

# ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS E DE VULNERABILIDADE DO SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA

---

PROPOSIÇÃO DE MODELO DE GESTÃO  
INTEGRADA E COMPARTILHADA

## RELATÓRIO FINAL

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

TOMO II | Caracterização Climática e Hidrológica da Região de Estudo

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 Urucua e Proposição de Modelo de Gestão  
Integrada e Compartilhada**

---

***RELATÓRIO FINAL***

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

***TOMO II - CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E HIDROLÓGICA  
DA REGIÃO DE ESTUDO***

© 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 1 - diagnóstico do meio físico da região de abrangência dos Sistemas Aquíferos Urucuia e Areado : tomo II – caracterização climática e hidrológica da região de estudo : relatório final / Agência Nacional de Águas ; Elaboração e Execução: Consórcio Engecorps - Walm. -- Brasília : ANA, 2017.

91 p. il.  
Vol. 1, Tomo II  
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 Km<sup>2</sup> 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 Km<sup>2</sup>, e propôs-se dividir as unidades em Sistema Aquífero Urucuia (SAU) e Sistema Aquífero Areado (SAA) com embasamento técnico, onde este último termo será apresentado de forma inédita a partir deste momento (Figura 11).

- ✓ **Etapa 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;
- ✓ **Etapa 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;
- ✓ **Etapa 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);
- ✓ **Etapa 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.

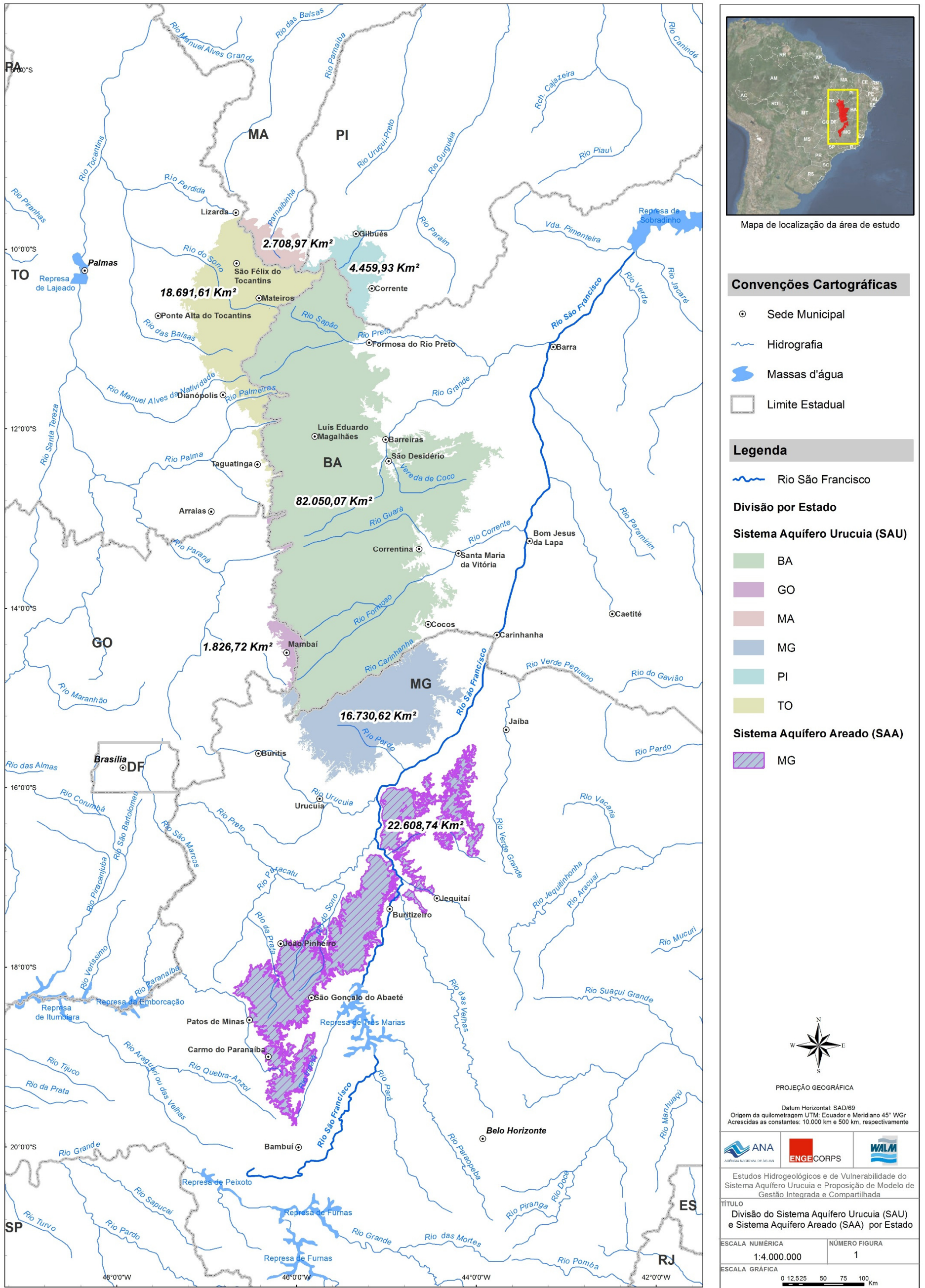


Figura 1 – Divisão do SAU e SAA por Estado.

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 **Tomo II do Volume 1** do Relatório Final que inclui o **capítulo 6**.



**SUMÁRIO DE FIGURAS**

**VOLUME 1 - TOMO II**

**PÁG.**

FIGURA 1 – DIVISÃO DO SAU E SAA POR ESTADO. ....4

FIGURA 6.1 – LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS EXISTENTES NA REGIÃO DE ESTUDO. ....12

FIGURA 6.2 – NORMAIS DE TEMPERATURA MÉDIA COMPENSADA (°C) NA REGIÃO DE ESTUDO – 1961 A 1990. ..13

FIGURA 6.3 – NORMAIS DE PRESSÃO ATMOSFÉRICA (HPA) NA REGIÃO DE ESTUDO – 1961 A 1990. ....14

FIGURA 6.4 – NORMAIS DE INSOLAÇÃO (HORAS) NA REGIÃO DE ESTUDO – 1961 A 1990. ....15

FIGURA 6.5 – NORMAIS DE NEBULOSIDADE NA REGIÃO DE ESTUDO – 1961 A 1990. ....16

FIGURA 6.6 – NORMAIS DE UMIDADE RELATIVA DO AR (%) NA REGIÃO DE ESTUDO – 1961 A 1990. ....17

FIGURA 6.7 – NORMAIS MENSIS DE PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (MM) NA REGIÃO DE ESTUDO – 1961 A 1990.  
.....17

FIGURA 6.8 – NORMAIS MENSIS DE VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO (M.S<sup>-1</sup>) NA REGIÃO DE ESTUDO – 1961 A 1990.  
.....18

FIGURA 6.9 – NORMAIS MENSIS DE EVAPORAÇÃO ACUMULADA (MM) NA REGIÃO DE ESTUDO – 1961 A 1990.19

FIGURA 6.10 – BACIAS E SUB-BACIAS NAS ÁREAS DO SAU E SAA.....23

FIGURA 6.11 – LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS SELECIONADOS NAS ÁREAS DO SAU E SAA. ....25

FIGURA 6.12 – LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS FLUVIOMÉTRICOS SELECIONADOS NAS ÁREAS DO SAU E SAA. ....27

FIGURA 6.13 – ÁREA DE ESTUDO – ISOIETAS DOS TOTAIS PRECIPITADOS – PERÍODO DE 1970 A 2010 – MÉDIA ANUAL.....32

FIGURA 6.14 – ÁREA DE ESTUDO – ISOIETAS DOS TOTAIS PRECIPITADOS – PERÍODO DE 1970 A 2010 – MÉDIA MENSAL – JANEIRO. ....33

FIGURA 6.15 – ÁREA DE ESTUDO – ISOIETAS DOS TOTAIS PRECIPITADOS – PERÍODO DE 1970 A 2010 – MÉDIA MENSAL – FEVEREIRO.....34

FIGURA 6.16 – ÁREA DE ESTUDO – ISOIETAS DOS TOTAIS PRECIPITADOS – PERÍODO DE 1970 A 2010 – MÉDIA MENSAL – MARÇO. ....35

FIGURA 6.17 – ÁREA DE ESTUDO – ISOIETAS DOS TOTAIS PRECIPITADOS – PERÍODO DE 1970 A 2010 – MÉDIA MENSAL – ABRIL.....36

FIGURA 6.18 – ÁREA DE ESTUDO – ISOIETAS DOS TOTAIS PRECIPITADOS – PERÍODO DE 1970 A 2010 – MÉDIA MENSAL – MAIO. ....37

FIGURA 6.19 – ÁREA DE ESTUDO – ISOIETAS DOS TOTAIS PRECIPITADOS – PERÍODO DE 1970 A 2010 – MÉDIA MENSAL – JUNHO. ....38

FIGURA 6.20 – ÁREA DE ESTUDO – ISOIETAS DOS TOTAIS PRECIPITADOS – PERÍODO DE 1970 A 2010 – MÉDIA MENSAL – JULHO. ....39

FIGURA 6.21 – ÁREA DE ESTUDO – ISOIETAS DOS TOTAIS PRECIPITADOS – PERÍODO DE 1970 A 2010 – MÉDIA MENSAL – AGOSTO. ....40

FIGURA 6.22 – ÁREA DE ESTUDO – ISOIETAS DOS TOTAIS PRECIPITADOS – PERÍODO DE 1970 A 2010 – MÉDIA MENSAL – SETEMBRO.....41

FIGURA 6.23 – ÁREA DE ESTUDO – ISOIETAS DOS TOTAIS PRECIPITADOS – PERÍODO DE 1970 A 2010 – MÉDIA MENSAL – OUTUBRO. ....42

FIGURA 6.24 – ÁREA DE ESTUDO – ISOIETAS DOS TOTAIS PRECIPITADOS – PERÍODO DE 1970 A 2010 – MÉDIA MENSAL – NOVEMBRO. ....	43
FIGURA 6.25 – ÁREA DE ESTUDO – ISOIETAS DOS TOTAIS PRECIPITADOS – PERÍODO DE 1970 A 2010 – MÉDIA MENSAL – DEZEMBRO. ....	44
FIGURA 6.26 – CURVAS DE PERMANÊNCIA DE POSTOS PLUVIOMÉTRICOS SITUADOS NA ÁREA DE ESTUDO. ....	48
FIGURA 6.27 – RESULTADO HYSEP – POSTO 45210000 - LAGOA DAS PEDRAS - RIO CARINHANHA – 2N = 11 DIAS DETALHE 01/10/1980 A 31/05/1981. ....	51
FIGURA 6.28 – RESULTADO HYSEP – POSTO 45770000 – ARROJADO – RIO ARROJADO – 2N = 11 DIAS DETALHE 01/11/1989 A 31/03/1990. ....	51
FIGURA 6.29 – SUB-BACIAS CONTRIBUINTES PARA A BACIA DOS RIOS SÃO FRANCISCO, TOCANTINS, PARANAÍBA E PARNAÍBA E POSTOS FLUVIOMÉTRICOS PRINCIPAIS. ....	53
FIGURA 6.30 – HIDROGRAMAS - VAZÕES DIÁRIAS DE BASE, ESD E TOTAL – POSTO 42850000 - CACHOEIRA DAS ALMAS RIO DO SONO (MG) SUB-BACIA: RIO PARACATU - PERÍODO 01/01/1970 A 31/12/2005. ....	55
FIGURA 6.31 – VAZÃO DE BASE – MÉDIAS ANUAIS – POSTO 42850000 - CACHOEIRA DAS ALMAS RIO DO SONO (MG) SUB-BACIA: RIO PARACATU - PERÍODO 01/01/1970 A 31/12/2005. ....	55
FIGURA 6.32 – HIDROGRAMAS - VAZÕES DIÁRIAS DE BASE, ESD E TOTAL – POSTO – 44250000 – USINA DOS PANDEIROS MONTANTE NO RIO PANDEIROS SUB-BACIA: PANDEIROS / PARDO / MANGAI - PERÍODO 01/05/1973 A 31/12/2005. ....	56
FIGURA 6.33 – HIDROGRAMAS - VAZÕES DIÁRIAS DE BASE, ESD E TOTAL – POSTO – 44250000 – USINA DOS PANDEIROS MONTANTE NO RIO PANDEIROS SUB-BACIA: PANDEIROS / PARDO / MANGAI - PERÍODO 01/05/1973 A 31/12/2005. ....	56
FIGURA 6.34 – HIDROGRAMAS - VAZÕES DIÁRIAS DE BASE, ESD E TOTAL – POSTO 45210000 – LAGOA DAS PEDRAS NO RIO CARINHANHA SUB-BACIA: CARINHANHA - PERÍODO 01/05/1970 A 31/12/2005. ....	57
FIGURA 6.35 – VAZÃO DE BASE – MÉDIAS ANUAIS – POSTO 45210000 – LAGOA DAS PEDRAS NO RIO CARINHANHA SUB-BACIA: CARINHANHA - PERÍODO 01/05/1970 A 31/12/2005. ....	57
FIGURA 6.36 – HIDROGRAMAS - VAZÕES DIÁRIAS DE BASE, ESD E TOTAL – POSTO 45220000 – CAPITÃNEA NO RIO COXÁ SUB-BACIA: CARINHANHA - PERÍODO 01/01/1970 A 31/12/2005. ....	58
FIGURA 6.37 – VAZÃO DE BASE – MÉDIAS ANUAIS – POSTO 45220000 – CAPITÃNEA NO RIO COXÁ SUB-BACIA: CARINHANHA - PERÍODO 01/01/1970 A 31/12/2005. ....	58
FIGURA 6.38 – HIDROGRAMAS - VAZÕES DIÁRIAS DE BASE, ESD E TOTAL – POSTO 45910001 – SANTA MARIA DO VITÓRIA NO RIO CORRENTE SUB-BACIA: CORRENTE - PERÍODO 01/01/1977. ....	59
FIGURA 6.39 – VAZÃO DE BASE – MÉDIAS ANUAIS – POSTO 45910001 – SANTA MARIA DO VITÓRIA NO RIO CORRENTE SUB-BACIA: CORRENTE - PERÍODO 01/01/1977 A 31/12/2006. ....	59
FIGURA 6.40 – HIDROGRAMAS - VAZÕES DIÁRIAS DE BASE, ESD E TOTAL – POSTO 46610000 – SÃO SEBASTIÃO NO RIO GRANDE SUB-BACIA: ALTO GRANDE - PERÍODO 01/01/1970 A 31/12/2006. ....	60
FIGURA 6.41 – VAZÃO DE BASE – MÉDIAS ANUAIS – POSTO 46610000 – SÃO SEBASTIÃO NO RIO GRANDE SUB-BACIA: ALTO GRANDE - PERÍODO 01/01/1970 A 31/12/2006. ....	60
FIGURA 6.42 – HIDROGRAMAS - VAZÕES DIÁRIAS DE BASE, ESD E TOTAL – POSTO 46790000 – FORMOSA DO RIO PRETO NO RIO PRETO SUB-BACIA: MÉDIO/BAIXO GRANDE - PERÍODO 01/01/1970 A 31/12/2006. ....	61
FIGURA 6.43 – VAZÃO DE BASE – MÉDIAS ANUAIS – POSTO 46790000 – FORMOSA DO RIO PRETO NO RIO PRETO SUB-BACIA: MÉDIO/BAIXO GRANDE - PERÍODO 01/01/1970 A 31/12/2006. ....	61

---

FIGURA 6.44 – MAPA DE DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS E NO ENTORNO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS SELECIONADAS PARA ESTIMATIVA DE CONTRIBUIÇÃO DO SAU E SAA PARA AS VAZÕES DOS RIOS SÃO FRANCISCO E TOCANTINS. ....66

FIGURA 6.45 – ÁREAS DE AFLORAMENTOS DOS AQUIFEROS SAU E SAA E POSTOS FLUVIOMÉTRICOS PRINCIPAIS. ....70

FIGURA 6.46 – DETALHE DAS ÁREAS SUBTERRÂNEAS (SAU) E POSTOS FLUVIOMÉTRICOS PRINCIPAIS. ....71

FIGURA 6.47 – CONTRIBUIÇÃO DO SAU E DO SAA PARA A BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO – VAZÕES MÉDIAS MENSAS - PERÍODO 01/10/1975 A 30/09/2005. ....76

FIGURA 6.48 – CONTRIBUIÇÃO DO SAU E DO SAA PARA A BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO – VAZÕES MÉDIAS ANUAIS - PERÍODO 01/10/1975 A 30/09/2005 .....77

FIGURA 6.49 – CONTRIBUIÇÃO DO SAU E DO SAA PARA A BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO – VAZÕES MÉDIAS MENSAS – VALORES MÉDIOS, MÁXIMOS E MÍNIMOS - PERÍODO 01/10/1975 A 30/09/2005 .....78

FIGURA 6.50 – PARTICIPAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO DO SAU E DO SAA PARA A BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO EM SOBRADINHO – VAZÕES MÉDIAS MENSAS – VALORES MÉDIOS, MÁXIMOS E MÍNIMOS - PERÍODO 01/10/1975 A 30/09/2005 .....85

FIGURA 6.51 – PARTICIPAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO DO SAU E DO SAA PARA A BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO EM XINGÓ – VAZÕES MÉDIAS MENSAS – VALORES MÉDIOS, MÁXIMOS E MÍNIMOS - PERÍODO 01/10/1975 A 30/09/2005 .....86

**SUMÁRIO DE QUADROS**

**VOLUME 1 - TOMO II**

**PÁG.**

QUADRO 6.1 - BACIAS E SUB-BACIAS NA ÁREA DO SAU/SAA .....	22
QUADRO 6.2 - TOTAL PRECIPITADO MÉDIO NA ÁREA DO SAU/SAA POR SUB-BACIA – PERÍODO DE 1970 A 2010 .....	29
QUADRO 6.3 - POSTOS FLUVIOMÉTRICOS PRINCIPAIS NA ÁREA DO SAU/SAA DISPONIBILIDADE DE DADOS .....	46
QUADRO 6.4 – CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DOS POSTOS FLUVIOMÉTRICOS SELECIONADOS.....	47
QUADRO 6.5 - POSTOS FLUVIOMÉTRICOS PRINCIPAIS NA ÁREA DO SAU/SAA DISPONIBILIDADE DE DADOS .....	49
QUADRO 6.6 – POSTOS PRINCIPAIS – BACIA DO SÃO FRANCISCO.....	54
QUADRO 6.7 – VAZÃO DE BASE ESPECÍFICA ( $Q_{BESPEC.}$ , EM L/S/KM <sup>2</sup> ) EFLUENTE DOS SISTEMAS AQUÍFEROS URUCIA E AREADO. ....	62
QUADRO 6.8 – RESUMO DA RELAÇÃO ENTRE AS VAZÕES DE BASES MÁXIMA ( $Q_{B_{MAX}}$ ) E MÍNIMA ( $Q_{B_{MIN}}$ ) COM A MÉDIA ( $Q_{B_{MÉD}}$ ).....	62
QUADRO 6.9 – ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS NA ÁREA DO SAU/SAA. ....	69
QUADRO 6.10 – ÁREA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA DOS POSTOS PRINCIPAIS NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO (SAU) .....	72
QUADRO 6.11 – CONTRIBUIÇÃO DO SAU PARA O RIO SÃO FRANCISCO NAS SUB-BACIAS COM POSTOS FLUVIOMÉTRICOS REPRESENTATIVOS .....	74
QUADRO 6.12 – CONTRIBUIÇÃO DO SAU/SAA PARA O RIO SÃO FRANCISCO NAS SUB-BACIAS SEM POSTOS FLUVIOMÉTRICOS REPRESENTATIVOS .....	74
QUADRO 6.13 – CONTRIBUIÇÃO DO SAU E SAA PARA A BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO. ....	75
QUADRO 6.14 – CONTRIBUIÇÃO DO SAU E SAA PARA AS BACIAS DOS RIOS TOCANTINS, PARNAÍBA E PARANAÍBA. ....	79
QUADRO 6.15 – CONTRIBUIÇÃO TOTAL DO SAU E SAA.....	80
QUADRO 6.16 – VAZÕES NATURAIS DO RIO SÃO FRANCISCO EM SOBRADINHO EM M <sup>3</sup> /S - OUTUBRO DE 1975 A SETEMBRO DE 2005 .....	81
QUADRO 6.17 – VAZÕES NATURAIS DO RIO SÃO FRANCISCO EM XINGÓ EM M <sup>3</sup> /S – .....	82
QUADRO 6.18 – PARTICIPAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO (%) DO SAU/SAA NAS VAZÕES NATURAIS DO RIO SÃO FRANCISCO EM SOBRADINHO –OUT/1975 A SET/2005.....	83
QUADRO 6.19 – PARTICIPAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO (%) DO SAU/SAA NAS VAZÕES NATURAIS DO RIO SÃO FRANCISCO EM XINGÓ –OUT/1975 A SET/2005. ....	84
QUADRO 6.20 – RESUMO DAS VAZÕES NATURAIS DO RIO SÃO FRANCISCO EM SOBRADINHO EM M <sup>3</sup> /S – OUTUBRO/1975 A SETEMBRO/2005. ....	87
QUADRO 6.21 – RESUMO DAS VAZÕES NATURAIS DO RIO SÃO FRANCISCO EM XINGÓ EM M <sup>3</sup> /S – OUTUBRO DE 1975 A SETEMBRO DE 2005. ....	87
QUADRO 6.22 – RELAÇÕES EM PORCENTAGEM DA CONTRIBUIÇÃO DO SAU E SAA NAS VAZÕES NATURAIS DO RIO SÃO FRANCISCO EM SOBRADINHO - OUT/1975 A SET/2005. ....	87
QUADRO 6.23 – RELAÇÕES EM PORCENTAGEM DA CONTRIBUIÇÃO DO SAU E SAA NAS VAZÕES NATURAIS DO RIO SÃO FRANCISCO EM XINGÓ - OUT/1975 A SET/2005. ....	88

**SUMÁRIO**

**VOLUME 1 - TOMO II**

	<b>PÁG.</b>
<b>APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>2</b>
<b>6. ESTUDOS CLIMATOLÓGICOS E AVALIAÇÃO HIDROLÓGICA.....</b>	<b>11</b>
6.1 ESTUDOS CLIMATOLÓGICOS .....	11
6.1.1 <i>Dados Utilizados.....</i>	11
6.1.2 <i>Comportamento das Variáveis Climáticas.....</i>	13
6.1.3 <i>Caracterização Climatológica.....</i>	20
6.2 AVALIAÇÃO HIDROLÓGICA.....	20
6.2.1 <i>Levantamento de Dados Pluviométricos e Fluviométricos.....</i>	21
6.2.2 <i>Análise de Consistência e Obtenção das Séries .....</i>	28
6.2.3 <i>Caracterização do Regime Pluviométrico na Região.....</i>	29
6.2.4 <i>Caracterização Hidrológica.....</i>	45
6.3 CONTRIBUIÇÃO DO SAU E DO SAA PARA AS VAZÕES DOS RIOS SÃO FRANCISCO E TOCANTINS .....	49
6.3.1 <i>Escolha do Método de Trabalho .....</i>	50
6.3.2 <i>Resumo e Avaliação dos Resultados .....</i>	89
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>91</b>

## 6. ESTUDOS CLIMATOLÓGICOS E AVALIAÇÃO HIDROLÓGICA

Este capítulo tem como objetivo apresentar os resultados obtidos nas seguintes atividades: estudos climatológicos, avaliação hidrológica e a contribuição dos sistemas aquíferos Urucuia (SAU) e Areado (SAA) para as vazões dos rios São Francisco e Tocantins, com base na análise de dados históricos de estações meteorológicas e das vazões de base de estações fluviométricas de rios que drenam as áreas de afloramento desses sistemas aquíferos.

