequação da legislação para que a gestão compartilhada pudesse se efetivar. Os representantes do Estado do Piauí não compareceram ao evento.



Figura 9.13 - Mesa de abertura do evento em Barreiras (BA) com representantes local, estadual, federal e dos consultores.

Em relação às contribuições dos participantes, observou-se que foi enfatizada para o Programa de Educação Ambiental (PEA) a necessidade de um diagnóstico de iniciativas já realizadas nas localidades para evitar sobreposição de atividades e a inserção de públicos como universitários, grupos da pastoral e rádios comunitárias. Em resposta foi reforçado que o conteúdo apresentado era apenas a proposta do PEA e que metodologicamente ao se executar o programa esse diagnóstico preliminar deveria ser feito tanto dos projetos já existente como dos públicos-alvo de maior relevância para o projeto.

As contribuições técnicas relativas aos estudos estiveram relacionadas à área de abrangência do aquífero, com discussões sobre metodologias de análise e resultados obtidos, com o questionamento sobre a ocorrência do SAU e SAA em regiões mais ao norte (Tocantins) e ao sul (Minas Gerais) da área de estudo. A discussão técnica sobre metodologias e conceitos associados às águas subterrâneas foi bastante extensa com a participação de vários professores da Universidade Federal da Bahia e institutos de pesquisa locais e regionais.

Outro aspecto do debate referiu-se à utilização das águas subterrâneas pela população e pela produção agrícola, com a presença de organizações e agricultores irrigantes, que inclusive trouxeram dados sobre volumes de captação na região, questionando a possibilidade de aumento desse volume para o SAU. Em contrapartida, representantes da Pastoral da Terra e gestores de unidade de conservação e outros representantes de órgãos públicos questionaram os dados apresentados e a forma de avaliar a disponibilidade do recurso hídrico e conseqüentemente planejar sua exploração, citando exemplos de áreas já impactadas pela falta de planejamento adequado. Nesse aspecto foram debatidas a importância e necessidade de se atender à legislação sobre a conservação de reservas legais e APP para preservar áreas de recarga dos sistemas aquíferos.

Em relação à gestão compartilhada, os questionamentos se voltaram à legislação existente e ao estímulo à discussão sobre águas subterrâneas nos comitês de bacias, destacando a necessidade de integrar a gestão de águas superficiais com a das águas subterrâneas.

EVENTO 2: Seminário realizado no município de Arinos - MG

Data: 11/04/2013

Local: Auditório da Câmara Municipal de Arinos

Horário: 8h às 18h

Participantes: 177

No município de Arinos (Figura 9.14) contou-se com a presença de autoridades municipais como o prefeito local, vereadores e secretários, do reitor do Instituto Federal do Norte de Minas, de professores e alunos, dos cursos técnicos de Produção de Grãos e Gestão Ambiental. Observou-se grande esforço de mobilização do poder público para viabilizar a presença do corpo técnico do projeto e dos estudantes da área no evento. Autoridades estaduais também estavam presentes como representante da Secretaria Estadual de Agricultura de Minas Gerais.



Figura 9.14 - Mesa de abertura do evento em Arinos (MG) com representantes local, estadual, federal e dos consultores.

A palestrante do Estado de Minas Gerais, analista ambiental do Instituto Mineiro de Gestão das Águas, na Gerência de Monitoramento Hidrometeorológico, apresentou a legislação do Estado, mapa de outorgas de águas subterrâneas fornecido pelo Instituto e os projetos de gestão de águas subterrâneas. O representante do Estado de Goiás, Superintendente de Recursos Hídricos do Estado de Goiás, acompanhou as atividades do seminário.

Na segunda etapa do seminário, as discussões permearam as metodologias e modelagens utilizadas para a definição da área do SAU, visto que características diferentes da área

suscitaram dúvida de que os recursos presentes no Urucuia poderiam não estar na área mineira, mas apenas unidades geológicas que compõem o Sistema Aquífero Areado.

Estiveram na pauta ainda questões sobre a disponibilidade dos recursos hídricos do aquífero, sendo colocado em discussão o sistema de outorgas considerando os diferentes atores públicos no sistema e qual a viabilidade de se estabelecer um sistema único e integrado.

Também foi questionada a possibilidade de contaminação dos aquíferos, discutindo-se o impacto do setor agropecuário pelo uso de agroquímicos, sendo destacado por alguns participantes que não há contaminação das águas subterrâneas por essas substâncias. Nesse item, se discorreu sobre as análises químicas da água que estavam sendo realizadas pelo presente estudo, incluindo a apresentação da rede de coleta. Foi informado que, de acordo com os resultados ainda parciais dos estudos, não foram detectadas nos pontos coletados água subterrânea contaminadas por agroquímicos.

EVENTO 3: Seminário realizado no Município de Palmas - TO

Data: 18/04/2013

Local: Auditório da Saneatins

Horário: 8h às 18h

Participantes: 61

O público do Seminário realizado em Palmas (Figura 9.15) contou com a presença de representantes de diversas instituições do Estado, como a Secretaria Estadual de Meio Ambiente, inclusive com a participação do Secretário de Estado, da equipes do Naturatins, da Agência Tocantinense de Saneamento - ATS, da Secretaria de Planejamento, do Serviço Geológico do Brasil - CPRM, de representantes de vários comitês de bacia, alunos e professores da Universidade Católica de Tocantins e da Universidade Federal de Tocantins.

A palestra sobre a gestão do SAU em Tocantins foi proferida pelo Diretor Geral de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos da Secretaria do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMADES-TO), cuja apresentação tratou do estado da arte da gestão de recursos hídricos no Estado.

No seminário em Palmas foi questionada, por alguns professores a metodologia utilizada para calcular os volumes e vazões apresentados para a área do SAU. A definição de uma “área operacional” para os cálculos apresentados no estudo também suscitou discussão com os presentes, uma vez que o Estado do Tocantins teve parte de sua área territorial excluída da modelagem pela carência de dados.



Figura 9.15 - Mesa de abertura do evento em Palmas (TO) com representantes local, estadual, federal e dos consultores.

Na ocasião ressaltou-se que o levantamento de dados abrangeu toda a área do estudo, que no caso de Tocantins compreende seu território leste e sudeste. Tendo em vista a pequena quantidade de poços, uma vez que é uma região pouco habitada constituída de várias unidades de conservação da região do Jalapão e de poucos afloramentos das rochas do Grupo Urucuia, suscitou dúvida nos consultores do consórcio quanto à ocorrência das rochas do Grupo Urucuia ou se seriam de outra unidade geológica mais antiga naquela região. Contudo, esclareceu-se que uma campanha de campo foi conduzida pelos técnicos da ANA, do consórcio com vistas a avaliar a ocorrência das rochas que constituem o Sistema Aquífero Urucuia.

Foi ressaltado, novamente, pelo representante do Estado da Bahia a necessidade de integração da gestão de águas superficiais e subterrâneas, incluindo outorgas e adequação de legislação (federal e estaduais).

Comentários gerais sobre a gestão participativa

Os atores partícipes dos seminários de gestão participativa no âmbito desses estudos, em sua maioria, atuaram muito mais como ouvintes e receptores do conhecimento técnico gerado do que como opinantes nos assuntos discutidos. Contudo, o simples fato de tomar ciência sobre o assunto, mesmo não opinando já é de grande valia para a sociedade. Discussões direcionadas ao conhecimento e a gestão dos recursos hídricos ainda são escassas no meio não técnico.

De um modo geral a relação desses atores com a ocorrência e uso das águas subterrâneas do SAU e SAA é estabelecida de formas distintas. Todos são alcançados pela forma como a gestão desses recursos é conduzida, bem como pela forma como são utilizados os recursos naturais da região, ainda que nesse último caso de formas distintas.

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 feito no seminário de Barreiras por representante da ONG 10envolvimento.

Os grandes agricultores, por sua vez, sendo os maiores usuários, seja dos recursos hídricos subterrâneos, superficiais e do uso do solo, devem procurar a viabilização de projetos com foco na sustentabilidade dos usos dos recursos naturais, 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.

Para citar a importância desses grandes usuários vale apresentar alguns pontos destacados e recomendações apresentadas na oficina “A importância da recarga de aquíferos para o crescimento sustentável da agricultura irrigada”, realizada em 2013, na cidade de Luís Eduardo Magalhães (BA), no XXIII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem (CONIRD), apenas um mês após os seminários citados anteriormente.

Essa oficina teve a participação de técnicos da ANA, EMBRAPA, CPRM, SEMA BA e usuários, onde se discutiu práticas que poderiam contribuir para o melhor aproveitamento dos recursos hídricos, sustentabilidade dos aquíferos e para a melhoria da capacidade de recarga e assim permitir a ampliação da agricultura irrigada. Destacou-se ainda nas discussões 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)

Pontos destacados na oficina do XXIII CONIRD

- *Utilização de práticas conservacionistas para melhor disciplinar e favorecer a infiltração de água no solo, a exemplo de terraços, barragens dos mais diferentes portes, superficiais ou subterrâneas, sistematização e drenagem de estradas vicinais com bacias de acumulação, práticas vegetativas e culturais 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.*

Recomendações da oficina do XXIII CONIRD

- *O produtor é o principal ator, sendo necessário fomentar trabalhos voltados para as boas práticas de recarga dos aquíferos. Há uma enorme carência de ações nesse sentido.*
- *No caso do Sistema Aquífero Urucuia, devido ao efeito da retirada de água subterrânea na vazão dos rios, exemplificou-se com a necessidade de poços serem distanciados dos rios para minimizar os impactos nos mananciais superficiais, principalmente nos períodos de seca.*
- *Implementar do programa “Produtor de Água”, da ANA, como também programas de pagamento de serviços ambientais, para conservação do solo e da água, integrados em uma ação única no sentido de aumentar a disponibilidade de água superficial e subterrânea para irrigação.*
- *Combinação o Produtor de Água com o REDD (Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação). Neste caso, considerar que o sequestro de carbono, que é diretamente ligado à produção de biomassa será sempre beneficiado ao se intensificar a produção por área. Assim, com a irrigação e ao explorar os sinergismos e as complementaridades com os fundamentos do Sistema Plantio Direto, o produtor qualifica-se, cada vez mais, para usufruir desses benefícios.*
- *Serviços ambientais da gestão das propriedades como um todo, atividades de sequeiro e sob irrigação, entre outros benefícios, proporcionam: a) A manutenção da biodiversidade como indicador de qualidade ambiental; b) a conservação da qualidade e da quantidade de água; c) a mitigação do aquecimento global; e, d) o incremento de polinizadores e inimigos naturais.*
- *Discutiui-se situações de sub-bacias da região oeste da Bahia, a exemplo da do Rio das Fêmeas, que já se encontra com 100% de sua capacidade outorgável atingida, requerendo estudos e ações para essas situações que começam a surgir pelo Brasil.*
- *A recarga dos aquíferos depende da adoção de boas práticas mecânicas e vegetativas de conservação e manejo do solo. Essas práticas incluem o terraceamento, barragens dos mais diversos portes, e outras práticas, como da adoção do Sistema Plantio Direto de qualidade. Isso implica em ter adequados terraceamento, mesmo em áreas relativamente planas e com alta infiltração da água. A eliminação indiscriminada de terraços foi considerada uma prática contrária aos bons fundamentos de recarga dos aquíferos.*

9.2.2 Programa de Educação Ambiental

A proposta de Programa de Educação Ambiental - PEA, conforme aqui formulada, está baseada nos resultados dos estudos realizados pela ANA para a região dos Sistemas Aquíferos Urucuia e Areado. A região considerada se caracteriza pela diversidade de realidades no âmbito das atividades econômicas, das taxas de crescimento, da ocupação populacional, e por

consequência da situação ambiental atual. Numa área de abrangência de 149.077 Km², e que contempla 114 municípios, se concentra uma população de mais de 2 milhões de pessoas, que se dividem nas atividades de agronegócios, pecuária, agropecuária, indústria, turismo, comércio e serviços.

Diante dessa diversidade, a proposta do PEA é apresentar recortes para que as diferentes temáticas trabalhadas possam ser melhor aproveitadas considerando os temas de interesse, linguagem e adequação a realidade do público alvo, bem como de acordo com a realidade ambiental local. Para tanto se propõe que o programa de educação ambiental seja executado de acordo com as especificidades em relação às características ambientais dos sistemas aquíferos em cada região. Neste contexto, propõe-se que o PEA seja dividido regionalmente, de acordo com a vocação de uso dos aquíferos. Dessa forma, focando sempre na promoção da mudança de comportamento e na conscientização ambiental por parte da população e do poder público, o PEA deve englobar prioritariamente os atores multiplicadores, quais sejam: em primeiro lugar, os docentes (ensinos fundamental e médio), com capacitação e cartilhas orientadoras para esse perfil; os servidores de órgão gestores de recursos hídricos e meio ambiente de cada estado, incluindo os municípios, companhias de abastecimento, usuários de um modo geral e associações comunitárias.

As temáticas e as linguagens utilizadas tanto nas atividades como nos produtos a serem elaborados pelo PEA deverão ser adequadas ao público definido para cada uma das ações.

Vale ressaltar que o programa de educação ambiental deverá auxiliar e fomentar as ações de preservação e conservação ambiental na região, além de estimular o reconhecimento dos recursos ambientais locais e seu uso de maneira sustentável.

O *objetivo geral* do PEA é ampliar o conhecimento do público sobre os aquíferos e, por meio desta ação, que possam ser viabilizadas iniciativas de educação ambiental que reverberem na conservação do recurso hídrico por meio de uma mudança de comportamento da população, políticas públicas e iniciativas privadas. Nesse aspecto, o programa também deve visar promover a *multiplicação dos resultados* deste estudo, visto que por meio da disseminação do conhecimento técnico será possível dar um panorama do atual estado de conservação da área do SAU e do SAA e, assim, propor ações adequadas à realidade.

No que tange aos *objetivos específicos* do PEA, sugere-se:

- (i) A produção e edição de material informativo consolidando os principais resultados do estudo desenvolvido pela ANA e as informações gerais sobre gestão participativa de uso e ocupação da terra, dos recursos hídricos e das especificidades da região do SAU e SAA;
- (ii) A produção e edição de uma cartilha pedagógica, com linguagem acessível, proposta de atividades lúdicas para dar subsídios aos educadores sobre gestão preventiva (fontes potenciais de contaminação) e integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, dentre outros temas relacionados;

(iii) A inserção de *spots* de rádio e TV, com informações sobre os aquíferos estudados, sobre a gestão participativa de uso e ocupação da terra, dos recursos hídricos e ações de conservação das águas subterrâneas, a serem divulgadas nas emissoras e rádios locais.

A metodologia proposta para o Programa de Educação Ambiental terá suas bases na “educação formal” e “não-formal”, sendo priorizada a disseminação dos resultados dos estudos realizados pela ANA, que deverá proporcionar a ampliação do conhecimento dos recursos do aquífero para as comunidades locais.

O PEA deverá ter duração experimental de 4 (quatro) anos visto que suas ações permeiam a absorção e multiplicação de conteúdo e com isso a necessidade de acompanhamento e constante avaliação dos grupos participantes.

A equipe de trabalho do Programa de Educação Ambiental deverá ser multidisciplinar, composta por profissionais de diferentes áreas, cada qual contribuindo com sua experiência e conhecimento específico. Para a transmissão de conteúdo, contará com materiais didáticos como uma apostila a ser entregue aos participantes do curso de capacitação e para uso posterior na multiplicação dos conteúdos.

Durante todo o período de execução do PEA, todas as atividades contarão com *avaliação do público* ao final das etapas, com isso será possível analisar a efetividade da ferramenta, bem como da absorção do conteúdo transmitido. Desta forma almeja-se aprimorar as ferramentas e verificar a qualidade da disseminação do conteúdo apresentado.

As ações a serem executadas junto ao público-alvo incluem:

- ✓ Seminários de Divulgação dos resultados dos estudos do SAU e SAA;
- ✓ Oficinas de Educação Ambiental para apresentação do Estudo sobre os Sistemas Aquíferos SAU e SAA;
- ✓ Capacitação de educadores para apresentação do Estudo sobre os Sistemas Aquíferos e desenvolvimento de projetos em Educação Ambiental – EA.

Na elaboração de produtos para o público alvo (cartilhas e folhetos) deve-se observar que a produção de conteúdo deverá conter linguagem didática, abordando conceitos, informações regionais, citação de exemplos que servirão de referência para os participantes nos momentos em que forem trabalhar o conteúdo em seus setores, além de serem ricamente ilustrados com mapas e desenhos didáticos. Para facilitar a comunicação, sugere-se a criação de um personagem para o PEA que esteja presente nos materiais gráficos, tanto cartilha como folhetos, que facilite a interação do conteúdo apresentado com o leitor (público alvo).

10. PROPOSTA DE PLANO DE GESTÃO INTEGRADA E COMPARTILHADA DO SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA – SAU

Muito do que se discute acerca dos desafios 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. Entretanto, 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. Essas vazões são também as vazões de referência utilizadas para as outorgas de águas superficiais. Todavia, a gestão de recursos hídricos hoje implementada nos estados e pela ANA no âmbito da União, não leva em conta essa interação no instrumento de outorga tampouco nos marcos regulatórios. De um modo geral, não existe uma disponibilidade hídrica única a ser partilhada entre os usuários de águas subterrâneas de um determinado aquífero com os de águas superficiais de rios que dependem desses aquíferos.

Deste modo, a proposta de Plano de Gestão Integrada e Compartilhada a ser apresentada para o Sistema Aquífero Urucuia 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; conforme avaliado no levantamento hidrológico deste estudo, onde se verificou a magnitude da contribuição do SAU para o fluxo de base dos rios.

Esta proposta refere-se a toda a área de abrangência do Sistema Aquífero Urucuia (SAU), a ser amplamente discutida, para enfim ser implementada pelos seis estados abrangidos por esse manancial, e União, uma vez que a área também inclui o rio Carinhanha, que é de domínio da União. O conteúdo apresentado baseou-se na atualização do conhecimento técnico deste estudo e na legislação vigente que já prevê a gestão integrada e compartilhada, porém até então não implementada na prática.

10.1 OBJETIVOS

O Plano de Gestão Integrada e Compartilhada do SAU tem como objetivo principal subsidiar os diversos atores envolvidos com uma proposta de gestão que visa alcançar uma situação real de uso integrado e compartilhado dos recursos hídricos subterrâneos do SAU e corpos hídricos superficiais a ele conectados direta ou indiretamente. Assim, almeja-se alcançar a direção a uma convergência do uso racional e sustentável dos recursos e à adaptação de procedimentos e critérios na gestão, de forma a evitar conflitos futuros.

Para alcançar esse objetivo principal, o ponto de partida é, sem dúvida, a *apropriação do conhecimento técnico gerado neste estudo*, por meio da divulgação dos resultados nos Estados,

bem como a tradução do conhecimento gerado em diretrizes de gestão, com a visão da integração entre as águas superficiais e subterrâneas.

Com vistas a tornar o Plano de Gestão proposto factível considerou-se primordial a definição de áreas integradas e compartilhadas da região do SAU, discutidas e sugeridas pela CTAF, onde se considerou o caráter interestadual da dinâmica hídrica do SAU entre Estados. A definição dessas áreas, contudo, não consiste em uma proposta de novas unidades de gestão, mas apenas uma proposta de definição areal da visão técnica e considerando as características intrínsecas do SAU no tange a dinâmica de fluxo e do compartilhamento desse manancial entre diversos estados.

10.2 JUSTIFICATIVAS

A região dos extensos “chapadões” que abrangem desde o norte de Minas Gerais, oeste da Bahia, leste de Goiás, até o extremo sul do Piauí e Maranhão e sudeste de Tocantins, configura a área de ocorrência do Sistema Aquífero Urucuia (SAU).

Devido a essa distribuição geográfica e ao comportamento hidrogeológico do SAU, ocorrem nesse contexto regional fluxos subterrâneos interestaduais na área de abrangência do aquífero, ou seja, contribuição subterrânea para rios que ultrapassam as fronteiras políticas. No âmbito do SAU ocorre a contribuição subterrânea da Bahia por fluxo de base para rios no estado do Tocantins, da Bahia para Goiás. Nesse cenário, as atividades ou a gestão realizada num estado situado a montante – em termos de fluxo subterrâneo – podem influenciar outro Estado situado à jusante, contribuindo para que essa condição natural seja potencial para conflitos, tanto no que se refere aos usos dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais, quanto aos aspectos ambientais.

Além do panorama de compartilhamento interestadual, o SAU representa grande importância nacional em vista da sua contribuição para as bacias circundantes. Essa contribuição representa cerca de 990 m³/s para esses rios. Entre as contribuições, destacam-se a da bacia do rio São Francisco, com uma contribuição média de 730 m³/s; seguida da bacia do rio Tocantins, com 215 m³/s, em média; segundo análise efetuada nas estações fluviométricas da região no período de 1975 a 2005. Com base nesses dados, é claro notar a importância do SAU na manutenção do fluxo de base dos rios da área de estudo, em especial para a bacia do rio São Francisco, onde as análises hidrológicas chegaram a contribuições do SAU da ordem de 80% a 90% nas vazões de base na barragem de Sobradinho, no trimestre mais seco (agosto a outubro) do período avaliado.

Contudo, apesar de o SAU ser compartilhado entre vários estados e seja de fundamental importância para a manutenção das vazões de rios importantes, e ainda que sejam previstas no arcabouço legal diretrizes que orientem ações de compartilhamento de aquíferos e integração entre águas superficiais e subterrâneas, na prática da gestão isso não ocorre. Soma-se a isso o fato de que as águas subterrâneas, segundo a Constituição Brasileira, são de domínio dos

Estados e que os rios alimentados pelo SAU são de dominialidade estadual (envolvendo seis estados) e da União, o que exige uma boa articulação entre esses entes na gestão.

Nos Estados partícipes desta iniciativa existem processos de gestão de recursos hídricos em vigor, cada qual com suas particularidades institucionais, legais e técnicas. Nesse sentido, vale observar que a aplicação dos instrumentos de gestão, tais como outorga, fiscalização, de certa forma, pode ser considerada uma realidade nos arranjos de gestão estaduais, mesmo que de forma diferenciada entre os entes. A União, por sua vez, também dispõe de suas normativas e práticas de gestão nos rios São Francisco, Carinhanha, Tocantins, os quais são alimentados pelo SAU. Entretanto, os entes envolvidos nesse arranjo, que configura um caráter inerente de integração e compartilhamento, não interagem entre si, no sentido desses arranjos, ainda embrionários na gestão de recursos hídricos no Brasil.

Deste modo, com base no anteriormente exposto e, em especial, considerando a importância assumida pelo SAU na dinâmica socioeconômica regional, na sua efetiva contribuição para a manutenção de drenagens superficiais e, por fim, analisando que atualmente a região desse aquífero dispõe de um conhecimento técnico importante gerado neste trabalho e em anteriores, justifica-se plenamente a proposição do presente **Plano de Gestão Integrada e Compartilhada**, de forma a municiar os tomadores de decisão com informações para o gerenciamento das reservas subterrâneas deste aquífero entre os Estados envolvidos.

Faz-se necessário esclarecer, ainda, que as minutas do Plano de Gestão e da Resolução Conjunta **são propostas** a serem discutidas, detalhadas e aprofundadas posteriormente no âmbito de todos os Estados abrangido pelo SAU, União e de forma conjunta entre eles.

10.3 EMBASAMENTO LEGAL E INSTITUCIONAL

De acordo com o direito em vigor, não há uma instância legalmente estabelecida para que os Estados que compartilham os aquíferos, ou mesmo para a União que tem rio de seu domínio dependente de um aquífero, estabeleçam um planejamento ou uma gestão integrada e compartilhada. No momento anterior à concessão das outorgas, tampouco existe, institucionalmente, um âmbito de negociação entre os Estados que compartilham um aquífero, para que se estabeleçam as regras comuns, válidas para a utilização das águas do aquífero compartilhado.

De todo modo, 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.**

Embora as orientações dessas normativas complementem itens sobre a gestão integrada entre as águas superficiais e subterrâneas, ainda são insuficientes para sua efetiva implementação, haja vista a ausência na definição de diretrizes, arranjos institucionais e competências.

Nesse sentido, embora ainda não haja uma normativa diretamente relacionada a gestão integrada, existe no momento de “construção” da presente proposta de Plano de Gestão, um Grupo de Trabalho (GT) instituído no âmbito do CNRH, composto por representantes das Câmaras Técnicas de Águas Subterrâneas e a de Integração de Procedimentos, Ações de Outorga e Ações Reguladoras (CTAS e CTPOAR) onde se discute a formulação de uma resolução específica sobre gestão integrada.

Para enriquecer as discussões desse grupo, a Agência Nacional de Águas (ANA) e a Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente promoveram o “Workshop Gestão Integrada de Recursos Hídricos Subterrâneos e Superficiais”. Nesse evento discutiu-se com representantes das câmaras técnicas citadas, pesquisadores, especialistas em recursos hídricos da ANA e representantes de órgãos gestores, conceitos técnicos sobre a indissociabilidade do ciclo hidrológico e de como na prática aplicar essa integração na gestão de recursos hídricos.

Todas essas iniciativas vieram ao encontro de estabelecer diretrizes de orientação para implementação da gestão integrada entre águas superficiais e subterrâneas. Além disso diz-se da necessidade de regulamentações que norteiem o compartilhamento de aquífero(s) entre estados, caso típico da região do SAU e de diversos outros importantes aquíferos no país.

No Brasil existem vários Marcos Regulatórios firmados entre Estados e União para definição das condições de entrega na transição de corpos de água de domínio Estadual para os de domínio da União, conforme dispõe o art. 17 do Decreto 3.692/2000: “...a ANA exercerá ação reguladora em corpos de água de domínio da União, inclusive mediante a definição de requisitos de vazão mínima e de concentração máxima de poluentes na transição de corpos de água de domínio Estadual para os de domínio Federal”. Segundo Aquino & Netto (2013), a definição desses requisitos emerge como alternativa na busca pela prevenção e resolução de conflitos pelo uso da água em bacias hidrográficas compartilhadas por mais de um ente federado.

Entretanto, no que tange a marcos regulatórios entre estados que compartilham um ou mais aquíferos existe apenas um no país, firmado entre os estados do Rio Grande do Norte e Ceará. O Plano de Gestão Compartilhada dos Aquíferos Jandaíra e Açú na região da Chapada do Apodi, tratou apenas do tema compartilhamento de aquíferos, não abordando, portanto, a gestão integrada entre águas superficiais e subterrâneas, haja vista a baixa densidade de drenagem da região, por se tratar de área cárstica.

Nos Marcos Regulatórios que tratam das definições de vazões de entrega entre rios de diferentes dominialidades, as vazões adotadas para a alocação de água têm por base valores de vazões de referência, as quais são sempre vazões mínimas com alta permanência temporal (Q_{90} ou Q_{95} , por exemplo) ou valores de vazões mínimas associadas a baixas probabilidades de ocorrência (como a $Q_{7,10}$). Entretanto, vale ressaltar que essas vazões representam em seu computo parcial ou total, o escoamento de base, ou seja, a contribuição subterrânea para um determinado rio. No caso da gestão integrada, todavia é imprescindível o trato de uma disponibilidade hídrica única e integrada que trate de apenas uma parcela para “partilhar” entre os usuários de águas superficiais, subterrâneas, e a parcela correspondente à vazão mínima remanescente ou vazão ecológica que deve ter cada rio.

No arranjo de gestão do SAU que inclui em seu contexto o compartilhamento e a integração há de se discutir uma disponibilidade hídrica comum e ações acordadas que visem a gestão sustentável entre os estados que compartilham do aquífero e da União que gerencia o rio São Francisco com vazões dependentes desse Sistema Aquífero.

No que tange ao arranjo institucional para a implementação do plano do SAU, não se busca sua reestruturação. No arranjo institucional utilizado para a elaboração desta proposta de Plano de Gestão Integrada e Compartilhada do SAU observou-se dois níveis de atuação bem estabelecidos, o de mediação e condução desempenhado pela ANA, o de tomada de decisões recaindo sobre os representantes dos Estados. Para as discussões da proposta, todavia, é possível utilizar membros integrantes do SINGREH, representantes dos órgãos gestores e comitês de bacias da área de influência do SAU.

Nessa discussão, o CNRH poderá vir a ser um órgão chave para a questão da gestão integrada e compartilhada do Aquífero Urucuaia, na medida em que poderá promover a *articulação do planejamento de recursos hídricos* com os demais planejamentos, incluindo o dos Estados, assim como os setoriais (agricultura irrigada, entre outros).

A Lei nº 9.433/97, em seu Art. 35, inciso I, estabelece que ao CNRH compete promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regional, estaduais e dos setores usuários; e, em seu art. 38 estabelece entre as competências dos Comitês de Bacia Hidrográfica, no âmbito de sua área de atuação, promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes. Esses dois entes integrantes do SINGREH devem ser envolvidos nas discussões acerca da proposta.

Importante salientar, porém, que no caso do SAU, como em outros aquíferos de um modo geral, a área de atuação dos comitês de bacias não coincide, necessariamente, com a área do aquífero. Na região de influência do SAU, por exemplo, embora a área de atuação do Comitê do rio São Francisco seja bem maior do que a área de afloramento do SAU, é sabido que o Velho Chico é totalmente dependente da alimentação desse sistema aquífero, especialmente da época de estiagem.

Os comitês de bacia instituídos na área de abrangência do SAU ou influenciados por ele, conforme (Quadro 10.1) são dos rios Grande e Corrente, no Estado da Bahia, o Comitê do rio Manoel Alves da Natividade, em Tocantins; o Comitê do Rio Gurgueia, no Piauí; dos Afluentes Mineiros do Médio São Francisco, Rio Paracatu e Rio Urucuia, em Minas Gerais; e os Comitês de rios de domínio da União, o do rio São Francisco e do rio Paranaíba (Figura 10.1).

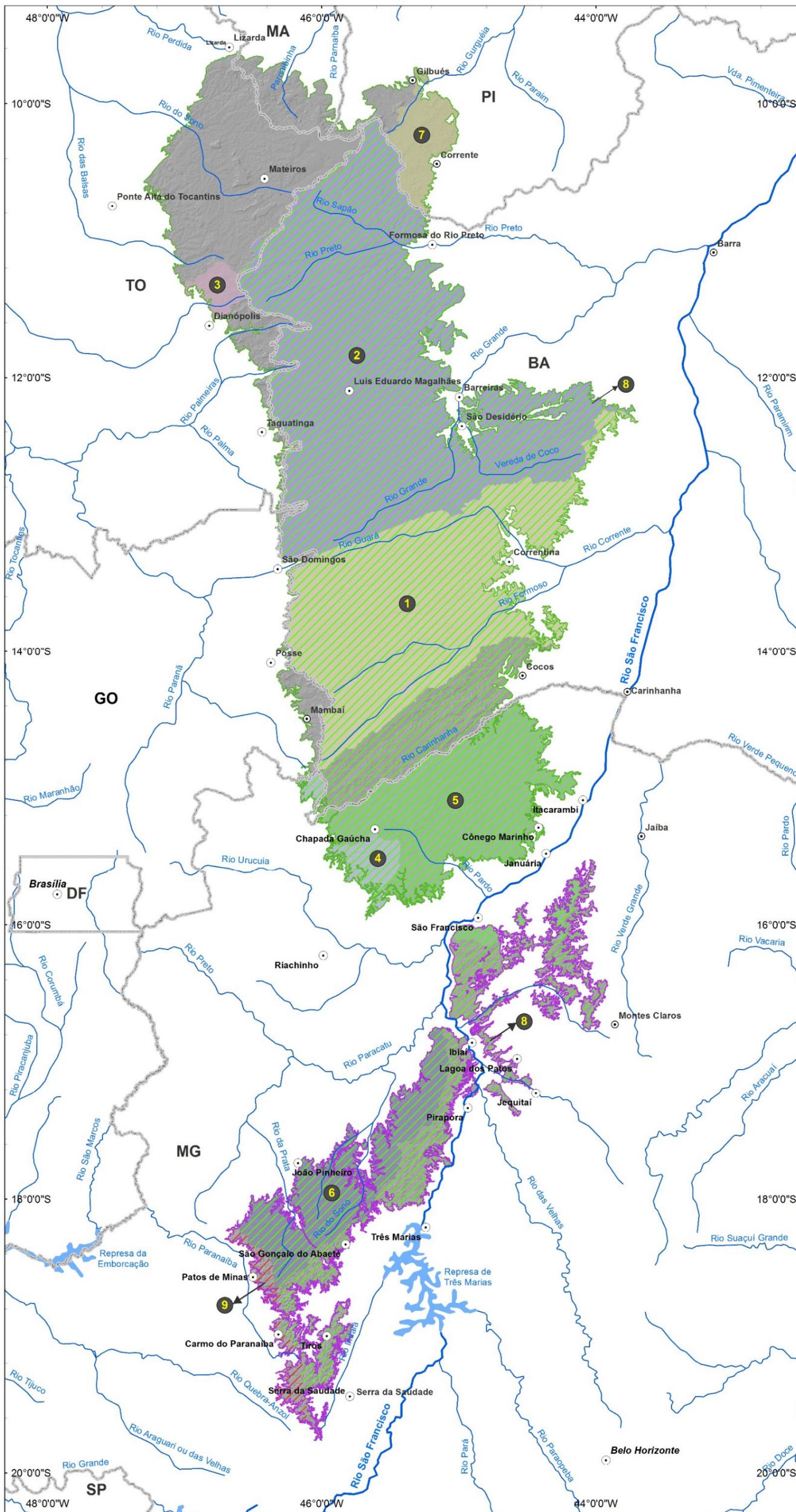
QUADRO 10.1 - RELAÇÃO DOS COMITÊS DE BACIA INSTALADOS NA ÁREA DO SAU OU REGIÃO DE INFLUÊNCIA

<i>Domínio/ Estado</i>	<i>Comitê</i>	<i>Instrumento de Criação</i>	<i>Data Criação</i>	<i>Área Aproximada (Km²)</i>	<i>População</i>	<i>Município</i>
Estadual/BA	CBH do Rio Corrente	Decreto 11.244	17/10/08	35.000	197.000	13
Estadual/BA	CBH do Rio Grande	Decreto 11.246	17/10/08	77.000	336.000	17
Estadual/TO	CBH do Rio Manoel Alves da Natividade	Decreto 4.252	22/03/11	14.900	31.000	11
Estadual/MG	CBH dos Afluentes Mineiros do Médio São Francisco	Decreto 44.956	20/11/08	31.300	273.000	26
Estadual/MG	CBH Mineiro do Rio Paracatu	Decreto 40.014	03/11/98	41.400	282.000	17
Estadual/MG	CBH Mineiro do Rio Urucuia	Decreto 44.201	29/12/05	25.000	90.000	18
Estadual/PI	CBH do Rio Gurgueia	Decreto 15.562	14/03/14	48.800	183.000	33
Federal	CBH do Rio São Francisco	Decreto presidencial s/nº	05/06/01	639.219	-	504
Federal	CBH do Rio Paranaíba	Decreto presidencial s/nº	16/06/02	222.600	-	197

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. O Quadro 10.2 sintetiza as informações acerca das informações sobre a gestão em cada estado abrangido pelo SAU e União.

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. As características individuais de cada um dos seis estados abrangidos pelo SAU (MA, PI, TO, BA, GO, MG) serão tratados individualmente no item seguinte.



Mapa de localização da área de estudo

Convenções Cartográficas

- Sede Municipal
- ~ Hidrografia
- Massas d'água
- Limite Estadual

Legenda

- Rio São Francisco
- MDT
- SAU
- SAA

Domínio Estadual

Bahia

- 1- CBH do Rio Corrente
- 2- CBH do Rio Grande

Tocantins

- 3- CBH do Rio Manoel Alves da Natividade

Minas Gerais

- 4- CBH Mineiro do Rio Urucuia
- 5- CBH dos Afluentes Mineiros do Médio São Francisco
- 6- CBH Mineiro do Rio Paracatu

Piauí

- 7- CBH do Rio Gurgueia

Domínio Federal

- 8- CBH do Rio São Francisco
- 9- CBH do Rio Paranaíba

PROJEÇÃO GEOGRÁFICA

Datum Horizontal: SAD/69
 Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° WGr
 Acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente

ANA
 ENGE CORPS
 WALM

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

TÍTULO
 Comitês de Bacia Estaduais e Federais na Região do SAU e SAA

ESCALA NUMÉRICA
 1:3.000.000

NUMERO FIGURA
 10.1

ESCALA GRÁFICA
 0 10 20 40 60 80 Km

Figura 10.1 - Mapa com os comitês de bacia estaduais e federais implementados na região do SAU e SAA.

QUADRO 10.2 - SÍNTESE DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NOS ESTADOS ABRANGIDOS PELO SAU E UNIÃO

Estado	Política de Recursos Hídricos	Plano Estadual de Recursos Hídricos	Regulamentação da outorga	VR* (Qref.)	VMO* Coletivo	VMO* Individual	Vazão Ecológica ou remanescente	Critérios de outorga para águas subterrâneas	Prazo máximo outorga subterrânea	Dispensa de outorga (Águas subterrâneas)	Licença de perfuração
MA	Lei nº 8.149/04	NÃO	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	SIM (2010)	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	SIM (2011)	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	SIM (2005) EM REVISÃO	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)	

Continua...

Conclusão.

QUADRO 10.2 - SÍNTESE DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NOS ESTADOS ABRANGIDOS PELO SAU E UNIÃO

Estado	Política de Recursos Hídricos	Plano Estadual de Recursos Hídricos	Regulamentação da outorga	VR* (Qref.)	VMO* Coletivo	VMO* Individual	Vazão Ecológica ou remanescente	Critérios de outorga para águas subterrâneas	Prazo máximo outorga subterrânea	Dispensa de outorga (Águas subterrâneas)	Licença de perfuração
GO	Lei nº 13.123/97	SIM (2015)	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	SIM (2011)	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 nº 9.433/97	-		Q ₉₅ SAZONAL	70%		30%	-	-	-	-

*VR: Vazão de referência (Qref.); VMO: vazão máxima outorgável (% Qref).

10.3.1 Maranhão

O SAU abrange o estado do Maranhão em seu limite norte, com áreas de afloramentos esparsas e situado dentro da Unidade de Conservação Parque Nacional Nascentes do Rio Parnaíba. Portanto, em termos práticos o estado não explora água desse sistema aquífero, todavia há contribuição das vazões de base que emanam do aquíferos para as nascentes do rio Parnaíba. Sendo assim, não há no Maranhão nenhum poço que explore água do SAU.

No estado do Maranhão o arcabouço legal de recursos hídricos é constituído pela Lei nº 8.149/2004 que estabelece a Política Estadual de Recursos Hídricos, tendo como um de seus objetivos a utilização racional das águas superficiais e subterrâneas. Os Decretos Estaduais nº 27.845/2011 e 28.008/2012 regulamentam, respectivamente, a Política Estadual de Recursos Hídricos e a Lei nº 5.405/92, no que concerne à gestão de águas subterrâneas.

Nessa regulamentação atribui-se à Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA a gestão da Política Estadual de Recursos Hídricos e Meio Ambiente e a emissão das licenças de obras de captação de águas subterrâneas, a autorização do uso da água como também o monitoramento qualitativo e a fiscalização.

A SEMA/MA tem a **Superintendência de Recursos Hídricos** com três Supervisões, a de *Gestão e Planejamento*, que cuida dos cadastros, projetos e programas; a de *Gestão Participativa*, que gerencia o fomento à formação e implementação dos comitês de bacia; e a de *Outorga, Cobrança e Fiscalização*, que atende às demandas de solicitação de uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos do Estado. Além disso, conta com a contribuição das Superintendências de Monitoramento, com as demandas sobre qualidade das águas, e de Fiscalização, atendendo às demandas de fiscalização e da sala de situação.

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos, instituído pela a Lei nº 8.149/2004 e regulamentado no Decreto nº 27.845/2011 é o órgão superior, colegiado deliberativo e normativo do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Maranhão – SGRH/MA.

No que tange aos instrumentos, o referido Decreto regulamentou, entre outros, o licenciamento das obras de captação, o qual se dá por meio Autorização de perfuração de poço tubular, concedida ao usuário que pretende perfurar um poço, é um instrumento prévio à outorga.

A *Outorga ou Autorização de Direito de Uso de Recursos Hídricos*, tem o detalhamento de sua regulamentação na Seção III do Decreto Estadual nº 27.845/2011 e no Decreto 28.0087/2012, sendo este último específico para as águas subterrâneas. Na primeira regulamentação, o estado do Maranhão constituiu a **Q₉₀ como a vazão de referência** para fins de disponibilidade hídrica (Art.12 §4º) e estabeleceu que a análise dos pleitos de outorga deverá considerar a interdependência das águas superficiais e subterrâneas e as interações observadas no ciclo hidrológico, visando à **gestão integrada dos recursos hídricos**.

Na regulamentação da outorga de águas subterrâneas, o Decreto estadual 28.008/2012(Art. 29) estabeleceu algumas condições básicas para sua efetivação, incluindo a disponibilidade hídrica subterrânea, onde é estabelecida (Art. 38) como função das características hidrogeológicas do local, observando a vazão nominal de teste do poço e a capacidade de recarga do aquífero.

O instrumento de cobrança não foi regulamento nos Decretos 28.008/12 e 27.485/11. Segundo o Art. 70. do Decreto 28.008/12, estabeleceu-se que os procedimentos, o valor, o agente e a isenção da cobrança pelo uso da água subterrânea seriam definidos pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos, ouvido os comitês de bacia, quando existirem.

As unidades de gestão de recursos hídricos utilizadas no Maranhão são as doze regiões hidrográficas, sendo três bacias de domínio da União, sete estaduais e dois sistemas hidrográficos Estaduais (Figura 10.2). O SAU está situado no extremo sul do Estado, na bacia hidrográfica do Rio Parnaíba. Dentre as bacias do Maranhão, apenas duas bacias estaduais (Rio Munim e Mearim) têm seus comitês implementados. A criação do comitê da bacia do Rio Parnaíba, de domínio da União, compartilhada entre Maranhão, Piauí e Ceará, está em discussão pelos entes envolvidos. Várias audiências públicas já foram realizadas nos municípios da região, bem como na Câmara do Deputados foram promovidos alguns debates.

O Decreto 28.008/2012 aborda importantes questões relacionadas a interação entre as águas superficiais e subterrâneas em seu Art. 5º, quando se refere a medidas preventivas, Capítulo III (Da Conservação, Preservação e Recuperação); e em seu Art. 24, quando trata do planejamento, Capítulo IV (Do Monitoramento Quali-Quantitativo e Planejamento do Aproveitamento Racional das Águas Subterrâneas):

*“Art. 5º Nos regulamentos e normas decorrentes da lei de recursos hídricos será sempre reconhecida as interações entre o ciclo hidrológico e as áreas de recarga de aquíferos, bem como a **interconexão entre as águas subterrâneas e superficiais**, sua influência sobre a preservação dos estuários e demais ecossistemas.”*

*“Art. 24. No âmbito do Plano Estadual de Recursos Hídricos e os Planos de Bacia Hidrográfica deverá ser contemplado a interações entre o ciclo hidrológico e as áreas de recarga de aquíferos, bem como a **interconexão entre as águas subterrâneas e superficiais**, sua influência sobre a preservação dos estuários e demais ecossistemas.”*

*“Art. 23. Visando à preservação e administração dos **aquíferos comuns** a mais de uma Unidade Federativa, o Poder Executivo do Estado do Maranhão **poderá celebrar convênios com os respectivos Estados vizinhos.**”*

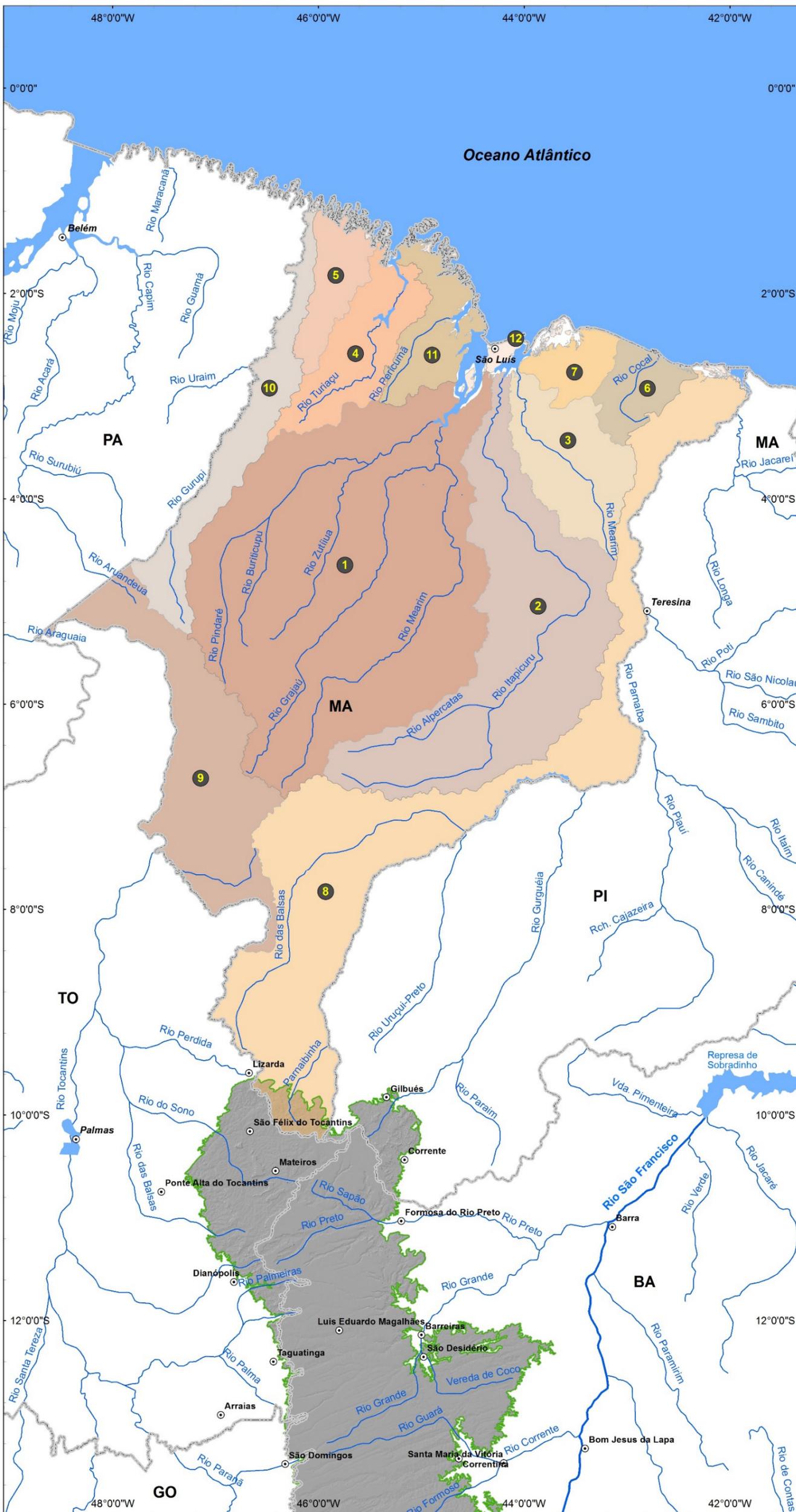
O Decreto 27.485/2011 que regulamenta a Política Estadual de Recursos Hídricos estabelece:

*“Art. 12 §3º A análise dos pleitos e outorga deverá **considerar a interdependência das águas superficiais e subterrâneas** e as interações*

observadas no ciclo hidrológico, visando à gestão integrada dos recursos hídricos."

A base de dados de recursos hídricos utilizados para cadastro de usuários no estado do Maranhão é o Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH), desenvolvido pela Agência Nacional de Águas (ANA), em parceria com autoridades estaduais gestoras de recursos hídricos. O Sistema de informação a ser adotado pelo Maranhão para o armazenamento de informações sobre águas subterrâneas é o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM (Serviço Geológico do Brasil), conforme estabelecido no Parágrafo único do Art. 68 do Decreto 28.008/2012.

O estado do Maranhão ainda não dispõe, até o momento, de Plano Estadual, que objetiva fundamentar e orientar a implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos e o gerenciamento destes recursos.



Mapa de localização da área de estudo

Convenções Cartográficas

- Sede Municipal
- Hidrografia
- Limite Estadual
- Massas d'água

Legenda

- Rio São Francisco
- SAU (MDT)

Unidades de Gestão

Bacias Hidrográficas Estaduais

- 1- Mearim
- 2- Itapecuru
- 3- Munim
- 4- Turiaçu
- 5- Maracaçumé
- 6- Preguiças
- 7- Peria

Bacias Hidrográficas Federais

- 8- Parnaíba
- 9- Tocantins
- 10- Gurupi

Sistemas Hidrográficos Estaduais

- 11- Litoral Ocidental
- 12- Ilhas Maranhenses



PROJEÇÃO GEOGRÁFICA

Datum Horizontal: SADI/69
 Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° WGr
 Acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente



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

TÍTULO
 Unidades de Gestão de Recursos Hídricos do Maranhão

ESCALA NUMÉRICA: 1:4.000.000
 NÚMERO FIGURA: 10.2

ESCALA GRÁFICA: 0 12,525 50 75 100 Km

Figura 10.2 - Unidades de gestão de Recursos Hídricos do Maranhão.

10.3.2 Piauí

O SAU tem seu limite norte no estado do Piauí, onde as rochas do Grupo Urucua se sobrepõem às rochas mais antigas da Bacia Sedimentar do Parnaíba. Essa região é caracterizada pela presença de afloramentos esparsos e delgados dos arenitos do Urucua. O estado do Piauí juntamente com o Maranhão está incluído na Unidade de Conservação Parque Nacional Nascentes do Rio Parnaíba.

Essa região abrange o Núcleo de Desertificação de Gilbués onde a vegetação é escassa e o solo é bastante degradado com vários níveis de processos erosivos. A desertificação é considerada um estágio avançado de degradação ambiental e aquela região encontra-se bastante degradada ambientalmente. Há processos irreversíveis na região, mas também iniciativas bem sucedidas (Salviano et al., 2014) em alguns municípios por meio de ações do Núcleo de Pesquisa e Recuperação de Áreas Degradadas e Combate à Desertificação (Nuperade), da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMAR (PI).

No que tange às unidades de gestão de recursos hídricos do Piauí o SAU está situado no extremo sul do Estado, na região da bacia hidrográfica do Rio Gurgueia e bacias difusas do Alto Parnaíba (Figura 10.3).

Em termos de águas subterrâneas, nessa região o estado do Piauí não dispõe de poços que explorem água diretamente do SAU, mas sim dos aquíferos subjacentes formados pelas rochas mais antigas da Bacia do Parnaíba, conforme atestados nos resultados das análises químicas das águas.

No Piauí a estruturação legal referente aos recursos hídricos compreende, primeiramente, a criação da Secretaria de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado (Lei nº 4.797/95) e a instituição da Política Estadual de Recursos Hídricos e do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Lei nº 5.165/00).

A Secretaria de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado do Piauí (SEMAR) criada pela Lei 4.797/95 tem entre suas competências a formulação e execução da política estadual do meio ambiente e de gestão dos recursos hídricos, em articulação com o Governo Federal, com os municípios, organismos internacionais e organizações não governamentais, nacionais. A Lei 5.165/00 a instituiu como órgão executivo central, gestor e coordenador do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A SEMAR possui além da sede administrativa em Teresina, duas unidades descentralizadas: um escritório multifuncional em Parnaíba e outro no município de Bom Jesus.

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos, órgão consultivo, deliberativo e normativo central do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Piauí, foi instituído pela a Lei nº 5.165/00, teve seu regimento interno aprovado no Decreto nº 10.880/02.

A Política Estadual de Recursos Hídricos do Piauí dispõe vários artigos específicos sobre águas subterrâneas. Destaca-se o Art. 61 que autoriza o Poder Executivo a celebrar convênios com outros Estados, objetivando ações de compartilhamento de aquíferos.

“Art. 61 - Fica o Poder Executivo autorizado a celebrar convênios com outros Estados, relativamente aos aquíferos também a eles subjacentes, objetivando estabelecer normas e critérios que permitam o uso harmônico e sustentável das águas subterrâneas.”

No que tange à regulamentação dos instrumentos da Política, o Decreto nº 11.341/04, regulamenta a outorga preventiva de uso e a outorga de direito de uso de recursos hídricos do Estado do Piauí.

No que tange aos instrumentos, o Decreto 11.341/04 regulamentou a outorga preventiva de uso e a outorga de direito de uso de recursos hídricos do Estado, estabelecendo em seu Art. 10, § 6º estabelece que ***o volume de água subterrânea a ser abstraído de um poço deve depender do planejamento do uso do aquífero, observando-se a reserva explorável do aquífero e a disponibilidade real do poço.*** A dispensa de outorga é concedida, no Piauí, para os usuários de águas subterrâneas com poços com vazão de uso de até 2 m³/h, ou ainda, no caso de poços com caráter exclusivo de pesquisa, conforme estabelecida no Art. 3º da Resolução nº 4/05 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos.

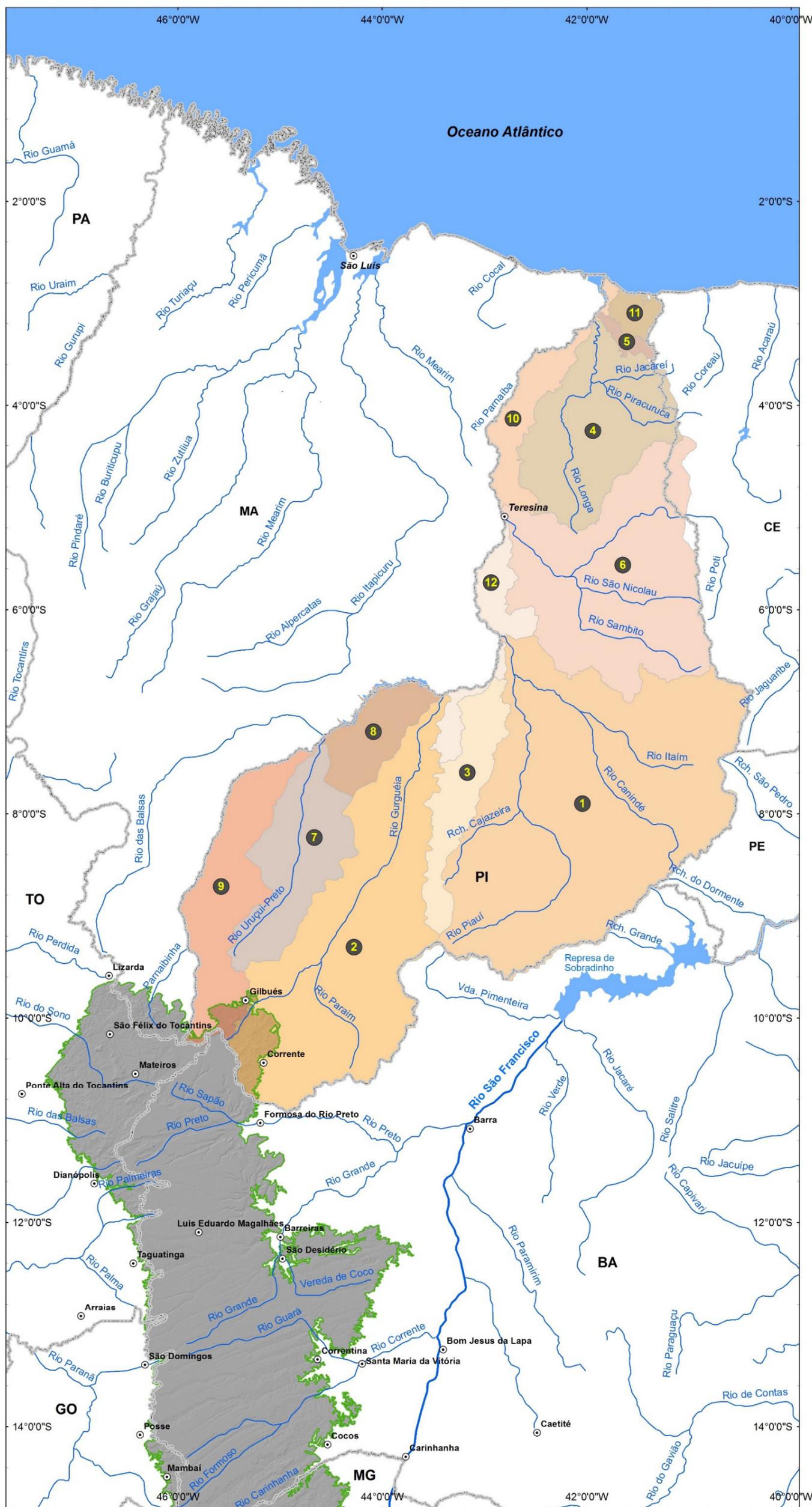
Outros instrumentos legais dos procedimentos de outorga e perfuração de poços no Piauí são orientados pela Portaria de Gabinete Nº 05/00 que fixa normas e procedimentos técnicos de perfuração e construção, recuperação de poços para captação de águas subterrâneas no Estado do Piauí; e pela Resolução SEMAR 001/2004, que estabelece procedimentos específicos para o Licenciamento Ambiental e Fiscalização de obras de Perfuração de Poços, na região entre rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano de Teresina.

Para fins de disponibilidade hídrica subterrânea, o Art. 7º, da Resolução CERH nº4/05, institui que a vazão máxima outorgável será de 50% da vazão de referência, encontrada em teste de bombeamento com duração mínima de 24 horas, realizado com bombeamento, devendo a vazão outorgada ser limitada às necessidades da demanda prevista para o horizonte de projeto ou da vida útil do empreendimento.

No caso das outorgas de direito de uso das derivações ou captações em corpo hídrico superficial a vazão de referência a ser utilizada para o cálculo da disponibilidade hídrico é a Q₉₅. O Art. 6º §1º (Resolução CERH nº4/10) estabelece que deverão ser outorgados no máximo 80% da Q₉₅ para rios perenes ou perenizados, e no máximo 80% da Q₉₀ para reservatórios. Sendo assim, a vazão ambiental para jusante das captações deve ser equivalente ao mínimo de 20% da vazão de referência. Esses valores foram estabelecidos apenas para os locais que ainda não dispõe de Plano de Bacia.

O instrumento de cobrança, por sua vez, teve sua regulamentação por meio do Decreto nº 14.144, em 2010, onde estabeleceu a cobrança apenas os usuários urbanos, industriais, irrigantes e piscicultores (Art. 1º). No Art. 16 desse Decreto o estado do Piauí instituiu os valores a serem cobrados pela utilização do volume efetivamente consumido pelos usuários de recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Entretanto, sabe-se que atualmente o instrumento ainda não está efetivamente sendo aplicado no Estado.

O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Gurguéia é o único instituído na região do Sistema Aquífero Urucuia. O Comitê foi instituído em 14 de março de 2014 pelo Decreto nº 15.562 e representa um importante marco para promover, no âmbito da gestão de recursos hídricos, a viabilização técnica e econômico-financeira do programa de investimento e consolidação de políticas de estruturação urbana e regional, visando o desenvolvimento sustentável daquela bacia. Essa região merece atenção especial haja vista o intenso processo de desertificação.



Mapa de localização da área de estudo

Convenções Cartográficas

- Sede Municipal
- Limite Estadual
- Massas d'água

Legenda

- Rio São Francisco
- SAU (MDT)

Unidades de Gestão de Recursos Hídricos

- 1- Canindé e Piauí
- 2- Gurguéia
- 3- Itaueira
- 4- Longá
- 5- Piranji
- 6- Poti
- 7- Uruçui-Preto
- 8- Difusas da Barragem de Boa Esperança
- 9- Difusas do Alto Parnaíba
- 10- Difusas do Baixo Parnaíba
- 11- Difusas do Litoral
- 12- Difusas do Médio Parnaíba

PROJEÇÃO GEOGRÁFICA

Datum Horizontal: SAD/69
 Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° WGr
 Acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente

ANA
 ENGE CORPS
 WALM

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

TÍTULO
 Unidades de Gestão de Recursos Hídricos do Piauí

ESCALA NUMÉRICA
 1:4.000.000

NÚMERO FIGURA
 10.3

ESCALA GRÁFICA
 0 12,525 50 75 100 Km

Figura 10.3 - Unidades de gestão de recursos hídricos do Piauí.

10.3.3 Tocantins

O SAU abrange o estado do Tocantins em seu limite noroeste, onde as rochas do Grupo Urucua se sobrepõem às rochas mais antigas da Bacia Sedimentar do Parnaíba. Essa região é caracterizada pela presença de afloramentos esparsos, numa região onde é vasta a cobertura vegetal, na região denominada Jalapão. É uma região com baixa densidade populacional constituída por várias Unidades de Conservação que formam o Corredor do Jalapão. O Corredor do Jalapão é formado pelas seguintes unidades de conservação federais e estaduais: Área de Proteção Ambiental Serra da Tabatinga; Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins (EESGT); Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba (PNNP); Área de Proteção Ambiental do Jalapão (APAJ); Área de Proteção Ambiental do Rio Preto; Estação Ecológica do Rio Preto; Parque Estadual do Jalapão (PEJ).

Nessa região o SAU alimenta importantes afluentes da margem direita do rio Tocantins, como o rio do Sono, rio das Balsas e Manoel Alves. Quanto ao uso das águas subterrâneas nessa região, é feito por poços tubulares em cidades e comunidades mais isoladas, como Mateiros e a comunidade Mumbuca.

A região de afloramento do SAU no Tocantins abrange áreas das bacias hidrográficas dos rios do Sono, Manoel Alves, das Balsas e Palma, afluentes da margem direita do rio Tocantins. Essa região inclui as Áreas Estratégicas de Gestão (AEG) 08, 10 e 12, conforme proposto no Plano Estadual dos Recursos Hídricos (2011) (Figura 10.4). Dentre essas bacias, apenas as dos rios Palma e Balsas já dispõe de Planos de Bacias; enquanto que o único Comitê de Bacia instituído nessa região é a do Rio Manoel Alves da Natividade.

O estado do Tocantins fez um investimento por meio da contratação de um estudo hidrogeológico no Estado que abrangeu a região do SAU. Os “Estudos Hidrogeológicos da Região Sudeste do Estado do Tocantins” finalizados em 2010 englobou a região de ocorrência do Sistema Aquífero Urucua em seu limite noroeste.

O arcabouço legal no estado Tocantins é constituído pela Lei nº 1.307/02 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Tocantins, e instituiu o Sistema Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Tocantins (SEGRH/TO).