O presente documento consiste numa simplificação do conteúdo completo desse tema, disponível em meio digital no banco de dados desses estudos, no documento intitulado: **Relatório Técnico – Avaliação Climatológica e Hidrológica dos Sistemas Aquíferos Urucuia e Areado.**

---

### 6.1 ESTUDOS CLIMATOLÓGICOS

O presente capítulo apresenta a caracterização climatológica na área onde estão localizadas as áreas de afloramento do SAU e do SAA considerando os parâmetros que controlam e determinam os processos climatológicos ocorrentes na região, a partir dos dados obtidos de estações meteorológicas existentes na área (Figura 6.1).

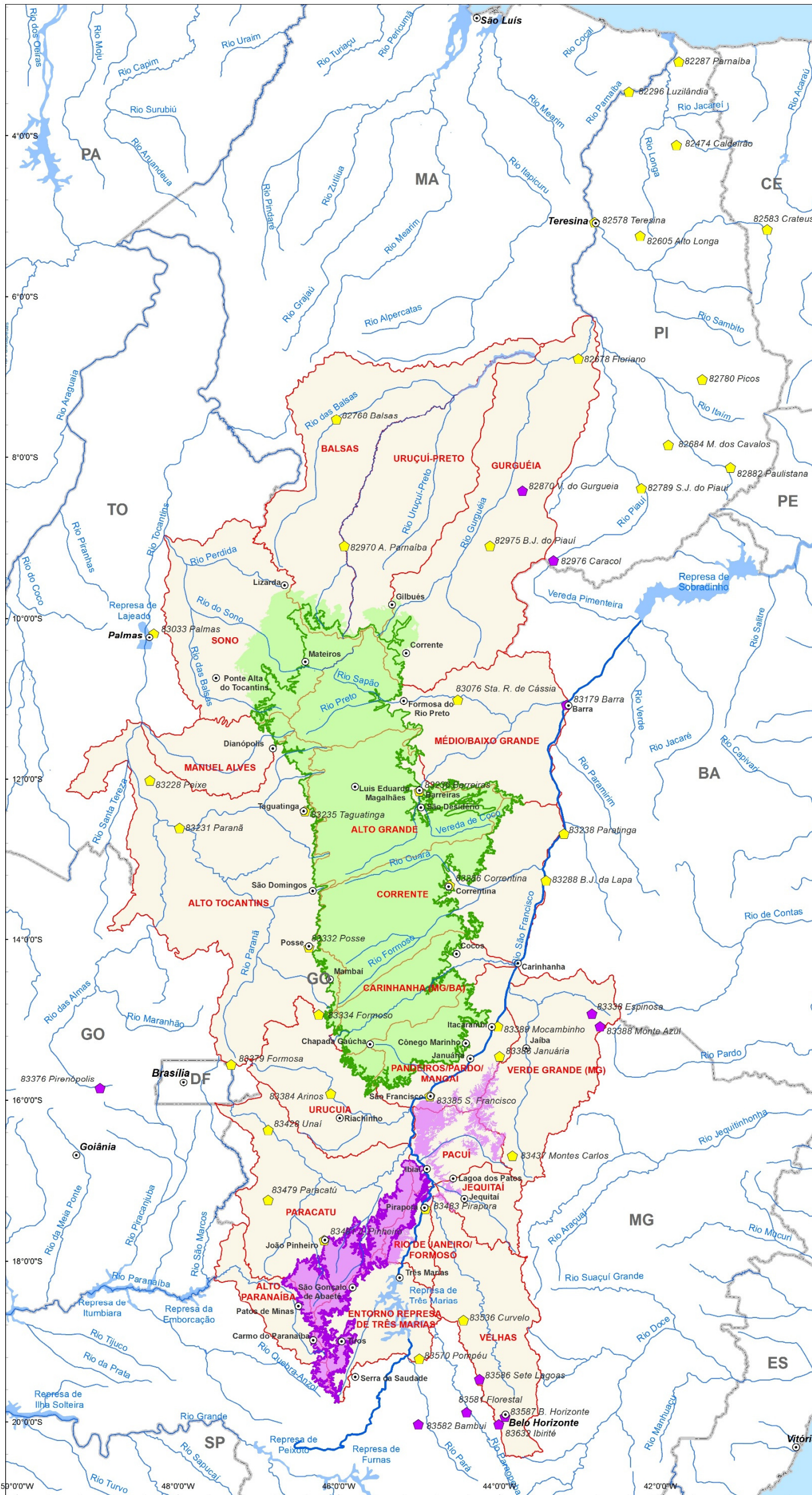
#### 6.1.1 Dados Utilizados

Para a realização dos estudos climatológicos, inicialmente, foram identificadas as estações meteorológicas existentes e localizadas nos limites dos Sistemas Aquíferos Urucuia e Areado e circunvizinhança. Todas as estações consultadas no banco de dados do Hidroweb pertencem ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

Para a caracterização climatológica da região de estudo optou-se pela utilização das Normais Climatológicas do período de 1961 a 1990, publicadas pelo INMET (2009). A Figura 6.1 ilustra a localização das estações existentes na região e aquelas selecionadas para utilização no presente estudo de caracterização climatológica. Todas as estações apresentadas no mapa estão identificadas pelo nome e código e estão denominadas como postos climatológicos.

Dentre estas variáveis avaliadas para a caracterização climatológica constam: temperatura média, temperatura máxima, temperatura mínima, pressão atmosférica, insolação, nebulosidade, umidade relativa, precipitação, intensidade do vento e evaporação.

Na elaboração dos gráficos de cada variável climática apresentados a seguir foram considerados os valores normais extremos (mínimo e máximo) de cada variável e o valor médio, obtido por média aritmética, para todos os postos analisados.



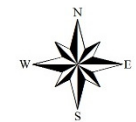
Mapa de localização da área de estudo

**Convenções Cartográficas**

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

**Legenda**

- Rio São Francisco
- Postos climatológicos utilizados
- Postos climatológicos levantados
- SAU
- SAA
- Limites operacionais do SAU
- Limites operacionais do SAA



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 Urucuaia e Proposição de Modelo de Gestão Integrada e Compartilhada		
TÍTULO		
Localização das estações climatológicas existentes na região de estudo		
ESCALA NUMÉRICA	NÚMERO FIGURA	
1:5.200.000	6.1	
ESCALA GRÁFICA	0 15 30 60 90 120 Km	

Figura 6.1 – Localização das estações climatológicas existentes na região de estudo.

## 6.1.2 Comportamento das Variáveis Climáticas

### 6.1.2.1 Temperatura Média

Os valores de temperatura média correspondem à temperatura média compensada, ou seja, média ponderada entre as temperaturas máxima, mínima e observadas em horários específicos. Conforme pode ser observado na Figura 6.2 a Temperatura Média Compensada na região de estudo varia entre 18° C e 30° C.

Na região de Barreiras – BA – (posto 83236 Barreiras), a temperatura média compensada varia entre o máximo de 26,4 °C e o mínimo de 21,9 °C. Já na região de João Pinheiro – MG – (posto 93481 João Pinheiro), o valor máximo é de 23,7 °C e o mínimo de 19,9 °C.

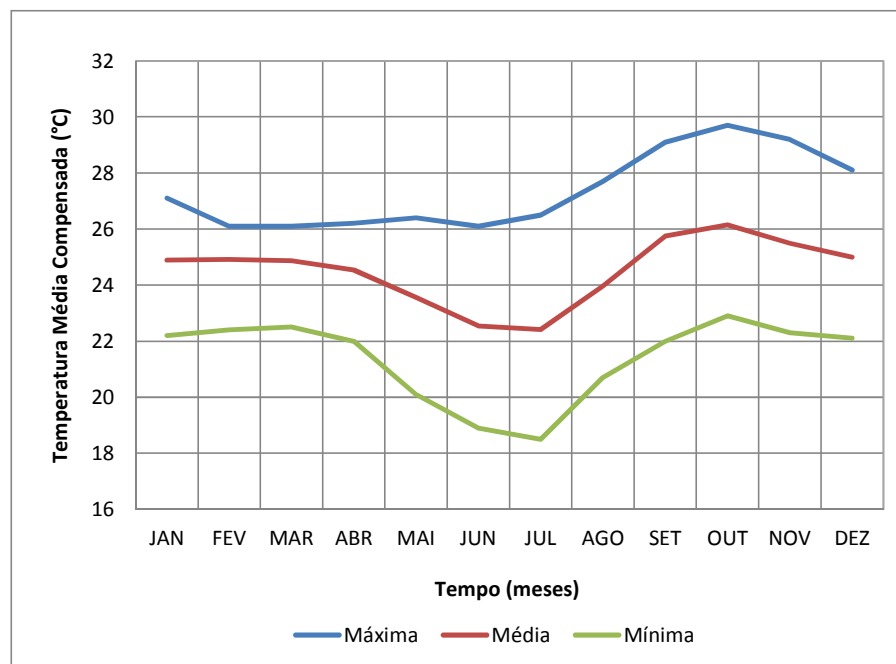


Figura 6.2 – Normais de temperatura média compensada (°C) na região de estudo – 1961 a 1990.

### 6.1.2.2 Pressão Atmosférica

Os valores normais de pressão atmosférica correspondem à média aritmética simples dos valores registrados diariamente, nos três horários diários de observação.

Conforme pode ser observado na Figura 6.3, a região de estudo apresenta uma amplitude anual de aproximadamente 90 hPa, com máximo de cerca de 1.004 hPa em julho e mínimo de aproximadamente 909 hPa em janeiro.

Na região de Barreiras – BA – (posto 83236 Barreiras), a pressão atmosférica varia entre o máximo de 964,1 hPa e o mínimo de 959,2 hPa. Já na região de João Pinheiro – MG – (posto 93481 João Pinheiro), o valor máximo é de 932,9 hPa e o mínimo de 927,1 hPa.



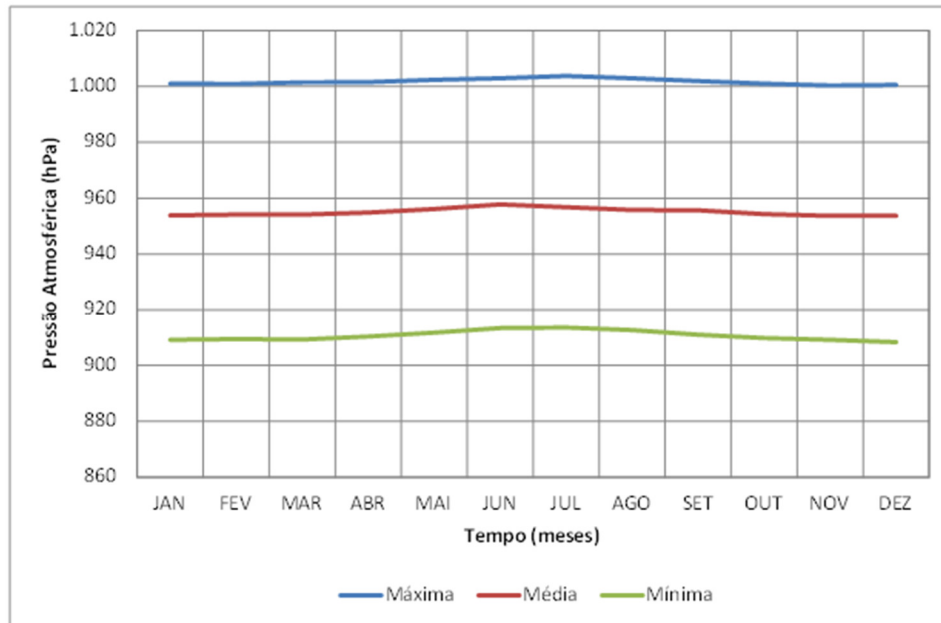


Figura 6.3 – Normais de pressão atmosférica (hPa) na região de estudo – 1961 a 1990.

### 6.1.2.3 Insolação

A insolação é definida como o número de horas e décimos de horas de brilho solar incidente sobre um anteparo disposto horizontalmente à superfície. Depende dos fatores astronômicos, da nebulosidade e do livre horizonte na trajetória solar do poente ao ocaso.

Na Figura 6.4 observa-se a grande amplitude de variação de horas de insolação na região de estudo, variando entre 100 e 320 h mensais. Em termos médios, os valores máximos ocorrem de Agosto; A partir desse mesmo mês começa há uma diminuição da insolação, com mínimos em Dezembro. O total anual médio de horas de insolação na região é de aproximadamente 2.575 horas.

Na região de Barreiras – BA – (posto 83236 Barreiras), a insolação varia entre o máximo de 286,2 h e o mínimo de 186,7 h. Já na região de João Pinheiro – MG – (posto 93481 João Pinheiro), o valor máximo é de 272,9 h e o mínimo de 167,7 h.

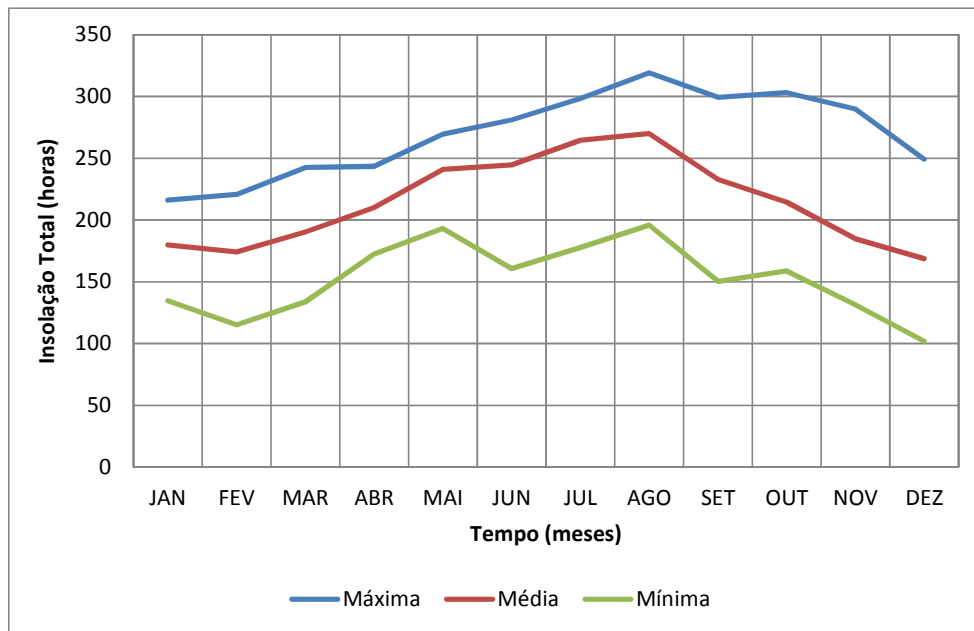


Figura 6.4 – Normais de insolação (horas) na região de estudo – 1961 a 1990.

#### 6.1.2.4 Nebulosidade

O Índice de Nebulosidade é um número que representa a parcela do tempo entre as horas totais de luz solar e as horas efetivas de Insolação. O Índice de Nebulosidade pode variar entre 0, situação em que no período analisado não foram registradas horas com insolação e 1, onde inversamente durante todo o período ocorreu insolação.

Na Figura 6.5 observa-se que a região de estudo apresenta grande amplitude de variação sazonal dos valores médios de nebulosidade, com máximo de 8 décimos no verão (de novembro a março) e mínima cobertura de céu no inverno, com valores de 2 décimos de abril a setembro.

Tanto na região de Barreiras – BA – (posto 83236 Barreiras) quanto na região de João Pinheiro – MG – (posto 93481 João Pinheiro), a nebulosidade varia entre o máximo de 7 décimos no verão e o mínimo de 3 décimos no inverno.

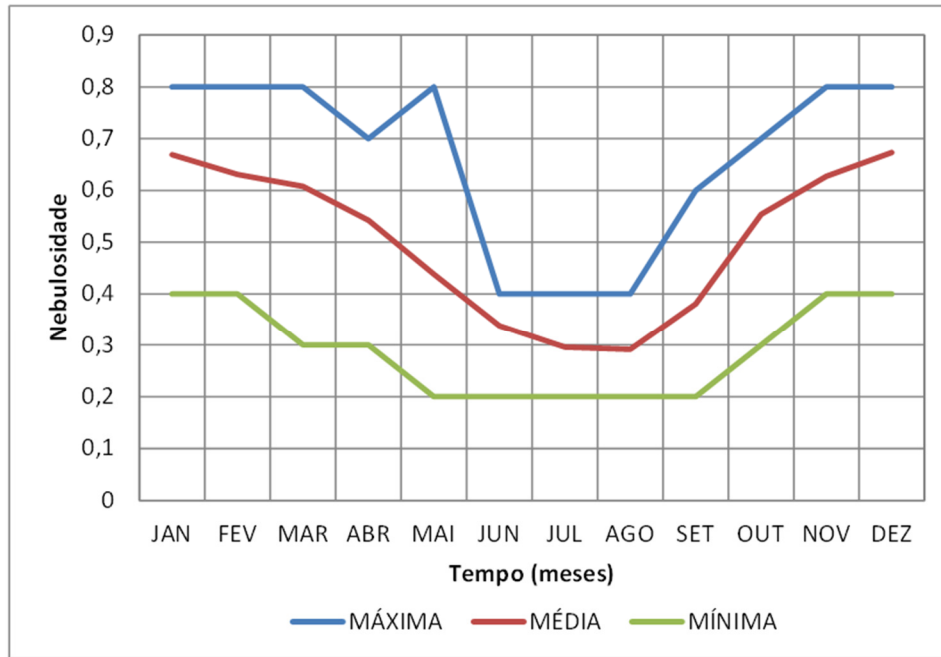


Figura 6.5 – Normais de nebulosidade na região de estudo – 1961 a 1990.

#### 6.1.2.5 Umidade Relativa

Os valores normais de umidade relativa correspondem à média aritmética simples dos valores registrados diariamente, nos três horários diários de observação.

Na Figura 6.6 pode ser observado que a região de interesse apresenta uma nítida sazonalidade no tocante à umidade relativa, com valores máximos no final do verão e mínimos no final do inverno. Para a região em estudo a umidade relativa média apresenta valores crescentes nos meses de setembro a fevereiro, que se situam na faixa de 53% a 77%. Nos demais meses, a umidade relativa decresce. A amplitude anual da umidade relativa do ar na região é de aproximadamente 47%.

O valor máximo observado de 88,7 % ocorre em Janeiro em Paracatu – MG – (posto 83479 Paracatu) enquanto o mínimo de 41,3 % ocorre em Bom Jesus do Piauí – PI – (posto 82975 Bom Jesus do Piauí).

Na região de Barreiras – BA – (posto 83236 Barreiras), a umidade relativa do ar varia entre o máximo de 79,9% e o mínimo de 47,1%. Já na região de João Pinheiro – MG – (posto 93481 João Pinheiro), o valor máximo é de 78,9% e o mínimo de 58,4%.