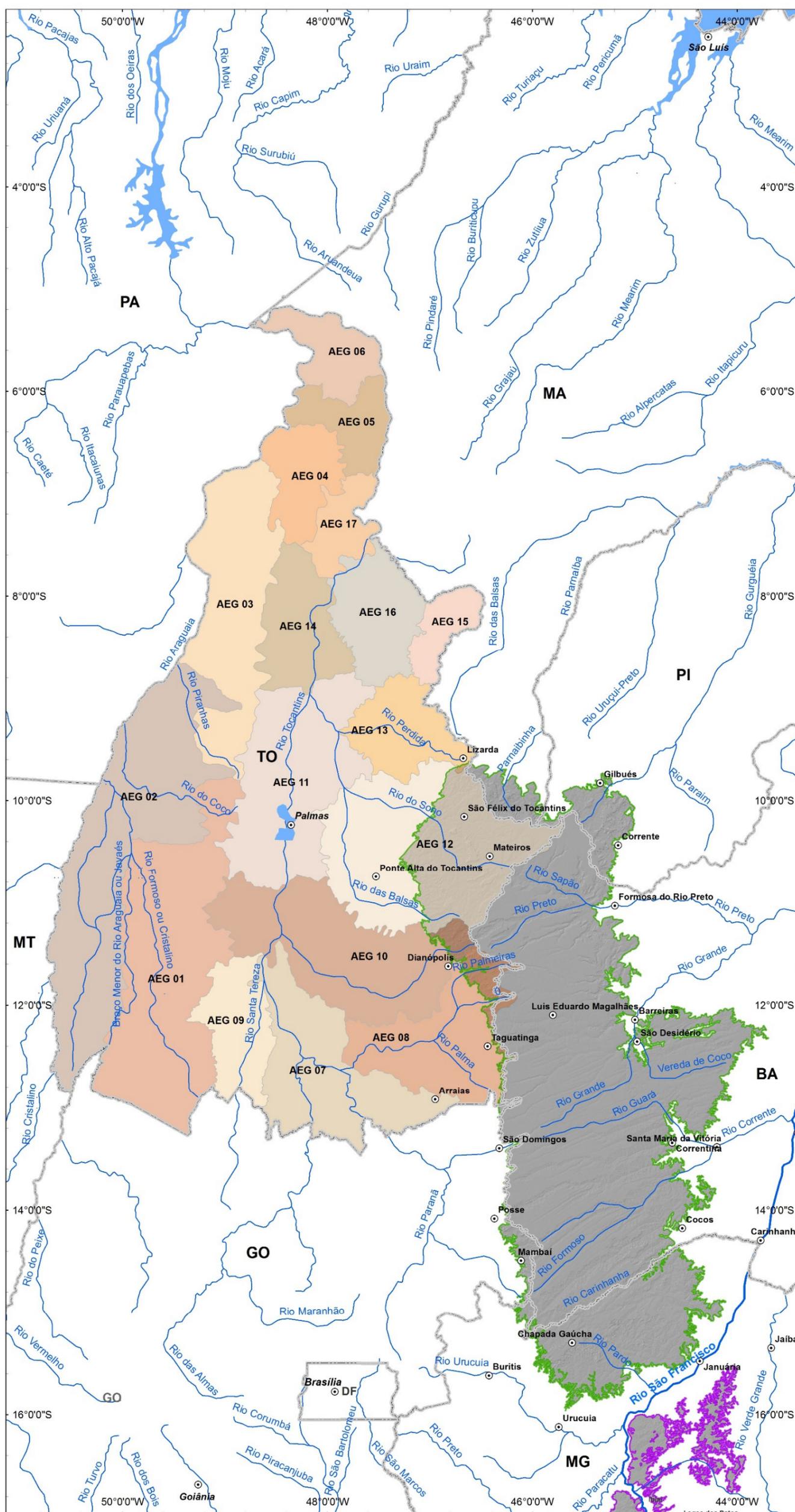
O Conselho Estadual Recursos Hídricos (CERH/TO), órgão de caráter consultivo e deliberativo do SEGRH/TO foi criado pelo Decreto nº 637/98, antes mesmo da Política Estadual. Teve suas competências e composição regulamentada pela lei nº 2.097/09 e alterados pela lei 2.567/12.

O arranjo institucional da gestão dos recursos hídricos do estado do Tocantins envolve competências da Secretaria do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMADES), órgão gestor dos recursos naturais no Estado e o Instituto Natureza do Estado do Tocantins (NATURATINS), órgão fiscalizador e licenciador.

A SEMADES, instituída em 2007, possui em sua estrutura, por exemplo, a Superintendência de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos, que por meio da Diretoria de Apoio à Gestão de Recursos Hídricos (DAGRH), é responsável pelo planejamento e gestão dos sistemas de

recursos hídricos e constitui-se a Secretaria Executiva do Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Enquanto que o NATURATINS possui, em sua estrutura organizacional, a Diretoria de Recursos Hídricos, com a Coordenação de Cadastro e Outorga de Uso de Água.

A PERH do Tocantins contempla em seu capítulo IV disposições sobre as águas subterrâneas ou aquíferos. O Decreto nº 2.432/05 regulamenta a outorga do direito de uso de recursos hídricos, incumbindo o NATURATINS a outorgar. A outorga está vinculada a uma anuência prévia que se refere a um instrumento que deve ser solicitado pelo usuário que pretende perfurar um poço. A anuência prévia tem validade de 180 dias. Em seu Art. 41 o referido Decreto estabeleceu a vazão de 1,0 l/s (3,6 m³/h) como limite superior para uso insignificante.



Mapa de localização da área de estudo

Convenções Cartográficas

- Sede Municipal
- Hidrografia
- Limite Estadual
- Massas d'água

Legenda

- Rio São Francisco
- SAU (MDT)
- SAA (MDT)

Áreas Estratégicas de Gestão (AEG)

- AEG 01
- AEG 02
- AEG 03
- AEG 04
- AEG 05
- AEG 06
- AEG 07
- AEG 08
- AEG 09
- AEG 10
- AEG 11
- AEG 12
- AEG 13
- AEG 14
- AEG 15
- AEG 16
- AEG 17

PROJEÇÃO GEOGRÁFICA

Datum Horizontal: SAD/69
 Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° WGr
 Acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente

ANA
 ENGE CORPUS
 WALM

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

TÍTULO
 Áreas Estratégicas de Gestão (AEG) do Tocantins

ESCALA NUMÉRICA: 1:4.000.000 NÚMERO FIGURA: 10.4

ESCALA GRÁFICA: 0 12,525 50 75 100 Km

Figura 10.4 - Mapa de Áreas Estratégicas de Gestão (AEG) do estado do Tocantins.

10.3.4 Bahia

O estado da Bahia é o ente federativo principal em termos de área de abrangência do Sistema Aquífero Urucuia. A Bahia engloba cerca de 82 mil Km² de área do SAU, o que representa aproximadamente 65% da área total desse sistema aquífero.

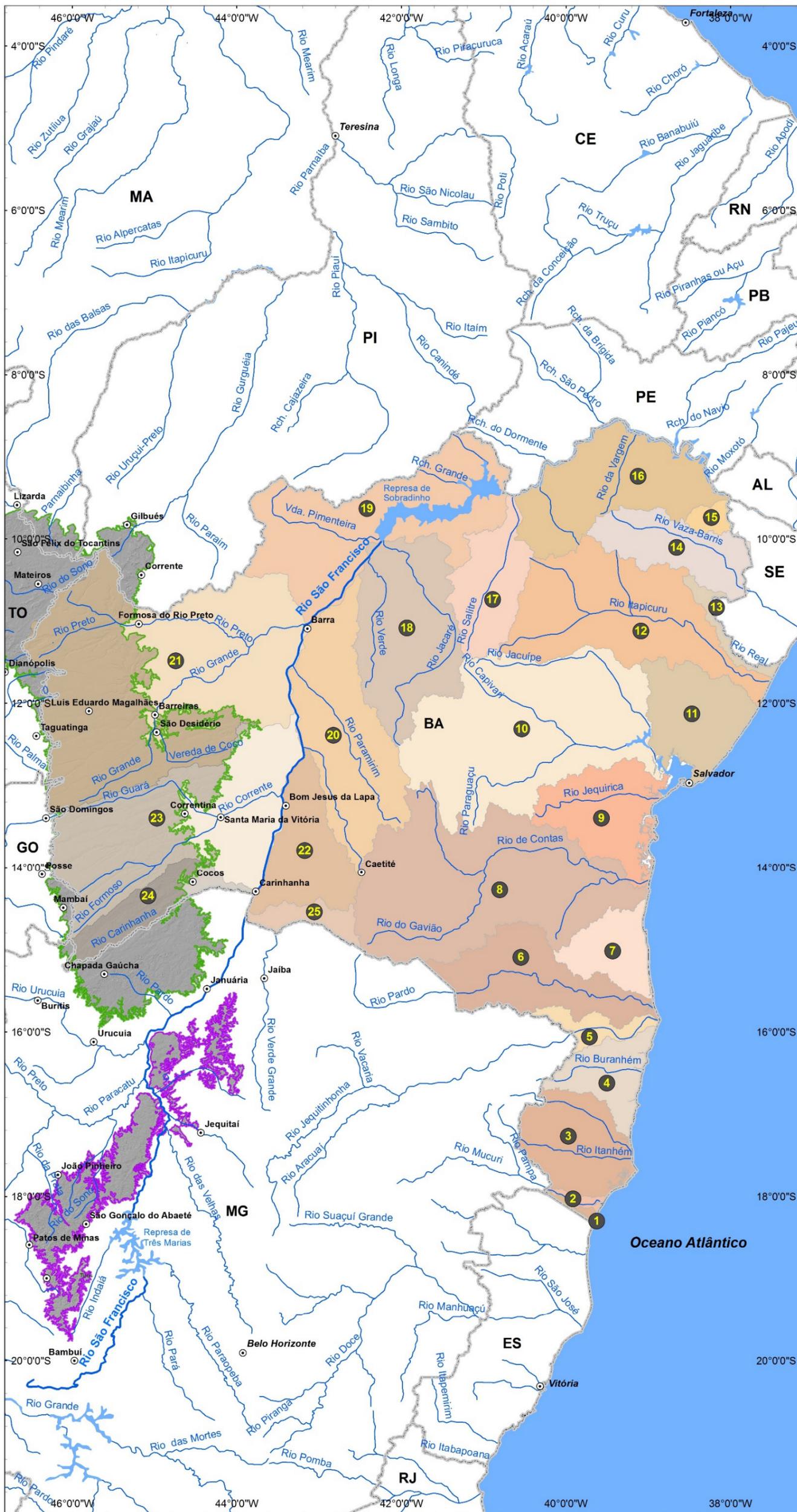
Dentre os seis estados abrangidos pelo SAU a Bahia certamente é seu “maior usuário”, assim como o maior contribuinte em termos de fluxo de base para o rio São Francisco por meio de seus afluentes do médio São Francisco. Os rios Baianos, Grande e Corrente, contribuem juntos com um valor médio 32% para o escoamento de base no período de estiagem que chega em Sobradinho, segundo avaliação hidrológica realizada nestes estudos. Soma-se a esse percentual a contribuição da bacia do rio Carinhanha (cerca de 10%) que é um rio de domínio da União, situado no limite geopolítico da Bahia e Minas Gerais que drena boa parte do SAU em território Baiano.

O SAU é de grande importância para a economia baiana, haja vista suprir a demanda de água para uma das mais importantes regiões agrícolas do estado, a região oeste. Vários projetos de irrigação na região usam a água subterrânea do SAU explorando altos valores de vazões - que chegam a 600 m³/h - de poços tubulares profundos. Soma-se a isso ao fato de que é fonte única de abastecimento público da cidade de Luís Eduardo Magalhães e de inúmeras sedes de fazendas situadas naquela região. Todavia, os volumes maiores para irrigação de são de água superficial, mas assegurados pelo escoamento de base proveniente do SAU.

Na Bahia o SAU compreende parte de três Regiões de Planejamento e Gestão das Águas (RPGAS): as dos rios Grande, Corrente-Riachos do Ramalho-Serra Dourada-Brejo Velho, e do rio Carinhanha (Figura 10.5). Dentre essas regiões há dois comitês de bacia implementados, o da bacia do rio Grande e do rio Corrente. Ambas têm atualmente os seus respectivos Planos de Bacia em formulação, contratados pelo estado da Bahia, os quais virão substituir planos diretores de recursos hídricos formulados na década de 90, antes mesmo da publicação da Lei das Águas (Lei Nº 9.433/1997).

No que tange ao arcabouço legal, o estado da Bahia configura-se dentre os estados que abrange o SAU como o mais complexo. O movimento em direção a construção desse arcabouço iniciou antes mesmo do advento da publicação da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Nº 9.433/1997) em nível nacional.

Em 1995 a Lei Nº 6.812/1995 criou à época a Superintendência de Recursos Hídricos (SRH/BA), sob a forma de autarquia vinculada à então Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Habitação. No mesmo ano publicou Lei Nº 6.855/1995, que dispõe sobre a Política, o Gerenciamento e o Plano Estadual de Recursos Hídricos, dividiu o estado em dez regiões administrativas de água obedecendo ao princípio da descentralização. Todavia, mesmo tendo apontado a SRH como órgão gestor de recursos hídricos do Estado, essa Lei não contemplou em seu escopo a instituição do sistema de gerenciamento de recursos hídricos, tampouco os organismos colegiados que comporiam esse sistema, como o conselho estadual, comitês de bacias, etc.



Mapa de localização da área de estudo

Convenções Cartográficas

- Sede Municipal
- ~ Hidrografia
- Limite Estadual
- Massas d'água

Legenda

- Rio São Francisco
- SAU (MDT)
- SAA (MDT)

Regiões de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA)

- 1- Riacho Doce
- 2- Rio Mucuri
- 3- Rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu
- 4- Rios dos Frades, Buranhém e Santo Antônio
- 5- Rio Jequitinhonha
- 6- Rio Pardo
- 7- Leste
- 8- Rio de Contas
- 9- Recôncavo Sul
- 10- Rio Paraguaçu
- 11- Recôncavo Norte e Inhambupe
- 12- Rio Itapicuru
- 13- Rio Real
- 14- Rio Vaza-Barris
- 15- Riacho do Tará
- 16- Rios Macururé e Curaçá
- 17- Rio Salitre
- 18- Rios Verde e Jacaré
- 19- Lago de Sobradinho
- 20- Rios Paramirim e Santo Onofre
- 21- Rio Grande
- 22- Rio Carnaíba de Dentro
- 23- Rio Corrente e Riachos do Ramalho, Serra Dourada e Brejo Velho
- 24- Rio Carinhanha
- 25- Rio Verde Grande

PROJEÇÃO GEOGRÁFICA
Datum Horizontal: SAD/69
Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° WGr
Acrecidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente

ANA
ENGE CORPS
WALM

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

TÍTULO
Regiões de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA) da Bahia

ESCALA NUMÉRICA
1:5.000.000

NÚMERO FIGURA
10.5

ESCALA GRÁFICA
0 15 30 60 90 120 Km

Figura 10.5 - Mapa das Regiões de Planejamento e Gestão das Águas do estado da Bahia.

Desse modo outras leis complementaram (após a publicação Lei Nacional Nº 9.433/1997) a criação Conselho Estadual de Recursos Hídricos (Lei Nº 7.354/1998); o Fundo Estadual de Recursos Hídricos da Bahia, e a apresentação das competências da SRH/BA e sua estruturação (Lei Nº 8.194/2002); criou a SEMARH e em sua estruturação básica incluiu a SRH e CERB (Companhia de Engenharia Rural da Bahia) (Lei Nº 8.538/2002); criou os Comitês de Bacias Hidrográficas (Lei Nº 9.843/2005), por exemplo.

Em 2006, a Lei Nº 10.432 apresentou novamente a Política de Recursos Hídricos do estado da Bahia, juntamente com a criação do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, incluindo a Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) no sistema. Nessa lei dedicou-se ainda um capítulo específico para as águas subterrâneas.

Em 2008 (Lei Nº 11.050/2008) “transforma” a SEMARH em SEMA (Secretaria do Meio Ambiente). Essa nova estruturação apresentada integrou ações relativas aos sistemas estaduais de meio ambiente e de gerenciamento de recursos hídricos, englobando em sua estrutura organizacional órgãos colegiados e entidades da administração direta das duas “pastas”: meio ambiente e recursos hídricos.

Nessa Lei, o Instituto de Gestão das Águas e Clima (INGÁ) foi criado como autarquia ligada à SEMA em substituição à SRH, com a finalidade gerir e executar a Política Estadual de Recursos Hídricos e de Prevenção, Mitigação e Adaptação dos Efeitos das Mudanças Climáticas.

Mais uma vez, no ano de 2009, a Lei Nº 11.612, dispõe sobre a Política de Recursos Hídricos do estado da Bahia e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGREH). Nessa nova “versão” o estado da Bahia acrescenta em seus princípios a figura do usuário-pagador e da responsabilidade e da ética ambiental. Também apresentou ampliação de suas diretrizes e instrumentos. No caso específico dos instrumentos apresentou maiores detalhes acerca da aplicação de cada um. Manteve a disposição das águas subterrâneas em um capítulo específico, no qual acrescentou que o INGÁ deveria definir o volume explotável dos domínios aquíferos.

Essa lei apresentou ainda a integração entre os sistemas estaduais de gerenciamento de recursos hídricos e do meio ambiente, prevendo inclusive a integração de sistemas de informações, dos procedimentos de licenciamento ambiental com os princípios, diretrizes, objetivos e os instrumentos de gestão da Política Estadual de Recursos Hídricos e extinguiu o INGÁ.

Alterada pelas leis nº 12.035/2010; 12.212/11 e 12.377/11, a legislação de recursos hídricos vigente na Bahia teve em sua última alteração (Lei 12.377 28/12/11) mantendo a fusão das pastas de meio ambiente e a de recursos hídricos. Com essas alterações o INEMA (Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos) foi criado da junção de duas autarquias da SEMA (o Instituto do Meio Ambiente – IMA, e o Instituto de Gestão das Águas e Clima – INGÁ) e atua atualmente com a implementação das políticas do Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Mudanças do Clima e de Educação Ambiental.

No que tange a regulamentação específica várias instruções normativas foram editadas pelo então INGÁ. A Instrução Normativa INGÁ Nº 15/2010, em especial, regulamenta os procedimentos administrativos e critérios técnicos a serem observados na análise do pedido de manifestação prévia de perfuração de poços tubulares para fins de exploração de água subterrânea no aquífero Urucuia de domínio do Estado da Bahia. A principal definição dessa instrução normativa refere-se ao estabelecimento de distâncias mínimas estabelecidas entre poços tubulares e entre poços e corpos hídricos superficiais por faixas de vazão de operação.

10.3.5 Goiás

O Sistema Aquífero Urucuia abrange o extremo nordeste do Estado de Goiás no limite geopolítico com a Bahia, desde a região do município de São Domingos até a região da “trijunção”, fronteira tríplice formada dos estados de Goiás, Bahia e Minas Gerais, próximo aos limites do Parque Nacional Grande Sertão Veredas. Naquela região as rochas do Grupo Urucuia ocorrem na forma de afloramentos esparsos e no limite com a Bahia nas grandes escarpas da Serra Geral de Goiás. O SAU atua nessa região fundamentalmente como provedor de água para as vazões de base dos afluentes do rio Paranã (margem direita do rio Tocantins).

O arcabouço legal de recursos hídricos do estado do Goiás é ancorado na política estadual de recursos hídricos estabelecido na Lei Nº 13.123/1997, onde contemplou o gerenciamento participativo integrado das fases meteórica, superficial e subterrânea do ciclo hidrológico. Instituiu o Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos agrupando órgãos estaduais e municipais e a sociedade civil nos órgãos colegiados (conselho estadual e comitês de bacia).

A participação dos municípios é uma particularidade na política de recursos hídricos de Goiás. É enfatizada a participação dos municípios por meio do incentivo à formação de consórcios intermunicipais nas bacias ou regiões hidrográficas; associações de usuários como entidades auxiliares no gerenciamento dos recursos hídricos e prevê ainda a possibilidade de delegação do gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas que se situem exclusivamente no território do município e os aquíferos situados em áreas urbanas.

Os municípios são tomados na política de recursos hídricos do Estado de Goiás como parceiros no desenvolvimento de programas de proteção, mútua cooperação, assistência técnica e econômico financeira com vistas a proteção dos recursos hídricos.

Em 2000, a Lei Nº 13.583 dispôs especificamente sobre a conservação e proteção ambiental dos depósitos de água subterrânea no Estado de Goiás, em cumprimento ao que determinava o Art. 47 da sua política de recursos hídricos estadual.

A “lei das águas subterrâneas” de Goiás dispõe sobre a conservação e proteção ambiental das águas subterrâneas, bem como estabelece a aplicação da outorga, cadastro, fiscalização para o seu uso. Em seu escopo é possível observar a demanda para que se observe a gestão integrada

de recursos hídricos (Art. 2º) e a possibilidade de estabelecer normas para o compartilhamento de aquíferos comuns com estados vizinhos (Art. 8º):

“Art. 2º - Nos regulamentos e normas decorrentes desta lei, serão sempre levadas em conta a interconexão entre as águas subterrâneas e superficiais e as interações observadas no ciclo hidrológico.”

“Art. 8º - Visando à preservação e administração dos aquíferos comuns a mais de uma Unidade Federativa, o Poder Executivo do Estado de Goiás poderá celebrar convênios com os respectivos Estados vizinhos.”

No que se refere às normas infra legais destacam-se a resolução CERH Nº 9/2005 que regulamentou o instrumento de outorga em Goiás, enquanto as resoluções CERH Nº22/2011 e Instrução Normativa nº02/2010 da SEMARH, estabeleceram regulamentações específicas para os procedimentos de regularização da outorga de águas subterrâneas.

Atualmente, a SECIMA (Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos) atua como órgão gestor de recursos hídricos, entre outras atribuições, reunidas desde 2014 (Lei Nº 18.687 e 18.746/2014 que alterou a Lei Nº 17.257/2011) em substituição a antiga SEMARH. Na “pasta” de recursos hídricos a Superintendência de Recursos Hídricos, contém duas gerências: a de Planejamento e Apoio ao Sistema de Gestão de Recursos Hídricos e a Gerência de Outorga.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos, finalizado em 2015, aponta sugestões para adequação da estrutura atual da SECIMA visando o desenvolvimento de suas atribuições de maneira mais ágil e efetiva. O Plano propõe três gerências: Planejamento, Outorga e Fiscalização e de Gestão. No que tange à capacidade técnica do órgão gestor, o Plano aponta que embora a quantidade de profissionais na Superintendência de Recursos Hídricos seja um número bastante significativo quando comparado com a estrutura de outros estados, ressalta que o fato de grande parte destes profissionais não fazerem parte da equipe efetiva, deixa a estrutura vulnerável em relação à continuidade e efetividade das ações propostas.

A proposta de divisão do Estado em 11 Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos de Goiás (UPGRH), aprovada conforme a Resolução do CERHI nº 26/2012, orienta o planejamento e a aplicação dos instrumentos de gestão no Estado (Figura 10.6). O estado dispõe de apenas 4 comitês de bacias estaduais e faz parte de dois Comitês de Bacia Hidrográfica de rios de domínio da União; o do Rio São Francisco e o do Rio Paranaíba.

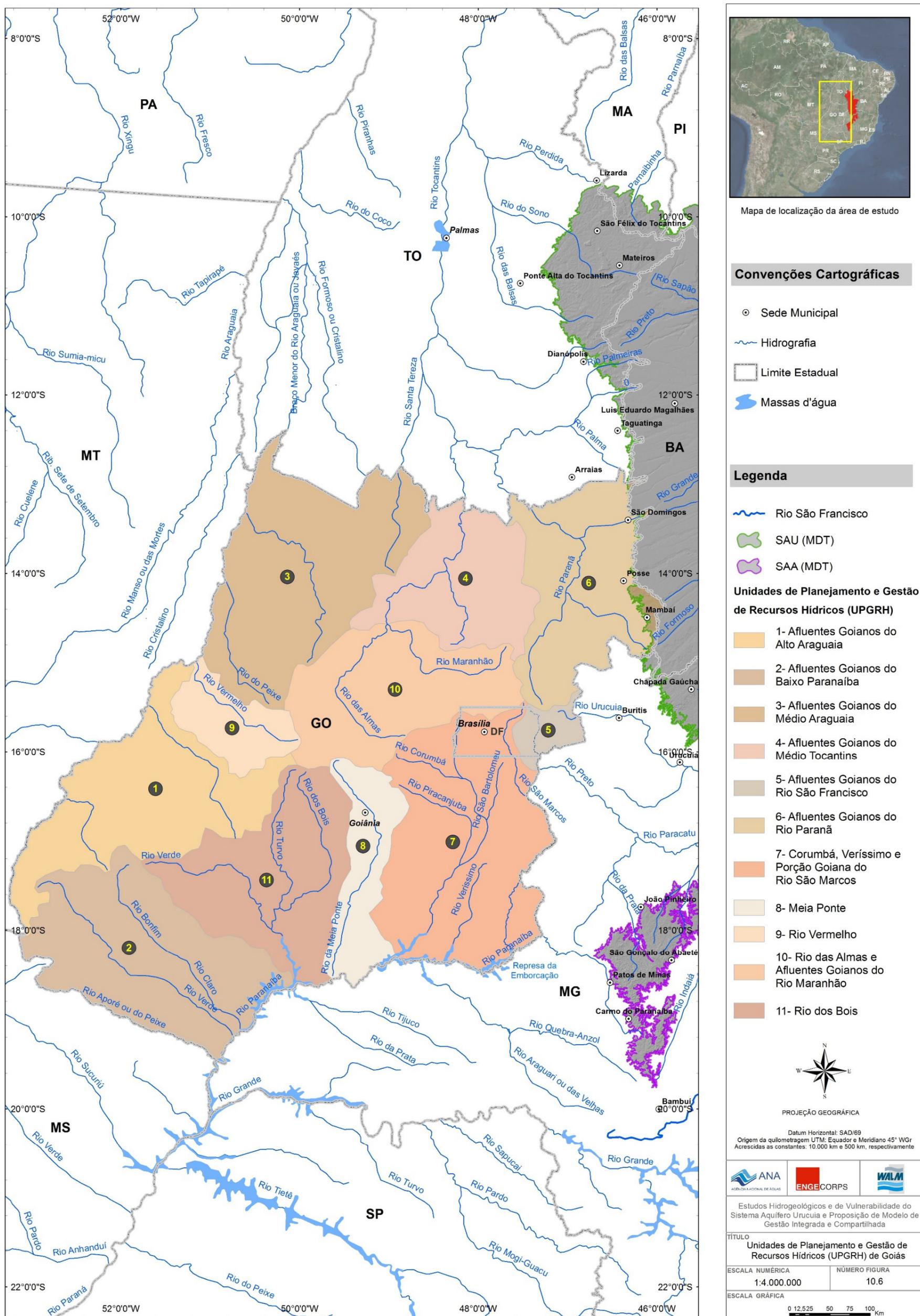


Figura 10.6 - Mapa das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos de Goiás (UPGRH).

10.3.6 Minas Gerais

O SAU engloba o estado de Minas Gerais em sua porção noroeste, na região dos limites com a Bahia. Nessa região as rochas do Grupo Urucuia formam chapadas com cerca de 200 metros de espessura, declinando até 0 metros quando em contato com as rochas do Grupo Bambuí pertencente ao embasamento. O SAU nessa região é compartilhado entre a Bahia e Minas Gerais e o aquífero nessa região contribui com suas vazões de base para a bacia do rio Carinhanha (afluente da margem esquerda do rio São Francisco) que é domínio da União.

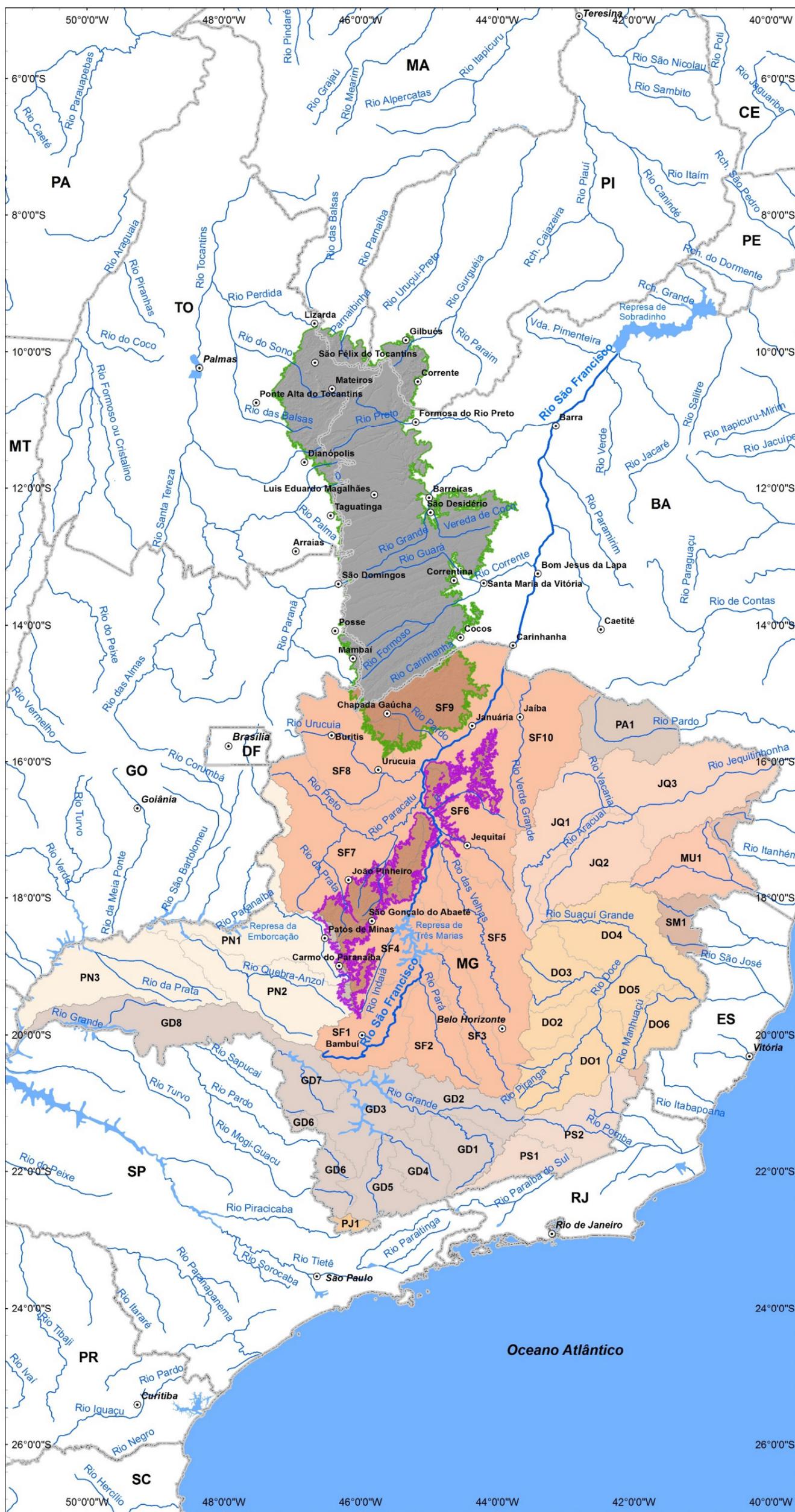
A Política Estadual de Recursos Hídricos em Minas Gerais foi estabelecida pela Lei nº 13.199/1999, onde apresentou o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos SEGRH/MG e sua composição. Foi regulamentada pelos Decretos Estaduais Nº 41.091/2000; Nº 41.512/2000; Nº 41.578/2001. A Lei nº 13.771/2000 dispõe especificamente sobre a administração, a proteção e a conservação das águas subterrâneas de domínio do Estado de Minas Gerais. Nessa norma o estado preocupou-se em apresentar as ações de gestão para o gerenciamento das águas subterrâneas e de proteção e do controle para sua conservação.

As Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH) em Minas Gerais são unidades físico-territoriais, identificadas dentro das bacias hidrográficas do Estado (Figura 10.7). Apresentam uma identidade regional caracterizada por aspectos físicos, socioculturais, econômicos e políticos. Foram classificadas e codificadas a partir das bacias hidrográficas de rios de domínio da União: Bacia hidrográfica do Rio São Francisco (SF), Bacia do Rio Paranaíba (PN), Bacia do Rio Grande (GD), Bacia do Rio Doce (DO), Bacia do Rio Jequitinhonha (JQ), Bacia do Rio Paraíba do Sul (PS), Bacia do Rio Pardo (PA), Bacia do Rio Mucuri (MU), Bacia do Rio São Mateus (SM), Bacias do Leste, Bacia dos rios Piracicaba/Jaguari (PJ1).

Em Minas Gerais a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) atua como órgão central coordenador do SEGRHMG, enquanto o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) é a entidade gestora do SEGRHMG. Atualmente a operacionalização da outorga ficou a cargo da Subsecretaria de Gestão e Regularização Ambiental Integrada da SEMAD (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável), a partir da Lei Delegada nº 180 e 181/2011. As outorgas de direito de uso são emitidas pelas nove unidades das SUPRAMs (Superintendências Regionais de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável) de acordo com a localidade em que encontra a captação.

O Manual Técnico e Administrativo de Outorgas editado para os usuários de recursos hídricos, atualizado em 2010, foi baseado na Lei Estadual 13.199/1999, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, e na Portaria IGAM nº 49/2010, que dispõe sobre o regime de Outorgas de Direitos de Uso dos Recursos Hídricos. É uma ferramenta muito útil para orientar a todos e facilitar o entendimento sobre a aquisição das outorgas.

O Estado de Minas Gerais possui 36 comitês de bacias hidrográficas, um para cada unidade de planejamento e gestão de recursos hídricos do Estado. Esses comitês foram criados entre os anos de 1998 e 2009. São seis comitês de rios de domínio da União em Minas Gerais: Doce, Paraíba do Sul, Paranaíba, Piracicaba, Capiravi e Jundiá (PCJ), São Francisco e Grande.



Mapa de localização da área de estudo

Convenções Cartográficas

- Sede Municipal
- Hidrografia
- Limite Estadual
- Massas d'água

Legenda

- Rio São Francisco
- SAU (MDT)
- SAA (MDT)

Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH)

- Bacia Hidrográfica do Rio Doce (DO1 a DO6)
- Bacia Hidrográfica do Rio Grande (GD1 a GD8)
- Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha (JQ1 a JQ3)
- Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (PN1 a PN3)
- Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (PS1 e PS2)
- Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (PA1)
- Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba e Jaguarí (PJ1)
- Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (SF1 a SF10)
- Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri (MU1)
- Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus (SM1)
- Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste

PROJEÇÃO GEOGRÁFICA
Datum Horizontal: SAD/69
Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° WGr
Acréscidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente

ANA
ENGE CORPS
WALM

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

TÍTULO
Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH) de Minas Gerais

ESCALA NUMÉRICA	NÚMERO FIGURA
1:6.000.000	10.7

ESCALA GRÁFICA
0 20 40 80 120 160 Km

Figura 10.7 - Mapa das Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos de Minas Gerais.

10.4 ESTIMATIVAS DE USOS

Estimar os usos das águas é uma ferramenta fundamental para um controle adequado da demanda de água de uma região. É uma tarefa dinâmica que deve ser frequentemente atualizada para fins de previsão de conflitos, especialmente nos períodos de estiagem. No caso da região de abrangência do Sistema Aquífero Urucuia, particularmente, fez-se imperativo no âmbito deste estudo apresentar um esboço acerca das demandas de água, haja vista que o SAU contribui de forma importante para o rio São Francisco, o qual passa por cenários históricos de escassez.

Esse cenário de escassez que atingiu a bacia do São Francisco nos últimos anos chamou atenção para o uso da água subterrânea no oeste baiano, onde existem milhares de hectares de terra em plena produtividade agrícola, atividade de se utiliza das águas dos rios e das águas subterrâneas armazenadas no SAU. Muitas especulações foram levantadas acerca da sobre-exploração do Sistema Aquífero Urucuia por poços na Bahia, o que foi determinante para a apresentação de uma estimativa da demanda de água subterrânea e superficial da região neste trabalho.

Do ponto de vista dos usos das águas na região do SAU e do SAA efetuou-se uma estimativa dos usos das águas subterrâneas e superficiais com base na compilação de diversas fontes de informações.

A estimativa de uso das águas subterrâneas incluiu um cálculo feito a partir de um cadastro consolidado por meio da junção de dados de usuários regularizados, ou seja, a interseção dos dados de outorgas de águas subterrâneas fornecidos pelo estado da Bahia para confecção do Relatório Conjuntura de Recursos Hídricos com os dados de usuários regularizados disponíveis no CNARH/SNIRH³, complementados por estimativa de uso feita para os poços cadastrados neste estudo e aqueles disponíveis no SIAGAS/CPRM⁴.

Para estimativa de usos de águas superficiais, por sua vez, foram utilizados dos dados fornecidos pelo estado da Bahia para o Relatório Conjuntura de Recursos Hídricos (ANA) e dados de usuários regularizados pela ANA nos rios Carinhanha e Itaguari. Esses dados incluem vazões captadas em rios estaduais apenas por usuários regularizados até Julho de 2015 nos afluentes do médio São Francisco que se situam sobre a área de afloramento do SAU.

10.4.1 Estimativa de usos das águas subterrâneas e superficiais

Para compor o valor final da estimativa de uso de águas subterrâneas para o SAU e SAA utilizou-se quatro bancos de dados diferentes: dados de outorgas de águas subterrâneas fornecidos pelo estado da Bahia para confecção do Relatório Conjuntura de Recursos Hídricos; dados de usuários regularizados disponíveis no CNARH/SNIRH, estimativa de demanda feita para os poços cadastrados neste estudo somados àqueles disponíveis no SIAGAS/CPRM.

³ Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

⁴ Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil.

As estimativas foram feitas individualmente para cada banco de dados e, posteriormente consolidados em uma estimativa final a partir de um cadastro consolidado de 2.835 poços que integrou a interseção dos quatro bancos de dados citados. Primeiramente a interseção dos cadastros de poços regularizados (outorgas Conjuntura e CNARH), depois interseção (SIAGAS/CPRM e estudo ANA); e a interseção final. Todos os dados disponíveis foram submetidos a uma análise de consistência, assim como na interseção (cruzamento) de dados entre os bancos evitar superposições.

Vale ressaltar, contudo, que a maioria dos poços do banco de dados deste estudo, bem como aquele disponível no SIAGAS/CPRM não dispunha de valor de vazão. Para incluir esses poços no somatório efetuou-se algumas considerações/simplificações para essa estimativa:

- ✓ 163 poços dos quais se utilizou a vazão autorizada (cadastros de outorgas Conjuntura/CNARH);
- ✓ 1.087 poços tiveram a vazão calculada a partir da vazão de estabilização do poço, obtida dos testes de bombeamento. Os tempos de bombeamento considerados foram de 18 horas (irrigação) e 12 horas (demais usos);
- ✓ 999 poços tiveram a vazão estimada, onde se utilizou a vazão média estabilizada (27,8 m³/h) dos poços com dados, e os tempos de bombeamento estimados – 18 horas (irrigação) e 12 horas (demais usos). Para os poços escavados (15 poços) estimou-se uma vazão consumida de 0,5 m³/h;
- ✓ 14 poços com volume de utilização informado (campo observação do cadastro SIAGAS);
- ✓ 282 poços tiveram a vazão considerada nula (poços secos, abandonados, obstruídos, precários ou com vazão insuficiente; poços de monitoramento; poços que captam outros aquíferos);
- ✓ 290 poços onde a vazão utilizada foi obtida do ato de regularização (outorgado ou usos insignificantes).

Destaca-se, porém, que esse número representa uma estimativa baseada em cruzamentos de bancos de dados, consistências efetuadas, de modo que algumas ressalvas e aprendizados devem ser destacados:

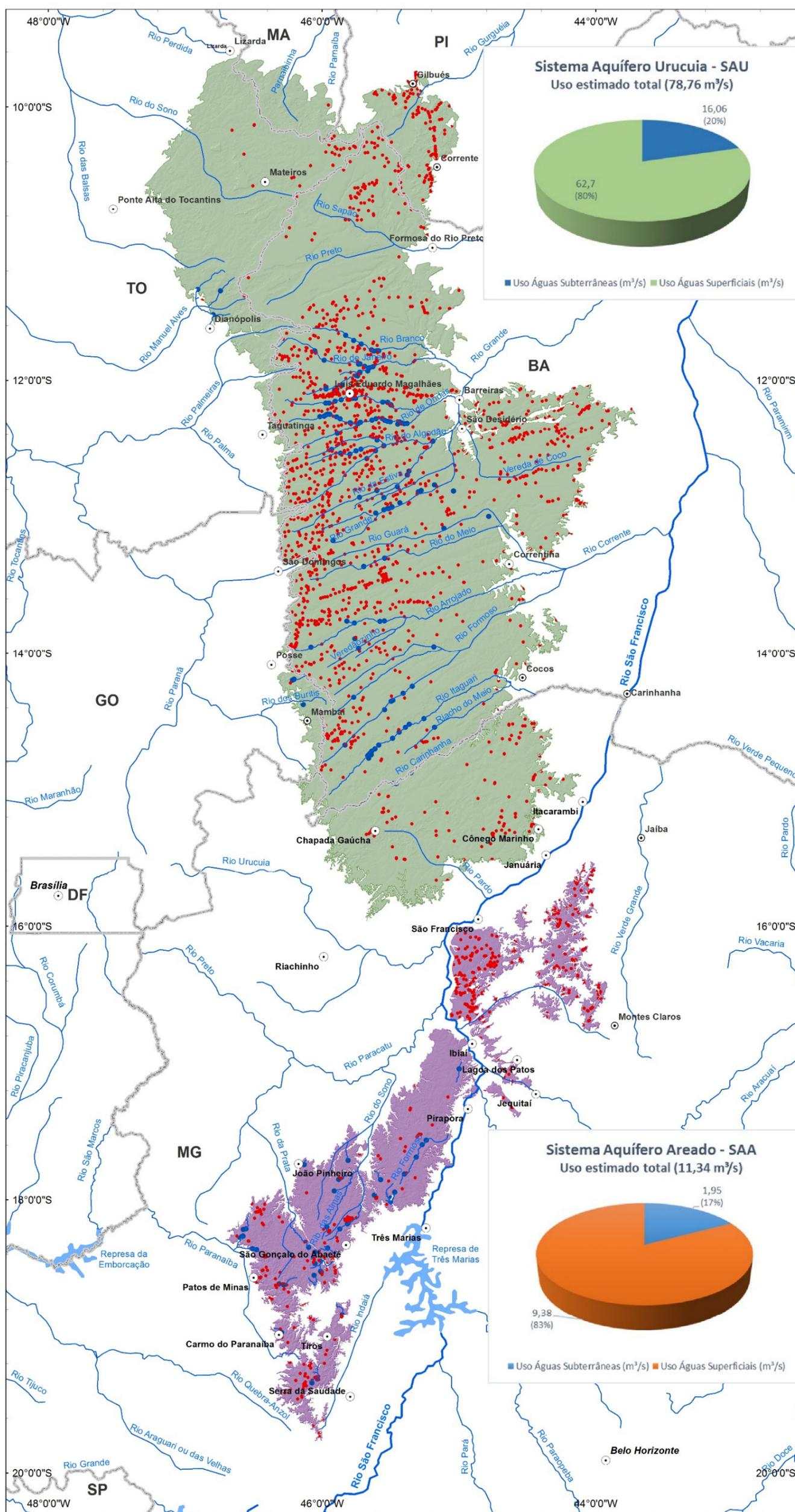
- ✓ É essencial os órgãos gestores investirem em atualização de cadastro, com vistas a alcançar ou acompanhar a dinâmica do aumento de usuários;
- ✓ Faz-se necessários campanhas educacionais e de fiscalização para incentivar a regularização dos usuários;
- ✓ Investimento na construção de um banco de dados consistente, com objetivo de ter coerência nas informações sobre os poços/usos.

No que se refere aos usos das águas superficiais utilizou-se os dados de usuários regularizados cedidos pelo Estado da Bahia para o Relatório Conjuntura de Recursos Hídricos. Os dados referem-se aos atos autorizativos de usos da água até julho de 2015. A esse valor foi acrescido 11,92 m³/s referentes aos usos regularizados pela Agência Nacional de Águas nos rios Carinhanha e Itaguari. A figura 10.8 exibe um cenário simplificado estimado pelos cálculos efetuados dos usos de águas superficiais e subterrâneas no SAU e no SAA.

No caso particular da sub-bacia do rio das Fêmeas, afluente do rio Grande, há um cenário particular desencadeado pela limitação imposta à disponibilidade desse corpo hídrico pelo Decreto 7.566/1999 da Bahia. Esse Decreto restringiu em 11,5 m³/s a disponibilidade para a concessão de outorga de direito de usos de recursos hídricos, para fins consuntivos a montante da Pequena Central Hidrelétrica Alto Fêmeas.

Todavia, essa PCH não dispõe de outorga de direito de uso no órgão gestor de recursos hídricos do estado da Bahia, hoje INEMA, e funciona apenas com base nesse Decreto. Sendo assim, não foi contabilizado nos cálculos de uso da bacia do rio Grande a vazão “reservada” para o funcionamento da PCH Alto Fêmeas, porque não tem um instrumento administrativo que estabeleça a vazão para a PCH. Assim sendo os valores de uso contabilizados na bacia do Alto Grande devem ser encarados com grande ressalva em virtude do cenário instalado naquela região.

Atualmente, é sabido que foi atingido o limite máximo outorgável de água superficial na sub-bacia do rio Fêmeas por causa desse Decreto, o que suscitou em um aumento do uso de águas subterrâneas nessa sub-bacia.



Mapa de localização da área de estudo

Convenções Cartográficas

- Sede Municipal
- ~ Hidrografia
- Massas d'água
- Limite Estadual

Legenda

- ~ Rio São Francisco
- SAU
- SAA
- Usos de águas subterrâneas
- Usos de águas superficiais



PROJEÇÃO GEOGRÁFICA

Datum Horizontal: SAD/69
Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° WGr
Acréscidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente



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

TÍTULO
Usos das Águas Superficiais e Subterrâneas no SAU e no SAA

ESCALA NUMÉRICA: 1:3.000.000 | NÚMERO FIGURA: 10.8

ESCALA GRÁFICA: 0 10 20 40 60 80 Km

Figura 10.8 - Usos das águas superficiais e subterrâneas no SAU e no SAA.

Levando-se em conta a importante interação dos sistemas aquíferos com os rios por meio de suas contribuições por fluxo de base, considera-se aqui um cálculo integrado que inclui a soma dos usos das águas subterrâneas e superficiais. O Quadro 10.3 apresenta a estimativa desses usos para cada sistema aquífero: Sistema Aquífero Urucuia e Sistema Aquífero Areado. A Figura 10.9 mostra a distribuição dos usos das águas subterrâneas e superficiais por sistema aquífero.

QUADRO 10.3 - ESTIMATIVA DE USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS 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

É notável perceber que os usos das águas superficiais são mais volumosos que os de águas subterrâneas nos dois sistemas aquíferos. No SAU os usos das águas superficiais chegam a cerca de 290% a mais que das águas subterrâneas, enquanto que no Areado esse percentual é de 380%.

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.

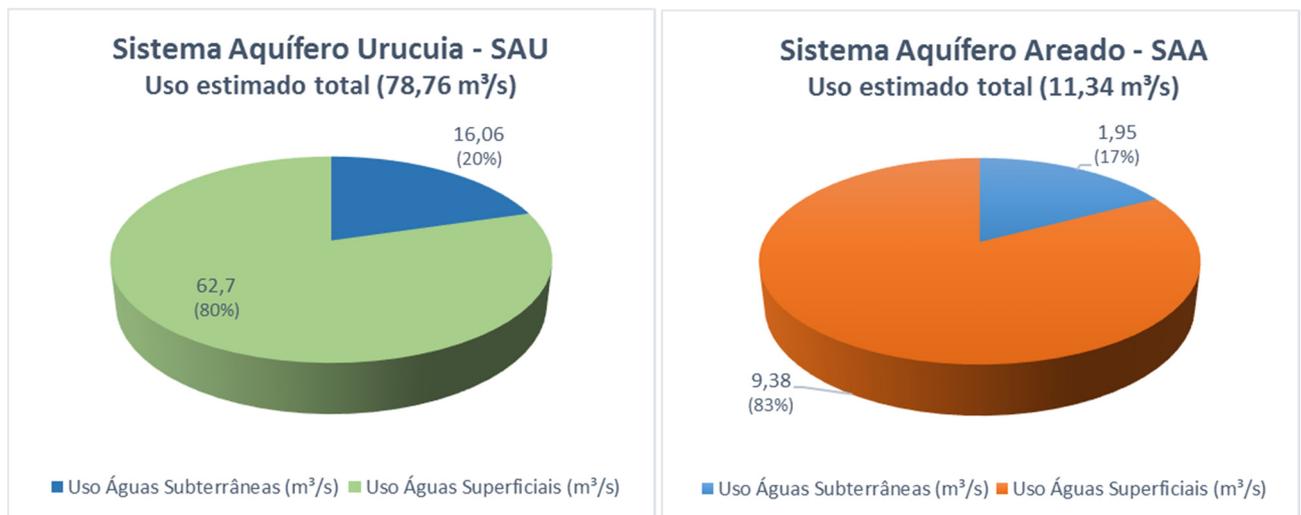


Figura 10.9 - Distribuição dos usos das águas superficiais e subterrâneas no SAU e no SAA.

10.4.2 Disponibilidade versus usos no SAU e SAA

Com vistas a estimar o grau de comprometimento das disponibilidades de água na região de estudo realizou-se uma comparação entre os usos das águas estimados e comparou-se com a disponibilidade calculada para os dois sistemas aquíferos (SAU e SAA).

A avaliação da comparação do saldo disponível foi efetuada ao confrontar as disponibilidades calculadas e os usos atuais estimados. Essa avaliação partiu de cálculos por sistema aquíferos (SAU e SAA) e por sub-bacias hidrográficas.

Inicialmente, partiu-se de um cálculo para os usos de águas subterrâneas confrontando-os com a disponibilidade calculada para cada sistema aquífero (Volume 2 do Relatório Final). A disponibilidade utilizada nessa estimativa foi a Reserva Potencial Explotável (RPE) estimada para o SAU (4,84 Km³/ano) e para o SAA (1,37 Km³/ano). O Quadro 10.4 mostra o saldo estimado para a área operacional de cada sistema aquífero.

QUADRO 10.4 - DIFERENÇA ENTRE A DISPONIBILIDADE SUBTERRÂNEA (RPE) E OS USOS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO SAU E SAA

	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):
Subterrâneas

SAU = 4,84 Km³/ano

SAA = 1,37 Km³/ano

¹Saldo: Disponibilidade – Usos Águas

Segundo pode-se observar os dois sistemas aquíferos apresentam saldos relativamente confortáveis, com apenas 10,5% e 4,5% de comprometimento das suas respectivas RPE. Vale ressaltar, todavia, que 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 para esse resultado é que o saldo não é uniformemente distribuído nas bacias hidrográficas.

Assim, com vistas a avaliar essa relação de forma setorizada e integrada efetuou-se um cálculo da diferença entre a disponibilidade hídrica e a estimativa de usos por sub-bacia, conforme aquelas analisadas na hidrologia destes estudos (bacia hidrogeológica). As sub-bacias utilizadas foram: rio Preto/Grande (46790000); Rio Grande (46610000); rio Corrente (45910001); rio Carinhonha (45210000); rio Coxá/Carinhonha (45220000) e rio Pandeiros (44250000). Essa avaliação foi realizada apenas no Sistema Aquífero Urucuia, haja vista ter dados disponíveis para o cálculo.

Essa avaliação setorizada (por sub-bacia) consistiu em confrontar inicialmente a disponibilidade hídrica subterrânea com os usos das águas subterrâneas. Nesse caso, a disponibilidade subterrânea adotada (RPE) foi confrontada com o uso estimado de águas subterrâneas para o SAU.

O Quadro 10.5 revela a situação de comprometimento nas sub-bacias efluentes do SAU, com destaque a sub-bacia do Alto Rio Grande que tem cerca de 28% de sua disponibilidade “comprometida” com os usos estimados, o que merece atenção do órgão gestor de recursos hídricos da Bahia.

QUADRO 10.5 - DIFERENÇA ENTRE A DISPONIBILIDADE SUBTERRÂNEA (RPE) E OS USOS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM CADA SUB-BACIA NO SAU

<i>Rio</i>	<i>RPE (m³/s)</i>	<i>Usos Águas Subterrâneas (m³/s)</i>	<i>Saldo (RPE-Usos) (m³/s)</i>	<i>% Disponibilidade</i>
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

10.5 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. As ações incluem:

- ✓ Definição de áreas de integradas e compartilhadas do SAU
- ✓ Comissões interestaduais, Grupo Gestor e Resolução Conjunta
- ✓ Instrumentos integrados
- ✓ Proposta de rede de monitoramento integrada

10.5.1 Definição de Áreas Integradas e Compartilhadas do SAU

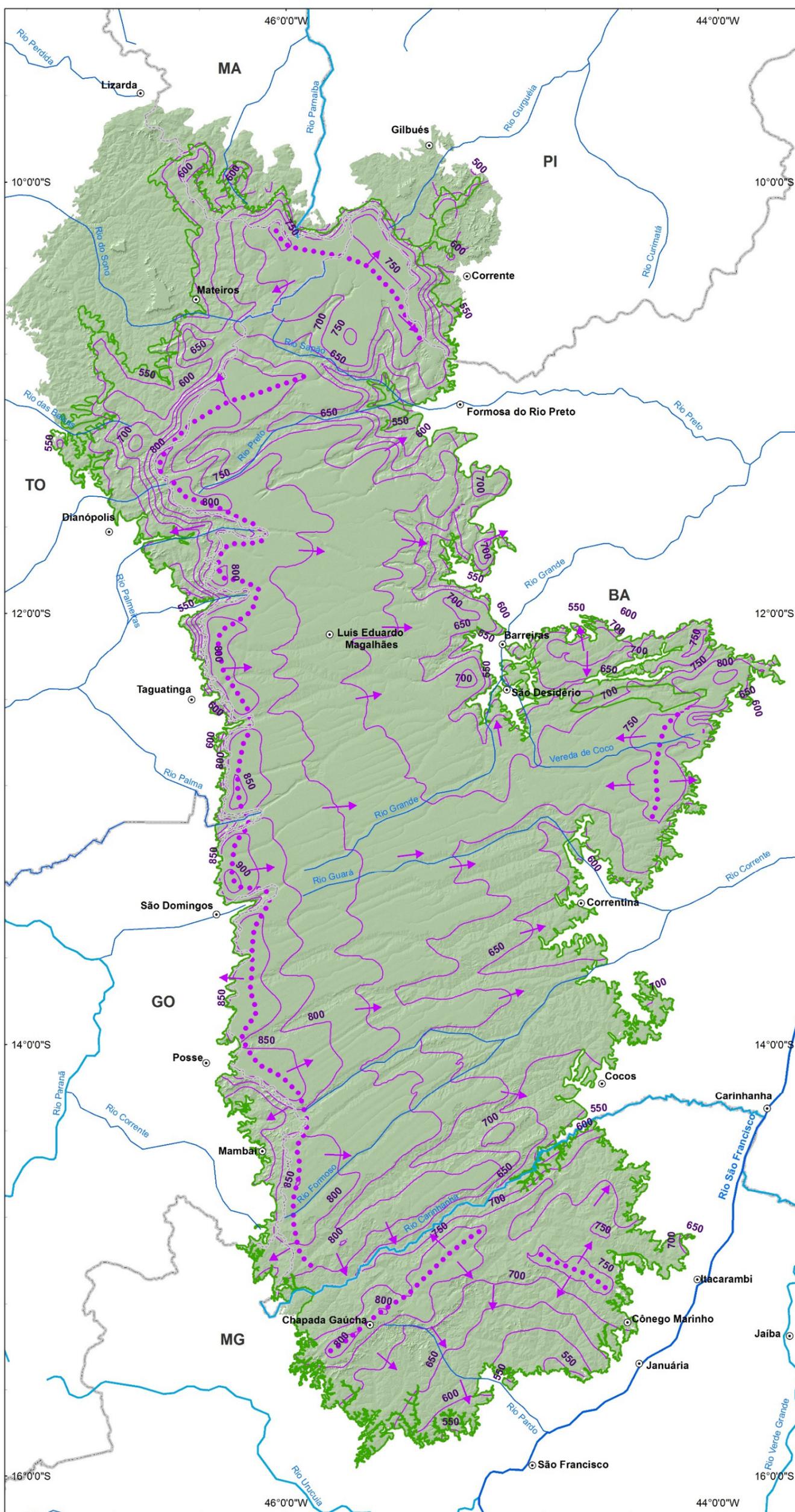
A definição de áreas integradas e compartilhadas do SAU foi baseada nas características intrínsecas do Sistema em função dos intercâmbios de fluxos (subterrâneo/superficiais), dominialidade dos corpos hídricos e áreas compartilhadas do SAU entre os estados vizinhos e União. Segundo observa-se na Figura 10.10 as águas subterrâneas do Sistema Aquífero Urucua compreendem dominialidade estadual nos respectivos estados que o abrangem, enquanto as águas superficiais incluem rios de dominialidade tanto estaduais como da União (Carinhanha) que são dependentes do escoamento de base do SAU.

Ademais, em função dos divisores hidrogeológicos de fluxo, os rios estaduais efluentes do SAU na região do oeste da Bahia são afluentes diretos do médio 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**” (Quadro 10.6). As primeiras envolvem território de apenas um estado (Bahia ou Minas Gerais) abrangendo o sistema aquífero/rio, enquanto que as outras consistem de áreas cujos limites envolvem dois ou mais estados que compartilham o SAU, ou estados e União (pela presença de rios de dominialidade da União – Carinhanha e Parnaíba). Nas duas últimas considerou-se na sua delimitação, além da integração rio/aquífero, o compartilhamento do SAU por mais de uma unidade da federação e os rios de domínio da União existentes nas áreas.

Essa definição de áreas integradas e compartilhadas do SAU (Figura 10.11) constituirá uma ferramenta importante para subsidiar as ações de gestão e estudos posteriores.



Mapa de localização da área de estudo

Convenções Cartográficas

- Sede Municipal
- Limite Estadual
- Hidrografia
- Massas d'água

Legenda

- Rio São Francisco
- Rios de domínio da União
- Rios de domínio dos Estados
- SAU
- Limites operacionais do SAU
- Linhas equipotenciais
- Direção de fluxo subterrâneo
- Divisores de água subterrânea



PROJEÇÃO GEOGRÁFICA

Datum Horizontal: SAD/69
 Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° WGR
 Acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente



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

TÍTULO
 Arcabouço hidrogeológico e geopolítico da região do Sistema Aquífero Urucuia

ESCALA NUMÉRICA 1:1.900.000 NÚMERO FIGURA 10.10

ESCALA GRÁFICA
 0 5 10 20 30 40 km

Figura 10.10 - Arcabouço hidrogeológico e geopolítico da região do Sistema Aquífero Urucuia.

QUADRO 10.6 - ÁREAS INTEGRADAS E COMPARTILHADAS DO SAU NOS ESTADOS

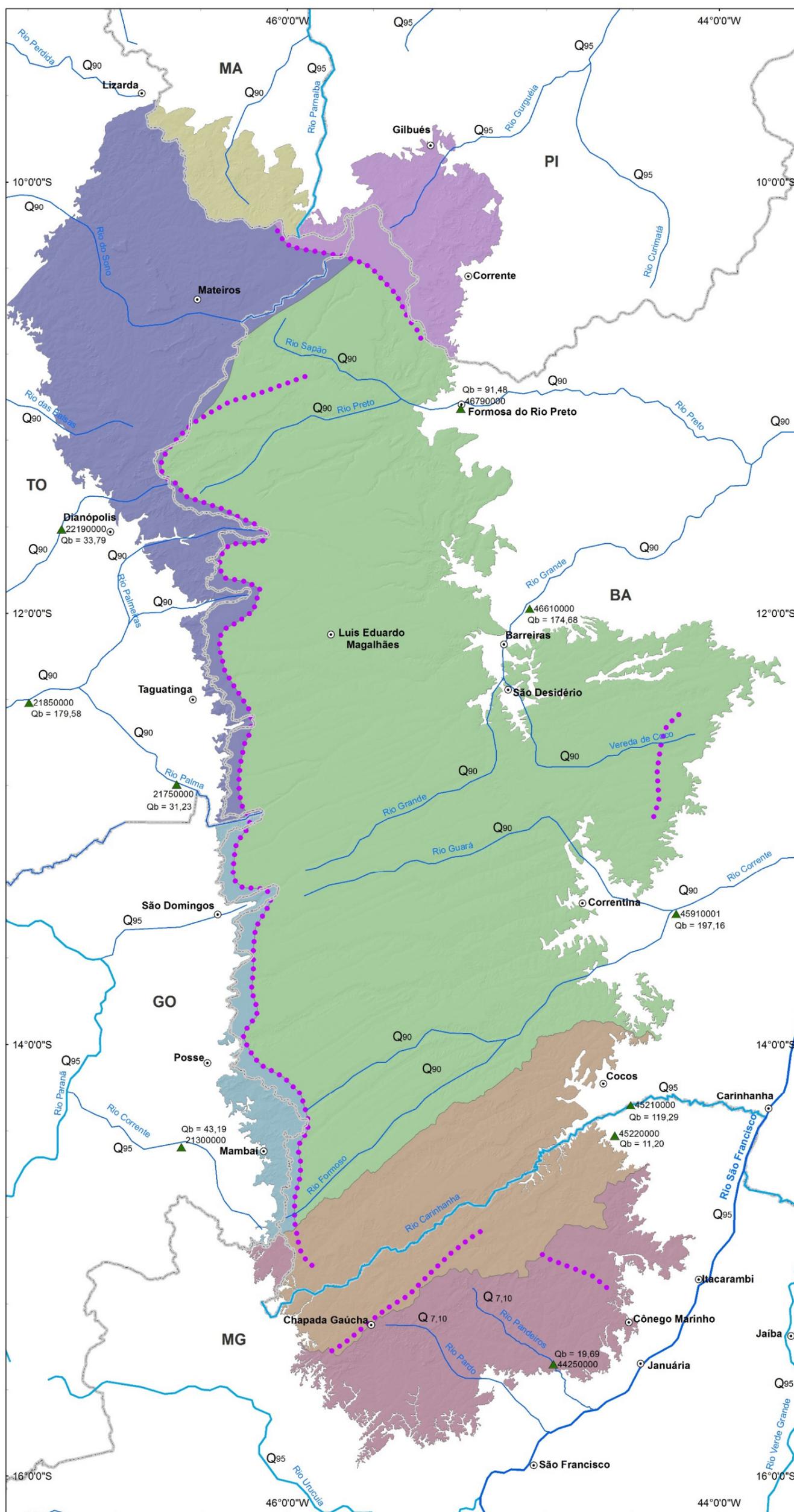
<i>UNIDADE</i>	<i>ESTADOS</i>	<i>ÁREA (Km²)</i>	<i>% EM RELAÇÃO À ÁREA DO URUCUIA (126.539 Km²)</i>
Área Integrada do SAU na Bahia	BA	69.847	55%
Área Integrada do SAU em Minas Gerais	MG	10.884	9%
Área Integrada e Compartilhada do SAU_BA/TO	BA/TO	20.370	16%
Área Integrada e Compartilhada do SAU_MA/TO/PI/BA	MA/PI/TO/BA	5.643	4%
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 da Figura 10.11 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.

Conforme pode ser verificado 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 do mesmo sistema aquífero.

A dinâmica de fluxo de água na região do SAU promove um intercâmbio de fluxos subterrâneos para superficiais entre alguns estados. Neste estudo foi possível estimar a vazão “transferida” via fluxo subterrâneo entre os estados que mantém conexão física para tal, por meio de **áreas de transferência de fluxo** subterrâneo interestaduais. A vazão de água subterrânea que flui pelas áreas fronteiriças estaduais, considerando condições de equilíbrio entre recarga e descarga natural, é proveniente do armazenamento sazonal do SAU, ou seja, é parte das reservas renováveis a cada ciclo hidrológico anual e equivalente ao escoamento de base calculado em cada sub-bacia, devido a adoção desta condição de equilíbrio: $R = Eb$.