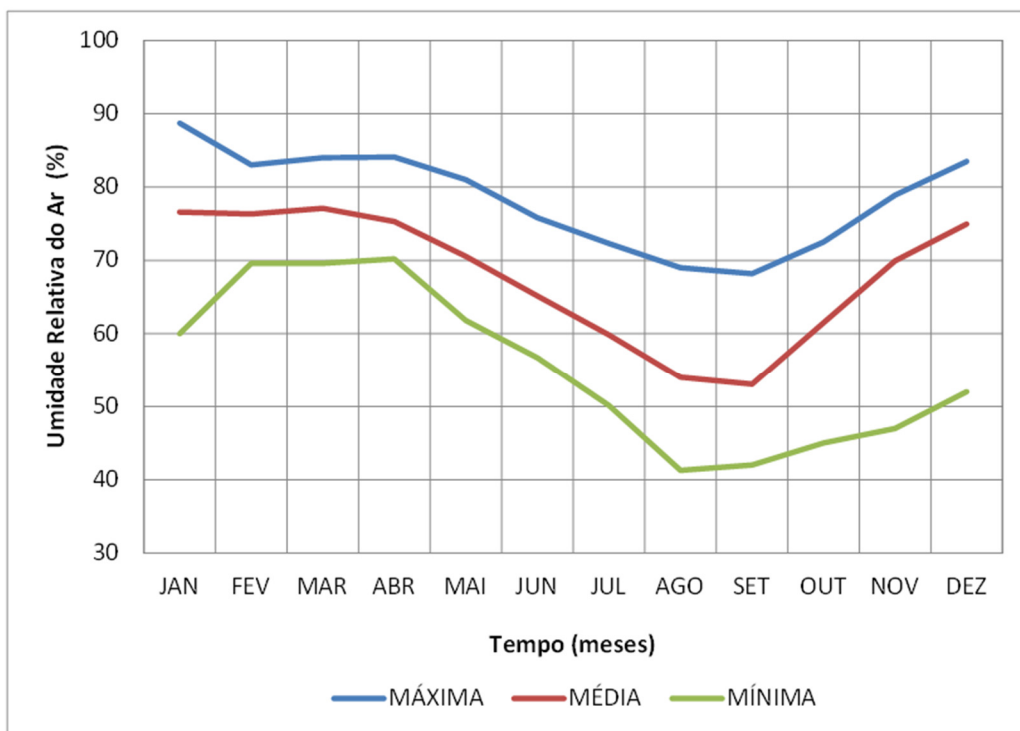


Figura 6.6 – Normais de umidade relativa do ar (%) na região de estudo – 1961 a 1990.

### 6.1.2.6 Precipitação

A Figura 6.7 apresenta os valores normais do total mensal de precipitação para o período de 1961 a 1990 na região de estudo.

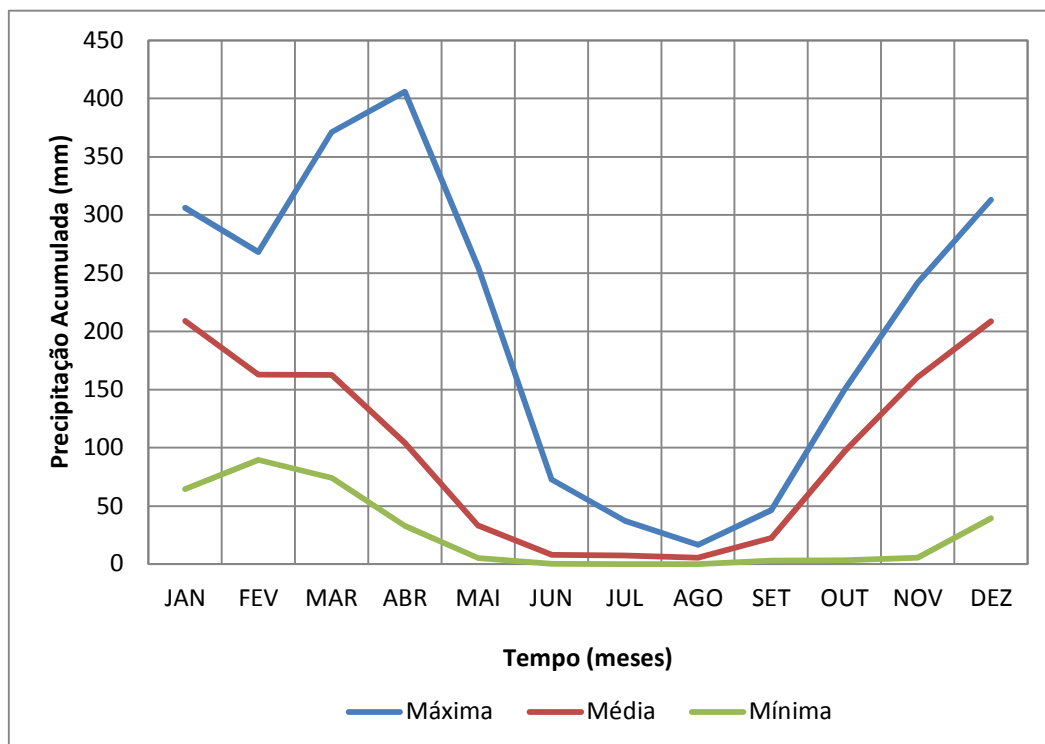


Figura 6.7 – Normais mensais de precipitação acumulada (mm) na região de estudo – 1961 a 1990.

Na região de Barreiras – BA – (posto 83236 Barreiras), a precipitação acumulada varia entre o máximo de 205 mm e o mínimo de 1,2 mm. Já na região de João Pinheiro – MG – (posto 93481 João Pinheiro), o valor máximo é de 266,3 mm e o mínimo de 1,6 mm. Diversas estações registram meses com precipitação nula, nos meses de maio a novembro. O total anual de precipitação varia entre 745,0 mm e 1.615,2 mm, com média de 1.168,8 mm para a região do SAU. A distribuição geográfica da precipitação é tratada adiante no mapa de isoietas da região.

### 6.1.2.7 Intensidade do Vento

Os valores normais de intensidade do vento são obtidos a partir da média diária de três observações de velocidade do vento.

A Figura 6.8 apresenta os valores normais de velocidade média do vento mês a mês para o período de 1961 a 1990 na região de estudo.

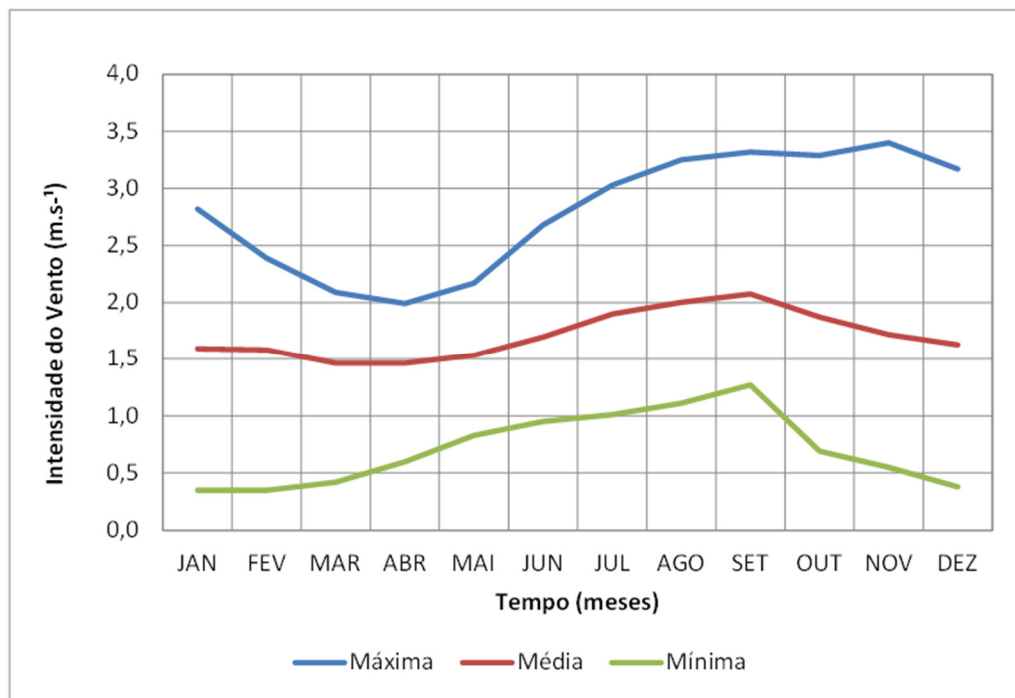


Figura 6.8 – Normais mensais de velocidade média do vento (m.s<sup>-1</sup>) na região de estudo – 1961 a 1990.

Conforme pode ser observado na figura, na região de interesse, a velocidade do vento varia entre um mínimo de 0,35 m/s, em janeiro, a um máximo de 3,4 m/s em novembro. Constata-se também uma tendência de aumento da velocidade do vento no período de abril a outubro e de decréscimo a partir deste mês.

### 6.1.2.8 . Evaporação

Conforme pode ser observado na Figura 6.9, a região de estudo apresenta grande variação na evaporação mensal acumulada, observando-se o valor máximo de 510 mm em setembro e mínimo de 51 mm em junho, o que resulta em amplitude de 459 mm.

É possível observar, para evaporação média, que nos meses de dezembro a abril a variação dos valores normais é muito pequena, mudando de comportamento no período de maio a setembro quando ocorre uma elevação gradual até voltar a diminuir entre os meses de outubro e dezembro.

Na região de Barreiras – BA – (posto 83236 Barreiras), a evaporação varia entre o máximo de 240,8 mm e o mínimo de 69,4 mm m/s. Já na região de João Pinheiro – MG – (posto 93481 João Pinheiro), o valor máximo é de 188,2 mm e o mínimo de 92,2 mm.

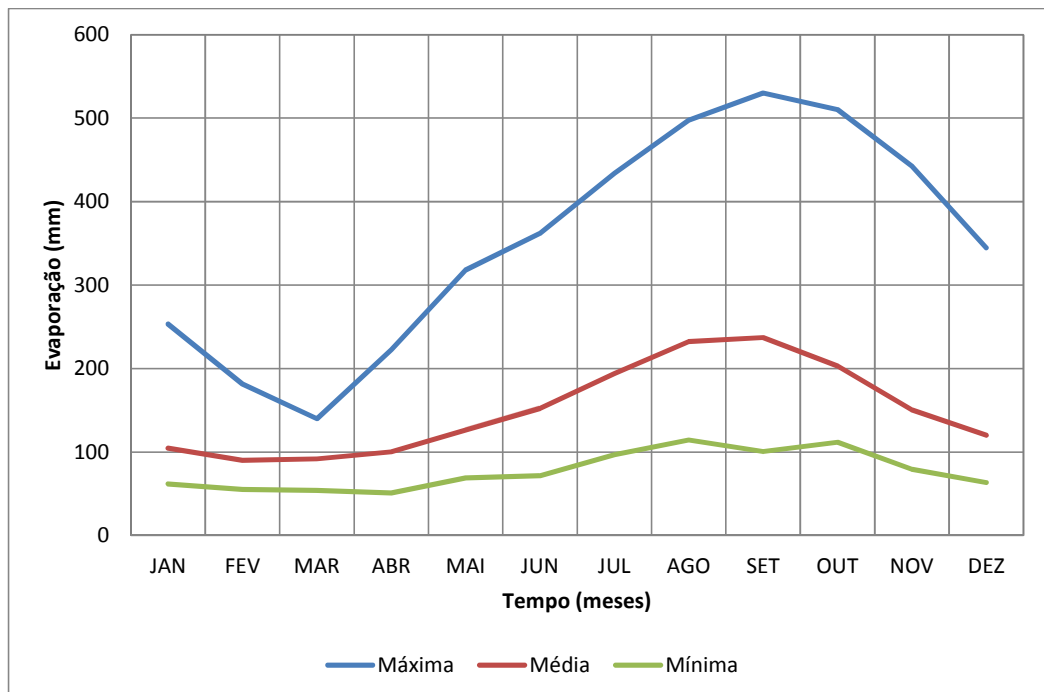


Figura 6.9 – Normais mensais de evaporação acumulada (mm) na região de estudo – 1961 a 1990.

### 6.1.3 Caracterização Climatológica

Segundo a classificação climática de Köppen, a área ocupada pela porção central dos Sistemas Aquíferos Urucuia (SAU) e Areado (SAA), nos afluentes do rio São Francisco, é em grande parte do tipo **Tropical Úmido**, caracterizada pela estação seca no inverno e amplitude térmica mensal menor que 5°C (**Awi**). A porção inferior dessas bacias, localizada no extremo leste próximo a calha do rio São Francisco, é classificada como do tipo **Semiárido**, caracterizada pela estação seca no inverno, com temperaturas sempre superiores aos 18 °C (**BSwhi**) e amplitude térmica mensal menor que 5°C (**Awi**). Esta diferença climatológica está associada, em grande parte, aos sistemas de circulação perturbada de oeste e norte, que condicionam a distribuição pluviométrica na região.

Utilizando-se a classificação climática de Thornthwaite (1948), a região ocupada pela parte central do SAU nos afluentes do rio São Francisco é, em grande parte, do tipo **subúmido megatérmico**. O extremo leste na parte baixa desses rios é classificado como **semiárido megatérmico**.

A região a oeste da parte central da área de estudo nos afluentes do rio Tocantins, segundo a classificação climática de Köppen, têm clima **Tropical Quente e Úmido (Aw)**, caracterizado pelo inverno seco e ameno, com boa definição das estações chuvosa e seca e temperatura média do mês mais frio superior a 18 °C. Utilizando-se a classificação climática de Thornthwaite, esta região têm dois climas distintos, a saber:

- ✓ Da divisa com a Bahia até a longitude 47°W, o clima é do tipo **C1dA'a' – clima subúmido seco**, com moderada deficiência hídrica no inverno, megatérmico, com evapotranspiração potencial média anual de 1.300 mm e concentração de evapotranspiração potencial no verão em torno de 28% (três meses consecutivos com temperaturas mais elevadas);
- ✓ Da longitude 47°W até a foz destes rios no rio Tocantins, o clima é do tipo **C2wA'a' – clima úmido subúmido**, com moderada deficiência hídrica no inverno, megatérmico, com evapotranspiração potencial média anual de 1.500 mm e concentração de evapotranspiração potencial no verão em torno de 28% (três meses consecutivos com temperaturas mais elevadas).

## 6.2 AVALIAÇÃO HIDROLÓGICA

Devido à importância do Sistema Aquífero Urucuia e Areado na manutenção do fluxo de base dos rios da área de estudo e à preocupação de que a exploração intensiva dos recursos hídricos subterrâneos possa reduzir acentuadamente o escoamento superficial, foi avaliada a parcela do escoamento subterrâneo nas descargas dos rios. Assim, um dos objetivos finais da avaliação hidrológica efetuada foi apresentar a quantificação da contribuição do SAU para as vazões dos rios São Francisco e Tocantins.

Esses sistemas aquíferos contribuem, principalmente, para as vazões de base de importantes afluentes da margem esquerda do médio São Francisco, como o rio Grande, Corrente,

Carinhanha, Pandeiros e Paracatu. Para a bacia do rio Tocantins, o Sistema Aquífero Urucuia contribui para as vazões de base de afluentes da margem direita do Alto rio Tocantins, como os rios do Sono, Manuel Alves e Balsas. E ainda de forma ínfima para o Alto Paranaíba e Parnaíba.

Para essa avaliação procedeu-se a separação dos componentes de fluxo nos hidrogramas dos postos selecionados e um balanço hídrico, partindo das seguintes atividades:

- ✓ Identificação dos postos pluviométricos e fluviométricos na região do SAU/SAA e em áreas circunvizinhas;
- ✓ Obtenção dos dados no banco de dados Hidroweb da ANA;
- ✓ Seleção dos postos;
- ✓ Análise de consistência dos dados pluviométricos e fluviométricos;
- ✓ Preenchimento de falhas e obtenção das séries.

### **6.2.1 Levantamento de Dados Pluviométricos e Fluviométricos**

O levantamento de todos os postos pluviométricos e fluviométricos existentes na região de estudo foi efetuado a partir da identificação inicial de bacias hidrográficas e sub-bacias localizadas total ou parcialmente nessa região. Fazendo-se o cruzamento dos limites dos aquíferos com os limites dessas bacias foi possível identificar e selecionar os postos localizados na área de ocorrência dos aquíferos e áreas circunvizinhas. No Quadro 6.1 são apresentadas as bacias e as sub-bacias hidrográficas consideradas neste estudo. A Figura 6.10 apresenta a definição das sub-bacias.

Consultando o banco de dados do Hidroweb utilizando filtros por sub-bacia e coordenadas geográficas foram identificados os postos pluviométricos e fluviométricos localizados na área de interesse, resultando em pré-seleção de 860 postos pluviométricos e 315 postos fluviométricos para realização dos estudos.

Para os postos pré-selecionados foram elaborados gráficos de disponibilidade de dados, indicando a existência de registros no Hidroweb, para cada posto pluviométrico ou fluviométrico, mês a mês no período de 1930 a 2010.



**QUADRO 6.1 - BACIAS E SUB-BACIAS NA ÁREA DO SAU/SAA**

<i>Bacia</i>		<i>Sub-bacia – ANA/HIDROWEB</i>		<i>Sub-bacia</i>
<i>Código</i>	<i>Nome</i>	<i>Código</i>	<i>Nome</i>	<i>Nome</i>
2	Tocantins	20	Rio Tocantins, Maranhão, Palmas	Alto Tocantins
		21	Rio Tocantins, Paranã, Palma	
		22	Rio Tocantins, Manuel Alves, Sono	Manuel Alves Rio do Sono (TO)
3	Atlântico Trecho Norte/Nordeste	34	Rio Parnaíba	Balsas (PI)
				Uruçuí-Preto
				Gurguéia
4	Rio São Francisco	40	Rios São Francisco, Paraopeba	Entorno Represa de Três Marias
		41	Rios São Francisco, Das Velhas	
		42	Rios São Francisco, Paracatu	Jequitaí Paracatu
		43	Rios São Francisco, Urucuia	Pacuí Urucuia
		44	Rios São Francisco, Verde Grande	Pandeiros / Pardo / Mangai Verde Grande
		45	Rios São Francisco, Carinhanha	Carinhanha Corrente
		46	Rios São Francisco, Grande	Alto Grande Médio/Baixo Grande
		6	Paraná	60

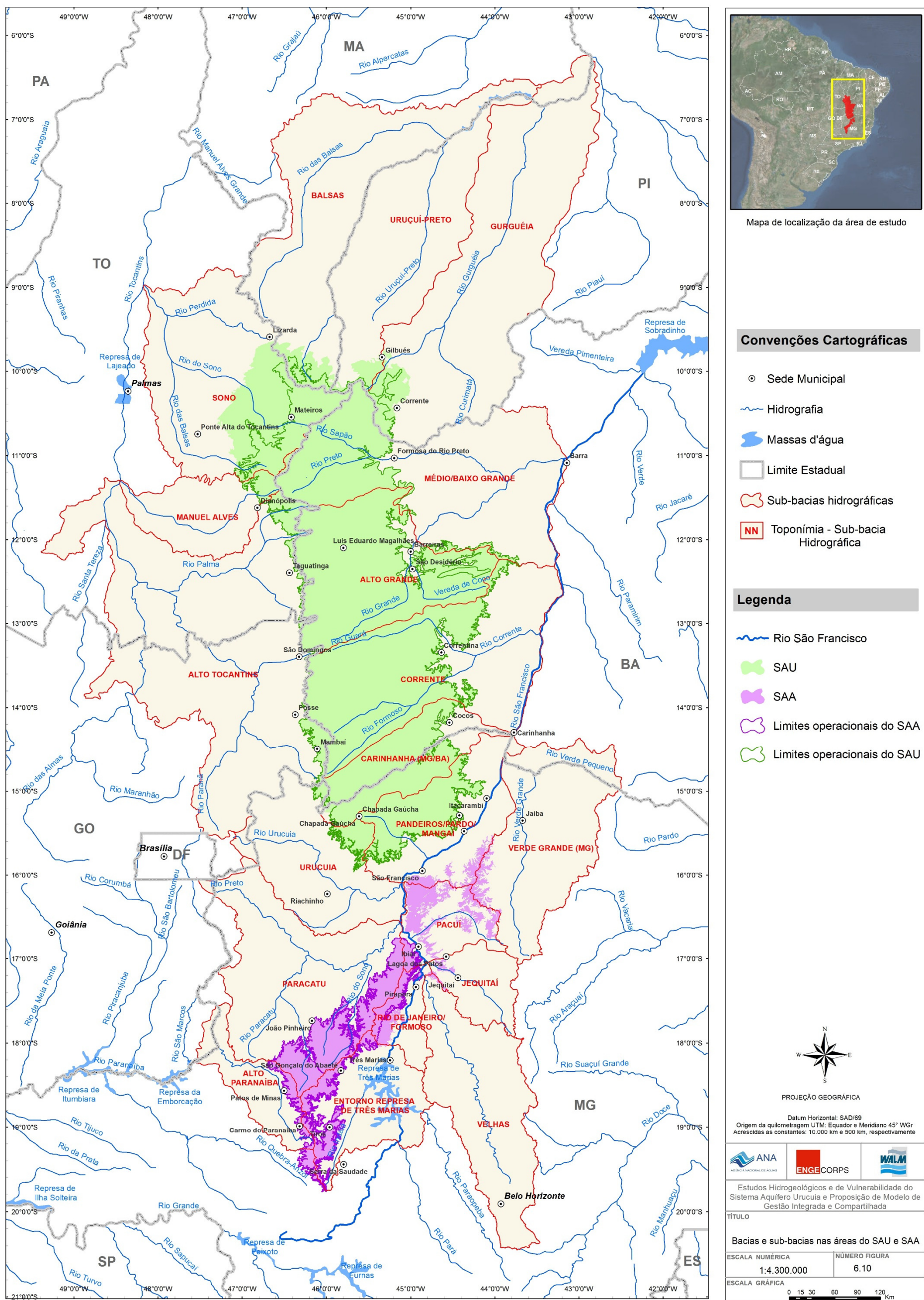


Figura 6.10 – Bacias e sub-bacias nas áreas do SAU e SAA.

### 6.2.1.1 Seleção de Dados Pluviométricos

A seleção foi feita considerando os seguintes critérios:

- ✓ Série com mais de 20 anos de dados pluviométricos;
- ✓ Postos pluviométricos situados no interior da região em estudo;
- ✓ Seleção de postos em áreas circunvizinhas nos locais onde a quantidade de postos foi considerada reduzida.

Para esta análise, considerou-se como um ano de disponibilidade a existência de 12 meses com dados, consecutivos ou não. Esses critérios resultaram na seleção de 255 postos pluviométricos. A relação dos postos pluviométricos selecionados está nos anexos deste trabalho (em meio digital), onde constam os códigos dos postos, a entidade responsável, o nome do posto, a sub-bacia a qual pertence o posto, segundo a ANA, o nome do município e estado onde está localizado o posto, a localização geográfica (latitude e longitude), a altitude e o número de anos e meses com dados.

A Figura 6.11 apresenta a localização dos postos pluviométricos selecionados na área de estudo e circunvizinhança, identificados no mapa em conjuntos de acordo com a extensão da série de dados: de 20 a 30 anos; de 30 a 40 anos e com mais de 40 anos. O período de dados utilizados nesta avaliação foi de 1970 a 2010.

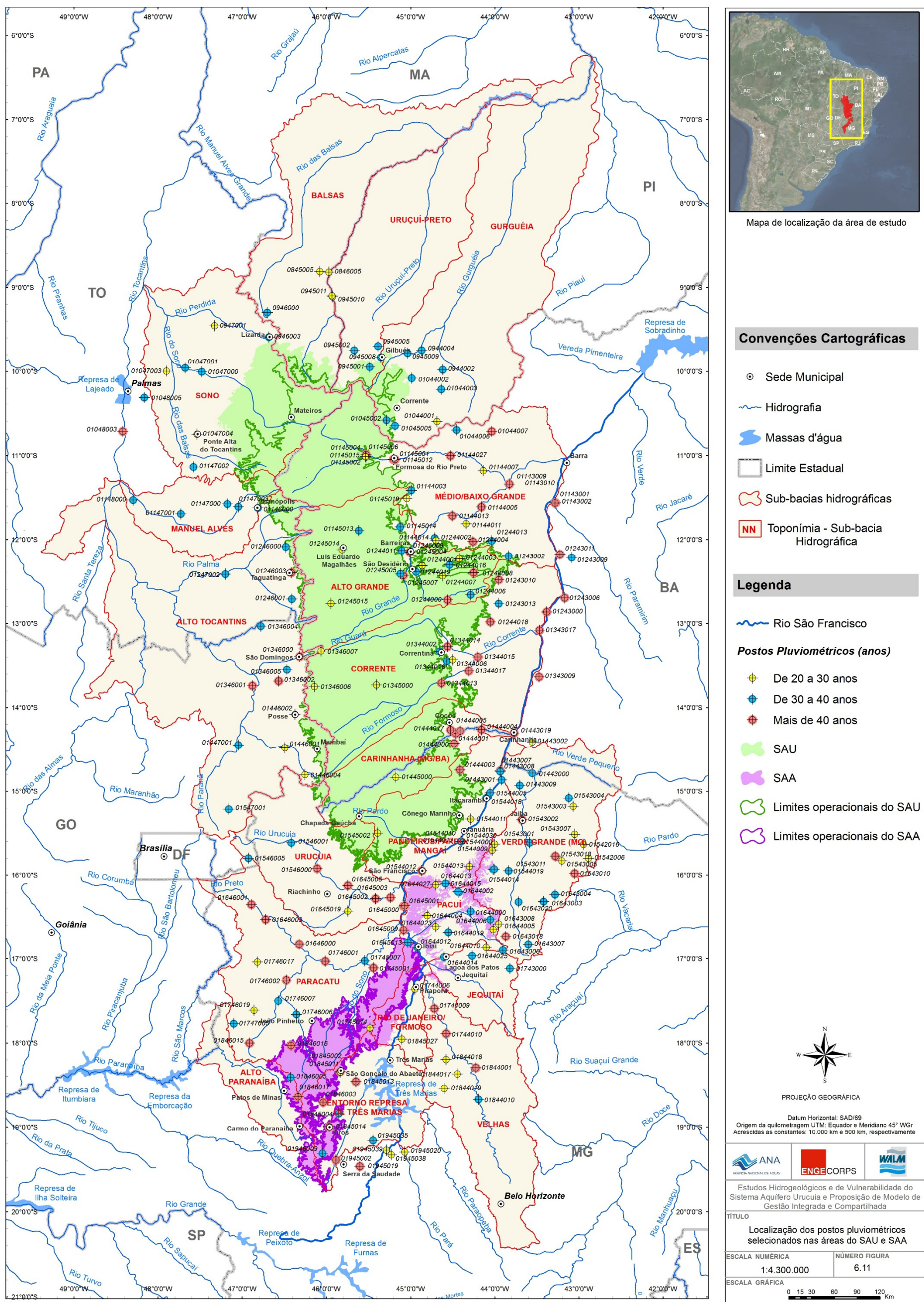


Figura 6.11 – Localização dos postos pluviométricos selecionados nas áreas do SAU e SAA.

### 6.2.1.2 Seleção dos Dados Fluviométricos

A seleção de postos a serem utilizados no estudo foi feita considerando os seguintes critérios:

- ✓ Postos fluviométricos com disponibilidade de dados no Hidroweb;
- ✓ Postos fluviométricos situados na área em estudo;
- ✓ Seleção de alguns postos circunvizinhos nas áreas com quantidade de postos reduzida.

Essa atividade resultou na identificação de 135 postos com disponibilidade de dados (Hidroweb) e localizados na área de estudo, para os quais foram realizadas as análises de consistência de dados, o preenchimento de falhas e a extensão das séries. A lista desses postos está disponível nos anexos deste trabalho (meio digital). Para cada posto fluviométrico é apresentado o código da ANA, o nome do posto, a sub-bacia segundo a ANA, o nome do município e o estado onde se localiza o posto, a localização geográfica (latitude e longitude), data de início e fim de operação do posto e a área de drenagem.

A Figura 6.12 ilustra a localização dos 135 postos fluviométricos selecionados na área de estudo. Os postos foram classificados em principais (aqueles situados próximo à borda da área do SAU, os quais melhor possibilitariam avaliar as vazões efluentes daquela formação) e axiliares, agrupados conforme a extensão das suas séries de dados.

Conforme pode ser observado na Figura 6.12, na bacia do rio São Francisco existem postos fluviométricos próximos aos limites do SAU, os quais possibilitam representar a hidrologia da área do SAU, em especial nas sub-bacias dos rios Grande, Corrente e Carinhanha. Nas demais sub-bacias a localização dos postos fluviométricos existentes faz com que os mesmos englobem extensas áreas alheias ao SAU, o que resulta em perda de representatividade hidrológica daquele aquífero.

Para possibilitar a estimativa da contribuição dos aquíferos para os rios São Francisco e Tocantins foram identificados em cada sub-bacia os postos:

- ✓ Que melhor representassem os aquíferos;
- ✓ Que fossem próximos aos aquíferos;
- ✓ Que apresentassem quantidade de dados consistentes e longos.

Essa análise resultou na identificação de 19 postos principais, os quais foram utilizados como base para a estimativa da contribuição do SAU.

O período de análise final adotado para os estudos da contribuição do aquífero para as bacias dos rios São Francisco e Tocantins foi de 30 anos.

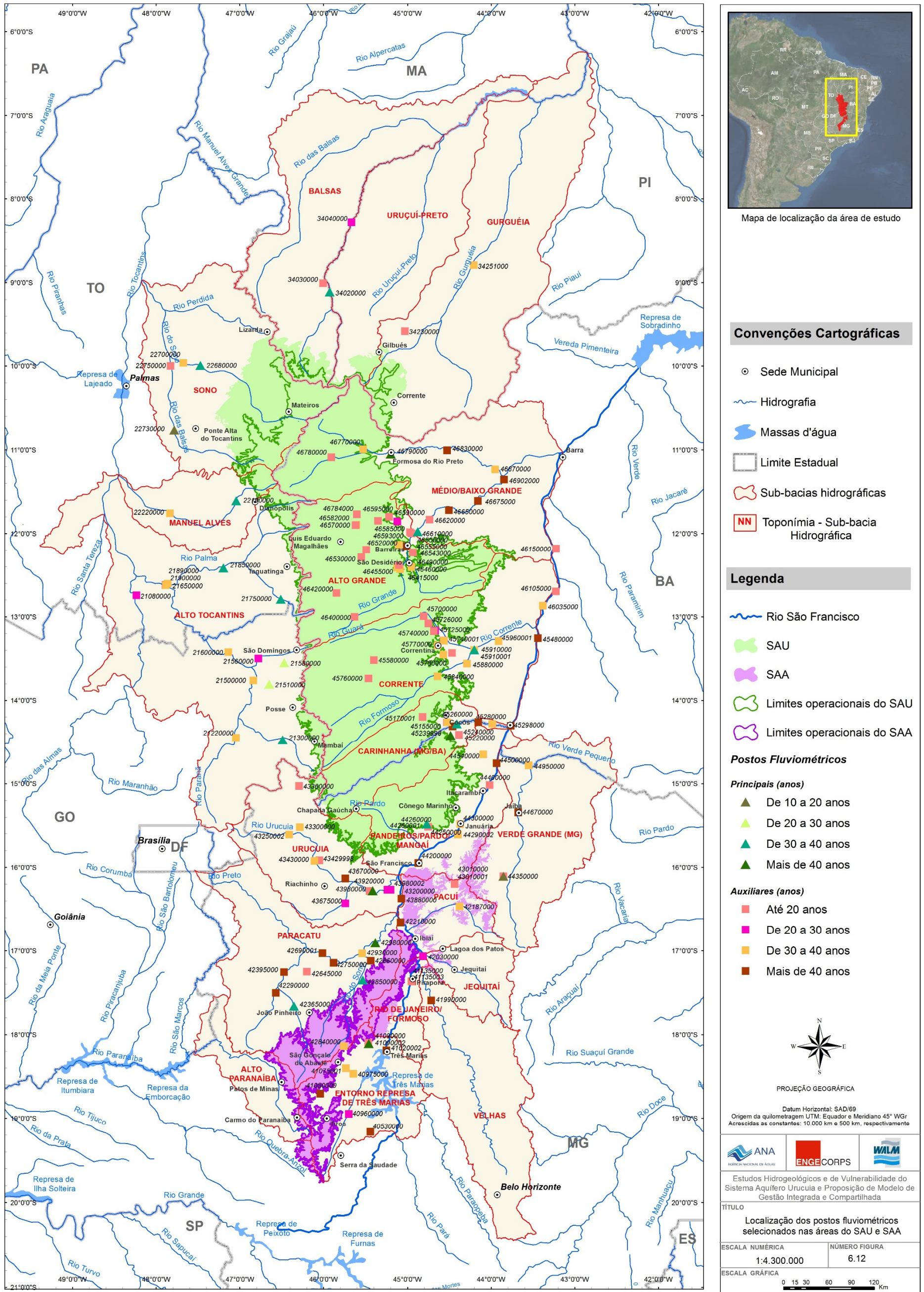


Figura 6.12 – Localização dos postos fluviométricos selecionados nas áreas do SAU e SAA.

## 6.2.2 *Análise de Consistência e Obtenção das Séries*

A análise de consistência foi desenvolvida com objetivo de verificar se os dados observados pelos órgãos competentes estavam coerentes e isentos de erros. Para o estudo em questão os primeiros procedimentos foram comuns para os dados pluviométricos e fluviométricos e estão apresentados a seguir.

- ✓ Classificação dos postos em função dos dados:
- ✧ Determinação do número de meses com dados em cada posto;
- ✧ Geração de tabelas com diagramas de barras de meses com dados de cada posto;
- ✧ Geração de mapa de classificação de postos em função do nº de dados (nº meses/12).
- ✓ Seleção do intervalo de tempo para o estudo: 1970 – 2010 (pluviométricos) e 1975 – 2005 (fluviométricos).
- ✓ Seleção dos postos principais no perímetro do SAU para cada rio/bacia.

Toda a descrição dos procedimentos de análise de consistência desses dados está disponível de forma completa na Nota Técnica Estudos Hidrológicos, disponível no banco de dados deste trabalho em meio digital.

### ➤ ***Dados Pluviométricos***

Para a análise de consistência dos dados pluviométricos, foram realizados os seguintes procedimentos metodológicos:

- ✓ Seleção de postos auxiliares;
- ✓ Preenchimento de falhas;
- ✓ Correlação de postos principais e auxiliares para período comum (curva dupla-massa);
- ✓ Análise das curvas dupla-massa das séries de precipitações mensais; e
- ✓ Determinação do mapa de isoietas na área de estudo.

### ➤ ***Dados Fluviométricos***

Para a consistência dos postos fluviométricos, tanto daqueles localizados na bacia do rio Tocantins quanto na bacia do rio São Francisco, a metodologia utilizada no presente estudo foi baseada nos seguintes pontos básicos:

- ✓ Análise comparativa das curvas cota x vazão consistidas com leituras observadas;
- ✓ Análise de consistência das cotas médias diárias (limnigramas);

- ✓ Análise de consistência das vazões médias diárias (hidrogramas);
- ✓ Determinação das séries de vazões dos postos principais: extensão da série de vazões médias diárias e preenchimento das falhas de observação.

Com o preenchimento das falhas nas séries de vazões diárias dos postos selecionados, foram calculadas as séries de vazões médias mensais de cada posto fluviométrico.

### 6.2.3 Caracterização do Regime Pluviométrico na Região

Após a consistência dos dados pluviométricos, definição dos postos e período de análise, procedeu-se a caracterização do regime pluviométrico da região de estudo. Essa caracterização consistiu no cálculo da precipitação média sobre a região do SAU/SAA em cada sub-bacia dos rios em análise (Quadro 6.2 - valores médios); e na elaboração de mapas de isoietas que representam linhas de mesma altura pluviométricas. Os mapas foram elaborados com as médias mensais e anuais para o período de 1970 a 2010.

**QUADRO 6.2 - TOTAL PRECIPITADO MÉDIO NA ÁREA DO SAU/SAA POR SUB-BACIA – PERÍODO DE 1970 A 2010**

<i>Bacia</i>	<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	<i>Dez</i>	<i>Anual</i>
Balsas	239	220	226	147	43	4	1	5	25	91	155	210	1.372
Uruçuí-Preto	206	190	196	116	25	2	1	4	18	80	135	196	1.157
Gurguéia	165	145	144	92	18	2	0	2	13	54	121	172	874
Médio Baixo Grande	178	160	154	80	17	2	0	1	13	61	140	177	975
Alto Grande	192	171	167	78	20	3	1	2	17	78	172	213	1.096
Corrente	172	145	156	73	14	3	1	3	18	79	169	200	1.032
Carinhanha	175	146	162	67	12	3	1	3	17	82	185	224	1.077
Pandeiro/Pardo/Mangaí	166	131	145	55	10	4	1	3	14	74	171	218	984
Verde Grande	147	103	114	39	6	3	1	2	11	61	146	192	819
Pacuí	180	113	125	48	11	4	4	5	14	81	166	219	965
Jequitáí	192	118	124	52	14	5	5	5	19	80	178	231	1.014
Janeiro/Formoso	223	132	135	48	14	6	5	6	20	84	193	234	1.095
Velhas	209	116	136	46	17	4	5	6	26	78	189	215	1.048
Entorno Represa Três Marias	238	165	179	66	22	6	6	10	33	84	204	269	1.280
Sono	258	249	234	154	49	4	1	5	36	117	187	248	1.540
Manuel Alves	266	230	246	130	43	3	2	4	32	103	200	270	1.525
Alto Tocantins	253	210	213	107	25	5	2	4	28	110	203	264	1.424
Urucuia	212	163	184	80	20	5	2	6	22	99	203	244	1.236
Paracatu	232	159	170	71	19	6	5	9	25	89	204	269	1.257
Alto Parnaíba	290	201	195	77	27	8	5	12	33	95	214	321	1.471

A Figura 6.13 representa as isoietas anuais e as Figura 6.14 a 6.25 apresentam as isoietas mensais para a área de estudo (Período de 1970 a 2010). A análise dessas figuras mostra que:



- ✓ O mapa de isoietas anuais exhibe que os totais anuais precipitados apresentam um valor máximo da ordem de 2.000 mm na região de Taguatinga – TO – (posto 01246003 Taguatinga), o qual influencia uma região no seu entorno em todas as direções;
- ✓ O comportamento anual das chuvas mostra que sobre a área de afloramento das rochas que constituem do Sistema Aquífero Urucuia as isoietas anuais têm alinhamento aproximadamente na direção Norte-Sul e decrescem de oeste para leste, passando de um total precipitado anual da ordem de 1.200 mm, e chega a ordem de 800 mm sobre o trecho baiano em direção a calha do rio São Francisco;
- ✓ A precipitação anual na porção mineira da área de estudo, região do SAA, observa-se o crescimento dos totais precipitado na direção Leste-Oeste, com sentido do rio São Francisco para a fronteira entre Minas Gerais e Goiás. Mais ao Sul, há uma mudança na orientação das isoietas que tomam a direção NW-SE, com o crescimento no sentido de nordeste para sudoeste, de Buritizeiro – MG – (posto 01744006 Pirapora-Barreiro) para Patos de Minas – MG – (posto 01846017 Leal de Patos);
- ✓ No que tange às isoietas mensais, para os meses de Janeiro a Abril a distribuição dos totais mensais precipitados apresenta uma conformação geral semelhante aos totais precipitados anuais com um máximo precipitado da ordem de 380 mm nas proximidades de Taguatinga – TO – (posto 01246003 Taguatinga) em Janeiro e isoietas com direção geral Norte-Sul na região do aquífero, decrescendo em direção Leste, ou seja, rumo ao rio São Francisco. Em Posse – GO (posto 01446002 Posse), percebe-se um valor máximo da ordem de 220 mm em Janeiro, pouco diferenciado em relação às imediações. Na porção mineira mantém-se a semelhança, com o crescimento dos totais precipitados no sentido Nordeste-Sudoeste;
- ✓ Para o mês de Maio, a conformação geral das isoietas se mantém, mantendo o alinhamento norte – sul. Os totais precipitados máximos, da ordem de 80 mm, estão localizados na divisa TO/MA, ao norte de Lizarda – MA – (posto 946003 Lizarda), superando os totais precipitados na região de Taguatinga, onde os totais precipitados são da ordem de 50 mm. Na bacia do rio Verde Grande os totais precipitados são inferiores a 5 mm. Mais ao sul, junto ao divisor de águas do rio Verde Grande com o rio Jequitaiá (região de Claro dos Poções – MG – (posto 1644025 Vista Alegre) observa-se um valor máximo de totais precipitados da ordem de 50 mm;
- ✓ Nos meses de Junho a Agosto, meses menos chuvosos da região, os totais precipitados em cada mês são em geral inferiores a 10 mm. Observa-se nestes meses totais precipitados máximos da ordem de 10 mm na região de Claro dos Poções – MG – (posto 1644025 Vista Alegre);
- ✓ No mês de Setembro os totais precipitados aumentam, voltando a apresentar conformação das isoietas semelhante às anuais, com precipitações da ordem de 10 mm ao longo do rio São Francisco e valores máximos da ordem de 50 mm na região de Palmas - TO - (posto 1048005 Taquarussu do Porto) e na bacia do rio Paranaíba;
- ✓ No mês de Outubro reproduz também a conformação geral com as isoietas com alinhamento norte – sul. Os valores máximos são observados em Palmas (150 mm) - TO - (posto 1048005 Taquarussu do Porto), Taguatinga (120 mm) – TO – (posto 01246003 Taguatinga), Distrito

Federal (130 mm) – DF – (posto 01547901 Fazenda Santa Fé) e bacia do rio Paranaíba (110 mm) – MG – (posto 01846005 Presidente Olegário);

- ✓ Nos meses de Novembro e Dezembro observa-se um incremento nos totais precipitados mensais, mantendo conformação das isoietas semelhante às isoietas anuais.

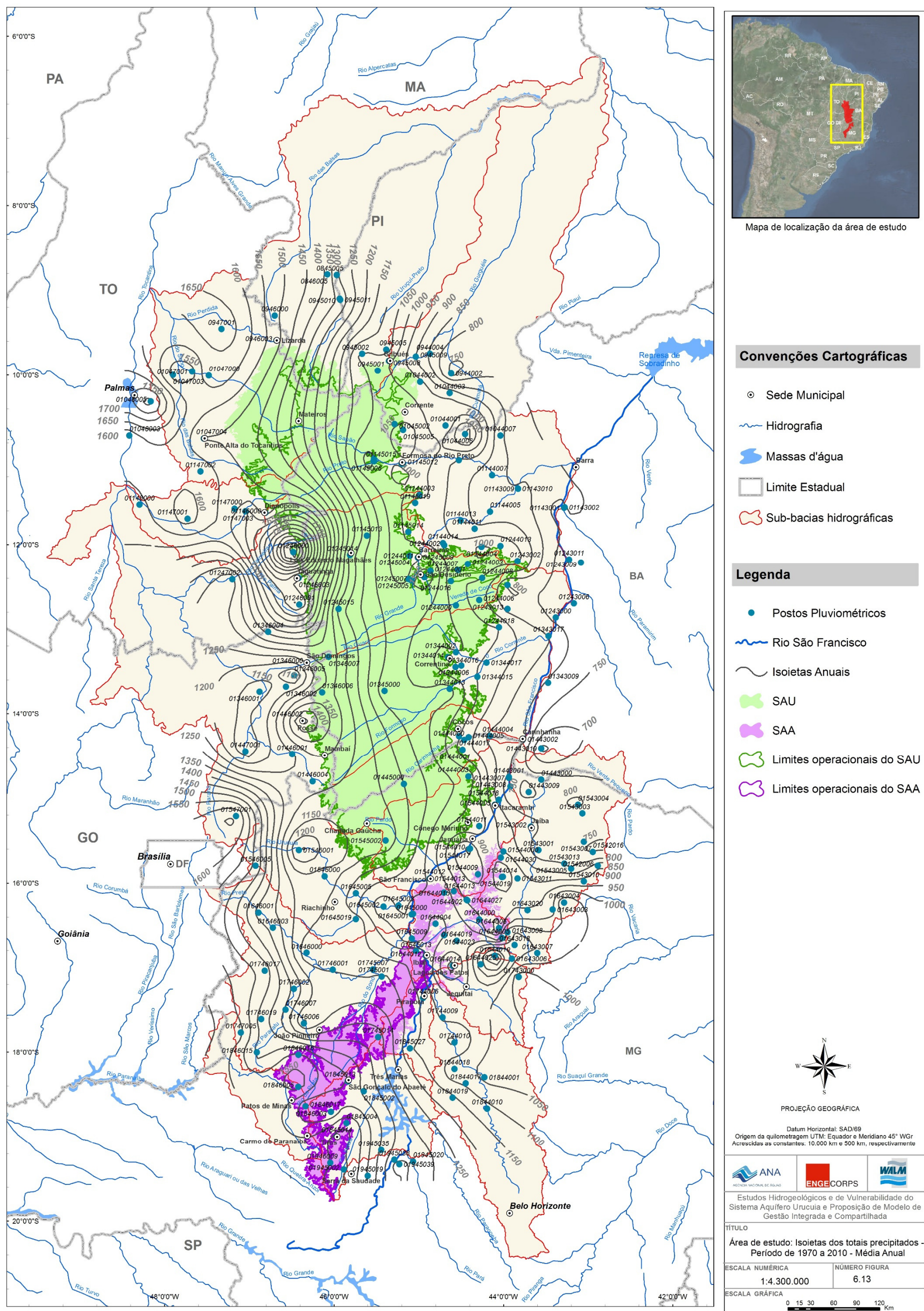


Figura 6.13 – Área de estudo – Isoietas dos totais precipitados – Período de 1970 a 2010 – Média Anual.