No âmbito do presente estudo supôs-se a condição de que essa estimativa se dá em nível de reservas renováveis ou sazonais, onde abrange a interconexão rio-aquífero, e que não podem ser extrapoladas para os fluxos regionais, mais profundos e mais lentos. E os valores calculados referem-se a uma média de 30 anos (1975 a 2005) de dados de observação de vazões nas estações fluviométricas utilizadas nos estudos e apresentados previamente no Volume I Tomo II do Relatório Final.



Mapa de localização da área de estudo

Convenções Cartográficas

- Sede Municipal
- Limite Estadual
- ~ Hidrografia
- Massas d'água

Legenda

- Rio São Francisco
- Rios de domínio da União
- Rios de domínio dos Estados
- Divisores de água subterrânea
- Postos Fluviométricos Principais

Áreas Integradas e Compartilhadas do SAU

- Área Integrada do SAU em Minas Gerais
- Área Integrada do SAU na Bahia
- Área Integrada e Compartilhada do SAU_BA/GO
- Área Integrada e Compartilhada do SAU_BA/MG/UNIÃO
- Área Integrada e Compartilhada do SAU_BA/TO
- Área Integrada e Compartilhada do SAU_MA/TO/PI/BA
- Área Integrada e Compartilhada do SAU_MA/UNIÃO

Qb = Vazão de Base (m³/s)

Q₉₅, Q₉₀, Q_{7,10} Vazões de referência dos rios de domínios dos Estados e da União

PROJEÇÃO GEOGRÁFICA

Datum Horizontal: SAD/69
 Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° WGr
 Acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente

ANA
 ENGE CORPS
 WALM

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

TÍTULO
 Áreas Integradas e Compartilhadas do Sistema Aquífero Uruçuia

ESCALA NUMÉRICA 1:1.900.000 NÚMERO FIGURA 10.11

ESCALA GRÁFICA
 0 5 10 20 30 40 km

Figura 10.11 - Áreas Integradas e Compartilhadas do Sistema Aquífero Uruçuia.

A estimativa de fluxo calculada neste estudo é proporcional à área do aquífero, delimitada pelo divisor hidrogeológico e os limites geopolíticos do estado contíguo, multiplicada pela contribuição unitária relativa ao escoamento de base da respectiva sub-bacia. As áreas delimitadas pelo divisor hidrogeológico e os limites do estado adjacente são denominadas neste estudo de **Áreas de transferência de fluxo subterrâneo interestaduais** e os valores de cada área transfronteiriça está discriminado no Quadro 10.7.

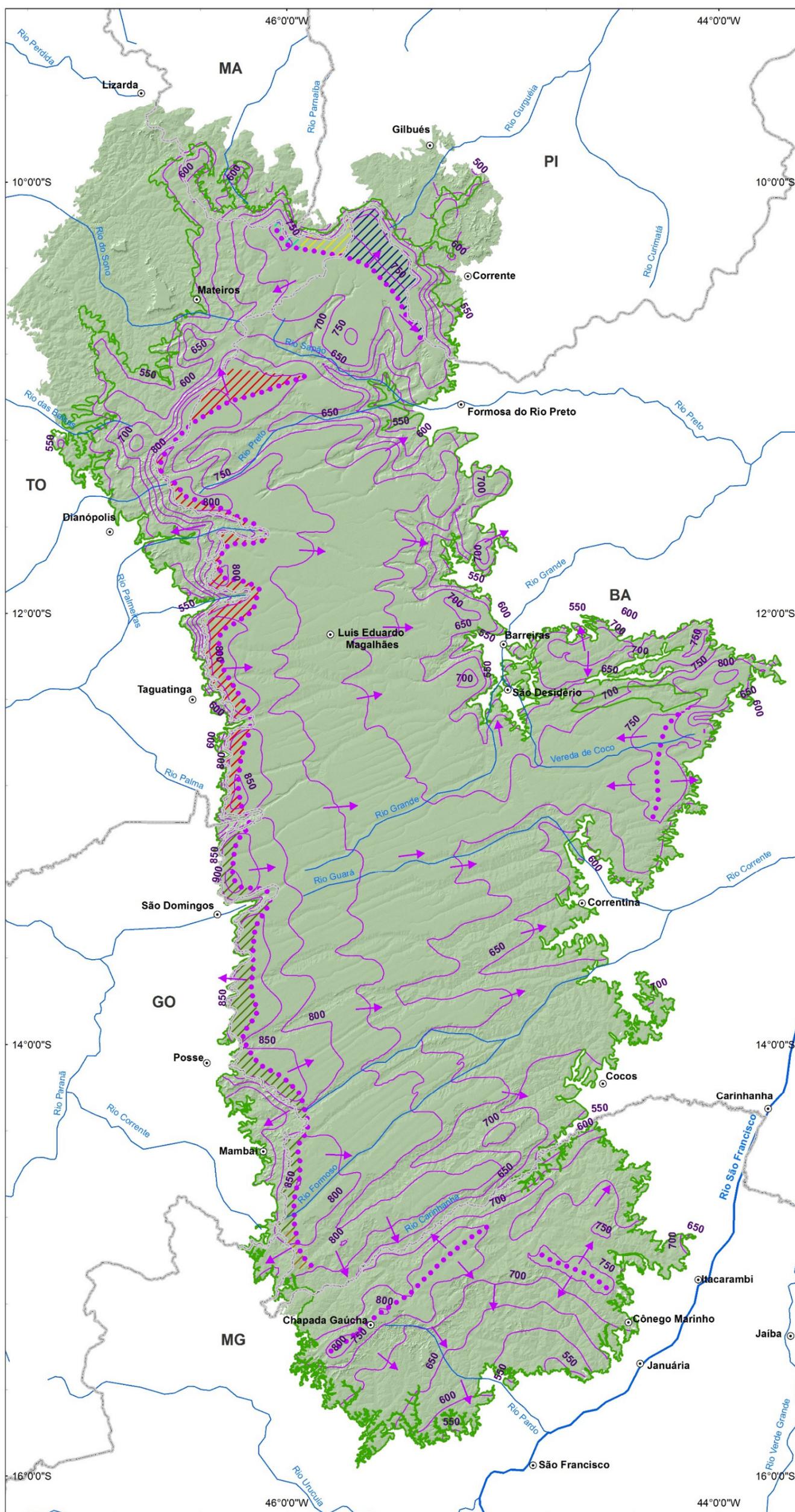
Considerou-se que a “transferência” de fluxo entre essas áreas é efetiva quando os limites estaduais contíguos são perpendiculares à direção do fluxo subterrâneo. Caso os limites estaduais sejam paralelos à direção de fluxo, não há transferência de água, como mostrado na Figura 10.12. Sabendo-se que as reservas renováveis, baseadas no escoamento de base foram calculadas em 23,87 km³/ano e que a área operacional do SAU é de 109.531 km²; a contribuição por unidade de área é de 24,88 m³/h/km². O Quadro 10.8 apresenta as estimativas de vazões transferidas entre os Estados nas regiões fronteiriças.

QUADRO 10.7 - ÁREAS DE TRANSFERÊNCIA DE FLUXO SUBTERRÂNEO INTERESTADUAIS DO SAU

ESTADO	ÁREA DE TRANSFERÊNCIA (km ²)					
	BA	MG	TO	PI	MA	GO
BA		125	2.111	907		1.582
MG	-					-
TO	-			248	74	-
PI	-		-		-	
MA			-	-		
GO	-	-	-			

QUADRO 10.8 - ESTIMATIVA DO FLUXO SUBTERRÂNEO INTERESTADUAL DO SAU

ESTADO	VAZÃO TRANSFERIDA (m ³ /h e m ³ /s)					
	BA	MG	TO	PI	MA	GO
BA		3.110 m ³ /h 0,86 m ³ /s	52.517 m ³ /h 14,59 m ³ /s	22.564 m ³ /h 6,27 m ³ /s		39.357 m ³ /h 10,93 m ³ /s
MG	-					-
TO	-			6.170 m ³ /h 1,71 m ³ /s	1.841 m ³ /h 0,51 m ³ /s	-
PI	-		-		-	
MA			-	-		
GO	-	-	-			



Mapa de localização da área de estudo

Convenções Cartográficas

- Sede Municipal
- Limite Estadual
- Hidrografia
- Massas d'água

Legenda

- Rio São Francisco
- SAU
- Limites operacionais do SAU
- Linhas equipotenciais
- Direção de fluxo subterrâneo
- Divisores de água subterrânea

Áreas de Transferência de Fluxo Interestaduais

- BA para MG
- BA para TO
- BA para PI
- BA para GO
- TO para PI
- TO para MA

PROJEÇÃO GEOGRÁFICA

Datum Horizontal: SAD/69
 Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° WGr
 Acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente

ANA
 ENGE CORPS
 WALM

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

TÍTULO: Áreas de transferência de fluxo subterrâneo interestaduais do SAU

ESCALA NUMÉRICA: 1:1.900.000 NÚMERO FIGURA: 10.12

ESCALA GRÁFICA: 0 5 10 20 30 40 km

Figura 10.12 - Áreas de transferência de fluxo subterrâneo interestaduais do SAU.

É possível observar pelos valores estimados e na Figura 10.12 que as áreas principais de transferência de água subterrânea são do Estado da Bahia para Tocantins e Goiás, e as menos expressivas da Bahia para Minas Gerais e do Tocantins para o Maranhão. Todavia, não apenas as transferências de fluxo conectam essas áreas contíguas, mas também outras características como o uso da terra e vocação natural, conforme descrito a seguir em cada área integrada e compartilhada proposta.

A avaliação da disponibilidade versus usos no recorte das Áreas Integradas e Compartilhadas do SAU revelou um cenário heterogêneo. Destaca-se a Área Integrada da Bahia como maior área de maior demanda tanto de água superficial como subterrânea, seguida da área compartilhada entre Bahia, Minas e União, na bacia hidrográfica do rio Carinhanha (Quadro 10.9).

Ao avaliar a relação entre os usos e o tamanho das áreas (Quadro 10.10) destaca-se no caso das águas subterrâneas a área compartilhada entre a Bahia e Goiás, com uma relação de 1,14 m³/h/Km². Embora seja uma área pequena, há uma concentração de poços pela ausência de cursos d'água. Nessa área concentra-se a maioria das cabeceiras dos rios do oeste baiano, e os poços captam água subterrânea a níveis profundos (> 100 metros em muitos casos). O fluxo subterrâneo, nessa região, flui para oeste e alimenta as nascentes dos rios que nascem no pé da Serra Geral de Goiás, afluentes da margem direita do Alto Tocantins.

No caso dos usos das águas superficiais também se destaca a área integrada da Bahia com a de maior demanda, sendo a região do Alto rio Grande a primeira em usos regularizados. Em seguida a bacia do rio Carinhanha ocupa a segunda posição em demanda, somando os usuários regularizados pelo estado nos afluentes do rio principal e pela ANA, na calha principal do rio Carinhanha. Em termos de relação entre os usos e tamanho das áreas, contudo, a bacia do rio Carinhanha desponta como a primeira dentre as demais analisadas, com uma relação 3,23 m³/h/Km².

QUADRO 10.9 - ESTIMATIVA DE USO DAS ÁGUAS NAS ÁREAS INTEGRADAS E COMPARTILHADAS DO SAU

ÁREAS INTEGRADAS E COMPARTILHADAS DO SAU	Nº de poços	Uso Águas Subterrâneas¹ (m³/h)	Número de usuários regularizados	Uso Águas Superficiais² (m³/h)
Área Integrada do SAU na Bahia	1573	47.826,12	133	179.850,54
Área Integrada do SAU em Minas Gerais	88	575,75	0	0,00
Área Integrada e Compartilhada do SAU_BA/TO	66	586,67	3	896,25
Área Integrada e Compartilhada do SAU_MA/TO/PI/BA	210	1.754,60	0	0,00
Área Integrada e Compartilhada do SAU_MA/UNIÃO	3	41,70	0	0,00
Área Integrada e Compartilhada do SAU_BA/GO	88	3.863,32	4	787,54
Área Integrada e Compartilhada do SAU_BA/MG/UNIÃO	78	2.074,11	-	44.215,83 ³
TOTAL	2.106	56.722,27	142	182.838,16

¹Usos de águas subterrâneas SAU - Cadastro Consolidado

²Usos de águas superficiais Conjuntura (Julho 2015)

³Usos de águas superficiais regularizados: 1.303,83 m³/h (Conjuntura - BA) + 42.912 m³/h (ANA)

QUADRO 10.10 - RELAÇÃO ENTRE O USO DAS ÁGUAS EM FUNÇÃO DO TAMANHO DAS ÁREAS INTEGRADAS E COMPARTILHADAS DO SAU

ÁREAS INTEGRADAS E COMPARTILHADAS DO SAU	ÁREA (Km²)	Uso Águas Subterrâneas¹ (m³/h)	Uso subterrâneo por área (m³/h/Km²)	Uso Águas Superficiais² (m³/h)	Usos superficial por área (m³/h/Km²)
Área Integrada do SAU na Bahia	69.847	47.826,12	0,68	179.850,54	2,57
Área Integrada do SAU em Minas Gerais	10.884	575,75	0,05	0,00	0,00
Área Integrada e Compartilhada do SAU_BA/TO	20.370	586,67	0,03	896,25	0,04
Área Integrada e Compartilhada do SAU_MA/TO/PI/BA	5.643	1.754,60	0,31	0,00	0,00
Área Integrada e Compartilhada do SAU_MA/UNIÃO	2.710	41,70	0,02	0,00	0,00
Área Integrada e Compartilhada do SAU_BA/GO	3.394	3.863,32	1,14	787,54	0,23
Área Integrada e Compartilhada do SAU_BA/MG/UNIÃO	13.691	2.074,11	0,15	1.303,83	3,23
TOTAL	126.539	56.722,27	-	182.838,16	-

¹Usos de águas subterrâneas SAU - Cadastro Consolidado

²Usos de águas superficiais Conjuntura (Julho 2015)

10.5.1.1 Área Integrada do SAU na Bahia

A primeira “Área Integrada do SAU” compreende o território do Estado da Bahia situado à leste do divisor hidrogeológico. Com área de 69.847 km², pertence à Mesorregião do Extremo Oeste Baiano, engloba quatro importantes municípios: Barreiras, Luís Eduardo Magalhães, São Desidério Correntina. A Bahia representa o estado dentre os seis abrangidos pelo SAU aquele com maior representatividade areal (aproximadamente 65%).

Essa região é caracterizada pela existência de intensa atividade agrícola consolidada, caracterizada por culturas de sequeiro (na porção oeste), principalmente de soja e algodão; onde é comum a paisagem de extensas áreas de terra em preparação para atividade agrícola, plantadas ou em fase de colheita (Figura 10.13). Outras culturas também estão presentes na região do oeste baiano como o milho, café e fruticultura irrigados, além de feijão.

A agricultura irrigada também é importante nessa região, onde se utiliza a água dos rios alimentados pelo SAU ou água subterrânea extraída diretamente do Sistema Aquífero Urucua por meio de poços tubulares profundos, de altas vazões.



Figura 10.13 - Exemplos de culturas praticadas na região do oeste baiano.

Diversos problemas ambientais estão relacionados a essa atividade no oeste baiano, tais como a perda de solo, erosão, assoreamento dos rios, desmatamento do cerrado, compactação do solo, acumulação de água em terraços e redução na taxa infiltração da água da chuva no solo (Figura 10.14), conforme mostrado nos testes de infiltração realizados no estudo.



Figura 10.14 - Exemplos de problemas ambientais na região do oeste baiano.

Em contraste com a agricultura intensiva em extensas áreas, há na região a presença de atividades de agricultura familiar, praticado pelas comunidades tradicionais e pequenos povoados no meio rural, situadas normalmente próximo aos rios (Figura 10.15).



Figura 10.15 - Paisagens típicas das diversas comunidades tradicionais no oeste baiano.

Nesse contexto há um maior predomínio de vegetação do tipo cerrado, em sua maior parte de formação herbáceo-arbustiva, veredas típicas dos rios da região, com a manutenção localizada de pequenas lavouras de milho, mandioca e a extração de frutos do cerrado (pequi, cagaita, buriti, araticum, produtos do buriti). Os produtos dessas pequenas lavouras e produtos derivados do cerrado são comercializados nas feiras populares de cidades como Correntina e Barreiras, como principal atividade econômica dessa população.

Essa região tem um relevo com maior declividade, diferente do formato “chapada” como no extremo oeste, onde é comum a presença de propriedades rurais destinadas exclusivamente à proteção ambiental, como do tipo reserva legal condominial, onde duas ou mais propriedades se reúnem para destinar uma área contígua para preservação, conforme permitido no art. 16 do Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012).

Destacam-se nessa área a presença da Área de Proteção Ambiental do Rio Preto, Estação Ecológica do Rio Preto, Área de Proteção Ambiental Bacia do Rio de Janeiro, na porção setentrional da Unidade, enquanto que a Área de Proteção Ambiental de São Desidério e a Floresta Nacional de Cristópolis, na parte oriental, classificadas como Unidades de Conservação de Uso Sustentável. Além dessas, identifica-se ao sul da Unidade, o Refúgio de Vida Silvestre Veredas do Oeste Baiano, Unidade de Conservação de Proteção Integral, está situada na região de cabeceira dos rios Pratudão e Pratudinho até a confluência com o rio Formoso, afluentes do rio Corrente, onde ocorrem lagoas naturais perenes (Figura 10.16), mantidas pelo escoamento de base do SAU.



Figura 10.16 - Lagoa do Pratudão (bacia do rio Corrente), situada nos limites da Unidade de Conservação Integração “Refúgio da Vida Silvestre do Oeste Baiano”.

Em relação ao comportamento hidrogeológico do SAU nessa área, verifica-se que a água subterrânea flui para leste e para oeste a partir do divisor hidrogeológico principal de posição Norte-Sul, de cotas potenciométricas mais altas (750 metros) em seu limite oeste. Essas cotas decrescem em geral na direção do curso dos rios (de oeste para leste), onde a superfície potenciométrica intercepta a superfície do terreno, e o SAU alimenta os rios São Desidério, dos Porcos, Guará e rio Formoso), afluentes dos rios Grande e Corrente.

Nessa região é comum a presença de arenitos níveis silicificados que conferem ao aquífero um caráter semiconfinado. A presença desses níveis também dificulta e encarece a perfuração dos poços, tendo em vista ao maior tempo necessário para perfuração desses níveis, que chegam a atingir em alguns casos 60 metros de espessura.

Segundo dados hidrológicos avaliados dos principais rios dessa área (Grande e Corrente), a contribuição do SAU para esses rios por escoamento de base é acima de 70%, conforme relação Q_{90}/Q_{50} , chegando a cerca de 80% na bacia do médio/baixo Grande, conforme Quadro 10.11.

QUADRO 10.11 - DADOS HIDROLÓGICOS NOS RIOS GRANDE E CORRENTE

<i>NOME</i>	<i>Q_{mt}</i> (m ³ /s)	<i>Q₉₀</i> (m ³ /s)	<i>Q₉₅</i> (m ³ /s)	<i>Q₅₀</i> (m ³ /s)	<i>Q₉₀/Q₅₀</i>	<i>Q_b esp.</i> (l/s/Km ²)	<i>Reserva Potencial Explotável</i>
<i>RIO PRETO/ MÉDIO BAIXO GRANDE</i>	99,14	74,72	71,95	91,20	0,82	6,40	324.720 m ³ /h ou 90,2 (m ³ /s)
<i>ALTO GRANDE</i>	185,75	129,91	123,40	173,32	0,75	5,31	
<i>RIO CORRENTE</i>	211,09	151,00	144,67	194,94	0,77	6,68	

A utilização da água subterrânea nessa área é feita, de maneira geral, por meio da extração de água em poços tubulares profundos, principalmente para fins de consumo humano e irrigação e águas superficiais (Figura 10.17). A estimativa feita para o recorte da Área Integrada do SAU na Bahia apontou a presença de cerca de 1500 poços que extraem do SAU aproximadamente 48 mil m³/h e dos rios cerca de 180 mil m³/h, ou seja, cerca de 63 m³/s no total.

A extração estimada de água subterrânea nessa região representa cerca de 15% da Reserva Explotável proporcional dessa área, considerando um coeficiente de sustentabilidade (Cs) de 0,2; e 17% se considerarmos a disponibilidade hídrica superficial (80% Q₉₀) das duas bacias hidrográficas dessa área (rios Grande e Corrente).

No âmbito dessa área integrada a sub-bacia do rio das Fêmeas é a região que merece maior atenção no gerenciamento tendo em vista que a instalação de aproveitamentos hidrelétricos limitou a disponibilidade hídrica nesse curso d'água superficial para os usuários de águas superficiais. Em consequência dessa atividade, existe uma grande demanda de águas subterrâneas nessa área e uma restrição de disponibilidade de águas superficiais para essa bacia.



Figura 10.17 - Exemplos de poços tubulares utilizados na região (1) Poço utilizado para irrigação e (2) Poço tubular utilizado para abastecimento humano.

10.5.1.2 Área Integrada do SAU em Minas Gerais

A Área Integrada do SAU em Minas, compreende parte do território do Estado de Minas Gerais, no extremo sul do SAU. Com uma área de 10.884 km², está parcialmente inserida na Região Norte de Minas, além de englobar em menor proporção a Região Noroeste, segundo a divisão do território mineiro adotada oficialmente pelo governo estadual.

De maneira geral, verifica-se na unidade a baixa concentração de atividades agropecuárias, com predomínio de vegetação do tipo cerrado, em sua maior parte de formação herbáceo-arbustiva. O relevo é um pouco mais acidentado, pertencente à unidade geomorfológica Patamares do Chapadão Ocidental Baiano. Essa concentração vale-se da grande quantidade de unidades de conservação na região, sendo a maior parte delas classificadas como UCs de Proteção Integral: Parque Estadual Serra das Araras, Parque Estadual Veredas do Peruaçu, Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, Refúgio Estadual da Vida Silvestre do Rio Pandeiros e Xakriabá Rancharia e Terra Indígena Xakriabá. Além disso, estão incluídas na unidade a Terra Indígena Xakriabá, bem como as Unidades de Conservação de Uso Sustentável Área de Proteção Ambiental Cavernas do Peruaçu, Área de Proteção Ambiental Bacia do Rio Pandeiros e a Reserva de Desenvolvimento Sustentável Veredas do Acari.

Uma exceção a essa paisagem é a região da Chapada Gaúcha, onde há atividade agrícola consolidada. Nessa área a atividade ocupa uma área de chapada alongada de cerca de 50 Km de comprimento e em média 10 Km de largura.

Em relação ao comportamento hidrogeológico do SAU nessa área, verifica-se que a água subterrânea flui a cotas potenciométricas de cerca de 750 metros a nordeste da unidade, decrescendo na direção sul até atingir cotas de cerca de 550 metros. O fluxo subterrâneo, dessa forma, segue em direção às cotas potenciométricas menores, direcionando-se para o sul em praticamente toda a área, com exceção de sua porção nordeste, onde o fluxo segue na direção SW/NE. A utilização da água subterrânea é feita, de maneira geral, por meio da exploração de poços tubulares profundos, principalmente para fins de consumo humano.

Segundo dados hidrológicos avaliados os principais rios dessa área são o Pardo, Pandeiros e Mangai. Os dados históricos de vazão do rio Pandeiros foi utilizado na avaliação hidrológica. A estação fluviométrica Usina de Pandeiros Montante (44250000) com 3.230 Km² foi a única dentre as avaliadas que tem em sua de drenagem 100% de afloramento das rochas do Grupo Urucua. A contribuição do SAU nessa bacia é de aproximadamente 60%, conforme relação Q_{90}/Q_{50} apresentada no Quadro 10.12.

QUADRO 10.12 - DADOS HIDROLÓGICOS NO RIO PANDEIROS

NOME	Q_{mlt} (m ³ /s)	Q_{90} (m ³ /s)	$Q_{7,10}$ (m ³ /s)	Q_{50} (m ³ /s)	Q_{90}/Q_{50}	Q_b espec. (l/s/Km ²)	Reserva Potencial Explotável
RIO PANDEIROS	23,85	12,47	9,58	19,80	0,63	6,10	50.400 m ³ /h ou 14,00 m ³ /s

A vazão de referência utilizada pelo estado de Minas Gerais para a emissão de outorgas de águas superficiais é a $Q_{7,10}$, calculada para essa estação em 9,58 m³/s para o período de 1975 a 2005.

A utilização da água subterrânea nessa área é feita, de maneira geral, por meio da extração de água em poços. Segundo a estimativa para essa área 88 poços extraem água do SAU, somando uma vazão aproximada de 575 m³/h, o que representa apenas 1% da Reserva Potencial Explotável proporcional dessa área.

10.5.1.3 Área Integrada e Compartilhada do SAU_MA/TO/PI/BA

Essa região compreende territórios dos estados do Tocantins, Piauí, Bahia, limitado a oeste pela calha do rio Parnaíba que divide os estados do Maranhão e Piauí, no extremo norte do limite do SAU. Com uma área de 5.643 km², inclui parte da região nas nascentes do rio Parnaíba, na divisa entre o Maranhão e Piauí e nas cabeceiras da bacia hidrográfica do rio Gurgueia.

No Estado da Bahia, observa-se a predominância da atividade agrícola consolidada, mas apenas na pequena porção dessa área no estado, que pertence aos limites da Área de Proteção Ambiental do Rio Preto. Nos demais Estados, essa área é ocupada por parte das Unidades de Conservação denominadas Área de Proteção Ambiental Serra da Tabatinga e Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba.

Na Bahia a agricultura é desenvolvida por culturas de sequeiro, de soja e algodão, principalmente, e a ocupação se dá apenas em sedes de fazendas. No Piauí, a região de Gilbués destaca-se na paisagem, caracterizada como uma região em processo de desertificação, onde a paisagem exhibe feições erosivas, solo arenoso e pedregoso e pobre cobertura vegetal (Figura 10.18) e onde o acesso é dificultado pelas condições precárias das estradas.

O comportamento hidrogeológico do SAU nesta região exhibe um divisor de fluxo subterrâneo de direção NW/SE, em que a água subterrânea flui a cotas potenciométricas de cerca de 750 metros a partir do Estado da Bahia em direção aos Estados do Piauí até atingir cotas de aproximadamente 600 metros, em área que alimenta as nascentes dos rios Parnaíba e Gurgueia.

A utilização da água subterrânea nessa unidade é feita na Bahia por meio da exploração de poços tubulares profundos, para o abastecimento doméstico de sedes de fazendas e pequenos vilarejos, principalmente. Nos Estados do Piauí e Tocantins, também é verificada a presença de poços para fins de abastecimento humano. A quantidade de poços cadastrada nessa área foi de 210 poços que perfazem, segundo estimativa, a extração de 1.754,60 m³/h de água subterrânea tanto do SAU como de aquíferos subjacentes constituídos de rochas da bacia sedimentar da Parnaíba. Não há registros de usuários de águas superficiais regularizados nessa região, segundo os dados do Conjuntura.



Figura 10.18 - Paisagem característica da região de Gilbués (PI). Área em processo de desertificação.

10.5.1.4 Área Integrada e Compartilhada do SAU_BA/TO

Essa região compreende territórios dos Estados da Bahia e Tocantins, no limite noroeste do SAU. Com uma área de 20.370 km², engloba o extremo oeste da Bahia, bem como o sudeste do Tocantins. Essa região foi dividida em função do divisor hidrogeológico de direção Norte/Sul. Na área pertencente ao Estado da Bahia, verifica-se a existência de atividade agrícola consolidada, caracterizada por culturas de sequeiro, principalmente de soja e algodão.

Na área pertencente ao Estado de Tocantins, por sua vez a atividade agrícola é realizada apenas em pequena escala, no geral, na forma de agricultura familiar. No Tocantins uma extensa área é ocupada por Unidades de Conservação estaduais e federais. Essa área engloba territórios da Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins e do Parque Estadual do Jalapão, Unidades de Conservação de Proteção Integral, bem como a Área de Proteção Ambiental do Jalapão. Por isso essa região tem uma baixa densidade populacional, com a presença de cidades como Mateiros e o povoado Mumbuca, importante área de turismo ecológico na região (Figura 10.19) e São Felix do Tocantins. Outros municípios de Tocantins importantes são Taguatinga, Dianópolis.



Figura 10.19 - Paisagens da região do Jalapão. Sentido horário: Cachoeira da Formiga, Mateiros; Dunas do Jalapão; Entrada da Cachoeira da Velha e Queda principal da Cachoeira da Velha, no Rio Novo, afluente do rio do Sono (TO).

Nessa área, o comportamento hidrogeológico do SAU exibe um divisor de fluxo subterrâneo de direção NW/SE, ao norte da unidade, passando a apontar na direção N/S em sua porção meridional. Verifica-se que a água subterrânea flui a cotas potenciométricas de cerca de 800 metros no Estado da Bahia, nas proximidades da nascente do rio Preto, decrescendo em direção ao Estado de Tocantins até atingir valores de 550 metros. A utilização da água subterrânea nessa área é feita, de maneira geral, por meio da exploração de poços tubulares, principalmente para fins de consumo humano. A avaliação hidrológica dessa porção do SAU foi prejudicada pela ausência de estações fluviométricas situadas próximas ao limite de afloramento das unidades aquíferas.

A unidade inclui a região da nascente do rio Preto, maior afluente do rio Grande pertencente à bacia hidrográfica do rio São Francisco e para leste inclui afluentes da margem direita do rio Tocantins, que nascem na escarpa da Serra Geral de Goiás, fronteira geopolítica entre os estados de Tocantins e Bahia (Figura 10.20).

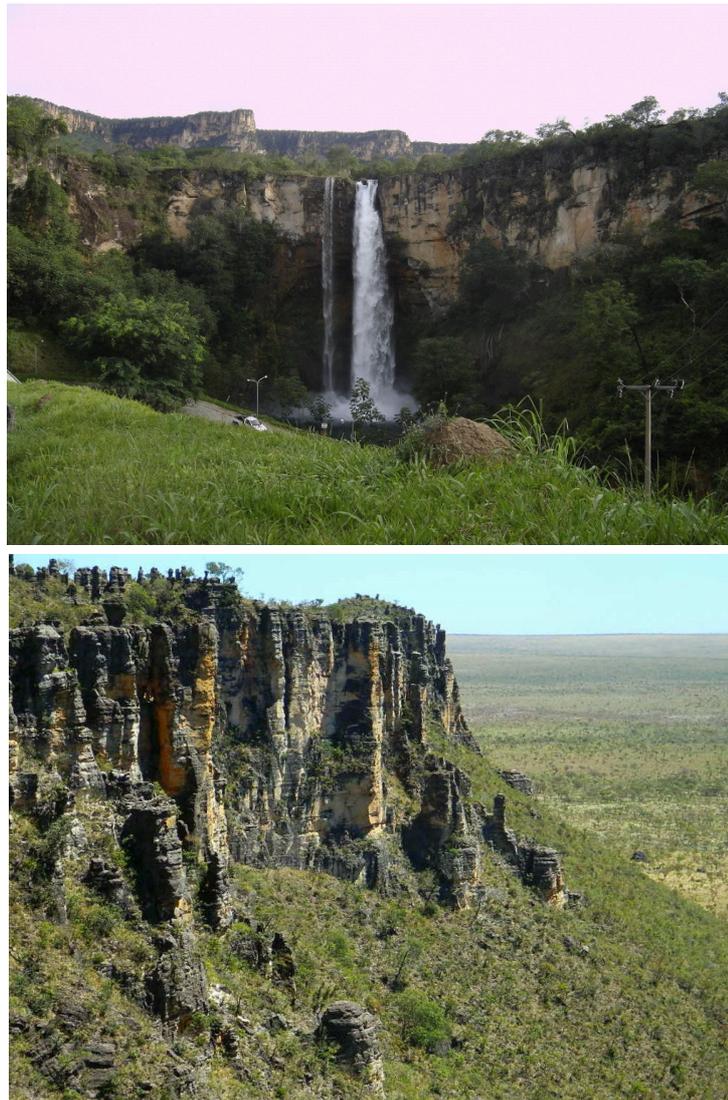


Figura 10.20 - Vistas da Serra Geral de Goiás (afioramento do grupo Urucuia) na região de Dianópolis (TO).

10.5.1.5 Área Integrada e Compartilhada do SAU_BA/GO

Essa área compreende territórios dos Estados da Bahia e Goiás, na região sudoeste do SAU. Com uma área de 3.394 km², engloba a porção meridional do extremo oeste da Bahia, bem como o território localizado no nordeste de Goiás.

A feição de relevo característica da região é a Serra geral de Goiás que representa o limite físico de afloramento das rochas que constituem o Sistema Aquífero Urucuia (Figura 10.21). Há importantes registros das rochas do Grupo Urucuia nessa região e adjacências em afloramentos dos arenitos típicos de ambientes eólicos. Na região dos municípios Goianos de Posse, Guarani de Goiás e São Domingos imponentes feições geológicas estão presentes (Figura 10.22).

Nessa área correspondente ao oeste baiano, constata-se a existência de atividade agrícola consolidada, caracterizada por culturas de sequeiro, dentre as quais se destacam a soja e o algodão. Ao sul da unidade, ainda no Estado da Bahia, destaca-se uma pequena área da poligonal do Refúgio de Vida Silvestre Veredas do Oeste Baiano, Unidade de Conservação de Proteção Integral. Na porção pertencente ao Estado de Goiás, a atividade agrícola é identificada em menor escala, verificando-se a presença da Reserva Extrativista do Recanto das Araras de Terra Ronca e da Área de Preservação Ambiental das Nascentes do Rio Vermelho, ambas Unidades de Conservação de Uso Sustentável.

O comportamento hidrogeológico do SAU exibe um divisor de fluxo subterrâneo de direção N/S ao longo de toda a unidade. De maneira geral, a água subterrânea flui a cotas potenciométricas de cerca de 850 metros nas proximidades da fronteira estadual, decrescendo em direção ao interior baiano até atingir cotas de cerca de 800 metros.

A utilização da água subterrânea nessa região é feita por meio da exploração de poços tubulares profundos, localizados na área correspondente ao Estado da Bahia, principalmente para fins de consumo humano nas sedes das fazendas. Nessa área o nível da água do SAU é muito profundo, onde é comum poços com níveis com nível estático acima de 100 metros. Na área correspondente ao Estado de Goiás, por sua vez, verifica-se a ausência de poços tubulares cadastrados que extraiam água do SAU.

Nessa região, os rios São Domingos e Correntes, em Goiás, recebem importante contribuição do SAU. Esses rios são afluentes do rio Paranã, que por sua vez é afluente da margem direita do rio Tocantins.

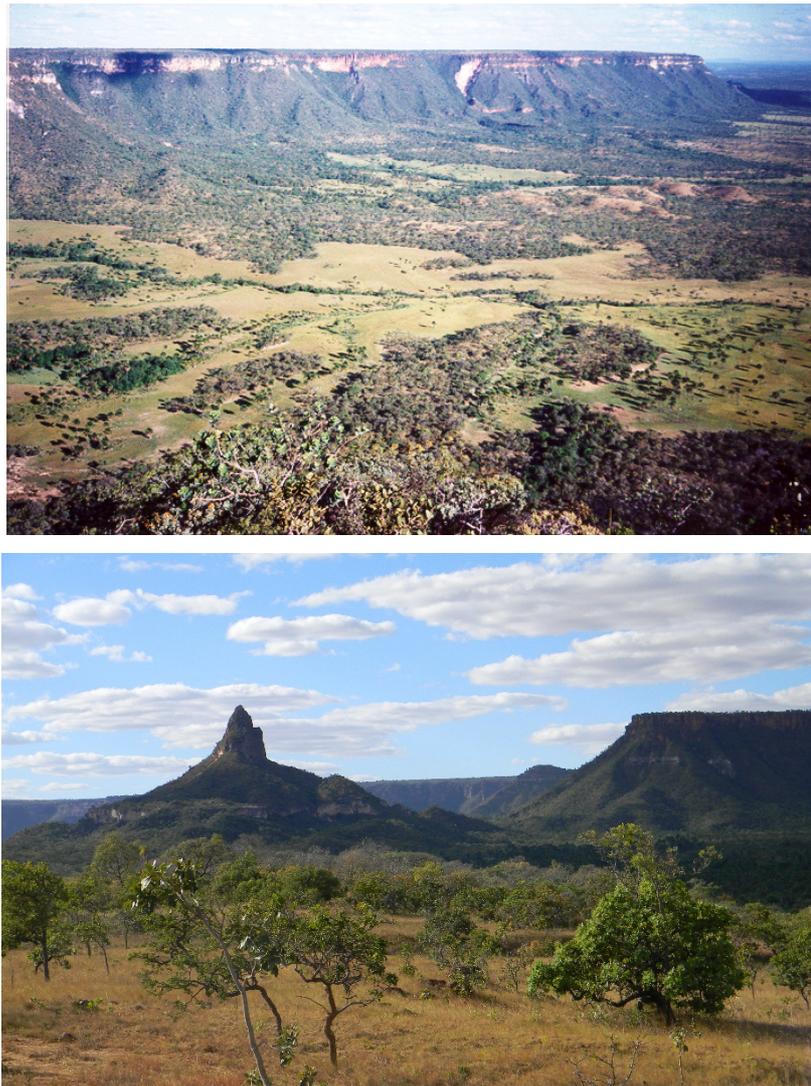


Figura 10.21 - Vistas da escarpa da Serra Geral de Goiás (afloramento do grupo Urucua) na região de São Domingos (GO).



Figura 10.22 - Afloramentos das rochas do Grupo Urucuia) na região de Guarani de Goiás e São Domingos (GO).

10.5.1.6 Área Integrada e Compartilhada do SAU_BA/MG/UNIÃO

Essa área compreende territórios dos estados da Bahia e Minas Gerais, na região sul do SAU, com uma área de 13.691 km², engloba a área localizada ao sul do oeste baiano, bem como a porção norte de Minas Gerais. Essa é uma unidade com uma característica particular, por conter a bacia do rio Carinhanha que é um rio de domínio da União, uma vez que estabelece nessa área a divisa entre os Estados de Minas Gerais e Bahia. Por isso, além do compartilhamento do SAU entre os estados há nessa área a presença da Agência Nacional de Águas por meio da gestão das águas do rio Carinhanha.

De maneira geral, nessa área a produção agropecuária consolidada é identificada na região do município da Chapada Gaúcha (MG), sendo identificados ainda pontos dispersos nas proximidades da nascente do rio Pardo, afluente do rio São Francisco. Na parte oeste da unidade destaca-se o Parque Nacional Grande Sertão Veredas, uma Unidade de Conservação de Proteção Integral localizada nos territórios de ambos os Estados. Ao sul do rio Carinhanha, no Estado de Minas Gerais, verifica-se a presença da Área de Proteção Ambiental Coxá e Gibão, bem como de porções da Área de Proteção Ambiental Bacia do Rio Pandeiros; ambas constituem Unidades de Conservação de Uso Sustentável.

O comportamento hidrogeológico do SAU nessa área exibe um fluxo subterrâneo de direção SW/NE, a cotas potenciométricas que atingem cerca de 800 metros (a oeste da unidade), decrescendo em direção a leste, até atingir cotas de cerca de 550 metros. É possível notar ainda fluxos no sentido SE/NW, onde a água subterrânea flui a partir das áreas de chapadas para o curso principal do rio Carinhanha.

O rio Carinhanha é considerado um dos mais importantes afluentes do rio São Francisco. A contribuição subterrânea do SAU para esse rio, segundo a análise hidrológica realizada no âmbito deste estudo chega a cerca de 169,58 m³/s, considerando dados das áreas das estações Capitânea (rio Coxá) e Lagoa das Pedras (rio Carinhanha), para o período de 1975 a 2005. A estação Lagoa das Pedras destacou-se ainda dentre aquelas avaliadas como a que apresenta maior valor de escoamento de base específica 9,47 l/sKm², comparando com um valor médio de 6 l/s/Km² de todas as estações dos rios efluentes do SAU avaliadas.

Estudos disponíveis no Atlas Digital das Águas de Minas também apontam o rio Carinhanha como aquele com a maior capacidade de regularização natural, dentre todas as regiões hidrográficas estudadas. Nessa sub-bacia, segundo os estudos do Atlas, os índices de vazões mínimas (Q_{7,10}) foram enquadrados no intervalo de classe considerado como: muito alta capacidade de regularização (Q_{7,10} variando de 41 a 70%).

A utilização da água subterrânea nessa área é feita por meio da exploração de 78 poços tubulares cadastrados, tendo o consumo humano como finalidade principal. Segundo estimativa apenas 2.074 m³/h de vazão extraída do SAU, valor que representa apenas 3% da RPE proporcional dessa área. Todavia, no que se refere aos usos superficiais do rio Carinhanha (42.912 m³/h) outorgados pela ANA correspondem a 20% da disponibilidade hídrica do rio que é calculada em 70% da Q₉₅, aproximadamente 212 mil m³/h.

Em termos de gestão de recursos hídricos a bacia do rio Carinhanha tem uma característica singular na região de estudo: a atuação de três diferentes entes na gestão de recursos hídricos. A ANA representando a União quando se trata da água superficial do rio principal (Carinhanha) e os órgãos gestores de recursos hídricos dos estados da Bahia e de Minas Gerais quando se trata dos afluentes do rio Carinhanha e das águas subterrâneas. Além disso, no que se refere às águas superficiais, três diferentes vazões de referência são adotadas para fins de disponibilidade hídrica nessa bacia. A União adota a Q_{95} , o Estado da Bahia a Q_{90} e Minas Gerais a $Q_{7,10}$.

As diferentes atuações e critérios adotados dificulta a implementação da gestão integrada de recursos hídricos nessa bacia. Os órgãos gestores estaduais e da União atuam com disponibilidades hídricas que são interdependentes e sobrepostas, e ainda o fazem de forma autônoma, ou seja, cada ente emite suas outorgas sem computá-las numa disponibilidade hídrica que deveria ser unificada e integrada.

Tendo em vista esse cenário e o conhecimento da interdependência entre as águas superficiais e subterrâneas nessa bacia, propõe-se a criação de uma bacia piloto, a bacia do rio Carinhanha, para implementação da gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, onde a ANA (União) e os órgãos gestores de recursos hídricos dos estados da Bahia e Minas Gerais passariam a atuar de forma integrada e harmoniosa no que se refere à disponibilidade hídrica, vazões de referência e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos.

10.5.2 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 Urucuia 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 Urucuia, 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.

As Comissões Interestaduais dos estados com áreas de gestão compartilhada seriam constituídas 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, conforme se sugere:

I -- Comissão da Área Integrada e Compartilhada do SAU – Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia;

II - Comissão da Área Integrada e Compartilhada do SAU – Bahia e Tocantins;

III - Comissão da Área Integrada e Compartilhada do SAU – Bahia e Goiás;

IV - Comissão da Área Integrada e Compartilhada do SAU – Bahia, Minas Gerais e União.

As Comissões seriam ainda subordinadas 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 terão como atribuições aquelas delineadas na Resolução Conjunta, conforme apresentada adiante.

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 apresentase a seguir uma minuta de proposta de **Resolução Conjunta** a ser firmada entre os seis estados abrangidos pelo SAU e a União.

“MINUTA DE RESOLUÇÃO CONJUNTA”

Dispõe sobre os procedimentos relativos à gestão integrada e compartilhada e à proteção das águas subterrâneas e superficiais de domínio dos Estados da Bahia, Goiás, Minas Gerais, Maranhão, Tocantins, Piauí e União, localizadas na área do Sistema Aquífero Urucuia - SAU.

O DIRETOR DO INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – INEMA, do estado da Bahia, no exercício das competências que lhe foram delegadas pela Lei 12.212, de 4 -5-2011, o SECRETÁRIO DO MEIO AMBIENTE, RECURSOS HÍDRICOS, INFRAESTRUTURA, CIDADES E ASSUNTOS METROPOLITANOS – SECIMA, do Estado de Goiás, no uso de suas atribuições legais e regulamentares, a DIRETORA GERAL DO INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM, do Estado de Minas Gerais, no uso de suas atribuições, em especial a contida no art. 9º, IV, da Lei nº 12.584, de 17-7-1997, o Secretário Estadual de Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA do Estado do Maranhão, no uso de suas atribuições, o Secretário do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMADES) do Estado de Tocantins, no uso de suas atribuições, o Secretário do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado do Piauí – SEMAR, no uso de suas atribuições em especial a contida no art. 2º, b, da Lei nº 4.797, de 24-10-1995 e o DIRETOR DA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, no uso de suas atribuições legais e regulamentares

CONSIDERANDO que o domínio das águas subterrâneas é estadual, conforme determina o art. 26, I da Constituição Federal;

CONSIDERANDO que o Sistema Aquífero Urucuia é compartilhado pelos Estados da Bahia, Goiás, Minas Gerais, Maranhão, Piauí e Tocantins e que esse compartilhamento ocorre, sob o aspecto hidrogeológico e hidrológico, haja vista que o aquífero alimenta a rede de drenagem superficial.

CONSIDERANDO que o Sistema Aquífero Urucuia contribui direta e indiretamente para as vazões de base de rios estaduais dos seis estados e rios federais, esses últimos a saber: Carinhanha, São Francisco, Tocantins, Parnaíba e Paranaíba.

CONSIDERANDO a necessidade de se detalhar uma proposta de gerenciamento integrado e compartilhado para o Sistema Aquífero Urucuia;

RESOLVEM implantar um Marco Regulatório para a gestão do Sistema Aquífero Urucuia.

Art. 1º - A administração, a proteção e a conservação das águas do Sistema Aquífero Urucuia serão regidas pelas disposições desta Resolução Conjunta, sem prejuízo daquelas em vigor nos entes envolvidos.

Art. 2º - Esta Resolução Conjunta apresenta aos órgãos gestores estaduais da Bahia, Tocantins, Minas Gerais, Maranhão, Piauí, Goiás e à União a proposta de divisão em áreas integradas e compartilhadas do Sistema Aquífero Urucuia, conforme proposto nos Estudos Hidrogeológicos e de Vulnerabilidade do SAU e Proposição de Modelo de Gestão Integrada e Compartilhada. As unidades são denominadas de "Áreas Integradas do SAU" e "Áreas Integradas e Compartilhadas do SAU" e são constituídas por conjuntos de estados abrangidos pelo SAU, e em uma das unidades com participação da União, conforme listadas abaixo:

I – Área Integrada do SAU na Bahia

II – Área Integrada do SAU em Minas Gerais

III – Área Integrada e Compartilhada do SAU _MA/TO/PI/BA

IV – Área Integrada e Compartilhada do SAU _MA/UNIÃO

V – Área Integrada e Compartilhada do SAU _BA/TO

VI – Área Integrada e Compartilhada do SAU _BA/GO

VII – Área Integrada e Compartilhada do SAU _BA/MG/UNIÃO

Art. 3º - Ficam criadas as seguintes **Comissões Interestaduais** do Sistema Aquífero Urucuia, de acordo com a sugestão da divisão áreas apresentadas no Art. 2º:

I – Comissão da Área Integrada e Compartilhada do SAU – Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia

II – Comissão da Área Integrada e Compartilhada do SAU – Maranhão e União

III – Comissão da Área Integrada e Compartilhada do SAU – Bahia e Tocantins

IV – Comissão da Área Integrada e Compartilhada do SAU – Bahia e Goiás

V – Comissão da Área Integrada e Compartilhada do SAU – Bahia, Minas Gerais e União

§ 1º – As Comissões Interestaduais que se refere o caput desse artigo são subordinadas 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.

§ 2º – A Comissão Interestadual IV terá a participação da União em sua composição, por representar região de compartilhamento do SAU entre Minas Gerais e Bahia, com influência direta no Rio Carinhanha, de domínio da União. A representação da União nesta Comissão poderá ser feita por representante da ANA ou por integrante do Comitê da Bacia indicado pela Agência;

§ 3º – As Comissões Interestaduais dos Estados com áreas de gestão compartilhada serão instituídas mediante a indicação de três (3) titulares e dois (2) 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;

§ 4º – Os membros serão indicados, preferencialmente, de acordo com sua formação e experiência profissional na gestão de recursos hídricos.

§ 5º – As Comissões Interestaduais terão caráter consultivo, desprovidas de sede e hierarquia, 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.

§ 6º – Os Estados envolvidos deverão avaliar a adaptação e/ou reformulação de suas normas internas de modo a incorporar os dispositivos referentes à visão da gestão integrada e compartilhada dos recursos hídricos na região do SAU, assim como regulamentar a atuação das Comissões Interestaduais.

Art. 4º - As Comissões Interestaduais terão as seguintes atribuições, no âmbito de sua área de atuação:

- (i) Elaborar, de forma conjunta e coordenada, propostas de normas, com base nas análises e nos estudos sobre o Sistema Aquífero Urucuia, passíveis de adoção pelos órgãos e entidades estaduais competentes, em suas respectivas esferas de atuação.
- (ii) Participar da proposição e avaliação de estudos para avaliação das potencialidades e disponibilidades de águas subterrâneas no Sistema Aquífero Urucuia, com vistas a fornecer subsídios aos planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas incidentes sobre o Aquífero Urucuia, aos Planos Estaduais de Recursos Hídricos e a outros instrumentos das políticas de recursos hídricos a serem objeto de discussão e aprovação nos comitês de bacia hidrográfica e nos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos.
- (iii) Propor aos seus respectivos órgãos gestores e/ou Conselhos Estaduais procedimentos para a regulação dos usos de recursos hídricos no Aquífero Urucuia.
- (iv) Manter uma articulação institucional permanente entre os Estados que compartilham o Sistema Aquífero Urucuia sobre as questões técnicas que envolvem a implementação dos instrumentos das políticas estaduais de recursos hídricos, principalmente no que se refere às outorgas, à cobrança, ao monitoramento à fiscalização do uso das águas.
- (v) Propor medidas relativas à conservação, proteção e preservação quantitativa e qualitativa e à recuperação das águas do Sistema Aquífero Urucuia, devidamente incorporadas aos instrumentos das políticas de recursos hídricos.
- (vi) Acompanhar a implementação do sistema de outorga, por intermédio de cada membro em seu respectivo estado, e compartilhar com os demais participantes das Comissões Interestaduais as práticas bem sucedidas.
- (vii) Articular-se com os comitês das bacias hidrográficas incidentes sobre o Sistema Aquífero Urucuia e com os Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, em assuntos correlatos.

Art. 5º - Fica criado o **Grupo Gestor**, formado pelo conjunto das Comissões Interestaduais, responsável pela avaliação da implementação desta Resolução Conjunta e pela troca de experiências entre as Comissões Interestaduais.

Art. 6º - Na aplicação desta Resolução Conjunta, será considerada a interconexão hidráulica existente entre as águas subterrâneas e superficiais, considerando o balanço hídrico integrado, no qual seja considerado o fluxo de base como parcela integradora. Assim sendo, para fins de gestão é recomendável que se adote uma disponibilidade hídrica “única” para partilhar entre os usos superficiais, subterrâneos e as vazões ecológicas dos corpos hídricos conectados ao SAU.

§1º – A disponibilidade hídrica de que trata no caput deste artigo deve ser calculada por Unidade de Gestão, com base nos conhecimentos técnicos gerados nos estudos existentes, com vistas a subsidiar os procedimentos de outorgas superficiais e subterrâneas dessas áreas.

§2º - Essa avaliação levará em conta as características hidrogeológicas do SAU, o grau de dependência que os rios têm do aquífero e as vazões de referência para outorgas superficiais praticadas nas respectivas bacias.

Art. 7º - A conservação e a proteção das águas subterrâneas implicam seu uso racional, a aplicação de medidas de controle da poluição e a manutenção de seu equilíbrio físico-químico e biológico em relação aos demais recursos naturais, considerando, especialmente, o uso e a ocupação terra.

Art. 8º - A implantação ou ampliação de empreendimentos consumidores de elevados volumes de águas subterrâneas (acima de 100m³/h), será precedida de estudo hidrogeológico de detalhe (escala 1:25.000), elaborado pelo interessado na exploração e avaliado pelas Comissões Interestaduais, em relação à interferência de tais empreendimentos com os rios ou corpos d'água superficiais e/ou com outras captações existentes no seu raios de interferência, sem prejuízo da avaliação dos órgãos competentes de recursos hídricos e do meio ambiente, no que se refere às disponibilidades hídricas e ao não-comprometimento do aquífero a ser explorado.

Art. 9º - As Comissões Interestaduais poderão propor aos respectivos órgãos gestores estaduais, os usos considerados insignificantes para efeitos de dispensa de outorga de direito de recursos hídricos subterrâneos, e as vazões e volumes máximos para tal, conforme características de sua respectiva área de atuação.

Art. 10º - Os procedimentos de outorgas de direito de uso de recursos hídricos superficiais e subterrâneos na região do SAU devem observar a visão da gestão integrada e compartilhada.

Art. 11º - Nos procedimentos de outorga de direito de uso de recursos hídricos subterrâneos do SAU deve-se solicitar no mínimo: o perfil construtivo do poço, o perfil geológico, teste de bombeamento com interpretação, análises químicas e bacteriológicas. Dos usuários que utilizam elevados volumes de águas subterrâneas (acima de 100m³/h) deve-se solicitar também a perfilagem geofísica do poço com interpretação.

Art. 12º - Quando, tanto no interesse da conservação, proteção ou manutenção do equilíbrio natural das águas do Sistema Aquífero Urucua, quanto no interesse dos serviços públicos de abastecimento de água, ou também por motivos geológicos, geotécnicos ou ecológicos, se fizer necessário restringir a captação e o uso dessas águas, as Comissões Interestaduais poderão propor aos respectivos órgãos gestores: áreas de proteção e controle, restrição de vazões captadas por poços, estabelecimento de distâncias mínimas entre poços.

Art. 13º - O monitoramento dos recursos hídricos nas áreas do SAU deve ser feito de forma a integrar os monitoramentos de águas superficiais, subterrâneas e o climatológico, considerando no planejamento da rede as características hidrogeológicas da região.

Art. 14º - As áreas de proteção de poços de abastecimento público que utilizam água do Sistema Aquífero Urucua deverão ser instituídas de perímetros de proteção sanitária, com o emprego da metodologia do "Raio Fixo Calculado". Estas áreas deverão estar devidamente cercadas e sinalizadas."

10.5.3 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.

Em se tratando de apenas um estado nas "Áreas integradas do SAU" na Bahia e em Minas Gerais recomenda-se, por exemplo, utilizar para fins de contabilidade uma disponibilidade hídrica única a partilhar entre os usuários de águas subterrâneas e superficiais. Nas "Áreas Integradas e Compartilhadas do SAU", por sua vez, sugere-se principalmente dialogar e pactuar ações de conservação e preservação com o intuito de evitar conflitos futuros entre os estados que compartilham direta ou indiretamente do mesmo sistema aquífero.

10.5.4 Planos de Recursos Hídricos

Os Planos de Recursos Hídricos ou Planos de Bacias são planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos, conforme dispôs o Art. 7º da Lei Nº 9.433/1997. Estabelece ainda, em seu Art. 8º que esses Planos serão elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o País. Portanto, há de se considerar que a interação entre as águas superficiais e subterrâneas nos Planos foi finamente orientada na Resolução CNRH Nº22/2002, quando em seu Art. 2º instituiu:

*"Art. 2º 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.”

“Parágrafo único. No caso de aquíferos subjacentes a grupos de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas, **os Comitês deverão estabelecer os critérios de elaboração, sistematização e aprovação dos respectivos Planos de Recursos Hídricos, de forma articulada.**”

Os Planos de Bacias a serem elaborados no âmbito do SAU já dispõem de diversas informações hidrogeológicas solicitadas como no Art. 3º Resolução CNRH Nº22/2002:

- ✓ Caracterização espacial;
- ✓ Estimativa da contribuição do escoamento de base ao escoamento superficial, no balanço hídrico;
- ✓ Estimativa de recargas e descargas;
- ✓ Estimativas das reservas exploráveis, renováveis e permanentes;
- ✓ Caracterização físico-química e biológica das águas subterrâneas;
- ✓ Propostas de medidas de usos e proteção dos aquíferos.

Além dos conteúdos acima listados, os estudos ainda incluíram outras abordagens importantes que podem ser utilizadas como subsídios nos planos de Bacias como:

- ✓ Estimativa de volumes explorados;
- ✓ 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.

10.5.5 Outorga de direitos de uso de recursos hídricos

A outorga é um instrumento da gestão de recursos hídricos, mediante o qual o Poder Público faculta ao outorgado fazer uso da água por determinado tempo, para uma finalidade, com condições expressas no respectivo ato administrativo.

Os procedimentos de outorgas de direito de uso de recursos hídricos superficiais e subterrâneos na região do SAU devem observar a visão da gestão integrada e compartilhada. Atualmente essa observação não é considerada na região do SAU, com exceção do estado da Bahia que considera um critério de restrição, as distâncias mínimas entre poços e entre poços e rios que exploram água no SAU.

Recomenda-se no âmbito da implementação desta proposta uma revisão das vazões de referência estabelecidas pelos estados para os rios avaliados neste estudo. Essa revisão poderia

ser discutida com vistas a uniformizar vazões de referência para os rios efluentes do SAU. O rio Carinhanha, por exemplo, tem estabelecido em sua bacia três vazões de referência diferentes: a Q_{90} pelo estado da Bahia, a $Q_{7,10}$ pelo estado de Minas Gerais e a Q_{95} pela União (ANA).

Na bacia do rio Pandeiros, segundo avaliação hidrológica efetuada neste estudo (estação fluviométrica Usina dos Pandeiros Montante) constatou-se pelos dados históricos (30 anos) das vazões diárias que cerca de 60% da vazão média desse rio advém do SAU. Portanto, trata-se de uma bacia bem regularizada que poderá ter sua disponibilidade hídrica aumentada.

Nas outorgas de direito de uso de águas subterrâneas, sob responsabilidade de cada Estado, no âmbito de seu território, deverão ser considerados critérios que assegurem a gestão integrada das águas superficiais e subterrâneas, visando evitar o comprometimento qualitativo e quantitativo dos aquíferos e dos corpos de água superficiais a eles interligados. Portanto, os critérios de outorga e o instrumento em si não será conjunto (entre um ou mais estados) mas devem convergir a observação da interdependência entre as águas superficiais e subterrâneas. Para tanto, deve-se ponderar a adoção de balanços hídricos integrados para fins de avaliação da disponibilidade hídrica integrada, ou seja, uma disponibilidade sustentável a partilhar entre os usuários de águas superficiais e subterrâneas.

Dessa forma, sugere-se que cada Estado desenvolva uma regulamentação complementar, baseada em estudos específicos que tenham por objetivo dimensionar os volumes máximos para emissão de outorgas para águas superficiais e subterrâneas de modo integrado, visando assegurar tanto a disponibilidade hídrica quantitativa quanto qualitativa de ambos os tipos de mananciais, para usos múltiplos. Os resultados do presente estudo, relacionados com o balanço hidrogeológico, com os cálculos de recursos exploráveis e com o cadastro de poços existentes servirão para avaliações dessa natureza, visto que possibilitam dimensionar os fluxos subterrâneos em função da recarga, das contribuições para os recursos hídricos superficiais e também estimativas de volumes atualmente explorados.

Para o caso de se estabelecer algum procedimento específico de **outorga compartilhada** em alguma região específica do SAU, sugere-se que no âmbito da respectiva comissão interestadual, que congregue câmaras técnicas de águas subterrâneas dos comitês de bacias hidrográficas que incidem sobre o SAU, usuários e os órgãos gestores estaduais, e discuta-se o estabelecimento dos critérios/condições básicas e dos índices de volumes passíveis de compartilhamento. Dessa forma, estar-se-á observando a regra de que os comitês possuem poder deliberativo sobre as prioridades de uso das águas.

Nos procedimentos de outorgas de águas subterrâneas sugere-se que os órgãos gestores solicitem dos usuários algumas exigências mínimas para a licença de perfuração e para o processo de outorga. No mínimo devem-se solicitar: o perfil construtivo do poço, o perfil geológico, teste de bombeamento com interpretação, análises químicas e bacteriológicas.

Embora exigíveis nas normas da ABNT, atividades imprescindíveis de caracterização hidrogeológica como execução de perfisagens geofísicas, padrão API, e de testes de bombeamento de produção completos quase nunca são realizados pelas companhias de

perfuração, em vista do acréscimo dos custos operacionais, da falta de conhecimento e do interesse do usuário em diminuir despesas.

As perfilagens geofísicas além de serem ferramentas auxiliares na construção de poços, pois permitem determinar as posições mais adequadas para colocação de filtros em camadas sedimentares, são fundamentais para o conhecimento hidrogeológico, haja vista fornecerem dados quali-quantitativos das unidades estratigráficas atravessadas pelo poço, tais como permeabilidade, porosidade, argilosidade, variação granulométrica das camadas, dentre outras. Além disso, são imprescindíveis para delinear o arcabouço hidroestratigráfico de subsuperfície dos aquíferos, uma vez que as rochas expostas na superfície não são as rochas onde a água subterrânea se encontra acumulada. Ou seja, constituem uma ferramenta imprescindível para o avanço no conhecimento do aquífero.

Em razão do custo de aquisição relativamente elevado para pequenos usuários, a exigência de apresentação de perfilagem geofísica poderia ser estabelecida para poços projetados para grandes vazões, acima de 100 m³/h ou mais, ou para poços localizados em pontos estratégicos de interesse do conhecimento hidrogeológico, cabendo a decisão do cumprimento desta exigência ao órgão gestor, quando da aprovação do projeto ou licença de captação. As perfilagens geofísicas devem, prioritariamente, ser executadas com equipamento calibrado em padrão API, com possibilidade de correr os perfis de Raios Gama, Potencial Espontâneo, Resistividade Normal Curta, Resistividade Induzida e Sônico Compensado.

Para esses poços (vazões >100 m³/h) as condicionantes de outorga poderiam contemplar o monitoramento de nível, com instalação de dispositivos de registro de níveis e de vazões instantâneas, preferencialmente automatizados, como transdutores de pressão e hidrômetros eletromagnéticos. Sugere-se que os registros anuais de níveis de água e de vazão sejam encaminhados para o órgão gestor, o qual poderá ter acesso a um controle.

Quanto aos testes de bombeamento, recomendar-se que sejam executados em todos os poços perfurados, independentemente da vazão extraída, com exceção dos poços enquadrados em uso insignificante.

Nos casos em que o órgão gestor entender como importante, poderia solicitar ao usuário a construção de poço ou poços de monitoramento nas cercanias do poço de abastecimento. Estes poços teriam instalados registradores de níveis automatizados (transdutores de pressão) para controle da potenciometria do aquífero. Assim como no poço de abastecimento, registros anuais de níveis de água deveriam ser encaminhados para o órgão gestor. Essa exigência poderia, por exemplo, está condicionada aos usuários que detém no SAU uma bateria de poços que extraíam altas vazões.

10.5.6 Sistema de informação (SIGSAU)

O Sistema de Informações Geográficas dos Sistemas Aquíferos Urucua e Areado, denominado SIGSAU, foi desenvolvido com objetivo de apresentar de forma organizada e amigável as

informações utilizadas e geradas no desenvolvimento do presente estudo: ***Estudos Hidrogeológicos e de Vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucuia e Proposição de Modelo de Gestão Integrada e Compartilhada.***

Todo esse banco de dados está disponível aos estados abrangidos pelo SAU e publicamente no SNIRH, conforme estabelecido no Parágrafo Único do Art. 25 da Política Nacional de Recursos Hídricos e na Resolução CNRH Nº13/2000.