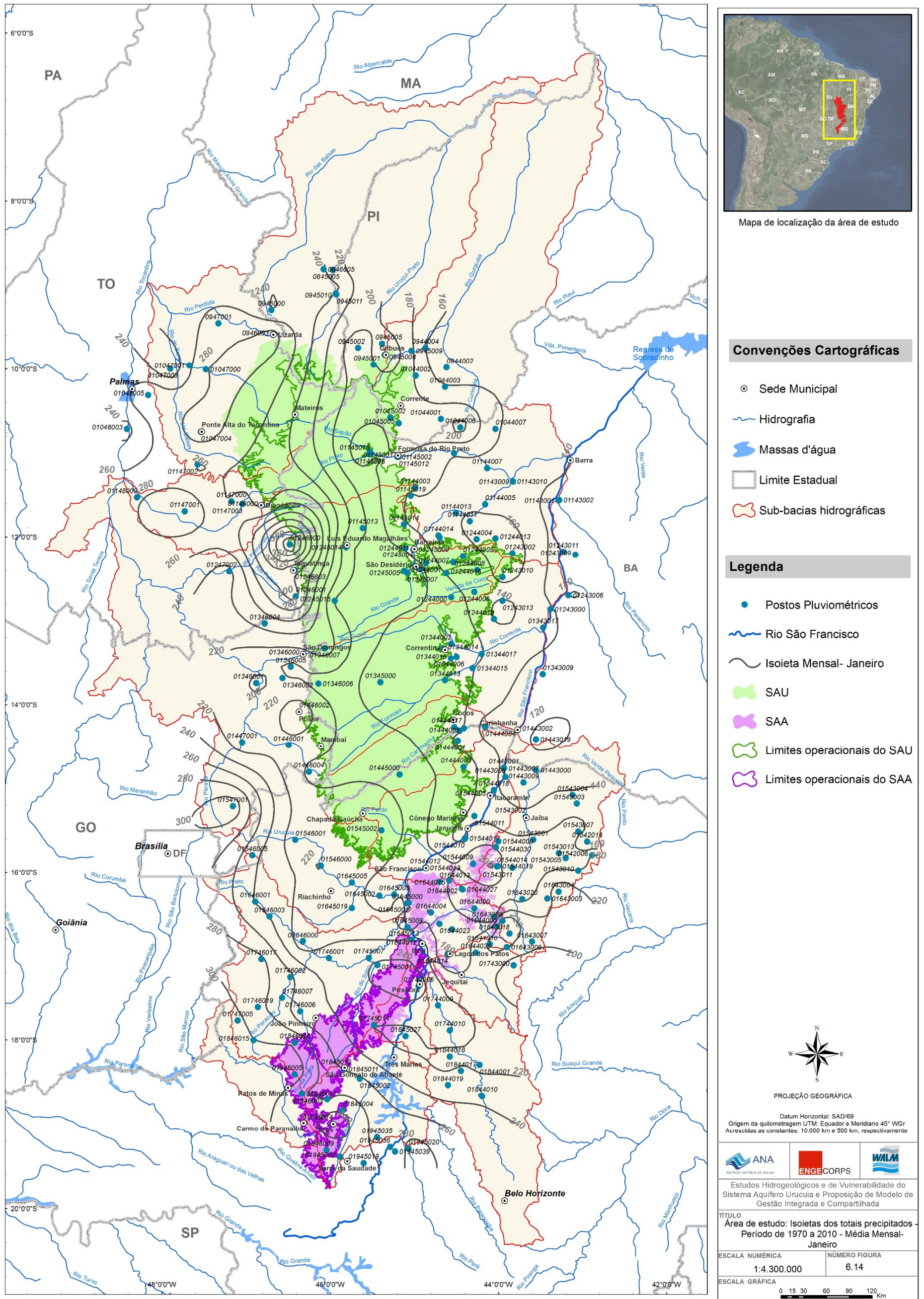


Figura 6.14 – Área de estudo – Isoietas dos totais precipitados – Período de 1970 a 2010 – Média Mensal – Janeiro.

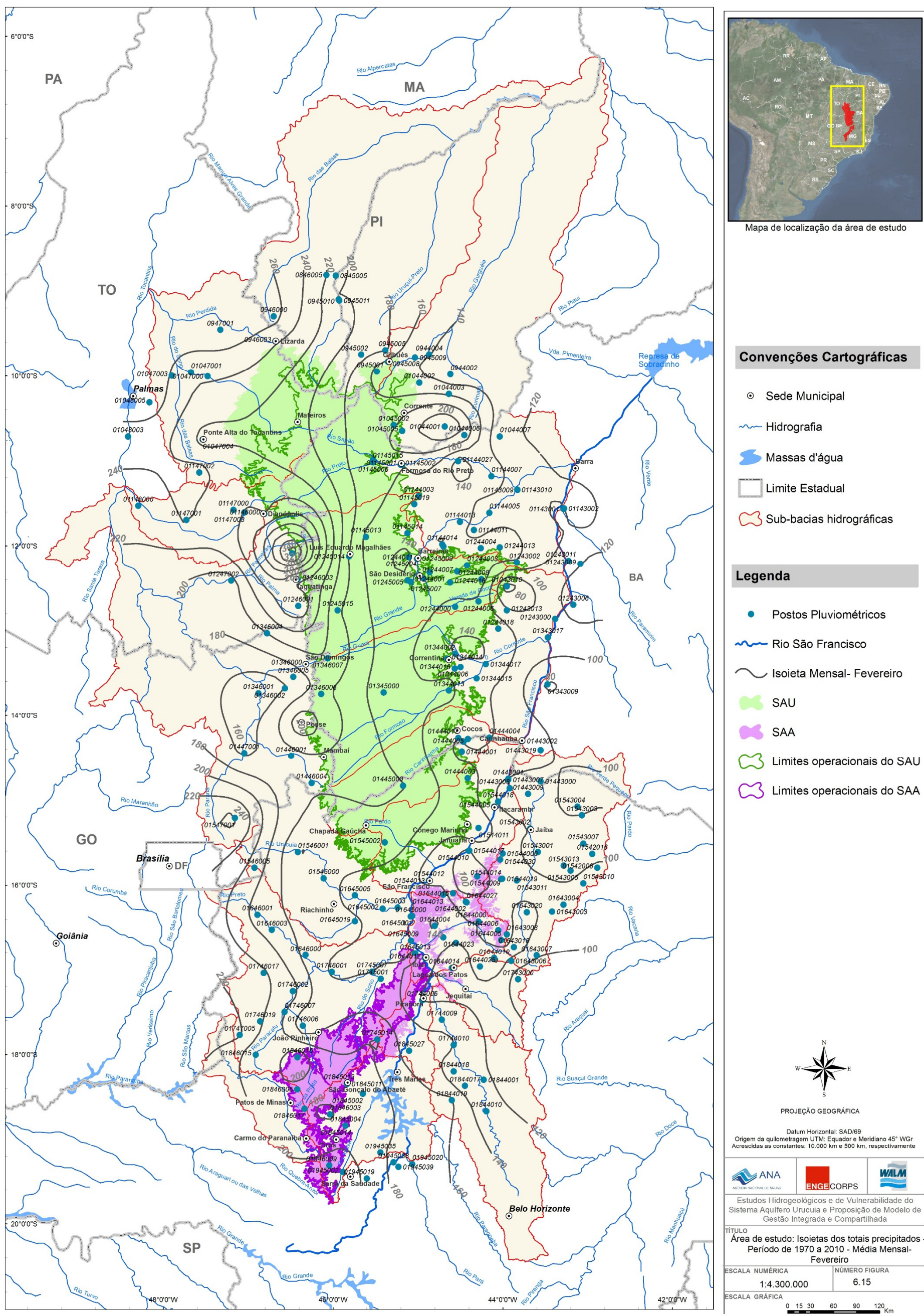


Figura 6.15 – Área de estudo – Isoietas dos totais precipitados – Período de 1970 a 2010 – Média Mensal – Fevereiro.

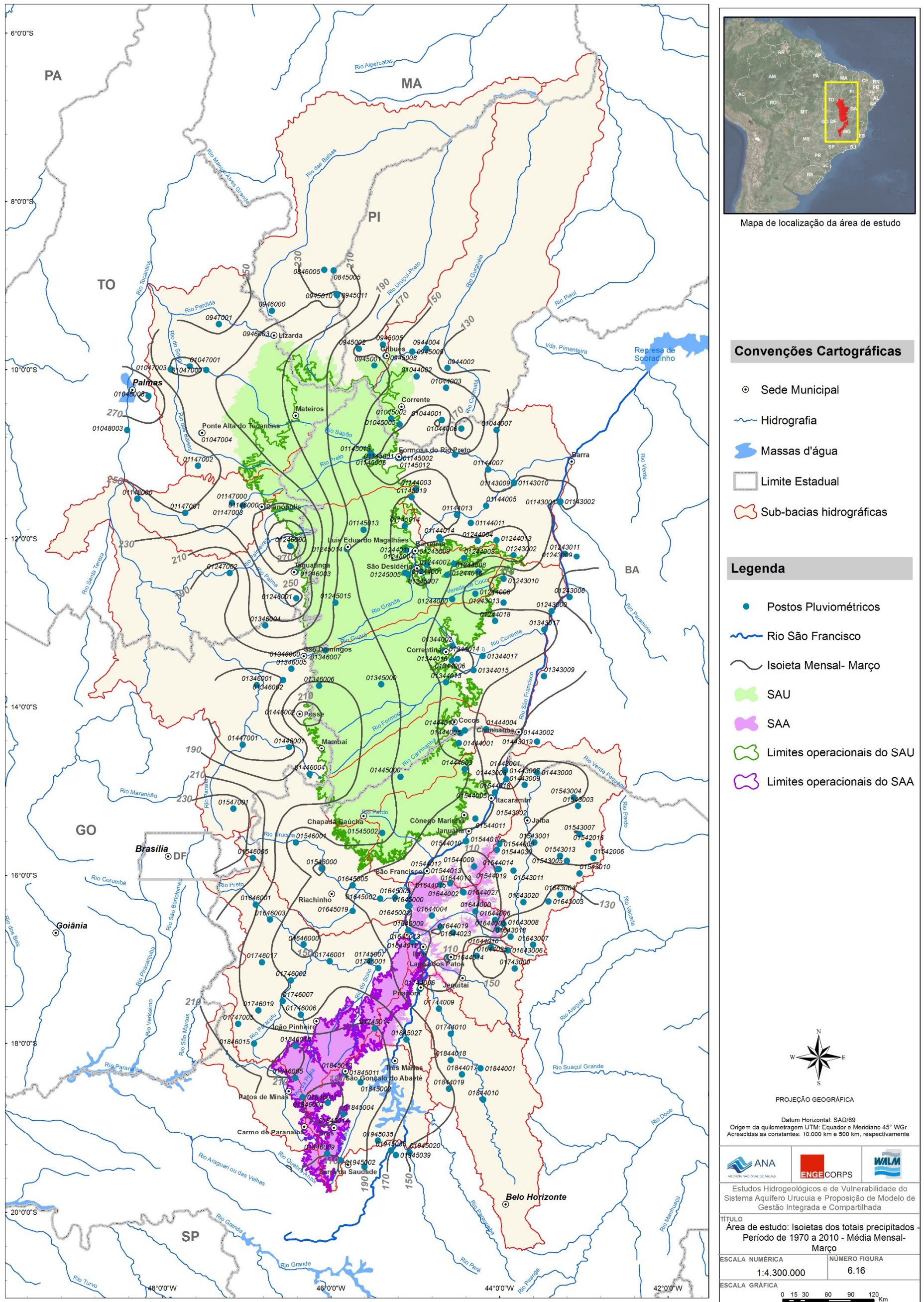
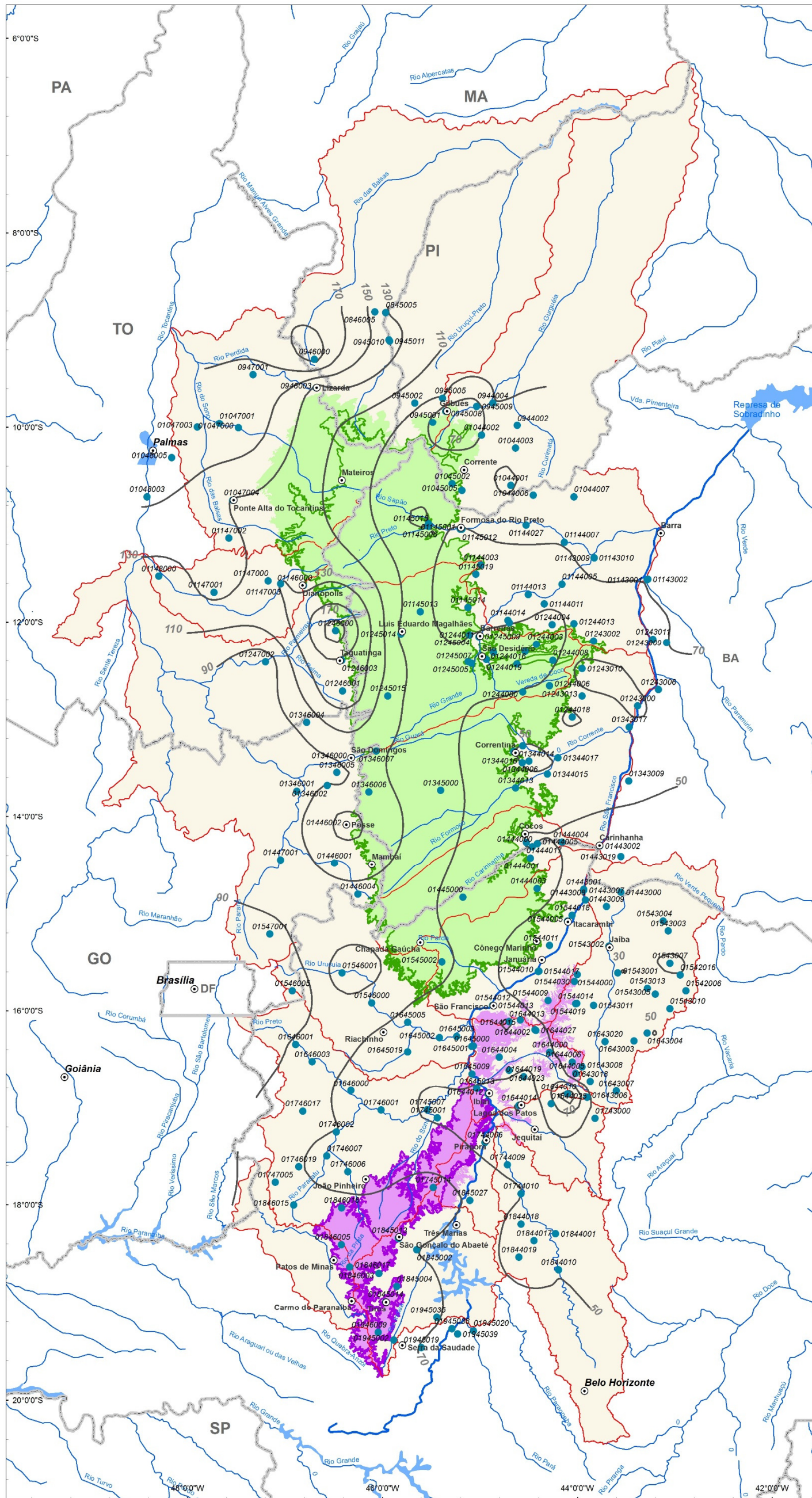


Figura 6.16 – Área de estudo – Isoietas dos totais precipitados – Período de 1970 a 2010 – Média Mensal – Março.



Mapa de localização da área de estudo

**Convenções Cartográficas**

- Sede Municipal
- Hidrografia
- Massas d'água
- Limite Estadual
- Sub-bacias hidrográficas

**Legenda**

- Postos Pluviométricos
- Rio São Francisco
- Isoieta Mensal- Abril
- SAU
- SAA
- Limites operacionais do SAU
- Limites operacionais do SAA



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 Uruçuia e Proposição de Modelo de Gestão Integrada e Compartilhada		
TÍTULO Área de estudo: Isoietas dos totais precipitados - Período de 1970 a 2010 - Média Mensal- Abril		
ESCALA NUMÉRICA 1:4.300.000	NÚMERO FIGURA 6.17	
ESCALA GRÁFICA 0 15 30 60 90 120 Km		

Figura 6.17 – Área de estudo – Isoietas dos totais precipitados – Período de 1970 a 2010 – Média Mensal – Abril.

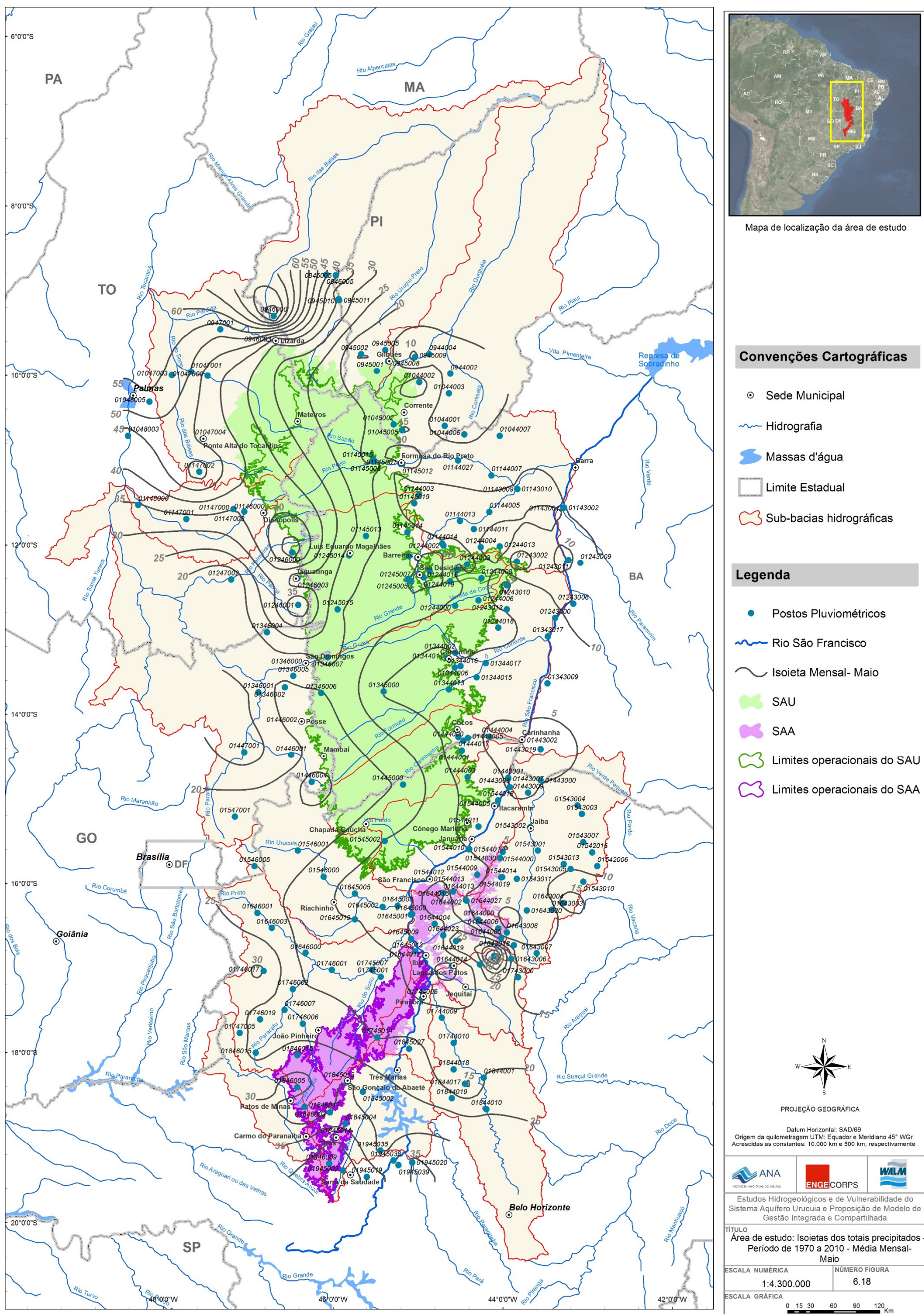


Figura 6.18 – Área de estudo – Isoietas dos totais precipitados – Período de 1970 a 2010 – Média Mensal – Maio.