*Lei Nº 9.433/1997. Art. 25. “Os dados gerados pelos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos **serão incorporados ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos**”.*

*Resolução CNRH Nº 13/2000. Art. 1º “A Agência Nacional de Águas - ANA coordenará os órgãos e entidades federais, cujas atribuições ou competências estejam relacionadas com a gestão de recursos hídricos, mediante acordos e convênios, visando promover a gestão integrada das águas e em especial a **produção, consolidação, organização e disponibilização à sociedade das informações** e ações referentes:*

*... i) **a projetos e pesquisas relacionados com recursos hídricos.**”*

O SIGSAU foi desenvolvido em .NET na linguagem C# para a plataforma ArcGIS como uma ferramenta Addin. As ferramentas Addins foram introduzidas a partir da versão 10 do ArcGIS tendo como característica principal a sua fácil instalação e distribuição. Os Addins são compactados num único arquivo (.esriAddin) que contém todos os arquivos necessários para a sua instalação e funcionamento.

É composto por uma barra de ferramentas (*toolbar SIGSAU*) composta por um botão que quando acionado abre a janela do sistema. A janela do sistema é composta pelo menu de opções na parte superior da janela e o corpo da janela aonde serão apresentadas as ferramentas de manipulação das informações.

O SIGSAU utiliza como fonte de dados arquivos no formato Microsoft Access (.mdb) também chamados de Personal Geodatabase. Devido a limitação do tamanho do Personal Geodatabase foram criados três bancos de dados, sendo dois para os arquivos vetoriais e um para as informações matriciais. Necessita da versão 10 do ArcGIS e aproximadamente 6 GB de espaço em disco para os bancos de dados. As informações podem ser utilizadas em rede desde que o caminho da localização dos arquivos utilize o mapeamento de rede, como por exemplo: Z:\servidor1\SIGSAU\.

O SIGSAU é composto por quatro banco de dados que armazenam as informações utilizadas no projeto: ADM, RASTER e VETOR. O banco SIGSAU_ADM contém as informações relativas aos temas existentes bem como as suas características de apresentação. Também estão presentes neste banco as informações relativas ao funcionamento do SIGSAU como local de instalação e lista de categorias.

As tabelas referentes as informações não espaciais, como: relatórios, fotos, mapas em pdf e as referências bibliográficas também estão armazenadas no banco SIGSAU_ADM, bem como a localização física dos arquivos. O banco SIGSAU_RASTER contém as informações matriciais tais como a Hipsometria, Mosaico das Imagens Landsat, etc. armazenadas diretamente na raiz do banco. O banco SIGSAU_VETOR é composto por treze categorias. Sendo essas informações divididas em dois bancos: SIGSAU_VETOR_01 (todas as categorias, exceto a categoria RELEVO que está armazenada no banco SIGSAU_VETOR_02).

10.5.7 Cobrança

Embora tratada de forma genérica, a cobrança alcança as águas subterrâneas, na medida em que o Art. 20 da citada Lei estabelece que “Serão cobrados os usos dos recursos hídricos sujeitos a outorga, nos termos do art. 12 desta Lei”.

Os artigos 19 e 22 da Lei das Águas definem, respectivamente, os objetivos da cobrança, quais sejam: (i) os de reconhecer a água como bem econômico; (ii) incentivar a racionalização do seu uso; e (iii) obter recursos financeiros para o financiamento de programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos que serão aplicados, prioritariamente, na bacia hidrográfica em que foram gerados. Aí está colocado mais um elo entre as águas subterrâneas e a bacia hidrográfica.

Entende-se que o objetivo da cobrança é a gestão e não simplesmente a obtenção de recursos suplementares. Assim, no âmbito da Gestão Integrada e Compartilhada do SAU, ao se reconhecer a água como bem econômico, seu uso racional pode ser estimulado pelo custo da sua utilização. Sua cobrança e utilização permitem também distribuir o custo socioambiental da degradação; é uma ferramenta de planejamento, de negociação de conflitos e de gestão integrada e compartilhada.

Na região do SAU 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, no que se refere aos parâmetros e aos valores a serem propostos aos respectivos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos.

10.5.8 Proposta de rede de monitoramento integrado do SAU

O estabelecimento de uma Rede de Monitoramento Integrada no SAU é fundamental para estabelecer uma rotina de coleta de dados básicos. O monitoramento é uma importante ferramenta para observação das oscilações sazonais e mesmo àquelas derivadas das ações antrópicas sobre a exploração de aquíferos e consequências derivadas do uso do solo.

Outro aspecto importante na proposição da rede de monitoramento de águas subterrâneas se refere à delimitação das zonas de recarga e descarga do aquífero, bem como a cobertura do solo nesses locais e as fontes potenciais de poluição cadastradas.

Todos os dados gerados do monitoramento são fontes de consulta para a ampliação do conhecimento sobre o Sistema Aquífero e base para a tomada de decisão na gestão de recursos hídricos. Todavia, em se tratando da característica intrínseca do Sistema Aquífero Urucuia no que se refere a clara interdependência entre as águas superficiais e subterrâneas, é primordial o estabelecimento de um monitoramento integrado, o qual contemple um monitoramento do aquífero, dos rios conectados e do clima local. Assim sendo, esta proposta de rede contempla: **Poços de Monitoramento das águas subterrâneas e postos de monitoramento pluviométrico e fluviométrico.**

A Resolução CNRH Nº 107/2010 estabeleceu diretrizes e critérios a serem adotados para o planejamento, a implantação e a operação de **Rede Nacional de Monitoramento Integrado Qualitativo e Quantitativo de Águas Subterrâneas**. Dentre os critérios selecionados para a escolha dos pontos de monitoramento consta a interação das águas superficiais e subterrâneas.

Poços de monitoramento

O “ponto de partida” (*critérios gerais*) para a proposição da rede de monitoramento do aquífero levou em consideração o levantamento e a integração com os poços de monitoramento já existentes e/ou projetados. Assim, no presente trabalho, estão considerados os 38 poços de monitoramento no Aquífero Urucuia relacionados ao projeto *Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS) da CPRM (Serviço Geológico do Brasil)*. Da mesma forma, a proposta dessa rede também privilegiou aqueles poços localizados nas proximidades de estações pluviométricas existentes (19), tendo em vista a inerente ligação entre as águas subterrâneas e as ocorrências em superfície.

Por fim, como forma de apoio à proposição da rede de monitoramento, foram estabelecidos alguns “*critérios específicos*”, levando em conta como base inicial de informação os 200 pontos de amostragens de água, previamente selecionados neste estudo, relativos aos *poços produtores*. Daquela base inicial, foram estabelecidos os critérios referenciais de seleção de poços, para a composição da rede de monitoramento, quais sejam:

- ✓ Deve-se ter a anuência do proprietário para o acesso ao poço.
- ✓ O poço deve captar unicamente os aquíferos ou suas subdivisões.
- ✓ Os poços devem possuir perfil construtivo e litológico.
- ✓ Os poços deverão estar localizados até 10 km de distância de postos pluviométricos operantes.
- ✓ Deverão ser considerados na consolidação da rede de monitoramento os poços de monitoramento já instalados ou planejados.
- ✓ Prever a distribuição espacial dos poços que comporão a rede de monitoramento de maneira uniforme (se possível) pela área do aquífero.

Desta forma, observou-se que dos 200 pontos amostrados, excluindo-se cacimbas e nascentes, restaram inicialmente 177 poços produtores. Desses 177 poços produtores, de apenas 91 deles foram obtidas informações relativas aos perfis construtivos e litológicos.

Logo, considerando todos os demais critérios referenciais de seleção, mencionados anteriormente, chegou-se à seleção final de 31 poços produtores para integrarem a rede de monitoramento proposta para o SAU, exceto aqueles da *Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS)*, cuja localização referencial é apresentada a seguir através da Figura 10.23.

Conforme estabelecido da Resolução CNRH Nº 107/2010, propõe-se que a rede de monitoramento do SAU contemple uma campanha inicial de coleta de água, repetida a cada cinco anos que analisará parâmetros selecionados da Resolução CONAMA Nº 396/2008, em função da hidrogeoquímica natural da água, do uso e ocupação do solo e dos usos preponderantes da água subterrânea; uma campanha semestral abrangendo, pelo menos, os parâmetros pH, cloretos, nitritos, nitratos, dureza total, alcalinidade total, ferro total, sólidos totais dissolvidos, e coliformes termotolerantes; e uma campanha de medição contínua in loco, preferencialmente de forma automática, para determinação do nível estático (NE), temperatura e condutividade elétrica.

Postos de monitoramento pluviométrico e fluviométrico

Da mesma forma como proposto para o monitoramento das águas subterrâneas, a proposição de postos adicionais à Rede Hidrometeorológica Nacional, para o monitoramento pluviométrico e fluviométrico levou em consideração o levantamento e a integração com os postos já existentes. Assim, a partir da rede de monitoramento pluviométrico e fluviométrico localizada na área do SAU e seu entorno, verificou-se a conveniência de complementação, com intuito de disponibilização de mais dados que pudessem contribuir para monitoramento ampliado e para futuros estudos pertinentes ao Sistema Aquífero Urucua.

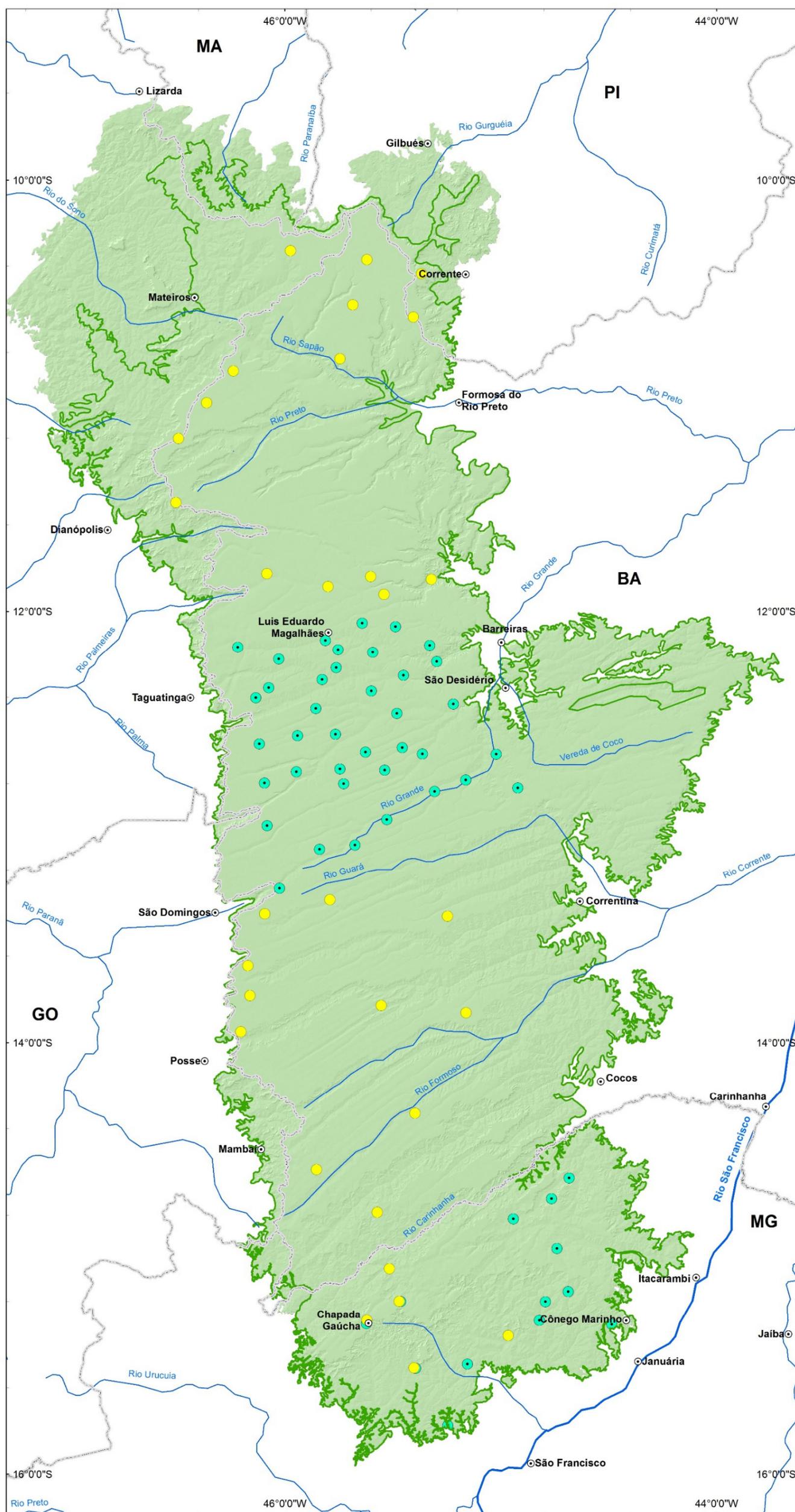
Para o **monitoramento pluviométrico**, por sua vez, foi identificada a necessidade de implementação de apenas **um posto no município de Mateiros (TO)**, de forma a integrar e complementar a rede composta por 255 postos selecionados anteriormente neste estudo, localizados na área do SAU e circunvizinhanças (Figura 10.24).

Para o **monitoramento fluviométrico** verificou-se a necessidade de **implantação de 20 postos fluviométricos**, de maneira a complementar a rede composta por 135 postos selecionados previamente (Figura 10.25). O critério principal levado em consideração para a proposta de pontos fluviométricos foi a possibilidade da utilização de informações fluviométricas para a avaliação da contribuição subterrânea para os rios da região, e para realização de balanços hídricos integrados. Para tanto se buscou a proposição de pontos situados em rios conectados ao SAU, considerando a delimitação da sua área aflorante.

Com relação ao monitoramento fluviométrico, a configuração da rede proposta, considera as seguintes bacias:

- ❖ Oito (8) postos fluviométricos, nas proximidades do limite leste da área operacional do SAU, sendo que dois deles localizam-se na sub-bacia do Médio/Baixo Grande, dois na sub-bacia do Alto Grande e quatro na sub-bacia do rio Corrente, na bacia do rio São Francisco.

-
- ✧ Dois (2) postos fluviométricos, localizados nas proximidades do limite sul da área operacional do SAU, na sub-bacia dos rios Pandeiros, Pardo e Mangai, na bacia do rio São Francisco.
 - ✧ Três (3) postos fluviométricos, localizados nas proximidades do limite norte da área operacional do SAU, sendo que dois deles localizam-se na sub-bacia do rio Balsas e um na sub-bacia do rio Gurgueia, na bacia do rio Parnaíba.
 - ✧ Cinco (5) postos fluviométricos, localizados nas proximidades do limite oeste da área operacional do SAU, sendo que dois deles localizam-se na sub-bacia do rio Sono, um na sub-bacia do rio Manoel Alves e dois na sub-bacia do Alto Tocantins, na bacia do rio Tocantins; propõe-se também nesta unidade a implantação de postos em pequenos rios, de forma amostral, os quais teriam grande representatividade para este estudo, apesar das pequenas áreas de drenagem, devido à falta de conhecimento desta região.
 - ✧ Um (1) posto fluviométrico, localizado no limite oeste da área operacional do SAU, na sub-bacia do Alto Tocantins, na bacia do rio Tocantins; propõe-se também nesta unidade a implantação de postos em pequenos rios, de maneira amostral, com o objetivo de ampliar o conhecimento da região.
 - ✧ Um (1) posto fluviométrico, localizado na sub-bacia do rio Carinhanha, na bacia do rio São Francisco.



Mapa de localização da área de estudo

Convenções Cartográficas

- Sede Municipal
- Limite estadual
- ~ Hidrografia
- Massas d'água

Legenda

- Rio São Francisco
- SAU
- Limites operacionais do SAU
- Rede de Monitoramento Proposta
- Poços de Monitoramento Existentes - RIMAS

PROJEÇÃO GEOGRÁFICA

Datum Horizontal: SAD/69
 Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° WGR
 Acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente



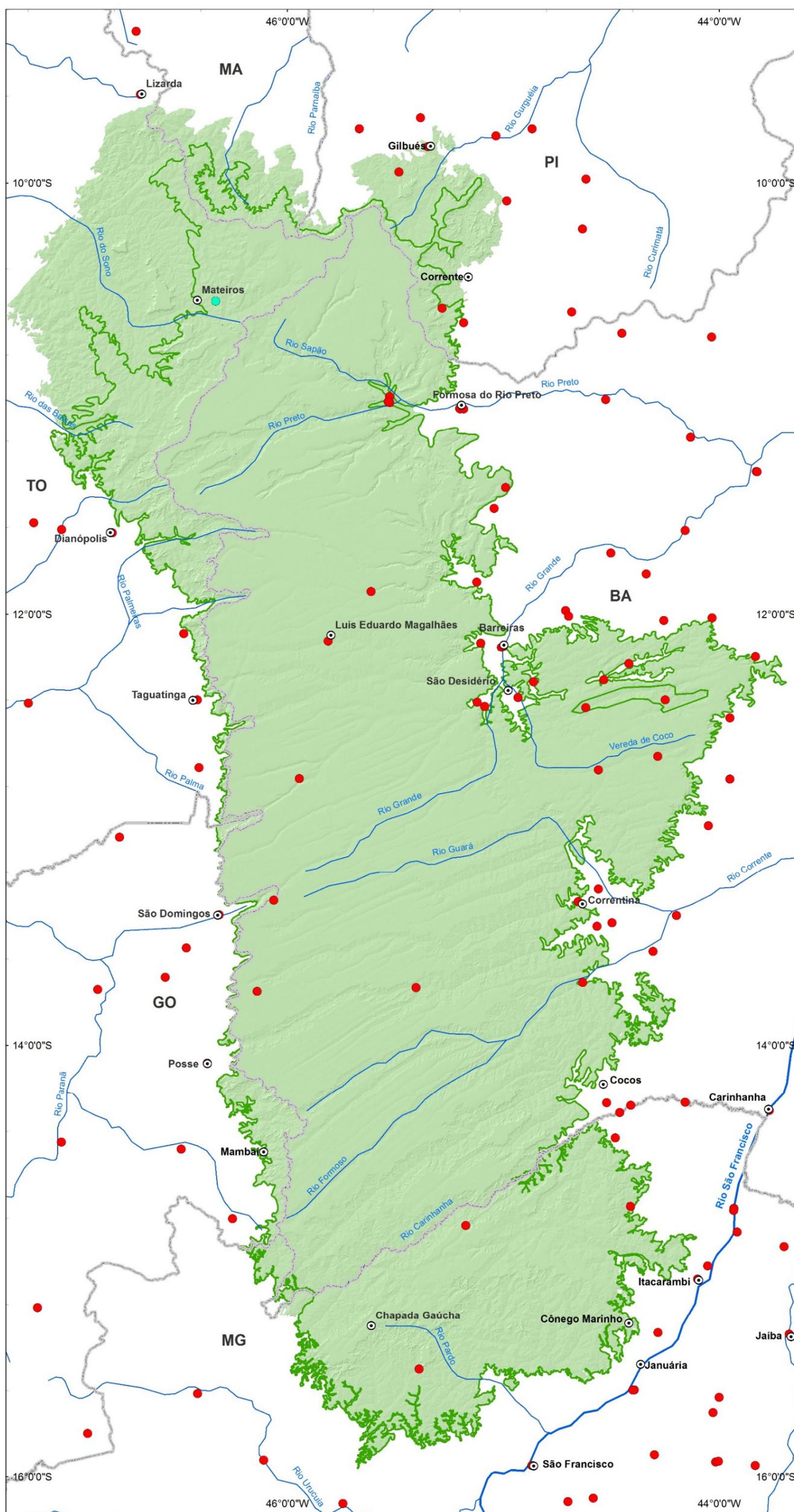
Estudos Hidrogeológicos e de Vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucua e Proposição de Modelo de Gestão Integrada e Compartilhada

TÍTULO Proposta da Rede de Monitoramento Integrado do SAU (poços de monitoramento das águas subterrâneas)

ESCALA NUMÉRICA 1:1.900.000 NÚMERO FIGURA 10.23

ESCALA GRÁFICA 0 5 10 20 30 40 Km

Figura 10.23 - Proposta da Rede de Monitoramento Integrado do SAU (poços de monitoramento das águas subterrâneas).



Mapa de localização da área de estudo

Convenções Cartográficas

- ⊙ Sede Municipal
- Limite Estadual
- Hidrografia
- Massas d'água

Legenda

- Rio São Francisco
- SAU
- Limites operacionais do SAU
- Postos Pluviométricos Existentes (255 postos)
- Postos Pluviométricos Propostos (01 posto)

PROJEÇÃO GEOGRÁFICA

Datum Horizontal: SAD/69
 Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° WGR
 Acréscidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente

ANA
 ENGE CORPS
 WALM

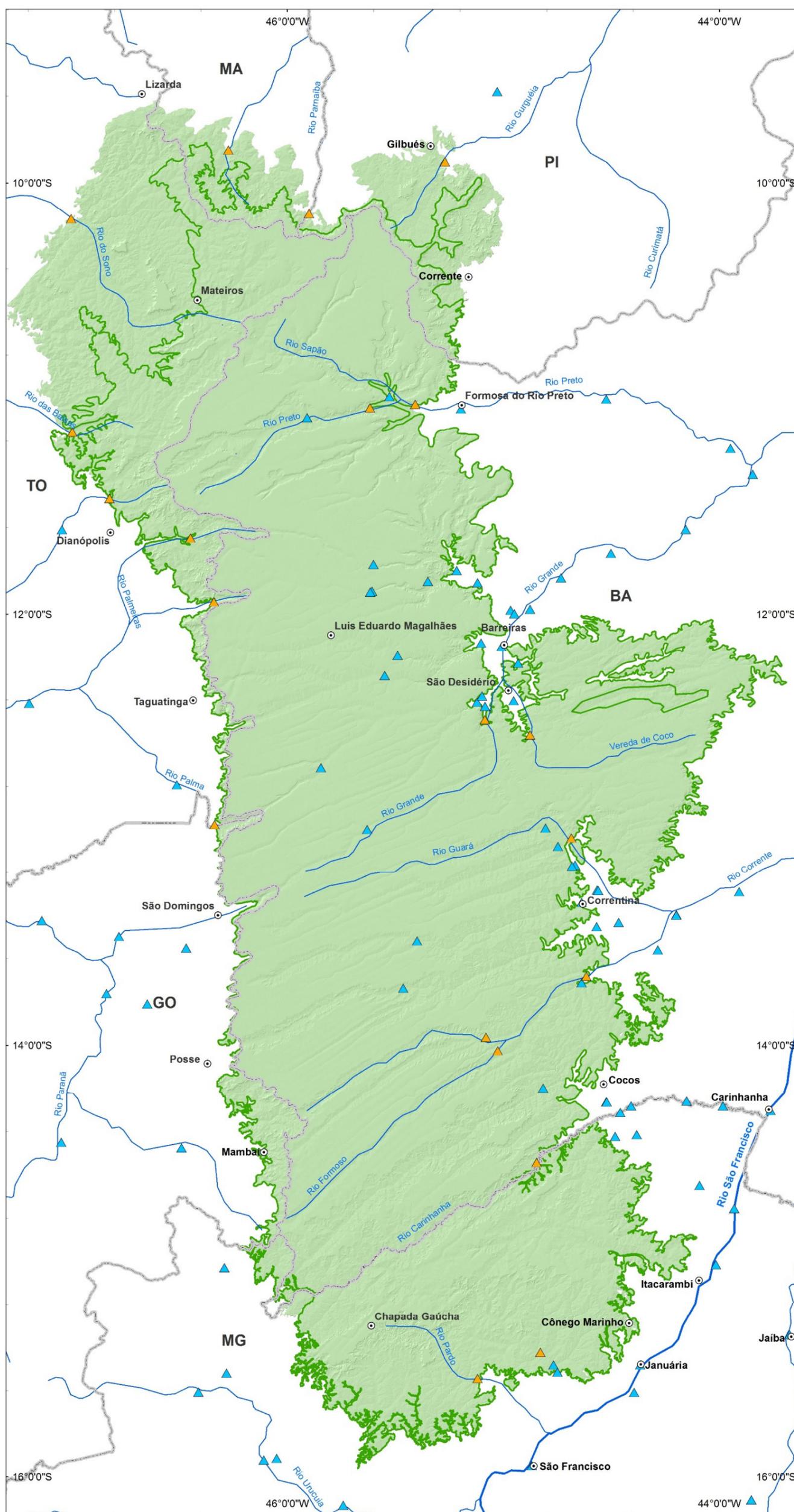
Estudos Hidrogeológicos e de Vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucuiá e Proposição de Modelo de Gestão Integrada e Compartilhada

TÍTULO
 Proposta da Rede de Monitoramento Integrado do SAU (postos pluviométricos)

ESCALA NUMÉRICA 1:1.900.000	NUMERO FIGURA 10.24
--------------------------------	------------------------

ESCALA GRÁFICA
 0 5 10 20 30 40 km

Figura 10.24 - Proposta da Rede de Monitoramento Integrado do SAU (postos pluviométricos).



Mapa de localização da área de estudo

Convenções Cartográficas

- Sede Municipal
- ▭ Limite Estadual
- Hidrografia
- Massas d'água

Legenda

- Rio São Francisco
- SAU
- Limites operacionais do SAU
- ▲ Postos Fluviométricos Existentes (135 postos)
- ▲ Postos Fluviométricos Propostos (20 postos)

PROJEÇÃO GEOGRÁFICA

Datum Horizontal: SAD/69
 Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° WGR
 Acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente

ANA
 ENGE CORPS
 WALM

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

TÍTULO
 Proposta da Rede de Monitoramento Integrado do SAU (postos fluviométricos)

ESCALA NUMÉRICA 1:1.900.000	NÚMERO FIGURA 10.25
--------------------------------	------------------------

ESCALA GRÁFICA
 0 5 10 20 30 40 km

Figura 10.25 - Proposta da Rede de Monitoramento Integrado do SAU (postos fluviométricos).

11. PROPOSTA DE PLANO DE GESTÃO INTEGRADA DO SISTEMA AQUÍFERO AREADO – SAA

A proposta de gestão de recursos hídricos do Sistema Aquífero Areado 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. Vale observar, contudo, que para fins desta proposta considerou-se toda a área do SAA com cerca de 22 mil Km², e não apenas sua área operacional utilizada para modelagem neste estudo.

Do mesmo modo como proposto ao SAU há de se observar todo o embasamento técnico gerado nestes estudos para aproveitá-la na gestão de recursos hídricos; além de se considerar todo o arcabouço atual da gestão de recursos hídricos no estado de Minas Gerais, com vistas a propor melhorias nesse processo.

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.***

O objetivo principal desta proposta consiste em auxiliar os diversos atores envolvidos com vistas a alcançar uma situação real de gerenciar o uso integrado dos recursos hídricos subterrâneos do SAA e dos rios conectados.

11.1 PROPOSTA DE AÇÕES

11.1.1 Instrumentos integrados

Sugere-se considerar para a melhoria do processo de gestão do SAA as ponderações propostas no item 10.4.3 que trata dos instrumentos integrados propostos para o SAU. Para o SAA também se faz essencial a visão integrada para os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, como o Plano de Recursos Hídricos, Outorga, Cobrança e Sistema de Informações (SIGSAU).

Faz-se necessário a incorporação do banco de dados das informações do SIGSAU junto ao Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos (InfoHidro) com vistas a subsidiar o processo de gestão de recursos hídricos com informações técnicas atualizadas.

A avaliação dos pleitos de outorga deve considerar a interdependência entre as águas superficiais e subterrâneas, visando considerar a adoção de uma disponibilidade hídrica única a partilhar entre os usuários de águas superficiais, subterrâneas e as vazões ecológicas.

11.1.2 Proposta de rede de monitoramento integrado do SAA

A proposta da rede de monitoramento integrado do SAA também foi pautada na resolução CNRH Nº107/2010. Os mesmos fundamentos utilizados para a proposta da rede de monitoramento do SAU foram aplicados para a proposta de rede do SAA. De tal modo que esta proposta de rede contempla a indicação de pontos para o monitoramento das águas subterrâneas, das chuvas e vazões de rios.

11.1.2.1 Poços de monitoramento

Para o monitoramento do aquífero considerou-se o cadastro de poços realizados nestes estudos, assim como os poços de monitoramento já existentes e/ou projetados para a região. Assim, partiu-se de um universo total de 163 poços localizados sobre a área de afloramento do SAA e os 17 poços de monitoramento em operação no SAA relacionados à *Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS) da CPRM (Serviço Geológico do Brasil)*. Da mesma forma que na proposta do SAU, esta proposta priorizou poços localizados nas proximidades de estações pluviométricas existentes.

Vale ressaltar que a proposta indica apenas *poços produtores* e considerou alguns critérios específicos para essa seleção de poços, quais sejam:

- ✓ Deve-se ter a anuência do proprietário para o acesso ao poço;
- ✓ O poço deve captar unicamente os aquíferos ou suas subdivisões;
- ✓ Os poços devem possuir perfil construtivo e litológico;
- ✓ Os poços deverão estar localizados até 10 km de distância de postos pluviométricos operantes;
- ✓ Deverão ser considerados na consolidação da rede de monitoramento os poços de monitoramento já instalados ou planejados.
- ✓ Prever a distribuição espacial dos poços que comporão a rede de monitoramento de maneira uniforme (se possível) pela área do aquífero.

Assim, considerando todos os critérios mencionados chegou-se à seleção final de 4 poços produtores para integrarem a rede de monitoramento proposta para o SAA, cuja localização é apresentada na Figura 11.1.

Igualmente como para a rede do SAU, conforme estabelecido da Resolução CNRH Nº 107/2010, propõe-se que a rede de monitoramento do SAA contemple uma campanha inicial de coleta de água, repetida a cada cinco anos que analisará parâmetros selecionados da Resolução CONAMA Nº 396/2008, em função da hidrogeoquímica natural da água, do uso e ocupação do solo e dos usos preponderantes da água subterrânea; uma campanha semestral abrangendo, pelo menos, os parâmetros pH, cloretos, nitritos, nitratos, dureza total, alcalinidade total, ferro total, sólidos totais dissolvidos, e coliformes termotolerantes; e uma campanha de medição contínua *in loco*, preferencialmente de forma automática, para determinação do nível estático (NE), temperatura e condutividade elétrica.

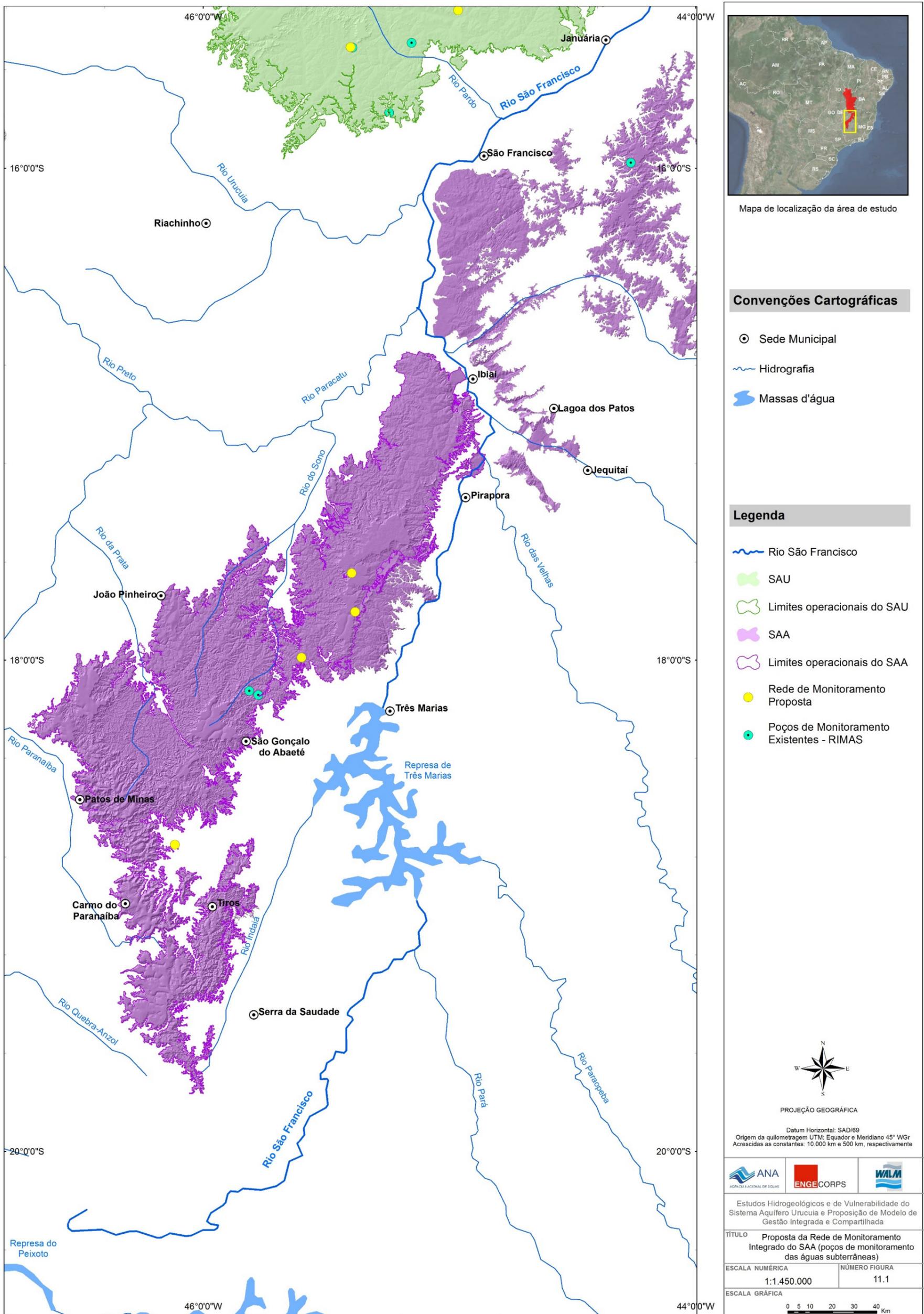


Figura 11.1 - Proposta da Rede de Monitoramento Integrado do SAA (poços de monitoramento das águas subterrâneas).