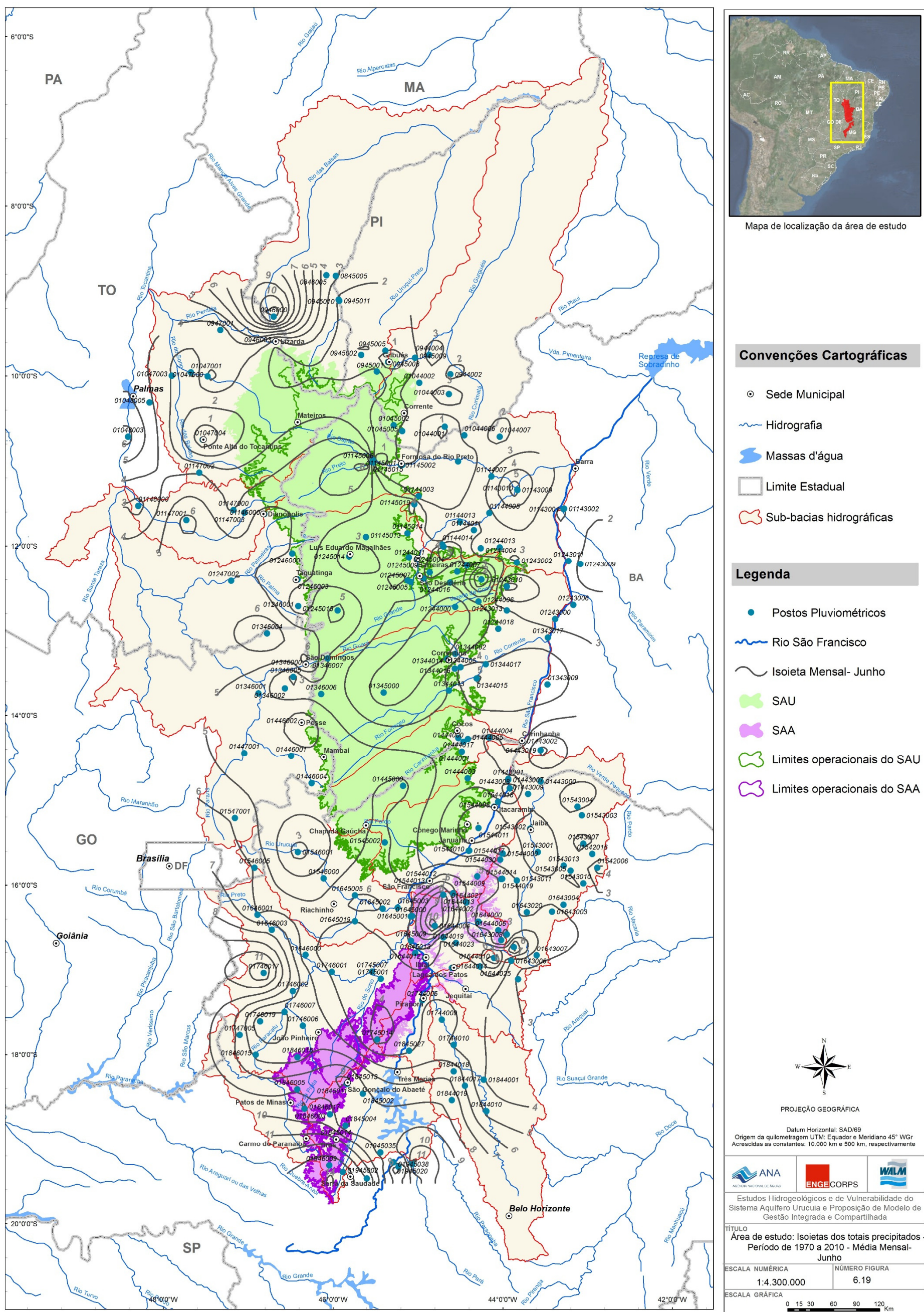


Figura 6.19 – Área de estudo – Isoietas dos totais precipitados – Período de 1970 a 2010 – Média Mensal – Junho.

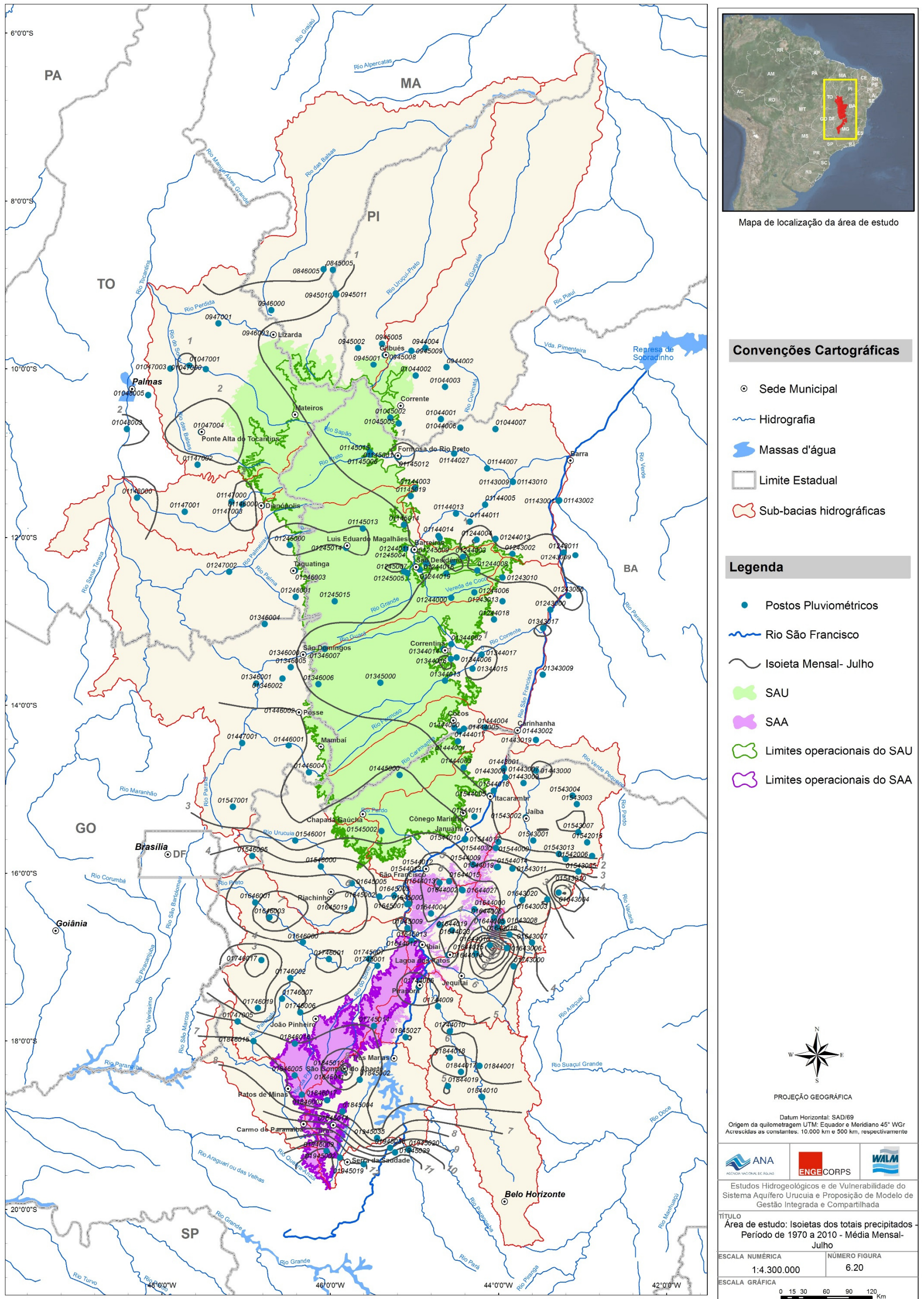


Figura 6.20 – Área de estudo – Isoietas dos totais precipitados – Período de 1970 a 2010 – Média Mensal – Julho.

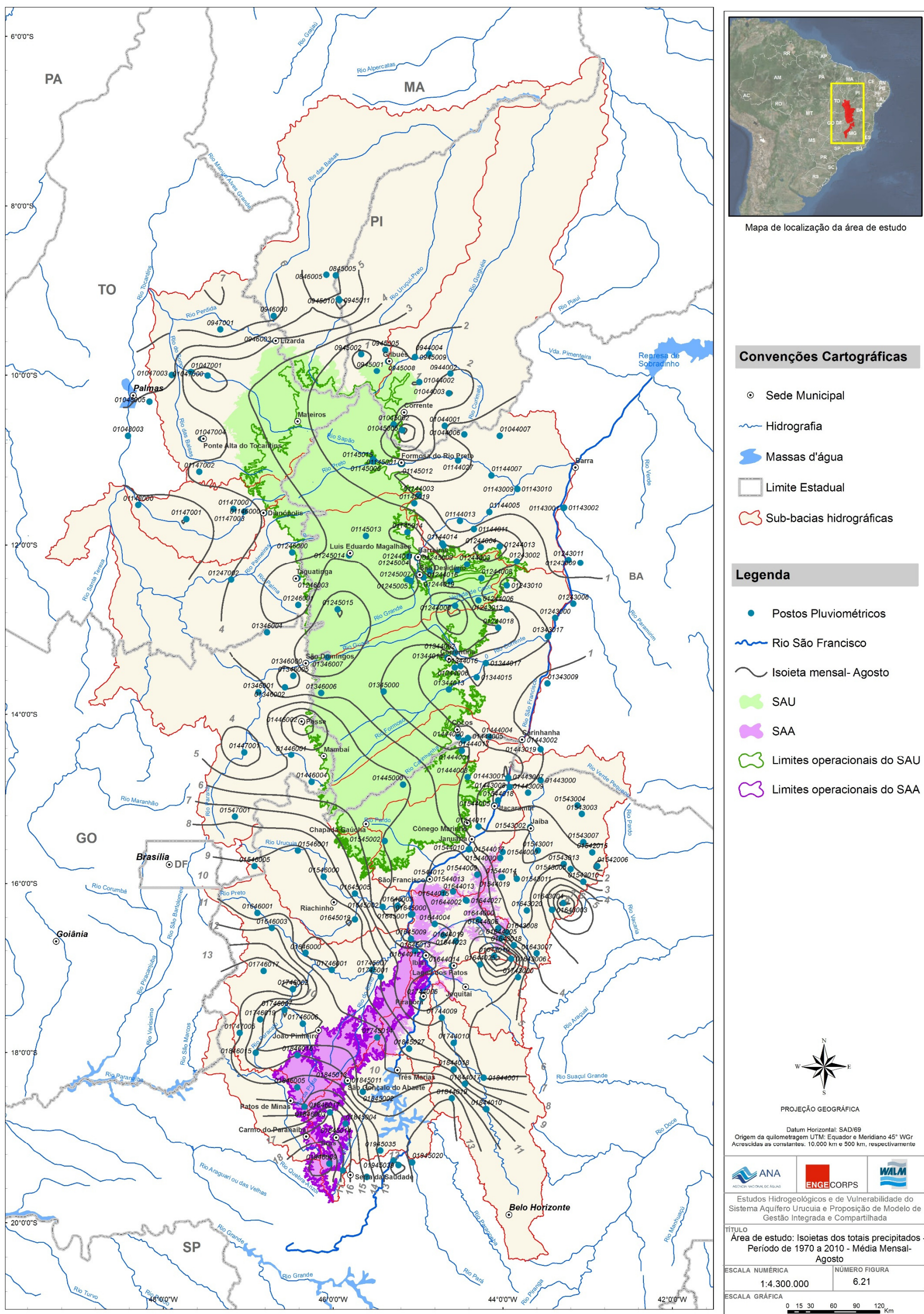


Figura 6.21 – Área de estudo – Isoietas dos totais precipitados – Período de 1970 a 2010 – Média Mensal – Agosto.

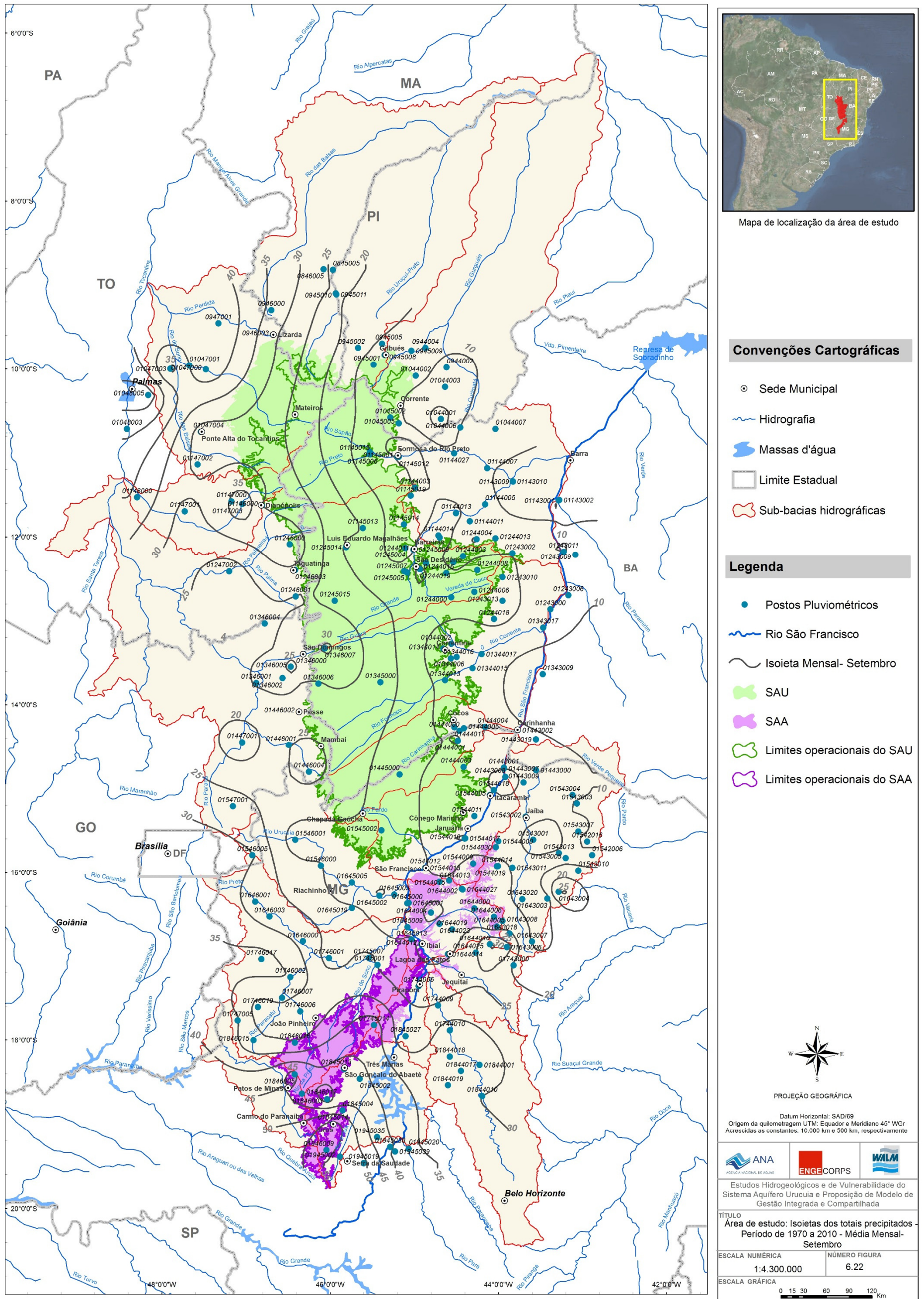


Figura 6.22 – Área de estudo – Isoietas dos totais precipitados – Período de 1970 a 2010 – Média Mensal – Setembro.

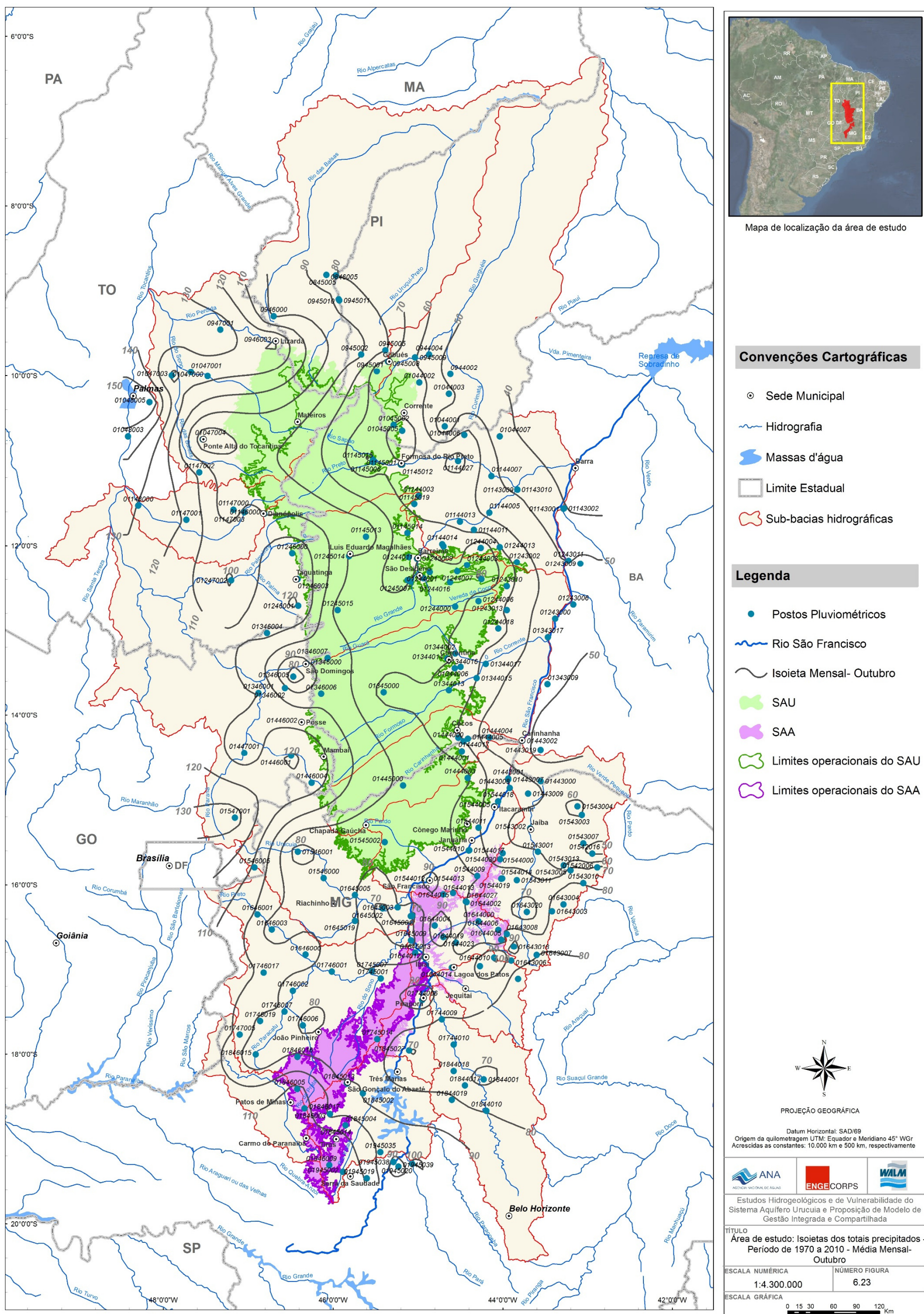


Figura 6.23 – Área de estudo – Isoietas dos totais precipitados – Período de 1970 a 2010 – Média Mensal – Outubro.

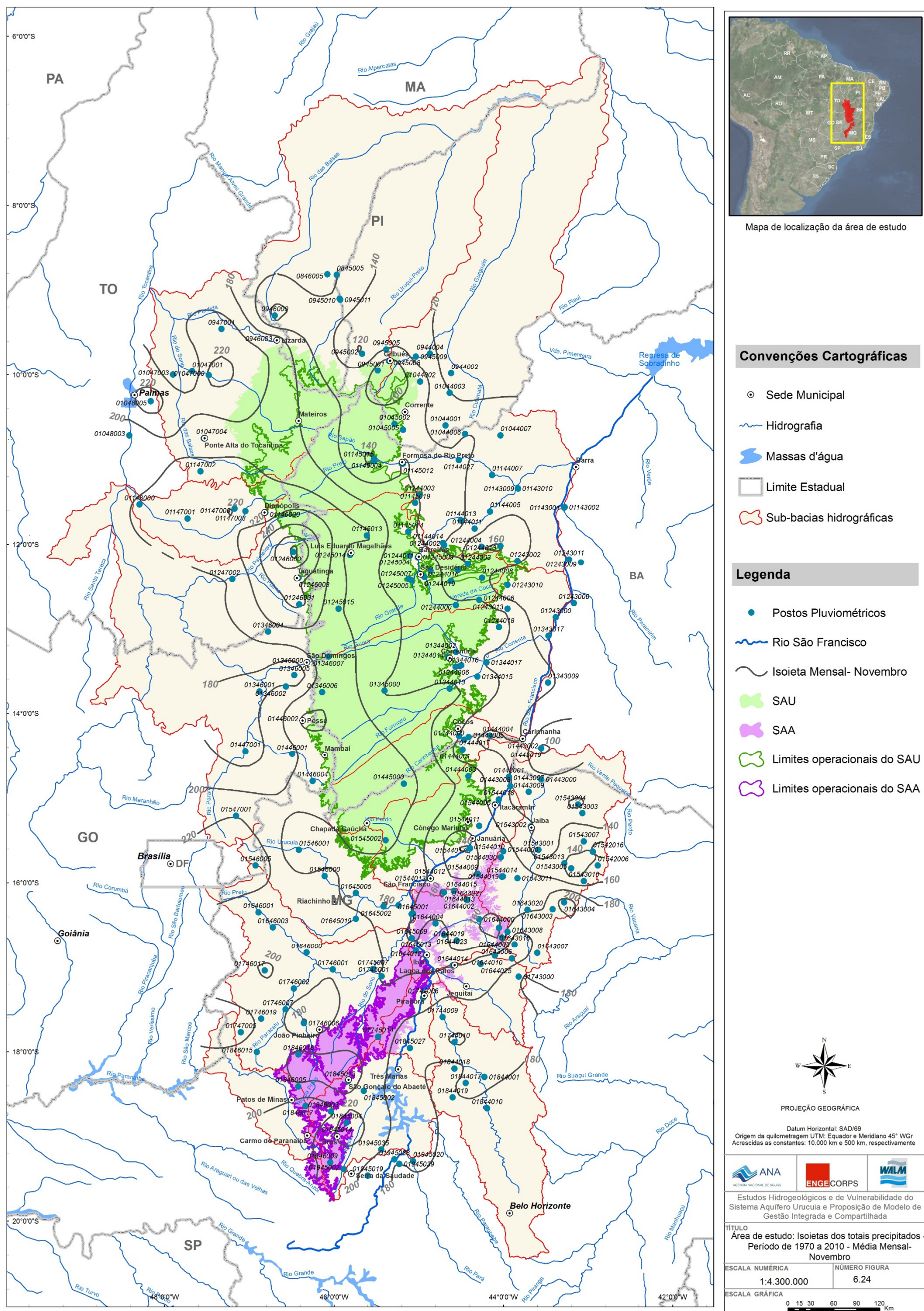


Figura 6.24 – Área de estudo – Isoietas dos totais precipitados – Período de 1970 a 2010 – Média Mensal – Novembro.

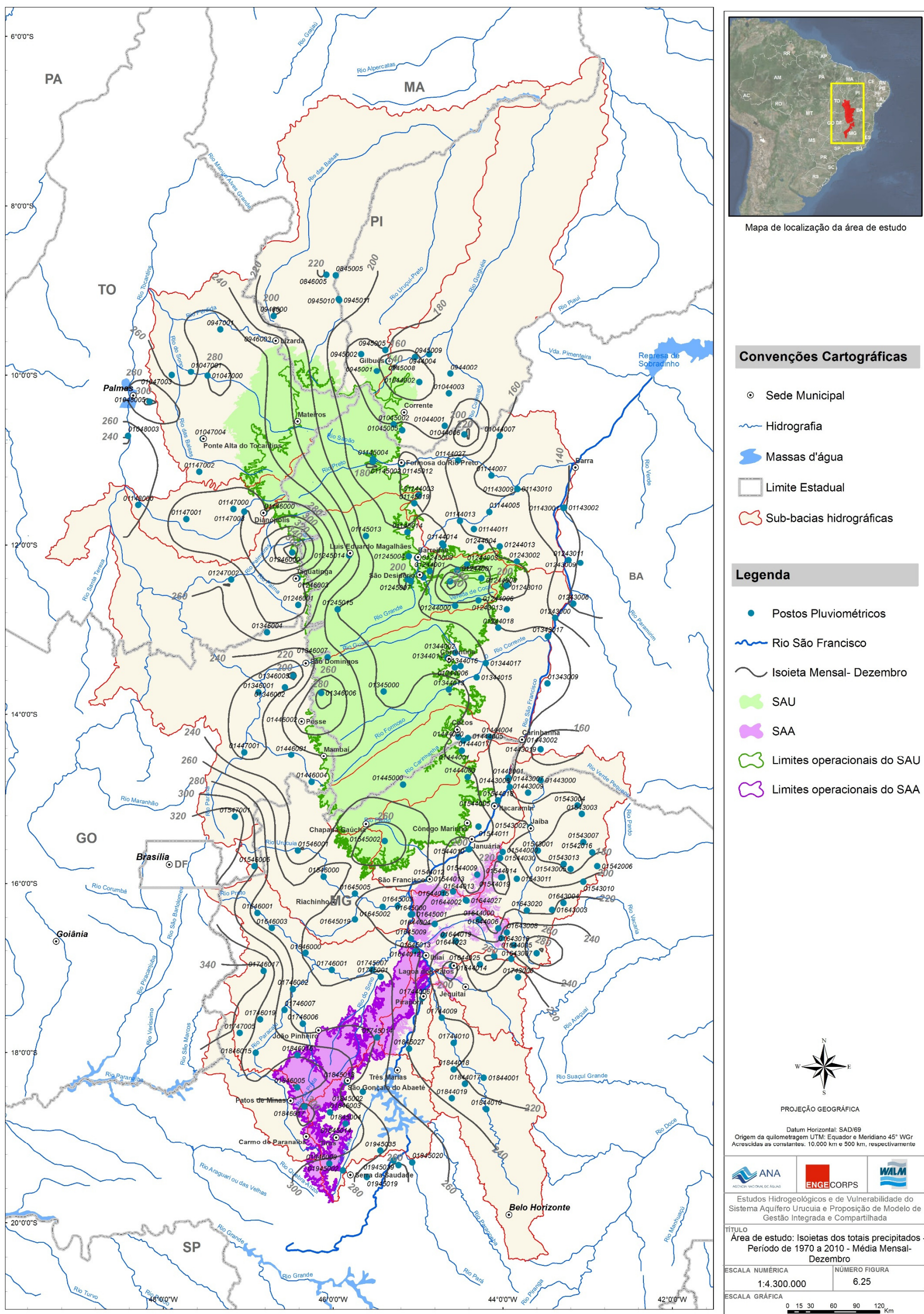


Figura 6.25 – Área de estudo – Isoietas dos totais precipitados – Período de 1970 a 2010 – Média Mensal – Dezembro.

#### 6.2.4 Caracterização Hidrológica

A caracterização hidrológica foi obtida por meio da avaliação de 19 postos fluviométricos localizados na área de estudo. Os postos fluviométricos selecionados foram denominados postos principais aqueles situados próximo à borda da área do SAU/SAA, os quais melhor possibilitariam avaliar as vazões efluentes dessas formações rochosas.

No Quadro 6.3 é apresentada a relação dos postos principais selecionados e os dados disponíveis para cada um (Hidroweb). Conforme pode ser observado nesse quadro foram selecionados inicialmente 21 postos principais para a realização dos trabalhos. Essa seleção foi realizada avaliando a indicação de anos disponíveis de dados (meses/12) e a localização desses postos. No entanto, quando da realização da análise de consistência dos dados disponíveis, dois postos (posto 41090002 – Ponte da BR-040; posto 44350000 – Bom Jardim) foram excluídos. Um por inconsistência e outro pela ausência de registros de de descarga. Restando para a caracterização hidrológica final 19 postos pluviométricos.

Com base nas vazões médias mensais desses 19 postos foram determinadas as características hidrológicas das séries de vazões para o presente estudo, incluindo: Vazão específica; Vazão média de longo termo; Vazão máxima média mensal; Vazão mínima média mensal; Desvio padrão; Coeficiente de variação; Coeficiente de assimetria.

O Quadro 6.4 apresenta as características hidrológicas para cada posto analisado na área de estudo. Nesse quadro apresenta-se valores de vazões obtidos com o tratamento estatístico dos dados, assim como as vazões características de todos os postos.

De posse dessa série de informações, foi desenvolvido o estudo de frequência de vazões, formalizado nas curvas de permanência<sup>1</sup> dos rios. Das curvas de permanência extraiu-se as vazões características correspondentes às porcentagens de tempo nos locais de cada posto.

A forma das curvas observadas na Figura 6.26, ou seja, suas declividades, constitui uma referência das características da bacia. A forma mais achatada das curvas indica, por exemplo, que os rios são bem regularizado pelo aquífero pelo qual é alimentado.

Outra observação retirada dos dados dos estudos de frequência das vazões desses postos foi a relação Q90/Q50, utilizada como estimativa para avaliar a parcela de contribuição dos aquíferos nesses rios. Segundo pode ser observado no Quadro 6.5 as relações Q90/Q50 variam de 0,32 até 0,86. Entretanto, dentre esses postos apenas sete (nos rios do Sono, Pandeiros, Carinhonha, Coxá, Corrente, Grande e Preto) foram considerados como principais para fins de avaliação da contribuição subterrânea, conforme será visto no próximo item. Os postos considerados como principais representam aqueles situados próximo ao exutório das áreas dos Sistemas Aquíferos Urucua e Areado, onde a área de drenagem do posto fluviométrico tem mais de 80%.

Dentre os sete postos principais a menor relação Q90/Q50 (0,32) é referente ao posto situado no rio do Sono, em Minas Gerais, o qual abrange 67% de área de drenagem com o Sistema Aquífero Areado e o restante com influência de aquíferos cársticos do Grupo Bambuí. Das

---

<sup>1</sup> A curva de permanência expressa a relação entre a vazão e a frequência com que esta vazão é superada ou igualada.



estações que drenam as unidades geológicas da parte norte, do Sistema Aquífero Urucuia, a relação Q90/Q50 tem um valor médio de 0,73. As estações que mostram os valores mais promissores de contribuição subterrânea são a Formosa do Rio Preto (0,82), rio Preto (afluente do Grande); e Lagoa das Pedras (0,78), no rio Carinhanha.

A observação dessa relação foi uma forma simples de avaliar de forma expedita o quanto a água subterrânea representa na vazão média medida nesses postos fluviométricos. Pôde-se observar que o Sistema Aquífero Urucuia, além de ser melhor representado nas áreas de drenagens das estações, apresentou a melhor participação subterrânea nos afluentes do rio São Francisco do que o Sistema Aquífero Areado, na parte sul da área de estudo.

**QUADRO 6.3 - POSTOS FLUVIOMÉTRICOS PRINCIPAIS NA ÁREA DO SAU/SA  
DISPONIBILIDADE DE DADOS**

<b>Código do Posto</b>	<b>Nome</b>	<b>Rio</b>	<b>Área</b>	<b>Limnigramas</b>	<b>Hidrograma</b>	<b>Curva de Descarga</b>
<b>Bacia do Rio Tocantins</b>						
21300000	Alvorada do Norte	Corrente	3.760	×	×	×
21510000	Ponte São Mateus	São Mateus	1.020	×	×	×
21580000	São Vicente	São Vicente	409	×	×	×
21750000	Lavandeira	Mosquito	1.040	×	×	×
21850000	Rio da Palma	Palma	12.400	×	×	×
22190000	Porto Alegre	Manuel Alves	1.780	×	×	×
22680000	Jatobá (Fazenda Boa Nova)	Sono	16.900	×	×	×
22730000	Porto Gilândia	Balsas	4.730	×	×	×
<b>Bacia Atlântico Trecho Norte/Nordeste – Sub-bacia Rio Parnaíba</b>						
34020000	Alto Parnaíba	Parnaíba	12.900	×	×	×
<b>Bacia do Rio São Francisco</b>						
41090002	Ponte da BR-040	Abaeté	5.320	×	×	-
42365000	Ponte da BR-040 – Prata	Prata	3.360	×	×	×
42850000	Cachoeira das Almas	Sono	4.390	×	×	×
42980000	Porto Alegre	Paracatu	41.300	×	×	×
43880000	Santo Inácio	Urucuia	23.800	×	×	×
44250000	Usina dos Pandeiros Montante	Pandeiros	3.230	×	×	×
44350000	Bom Jardim	Rib. do Ouro	884	×	×	×
45210000	Lagoa das Pedras	Carinhanha	12.600	×	×	×
45220000	Capitânea	Coxá	2.380	×	×	×
45910001	Sta. Maria da Vitória	Corrente	29.500	×	×	×
46610000	São Sebastião	Grande	32.900	×	×	×
46790000	Formosa do Rio Preto	Preto	14.300	×	×	×

**QUADRO 6.4 – CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DOS POSTOS FLUVIOMÉTRICOS SELECIONADOS.**

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

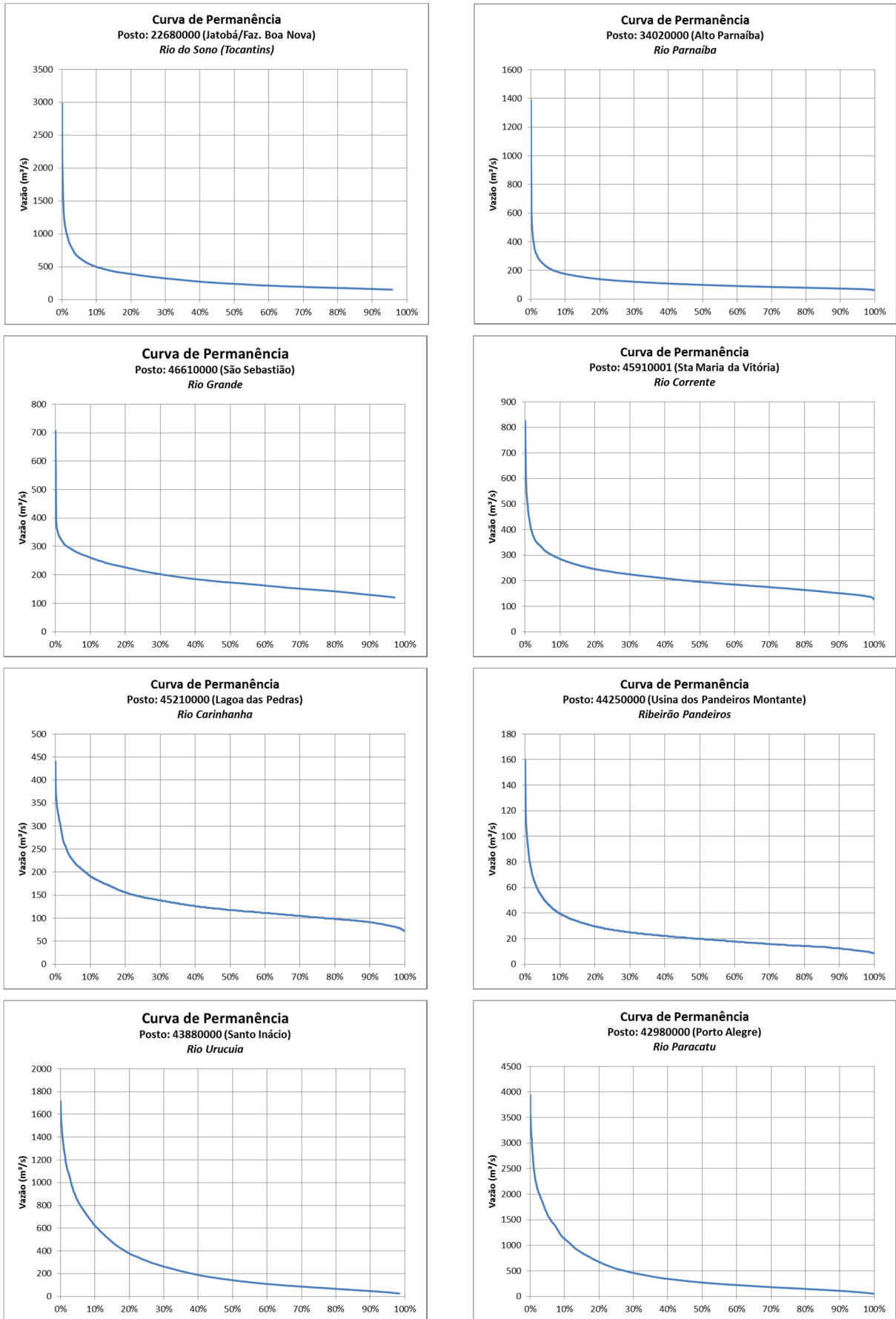


Figura 6.26 – Curvas de permanência de postos pluviométricos situados na área de estudo.

**QUADRO 6.5 - POSTOS FLUVIOMÉTRICOS PRINCIPAIS NA ÁREA DO SAU/SAA  
DISPONIBILIDADE DE DADOS**

Código do Posto	Nome do posto	Rio	Área (Km <sup>2</sup> )	Q90/Q50
<b>Bacia do Rio Tocantins</b>				
21300000	Alvorada do Norte	Corrente	3.760	0,70
21510000	Ponte São Mateus	São Mateus	1.020	0,68
21580000	São Vicente	São Vicente	409	0,75
21750000	Lavandeira	Mosquito	1.040	0,86
21850000	Rio da Palma	Palma	12.400	0,77
22190000	Porto Alegre	Manuel Alves	1.780	0,73
22680000	Jatobá (Fazenda Boa Nova)	Sono	16.900	0,67
22730000	Porto Gilândia	Balsas	4.730	0,54
<b>Bacia Atlântico Trecho Norte/Nordeste – Sub-bacia Rio Parnaíba</b>				
34020000	Alto Parnaíba	Parnaíba	12.900	0,74
<b>Bacia do Rio São Francisco</b>				
42365000	Ponte da BR-040 – Prata	Prata	3.360	0,46
42850000	Cachoeira das Almas	Sono	4.390	0,32
42980000	Porto Alegre	Paracatu	41.300	0,40
43880000	Santo Inácio	Urucuia	23.800	0,33
44250000	Usina dos Pandeiros Montante	Pandeiros	3.230	0,63
45210000	Lagoa das Pedras	Carinhanha	12.600	0,78
45220000	Capitânea	Coxá	2.380	0,64
45910001	Sta. Maria da Vitória	Corrente	29.500	0,77
46610000	São Sebastião	Grande	32.900	0,75
46790000	Formosa do Rio Preto	Preto	14.300	0,82

### 6.3 CONTRIBUIÇÃO DO SAU E DO SAA PARA AS VAZÕES DOS RIOS SÃO FRANCISCO E TOCANTINS

No presente item, estão sintetizados os trabalhos realizados para separação do hidrograma a partir de série de vazões diárias, obtenção das vazões de base em cada posto fluviométrico e determinação das contribuições dos Sistemas Aquíferos Urucuia e Areado para os rios São Francisco e Tocantins.

Para escolha do método de separação de fluxo foi realizado inicialmente uma comparação entre algumas disponíveis. Para tanto utilizou-se uma bacia já estudada em outros trabalhos (Bacia do rio das Fêmeas, afluente do rio Grande) e comparou-se a aplicação entre os seguintes métodos: relação Q90/Q50; *HYSEP* (USGS); filtro de Arnold et al (1995 e 1999) e filtro do *Institute of Hydrology* (Wahl & Wahl 1995). A análise comparativa desses métodos está bem detalhada no **Relatório Técnico – Avaliação Climatológica e Hidrológica dos Sistemas Aquíferos Urucuia e Areado** disponível em meio digital no banco de dados destes estudos.

### 6.3.1 Escolha do Método de Trabalho

Após análise dos métodos existentes para a separação do hidrograma em vazões de escoamento superficial direto e vazões de base, verificou-se que a mais apropriada para aplicação no presente estudo era a utilização de Métodos Numéricos – *United States Geological Survey (USGS)*, o programa *HYSEP* (Sloto & Crouse 1996).

O programa *HYSEP* fornece três métodos numéricos para separar o escoamento direto e a vazão de base. O método considera que a separação do hidrograma ocorrerá durante a ocorrência de eventos de cheias, até quando o escoamento superficial cessar. A partir daí considera-se que o hidrograma é totalmente sustentado pela vazão de base. O algoritmo usado pelo *HYSEP* para estimar o tempo de duração do escoamento superficial de um evento é baseado na relação empírica:

$$N = A^{0,2}$$

Onde:

- ✧ N = número de dias após o qual o escoamento superficial direto cessa; e
- ✧ A = área de drenagem em milhas quadradas.

Após definir o uso do *HYSEP* para a separação do hidrograma, foi necessário escolher dentre os métodos utilizados pelo programa: Intervalo Fixo (MIF), Intervalo Deslizante (MID) e Método do Mínimo Local (MML).

Para tanto, foram selecionados dois postos para teste. Um com baixa e outro com grande contribuição subterrânea. Os postos Arrojado (45770000) e Lagoa das Pedras (45210000), com áreas de drenagem de 5.278 km<sup>2</sup> e 12.600 km<sup>2</sup>, respectivamente, foram selecionados. O posto Arrojado localiza-se no rio Arrojado, afluente do rio Corrente, enquanto que o posto Lagoa das Pedras localiza-se no rio Carinhanha.

Para os dois postos analisados o Método do Mínimo Local (MML) se mostrou mais conservador, gerando uma vazão equivalente a 95% da vazão dos outros dois métodos. Verifica-se, nas figuras seguintes, que o hidrograma apresenta para alguns períodos chuvosos tempo de base maior, entre 1 ou 2 meses, e onde o MML subestima esse valor da vazão de base. No gráfico da Figura 6.27, os pontos de ascensão (16/03/1981) e de recessão (28/04/1981), para o MML, coincidem com o ponto mínimo do hidrograma.

A Figura 6.28, relativa ao posto 45770000 (Arrojado), reforça essa situação. Observa-se que de 28/11/1989 a 09/02/1990, quase dois meses e meio, o programa através do MML, faz a separação obtendo-se uma vazão de base subestimada. Os outros dois métodos, MIF e MID, acompanham a ascensão do hidrograma, mesmo que de forma retardada, como é de se esperar da resposta subterrânea a um evento, e geram valores praticamente iguais. Com a única diferença de que o MIF não gera picos acentuados como no MID.

Dessa forma, optou-se por utilizar nos estudos o Método do Intervalo Fixo (MIF).