11.1.2.2 Postos de monitoramento pluviométrico e fluviométrico

O **monitoramento pluviométrico** da região de ocorrência do Sistema Aquífero Areado também carece de melhorias quanto ao volume de estações disponíveis com vistas a basear a melhoria da caracterização pluviométrica da região. Identificou-se a necessidade de implantar, no mínimo, mais 2 postos para complementar a rede existente (Figura 11.2):

- ✓ Um posto pluviométrico, na área de chapada da região centro oeste do município de Buritizeiro (MG), próximo à localidade de Formoso.
- ✓ Um posto pluviométrico, na região de chapada no extremo sul do município de João Pinheiro (MG).

Para a proposta de pontos de **monitoramento fluviométrico** considerou-se a escassez de postos da região que contemplassem a área de exsudação de apenas um aquífero ou sistema aquífero. Na análise hidrológica utilizou-se apenas um posto (42850000, posto Cachoeira das Almas) na sub-bacia do rio do Sono (Paracatu) para fins de avaliação da interação entre as águas superficiais e subterrâneas. Nesse posto apenas 67% da área total era constituída por terrenos do Sistema Aquífero Areado. Para fins de avaliação da contribuição subterrânea para os rios e para realização de balanços hídricos integrados são necessários pontos situados em rios interligados ao SAA, considerando a delimitação da sua área aflorante. Sendo assim, para melhoria da análise integrada de recursos hídricos sugere-se a **implantação de dois postos** nas sub-bacias dos rios da Prata e do Sono, pertencentes à bacia do rio Paracatu, afluente do rio São Francisco (Figura 11.2). A configuração da rede proposta, considera os seguintes postos:

- ✓ Um posto fluviométrico, no rio da Prata, na interseção com limite da área de afloramento das rochas do SAA.
- ✓ Um posto fluviométrico, localizado no rio do Sono, à montante da estação cachoeira das Almas, na interseção do curso do rio com a área de afloramento do SAA.

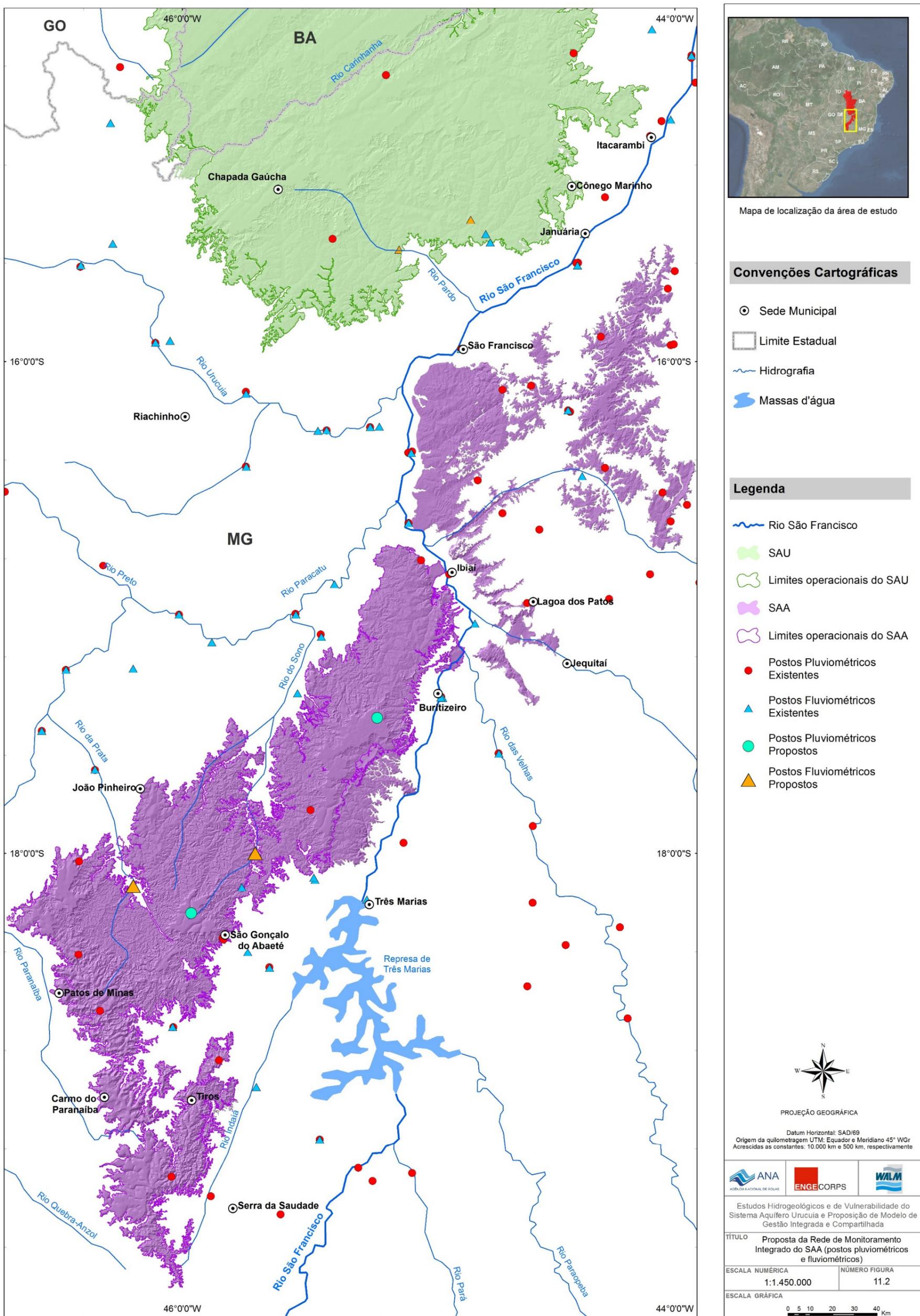


Figura 11.2 - Proposta da Rede de Monitoramento Integrado do SAA (postos fluviométricos e pluviométricos).

12. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Nas estratégias de manejo sustentável das águas subterrâneas discutidas neste Volume 3 dos *Estudos Hidrogeológicos e de Vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucuia e Proposição de Modelo de Gestão Integrada e Compartilhada* discutiu-se a importância da Gestão Participativa e Integrada no processo de gestão dos recursos hídricos.

A apresentação dos planos de gestão dos Sistemas Aquíferos Urucuia e Areado culminou como produto final deste extenso estudo, os quais foram embasados no conhecimento técnico atualizado do meio físico em geral e embasamento legal. O conhecimento das reservas hídricas subterrâneas, disponibilidades hídricas, comportamento hidrogeológico, da contribuição dos aquíferos para os rios por meio de escoamento de base e a avaliação da qualidade da água foram bases técnicas fundamentais para orientar as estratégias para um manejo sustentável dos recursos hídricos subterrâneos 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 subterrâneas, 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, levou-se em consideração as áreas de preservação ambiental existentes na região, no âmbito do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), assim como proposição de novas áreas de preservação, bem como a sugestão de práticas conservacionistas de suma importância 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 Urucuia e Areado, tendo em vista que a contribuição do SAU, por exemplo, 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 Urucuia 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) O agendamento/programação de reuniões, com definição preliminar de pauta e participantes, visando dar forma ao efetivo arranjo institucional necessário, visando a discussão das propostas e formação do *Grupo Gestor* e *Comissões Interestaduais*;
- (v) Viabilizar os encaminhamentos políticos, após discussões sobre as propostas e ajustes realizados, para a assinatura do texto da *Resolução Conjunta* e seu reconhecimento como marco legal futuro.

13. RESUMO E CONCLUSÕES FINAIS

Os estudos hidrogeológicos realizados nos sistemas aquíferos Urucuia e Areado que compõem os extensos chapadões do norte de Minas Gerais, oeste da Bahia, leste de Goiás, extremos sul do Piauí e Maranhão e sudeste de Tocantins, foram motivados pela preocupação com a degradação da qualidade e redução dos volumes de água dos cursos de água superficiais, em função da crescente atividade agrícola praticada nessa região, a partir da década de 80. Visto que a água subterrânea é responsável pela manutenção do escoamento de base dos rios, os estudos buscaram gerar informações que pudessem subsidiar a gestão sustentável dos recursos hídricos de forma integrada.

Inicialmente, os aquíferos distribuídos nas porções norte (sub-bacia Urucuia) e sul (sub-bacia Abaeté) da Bacia Sanfranciscana foram considerados como um sistema aquífero único, de acordo com Termos de Referência dos estudos, denominado Sistema Aquífero Urucuia (SAU) ou Sistema Aquífero Urucuia-Areado, como citado comumente na literatura. Entretanto, durante o desenvolvimento dos estudos, a complexidade e as características hidrogeológicas peculiares das rochas, aliadas à ausência de conexão hidráulica entre essas unidades geológicas em nível regional, mostraram que esses reservatórios subterrâneos deveriam ser tratados como sistemas aquíferos distintos. Assim, os aquíferos da sub-bacia Urucuia (parte norte da área de estudo) foram reunidos no Sistema Aquífero Urucuia (SAU), e os aquíferos da sub-bacia Abaeté (parte Sul da área de estudo) foram reunidos no Sistema Aquífero Areado (SAA).

Opiniões controversas e indefinição dos aspectos geométricos do SAU (limites, área e espessura) fomentaram prolongadas discussões técnicas envolvendo os diversos especialistas da equipe técnica do consórcio e da Comissão Técnica de Avaliação e Fiscalização (CTAF). A insuficiência de dados para dirimir essas dúvidas foi contornada com a delimitação de uma área operacional, utilizada para as diversas modelagens aplicadas ao estudo. Para o Sistema Aquífero Areado também se adotou uma área operacional, que englobou a área de afloramento principal das unidades geológicas, desconsiderando, assim, os afloramentos dispersos no entorno, com insuficiência de informações e sem conectividade hidráulica com o corpo principal. Vale ressaltar, contudo, que embora tenha se adotado a delimitação das áreas operacionais nos dois sistemas aquíferos todo o levantamento de dados previsto nos Termos de Referência foi feito na área como um todo.

Para o desenvolvimento deste projeto foram realizados levantamentos de uso e ocupação do solo por meio de imagens de satélite; cadastramento de poços e de fontes potenciais de contaminação das águas subterrâneas; levantamentos geológicos e estruturais; levantamentos geofísicos; coleta de amostras de água e análise de parâmetros hidroquímicos, orgânicos, bacteriológicos e isotópicos; ensaios de infiltração nos solos; estudos hidrológicos; simulação numérica de fluxo subterrâneo; e construção de banco de dados de informações geográficas. Essas atividades permitiram a reunião de muitos dados cuja interpretação possibilitou a elaboração de mapas temáticos diversos como de espessura total das rochas, espessura saturada, potenciometria, de vulnerabilidade, de potencialidades, hidrogeológicos, hidroquímicos e de riscos de contaminação. Foi possível ainda estimar as reservas hídricas, a recarga, as disponibilidades hídricas dos aquíferos e o balanço hídrico.

O modelo conceitual de fluxo subterrâneo do SAU e do SAA obtido com a integração de dados do estudo confere aos sistemas aquíferos caráter tipicamente livre, com fluxo laminar em meio poroso governado pela área de drenagem das sub-bacias associadas. A recarga se processa diretamente em toda a área de exposição e as descargas se processam pela rede de drenagem. A ocorrência de camadas com menores condutividades hidráulicas nas porções superiores dos aquíferos pode favorecer a formação de aquíferos suspensos. Os dados existentes não indicam situações de confinamento, mas o comportamento semiconfinado é comum no SAU quando da presença de níveis de arenitos silicificados no perfil do poço perfurado.

O Sistema Aquífero Urucuia (SAU) ocorre na porção norte da área estudada e é composto pelas rochas mesozoicas reunidas no Grupo Urucuia. O SAU ocupa 126.468 Km² de área de chapadões aplainados que se destacam no relevo, com altitudes variando de 500 a 1.000 metros. As maiores espessuras do SAU interpretadas pela observação indireta da geofísica foi cerca de 400 metros. Contudo, até a fase de interpretação da geofísica não havia na região poços totalmente penetrantes para balizar a estimativa das espessuras máximas. Dados posteriores de poços da ANP, Petrobrás e CPRM indicam que as rochas do Grupo Urucuia podem chegar localmente a 600 metros de profundidade

Análises geomorfológicas com base em modelos digitais de terreno (MDT) exibiram a disposição dos aquíferos em forma de chapadas apoiadas sobre rochas mais antigas do substrato. As análises geomorfológicas foram muito importantes como ferramentas auxiliares na delimitação da geometria e das áreas de ocorrência dos aquíferos. Levantamentos de uso da terra com imagens de satélite (2011) confirmaram um elevado percentual do uso agropecuário (37,8%), refletindo a extensa e progressiva ocupação antrópica das áreas rurais de exposição das rochas que compõem os aquíferos. Entre os seis estados abrangido, a Bahia possui a maior proporção de áreas com vegetação natural preservada (51%), seguida do Estado de Minas Gerais com 23%.

A despeito do elevado número de poços cadastrados no projeto (cerca de 1.700), a insuficiência e da maioria dos dados extraídos dos relatórios de poços não permitiram a utilização de dados diretos. Por outro lado, outras ferramentas de análise de subsuperfície, como a geofísica e análise hidrológica foram utilizadas.

Os levantamentos geofísicos foram baseados nos métodos de eletrorresistividade, magnético e gravimétrico. O método de eletrorresistividade permitiu distinguir eletrofácies pertencentes aos aquíferos e ao embasamento cristalino. A partir da correlação de níveis geoeletricos com a geologia local foram identificadas eletrofácies siltoargilosas ou arenossiltosas ou arenosas no pacote sedimentar. Também foi possível demarcar o nível d'água subterrânea nessas sondagens.

O mapa potenciométrico do SAU define, em termos regionais, uma direção de fluxo subterrâneo principal no sentido leste, que drena as águas do SAU para a Bacia Hidrográfica do São Francisco, e uma secundária no sentido oeste, que drena as águas para a Bacia Hidrográfica do Tocantins. Um divisor hidrogeológico de direção aproximadamente Norte/Sul divide esse fluxo. 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.

Ensaio de infiltração realizados nos solos com o Permeômetro Guelph mostraram que os solos dos Cerrados são mais permeáveis (média de $7,0 \times 10^{-3}$ cm/s) quando comparados com os solos utilizados como terras agrícolas (média de $1,6 \times 10^{-3}$ cm/s), sendo que os valores médios permitem estabelecer uma relação de 4:1. Resultados dos ensaios realizados com o Infiltrômetro de Anel Duplo, também mostraram que os solos do Cerrado (média de $1,6 \times 10^{-2}$ cm/s) são mais permeáveis quando comparados com os solos de terras agrícolas (média de $3,4 \times 10^{-3}$ cm/s), sendo que os valores médios permitem estabelecer uma relação de 5:1.

Os estudos hidrológicos realizados mostraram que a contribuição total dos aquíferos para as bacias hidrográficas circundantes é de 991,5 m³/s. Destaca-se a bacia do rio São Francisco com uma contribuição de 730,68 m³/s, seguida das bacias do rio Tocantins, com 215,26 m³/s, do rio Parnaíba, com 44,86 m³/s, enquanto a contribuição para a bacia do rio Paranaíba, integrante da bacia do rio Paraná, é de apenas 0,75 m³/s. Para a bacia do rio São Francisco, a contribuição dos aquíferos alcança em média cerca de 40% do total escoado na barragem de Sobradinho.

O balanço hídrico realizado com dados obtidos dos estudos hidrológicos apresentou os seguintes resultados para sub-bacias do SAU: precipitação média de 1.194 mm/ano, escoamento de base de 217,93 mm/ano, escoamento superficial de 18,22 mm/ano, escoamento total de 236,15 mm/ano e evapotranspiração potencial de 957,48 mm/ano.

Os dados de variação da precipitação total média plurianual, do período de 1977 a 1989, mostraram que as variações médias predominantes são positivas, ou seja, a quantidade de chuva que atingiu a bacia foi superior à média, na maior parte do tempo. De 1990 a 2010, essa situação se inverteu e passou a predominar variações negativas, ou seja, a quantidade de água de chuva que atingiu a bacia foi inferior à média. As vazões efluentes dos aquíferos também registrou tendência de diminuição gradativa a partir dos anos de 1978 a 1980, persistindo até o final do período analisado (2005). Essa diminuição foi da ordem de 25% entre os anos de 1978 e 2005, com valores da ordem de 800 m³/s para valores da ordem de 600 m³/s.

A redução do escoamento de base em todas as estações fluviométricas estudadas favorece a tese de efeito climático como principal causa, uma vez que efeitos locais de extração de água por poços não deveriam retratar iguais tendências em diferentes bacias. Todavia, vale ressaltar que cabe adicionarmos nesta causa o efeito da diminuição da recarga do SAU, tendo em vista o comprometimento da capacidade de infiltração dos solos utilizados nas atividades agropecuárias nas áreas de recarga do oeste baiano e norte de Minas Gerais. A diminuição da infiltração da água da chuva ocasiona, conseqüentemente, uma diminuição na recarga dos aquíferos, e por conseguinte, das vazões que fluem dos aquíferos para os rios. A avaliação feita nestes estudos constatou uma redução da capacidade de infiltração da água nos solos ocupados com pastos e culturas que utilizam práticas convencionais de manejo da terra em relação àquelas de cerrado preservadas. Estudos apontam ainda que a utilização de práticas

conservacionistas, como o Plantio Direto, por exemplo, poderiam minimizar esse tipo de impacto.

As reservas hídricas renováveis do SAU, correspondentes à quantidade de água armazenada no aquífero e renovada anualmente a cada ciclo hidrológico, foram estimadas com base no conceito adotado no Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos (ANA 2013), segundo o qual a recarga do aquífero baseada nos dados de entrada (precipitação e coeficiente de infiltração), ou seja, a **Recarga Potencial Direta (RPD)** e é representada pelas seguintes relações: $RPD = A \cdot C_i \cdot P$. Considerando um coeficiente de infiltração de 18,5%, obtido da avaliação hidrológica, 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 m³/s ou 24,19 km³/ano. Admitindo-se porosidade efetiva média de 14% para os sedimentos do SAU, a reserva permanente, correspondente ao volume de água acumulado no aquífero não variável em decorrência da flutuação sazonal da superfície potenciométrica, foi estimada em 1.327,97 km³.

A quantidade de água disponível para uso armazenada nos aquíferos é definida como disponibilidade hídrica subterrânea. No SAU, as disponibilidades hídricas, que é a Reserva Potencial Explotável (RPE) atinge cerca de 4,84 Km³/ano.

As potencialidades representam vazões passíveis de serem extraídas do aquífero por meio de poços tubulares, baseadas nas características hidrodinâmicas, espessura saturada e rebaixamento máximo admitido. Os estudos indicaram que as potencialidades máximas são da ordem de 600 m³/h, na porção centro-norte do SAU. Todavia, a quantidade efetiva de água que pode ser extraída do aquífero, sem ocasionar graves danos ambientais, deve ser definida pelo órgão gestor com base nas disponibilidades e na abordagem integrada com águas superficiais.

A classificação das áreas do SAU com relação à vulnerabilidade natural foi baseada nos métodos GOD e AVI, sendo que o primeiro produziu resultados mais satisfatórios. O resultado da aplicação do método GOD mostra 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, com base nos índices estabelecidos.

A avaliação do risco de contaminação das águas subterrâneas do SAU foi baseada no cruzamento dos mapas de uso e ocupação do solo e de vulnerabilidade. Foram definidas cinco classes de risco variando de insignificante a extremo, passando por baixo, moderado e alto. 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. O mapa de risco potencial de contaminação das águas subterrâneas mostrou que 49% da área de ocorrência do SAU apresenta risco baixo e 47% risco moderado.

O Sistema Aquífero Areado (SAA), por sua vez, ocorre na porção sul da área estudada, abrangendo cerca de 22 mil Km² no estado de Minas Gerais. É composto pelas rochas mesozoicas reunidas no Grupo Areado. O mapa de espessura total do SAA aponta que as rochas desse sistema podem 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.

A potenciometria do SAA mostra que a tendência geral do fluxo subterrâneo regional é no sentido de sudoeste para nordeste da área do SAA. Fluxos locais são controlados pelas bacias de drenagens superficiais secundárias.

As reservas hídricas renováveis do SAA também foram estimadas com base em dados de entrada (coeficiente de infiltração e precipitação). Utilizou-se como coeficiente de infiltração aquele obtido na análise hidrológica da estação fluviométrica Cachoeira das Almas (Posto 42850000), localizada na bacia hidrográfica do rio do Sono (16,7%) e a precipitação média anual utilizada foi de 1.325 mm da estação. Deste modo, o valor da RPD, conforme as equações abaixo, ficou em 109 m³/s ou 3,44 km³/ano. Admitindo-se porosidade efetiva média de 10% para os sedimentos do SAA, a reserva permanente foi estimada em 104 km³.

As disponibilidades hídricas do SAA, referentes a Recarga Potencial Explotável calculada considerando um coeficiente de sustentabilidade de 0,4 foi de 1,37 Km³/ano.

As potencialidades máximas do SAA são da ordem de 240 m³/h, e estão associadas a porções onde a espessura do aquífero é maior. Reiterando as considerações feitas para o SAU, a quantidade efetiva de água que pode ser extraída do SAA deve ser definida pelo órgão gestor com base nas disponibilidades e na abordagem integrada com águas superficiais.

A classificação das áreas do SAA com relação à vulnerabilidade natural, pelo método GOD, mostrou o predomínio de regiões classificadas como de vulnerabilidade média (58%), seguida de regiões de vulnerabilidade alta (32%) e baixa (10%). O método GOD não definiu regiões de vulnerabilidade extrema ou insignificante, com base nos índices estabelecidos. A avaliação do risco de contaminação das águas subterrâneas mostrou que 46% da área de ocorrência do SAA apresenta risco moderado e 31% risco baixo.

As análises químicas das águas subterrâneas e nascentes foram realizadas em duas campanhas de coleta com intervalo de cerca de 5 meses. Não foram observadas diferenças hidroquímicas expressivas entre as amostras analisadas nas duas campanhas, mesmo se tratando de sistemas aquíferos aflorantes. Os resultados das análises hidroquímicas de amostras de água do SAU e do SAA mostraram que as águas provenientes de nascentes ou poços de diferentes profundidades, possuem baixas concentrações de íons, sendo que a maioria apresenta condutividades elétricas menores que 50 μ S/cm. Amostras com concentrações iônicas mais elevadas, principalmente as localizadas na parte do SAU e do SAA, podem ser relacionadas à influência do Aquífero Bambuí subjacente. As águas analisadas foram classificadas como bicarbonatadas sódicas ou cálcicas.

As amostras de água selecionadas para análises de qualidade e potabilidade (metais pesados, agroquímicos, BTEX e conteúdo bacteriológico) apresentaram valores inferiores ao máximo permitido pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Fenóis apresentaram valores abaixo do limite de quantificação praticável (LQP), todavia acima de 1 µg/L.

A maioria das amostras de água coletadas para análises isotópicas de δO^{18} e δD tem composição próxima à da linha meteórica global, sugerindo origem a partir de águas meteóricas. As amostras para análises isotópicas de C^{14} revelaram idades entre 450 a 2.840 anos e as amostras selecionadas para análise de trítio foram classificadas, predominantemente, como mistura de águas submoderna (anterior a 1952) com recente. Como a grande maioria dos poços amostrados possuem filtros em vários níveis, as amostras de água subterrânea coletadas nesses poços representam uma mistura de águas de diferentes profundidades, ou seja, mistura de águas mais antigas com águas mais jovens, influenciando os resultados.

No que tange às estratégias de manejo sustentável dos sistemas aquíferos foi avaliada a integração da gestão ambiental com a gestão de recursos hídricos, a proposição do fortalecimento das unidades de conservação na região e propostas de áreas de restrição e controle, de proteção de aquíferos, de perímetros de proteção de poços e a proposta de rede de monitoramento quali-quantitativa, além de cenários de mudanças climáticas.

Tendo em vista o caráter singular do SAU no que se refere ao compartilhamento do aquífero entre seis estados e a sua grande influência para as vazões do rio São Francisco propôs-se a implementação de um Plano de Gestão Integrada e Compartilhada do SAU entre os Estados da Bahia, Tocantins, Minas Gerais, Piauí, Maranhão e Goiás.

Dessa forma, foi proposta uma Resolução Conjunta, a ser pactuada entre os estados e União, em que se propõe a instituição de um Grupo Gestor, formado por representantes dos órgãos e entidades com atribuições de gestão e controle dos recursos hídricos de cada Estado e Comissões interestaduais. A partir da celebração dessa Resolução Conjunta pactua-se as condições e definições necessárias à sua gestão sustentável.

Em vista do conhecimento gerado sobre os sistemas aquíferos Urucuia e Areado conclui-se que a região estudada apresenta reservas hídricas importantes. Apesar da deficiência no cadastro e outorgas de águas subterrâneas, não apresenta indícios de sobre-exploração.

Contudo, apesar do grande volume hídrico armazenado e disponível, faz-se necessário a aplicação de mecanismos de gestão local eficazes, com foco na gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, com vistas a manutenção desse excelente potencial hídrico.

A gestão sustentável desses sistemas aquíferos deve incluir sobretudo a preservação de áreas naturais de Cerrado legalmente estabelecidas como as áreas de preservação permanente e as reservas legais. No que tange as reservas legais é fundamental que sejam delimitadas em áreas de recarga dos sistemas aquíferos.

Faz-se imprescindível ainda a adoção de técnicas e práticas de manejo e conservação do solo que aumentem ou conservem a capacidade de infiltração da água da chuva nos solos para garantir a recarga dos aquíferos e, por consequência, a manutenção do fluxo de base dos rios conectados, de grande importância para toda região hidrográfica do rio São Francisco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, P. B. Cenários futuros de mudanças de temperatura e precipitação para a região da Bacia do Urucuia para dois períodos climatológicos (2021-2050 e 2051-2080). Technische Universität Dresden. Germany. Relatório. 2013.
- AQUINO, I. H. V. & CORDEIRO NETTO, O. M. 2013. Definição de requisitos de vazão mínima na transição de corpos de água de domínio estadual para os de domínio federal: experiência internacional e novos desafios à gestão de recursos hídricos no Brasil. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013. Bento Gonçalves - RS.
- CAMPOS, J. E.; DARDENNE, M. A. Estratigrafia e Sedimentação da Bacia Sanfranciscana: Uma Revisão. Revista Brasileira de Geociências, 27 (3): 269-282. 1997a. CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil. Mapa de domínios e subdomínios hidrogeológicos do Brasil. Rio de Janeiro: CPRM, 2007. 1 CD-ROM.
- CREPANI, E. O Núcleo de Desertificação de Gilbués observado pelo Sensoriamento Remoto e pelo Geoprocessamento. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 5185-5192.
- CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. R. Hidrologia subterrânea. 2ª ed. Barcelona: Ediciones Omega, 2v, 2350 p., 1996.
- DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo. Escala 1:1.000.000. CD-ROM, 2005.
- GASPAR, M. T. P. Sistema Aquífero Urucuia: Caracterização Regional e Propostas de Gestão. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. 158p. 2006.
- IRITANI, M. A. & EZAKI, S. Roteiro orientativo para delimitação de área de proteção de poço. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Instituto Geológico. Cadernos do Projeto Ambiental Estratégico Aquíferos. São Paulo. n.2, 50 p., 2010.
- KRAEMER, S. R; HAITJEMA, H. M.; KELSON, V. A. Working with WhAEM2000. Capture Zone Delineation for a City Wellfield in a Valley Fill Glacial Outwash Aquifer Supporting Wellhead Protection. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC 20460, 2007.
- PATRÍCIO, M. da C. M.; SILVA, V. M. de A., RAMOS, A. R. D. 2012. Gilbués - Núcleo De Desertificação do Piauí, Caracterização Física, Variabilidade Climática e Impactos Ambientais. Revista Polêmica. Volume 11, n.3. Disponível em: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/3738/2619>.

- PBMC, Sumário Executivo do Volume 1 - Base Científica das Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 para o 1º Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Ambrizzi, T., Araujo, M., Silva Dias, P.L., Wainer, I., Artaxo, P., Marengo, J.A.]. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil, 34 pp., 2012.
- PIAUÍ. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Piauí. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Legislação de recursos hídricos do Estado do Piauí / Secretaria do Meio Ambiente e de Recursos Hídricos do Estado do Piauí, Conselho Estadual de Recursos Hídricos. – Teresina: SEMAR, 2014. 232 p.
- SALVIANO, A. A.; LIMA, M. G.; SANTANA, F.F.; MELO, L. F. S.; OLIVEIRA, S. R. M. & LOPES, J. B. Revitalização da microbacia hidrográfica do Riacho Sucuruí, em Gilbués/Piauí, Brasil. *Zonas Áridas* 15 (2): 272–289. ISSN 1814-8921 (Versão eletrônica).
- SRH. Superintendência de Recursos Hídricos da Bahia. Relatório Final – Perfilagem de poço. Subprojeto 3.2 – Usos Conjunto das Águas Superficiais e Subterrâneas da Sub-Bacia do Rio das Fêmeas-Bahia. Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco (ANA/GEF/PNUMA/OEA). 15 p. 2001.
- SRHMA. Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente de Tocantins, Estudos Hidrogeológicos da Região Sudeste do Estado do Tocantins, Relatório Técnico Parcial 005- RTP 005- Consórcio COSTA Consultoria e Serviços Técnicos e Ambientais Ltda./BRGM *Bureau de Recherches Geologiques et Menieres* – Palmas -TO. 166p. 2010.
- USEPA. Guidelines for delineation of wellhead protection areas. Technical Report EPA/440/5-93-001, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Office of Ground Water Protection, Washington, DC., 1993.
- USEPA. Handbook: ground water and wellhead protection. Technical Report EPA/625/R-94-001, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Cincinnati, OH., 1994.
- WHETTON, P., HENNESSY, K., CLARKE, J., MCLNNE, K., KENT, D. Use of Representative Climate Futures in impact and adaptation assessment. *Climatic Change*, 115, 433-442, 2012.



CONSORCIO



MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE