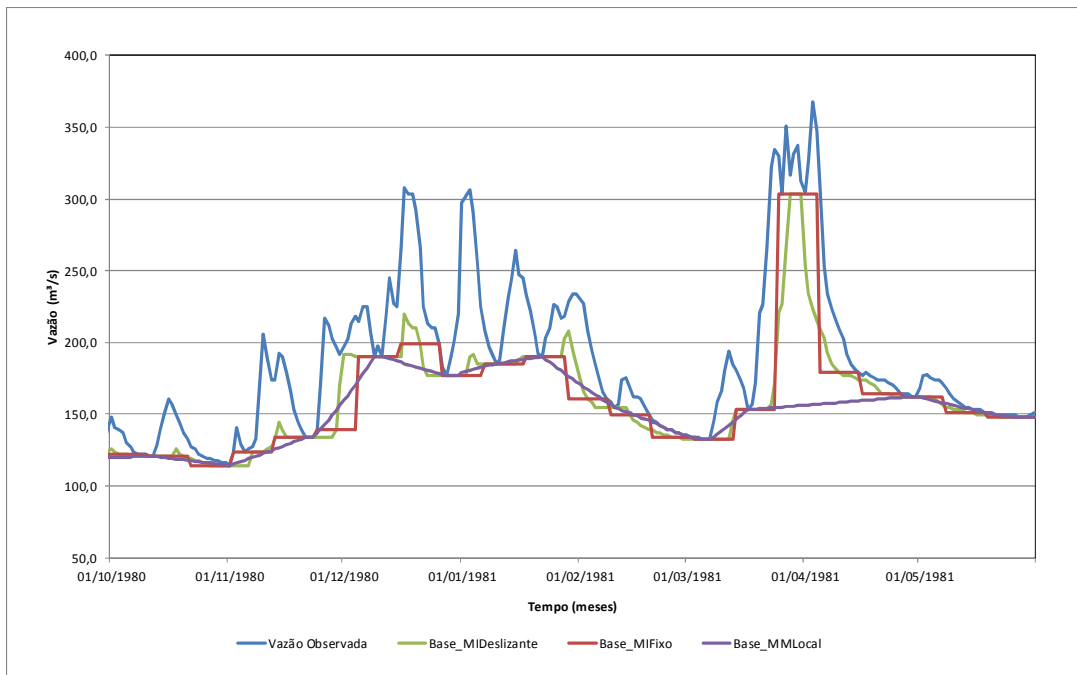


Figura 6.27 – Resultado HYSEP – Posto 45210000 - Lagoa das Pedras - Rio Carinhonha – 2N = 11 dias  
Detalhe 01/10/1980 a 31/05/1981.

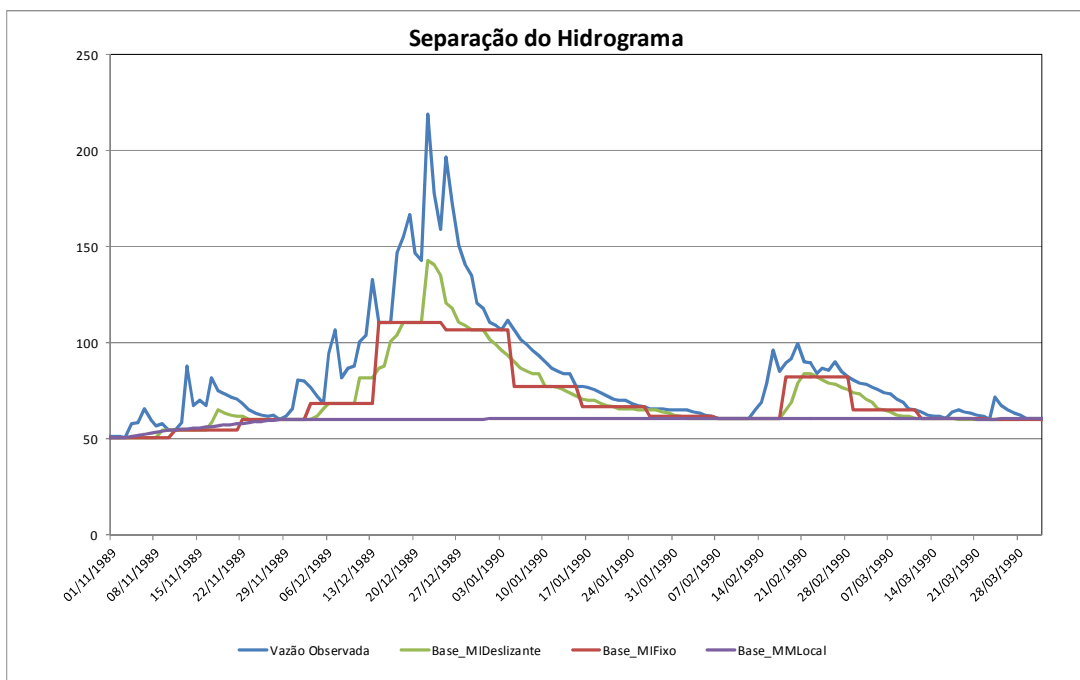


Figura 6.28 – Resultado HYSEP – Posto 45770000 – Arrojado – Rio Arrojado – 2N = 11 dias  
Detalhe 01/11/1989 a 31/03/1990.

### 6.3.1.1 Determinação da Vazão de Base

Conforme referido, decidiu-se utilizar o programa *HYSEP* e o Método do Intervalo Fixo (MIF), que produz estimativas da vazão de base e do escoamento superficial direto (ESD) diárias, com base nos dados de entrada. Essas estimativas diárias são usadas para produzir estatísticas mensais e anuais resumidas.

Com base nas estimativas de vazão de base diária, o programa *HYSEP* calcula a média anual da vazão de base para cada ano hidrológico completo, que no estudo em questão é de outubro do ano em análise a setembro do ano seguinte, conforme estimativa do comportamento pluviométrico na área em estudo.

As médias anuais estimadas pelo *HYSEP* para todos os anos foram, então, analisadas para determinar o mínimo, o máximo e a média dos valores médios anuais da vazão de base para cada estação. Esse procedimento foi aplicado aos postos fluviométricos principais, sendo sete postos na bacia do rio São Francisco, seis postos da bacia do rio Tocantins e um posto no Alto Paranaíba.

A Figura 6.29 apresenta as sub-bacias que contribuem para a bacia do rio São Francisco e do rio Tocantins, incluindo os postos principais localizados nestas sub-bacias. Conforme pode ser observado, nove (9) sub-bacias (Sub-bacias do Médio/Baixo Grande, Alto Grande, Corrente, Carinhonha, Pandeiro/Pardo/Mangaí, Urucuia, Paracatu, Velhas e Jequitaí) contribuem para a bacia do rio São Francisco.

Nessas sub-bacias estão localizados sete (7) postos principais (Quadro 6.6), considerados por estarem situados próximo ao exutório das áreas dos Sistemas Aquíferos Urucuia e Areado. Nestas sub-bacias a área de drenagem dos postos fluviométricos tem mais de 80% ocupada por afloramento das rochas do SAU, com exceção do posto Cachoeira das Almas que drena o SAA na região da bacia do rio do Sono, parte sul da área, o qual tem apenas 67% do SAA na área total de drenagem do posto.

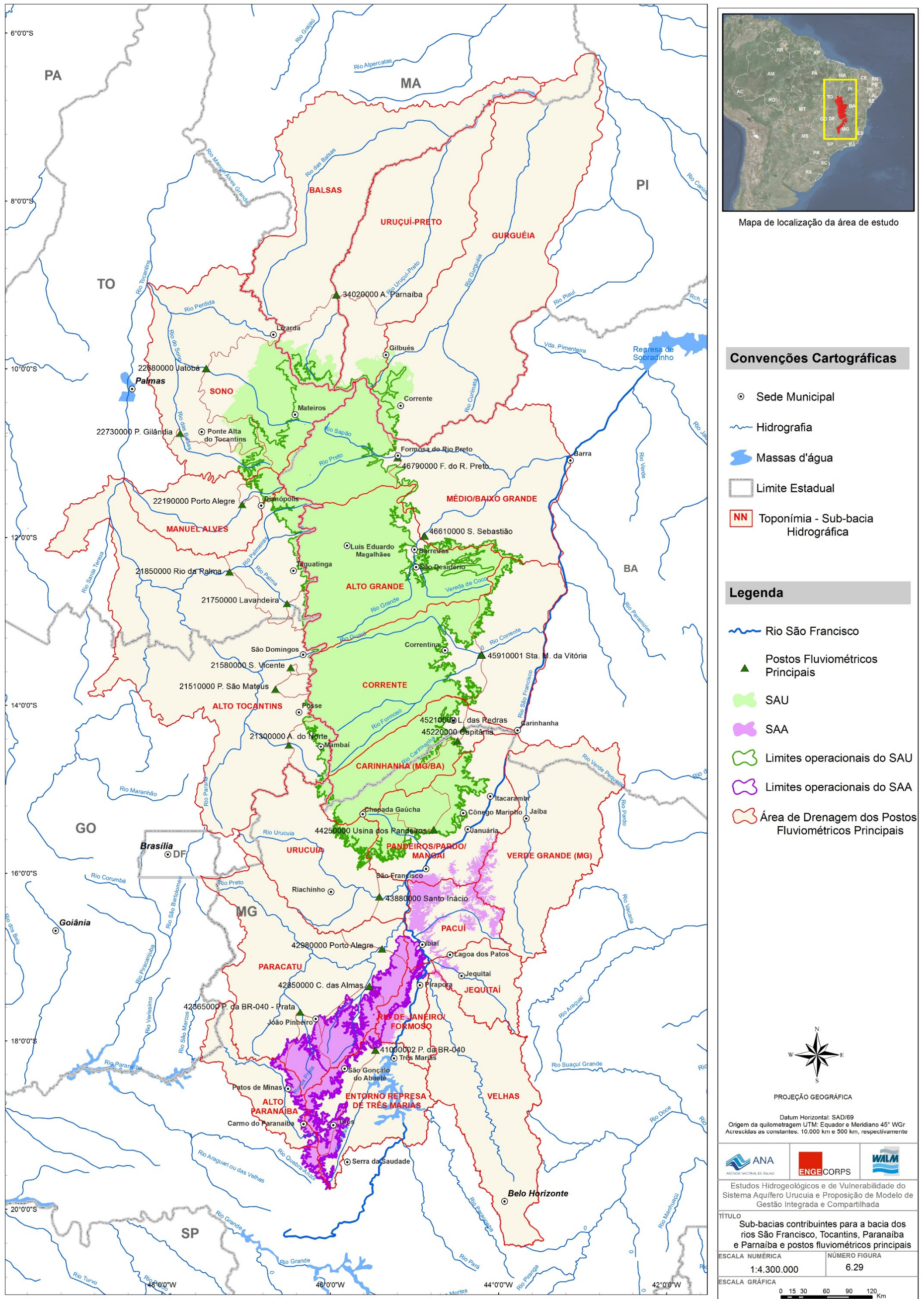


Figura 6.29 – Sub-bacias contribuintes para a bacia dos rios São Francisco, Tocantins, Paranaíba e Parnaíba e postos fluviométricos principais.



**QUADRO 6.6 – POSTOS PRINCIPAIS – BACIA DO SÃO FRANCISCO.**

<b>Código do Posto</b>	<b>Nome</b>	<b>Rio</b>	<b>Sub-bacia</b>	<b>Área de Drenagem (km<sup>2</sup>)</b>	<b>% SAU/AD*</b>	<b>Período</b>
42850000	Cachoeira das Almas	Sono	Paracatu	4.390	67	Jan/1970 a dez/2005
44250000	Usina dos Pandeiros Montante	Pandeiros	Pandeiro	3.230	100	Ago/1973 a dez/2005
45210000	Lagoa das Pedras	Carinhanha	Carinhanha	12.600	90	Jan/1970 a dez/2005
45220000	Capitânea	Coxá	Carinhanha	2.380	99	Jan/1970 a dez/2005
45910001	Santa Maria da Vitória	Corrente	Corrente	29.500	84	Jan/1977 a dez/2006
46610000	São Sebastião	Grande	Alto Grande	32.900	86	Jan/1970 a dez/2006
46790000	Formosa do Rio Preto	Preto	Médio/Baixo Grande	14.300	92	Jan/1970 a dez/2006

\* %SAU/AD: percentual que a área de afloramento das rochas do SAU ou SAA representam na área de drenagem do posto fluviométrico.

Nas Figuras 6.30 a 6.43, a seguir, são apresentados os resultados obtidos na separação da vazão de base desses sete postos principais localizados na bacia do rio São Francisco, mediante as seguintes variáveis:

- ✓ ESD: vazão de escoamento superficial, em m<sup>3</sup>/s;
- ✓ Total: vazão observada no posto fluviométrico;
- ✓ Qbase em m<sup>3</sup>/s: vazão média anual de base;
- ✓ Qbase em mm: vazão de base anual apresentada em altura, referida à área de drenagem do posto fluviométrico;
- ✓ Qbase em %: em porcentagem da vazão total escoada;
- ✓ AD: área de drenagem do posto principal, em km<sup>2</sup>;
- ✓ q: vazão de base específica, em l/s/km<sup>2</sup>;
- ✓ Intervalo: intervalo de tempo para separação do hidrograma, em dias.

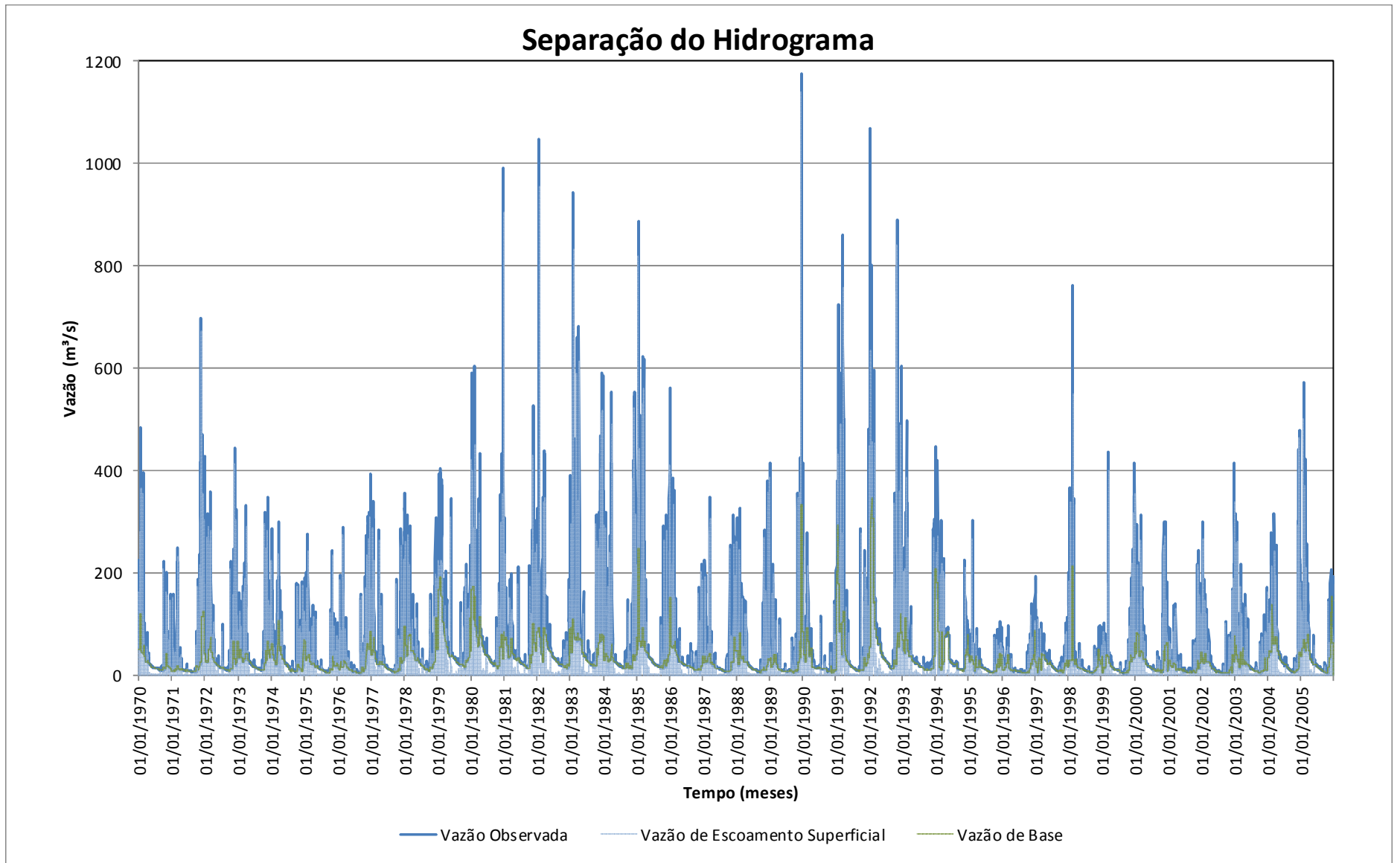


Figura 6.30 – Hidrogramas - Vazões Diárias de Base, ESD e Total – Posto 42850000 - Cachoeira das Almas rio do Sono (MG)  
Sub-bacia: Rio Paracatu - Período 01/01/1970 a 31/12/2005.

Ano	42850000		
	Qbase (mm)	Qbase (m³/s)	Qbase (%)
1971	82,37	11,47	45,24
1972	235,27	32,66	48,03
1973	181,7	25,29	50,79
1974	225,05	31,33	58,56
1975	139,05	19,36	49,82
1976	101,36	14,07	41,12
1977	201,47	28,05	49,4
1978	226,03	31,46	53,22
1979	401,16	55,84	62,83
1980	416,32	57,8	61,22
1981	258,91	36,04	53,9
1982	359,41	50,03	54,9
1983	316,22	44,02	53,54
1984	251,58	34,93	43,8
1985	303,22	42,21	40,42
1986	254,16	35,38	54,09
1987	123,57	17,2	45,22
1988	170,7	23,7	50,03
1989	105,58	14,7	42,75
1990	264,2	36,78	50,78
1991	326,59	45,46	53,96
1992	467,83	64,95	62,27
1993	289,11	40,25	49,6
1994	336,97	46,91	60,3
1995	141,01	19,63	63,85
1996	97,36	13,52	57,98
1997	160,44	22,33	63,16
1998	154,14	21,46	51,61
1999	113,51	15,8	59,36
2000	198,62	27,57	52,51
2001	117,68	16,38	49,72
2002	114,33	15,92	48,75
2003	149,96	20,87	48,32
2004	231,1	32,08	61,73
2005	190,73	26,55	51,39
<b>Máxima</b>	<b>467,83</b>	<b>64,95</b>	<b>63,85</b>
<b>Média</b>	<b>220,19</b>	<b>30,63</b>	<b>52,69</b>
<b>Mínima</b>	<b>82,37</b>	<b>11,47</b>	<b>40,42</b>
AD	4390	km²	
q	6,98	l/s/km²	
Intervalo	11	dias	

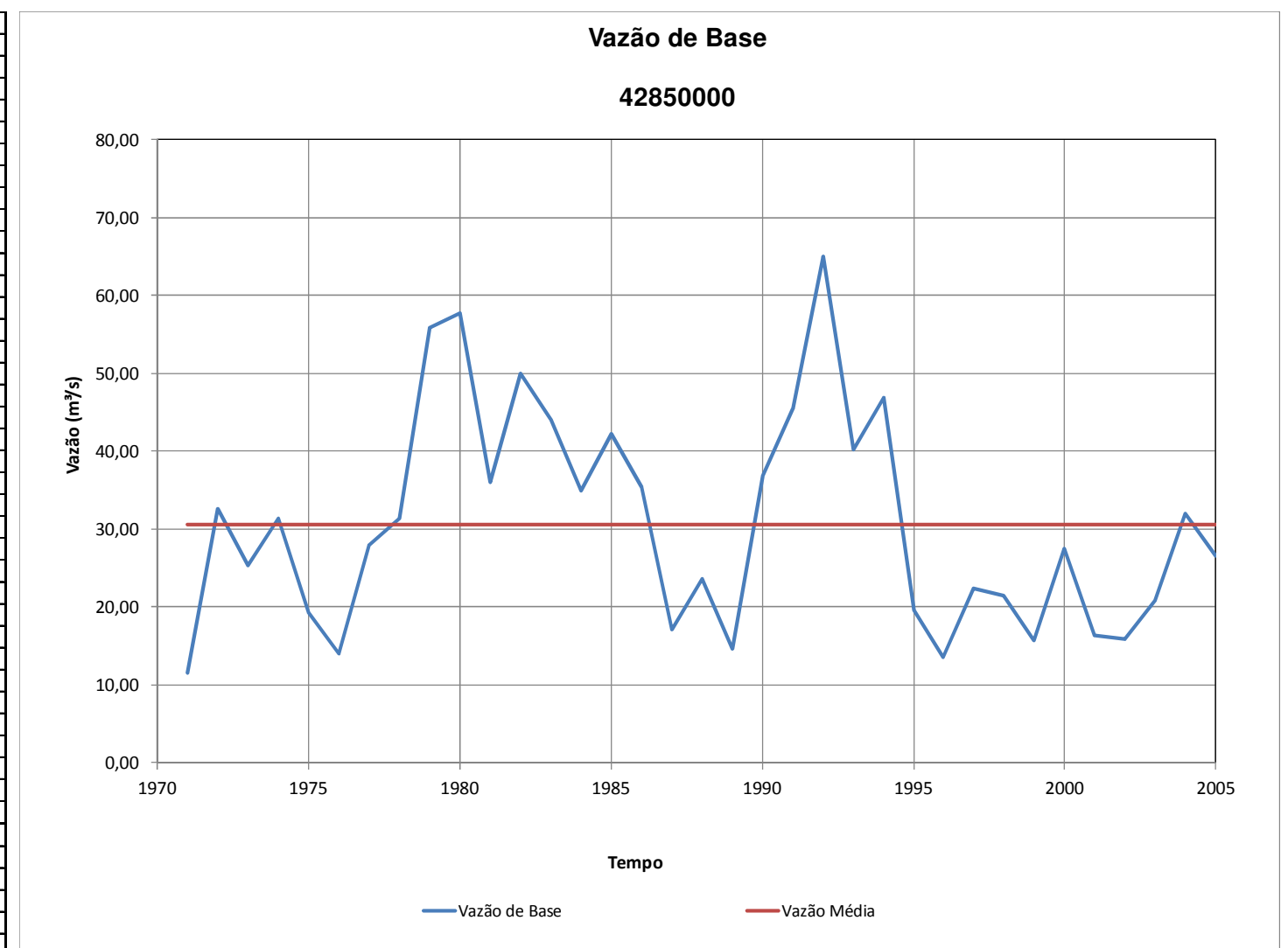


Figura 6.31 – Vazão de Base – Médias Anuais – Posto 42850000 - Cachoeira das Almas rio do Sono (MG)  
Sub-bacia: Rio Paracatu - Período 01/01/1970 a 31/12/2005.

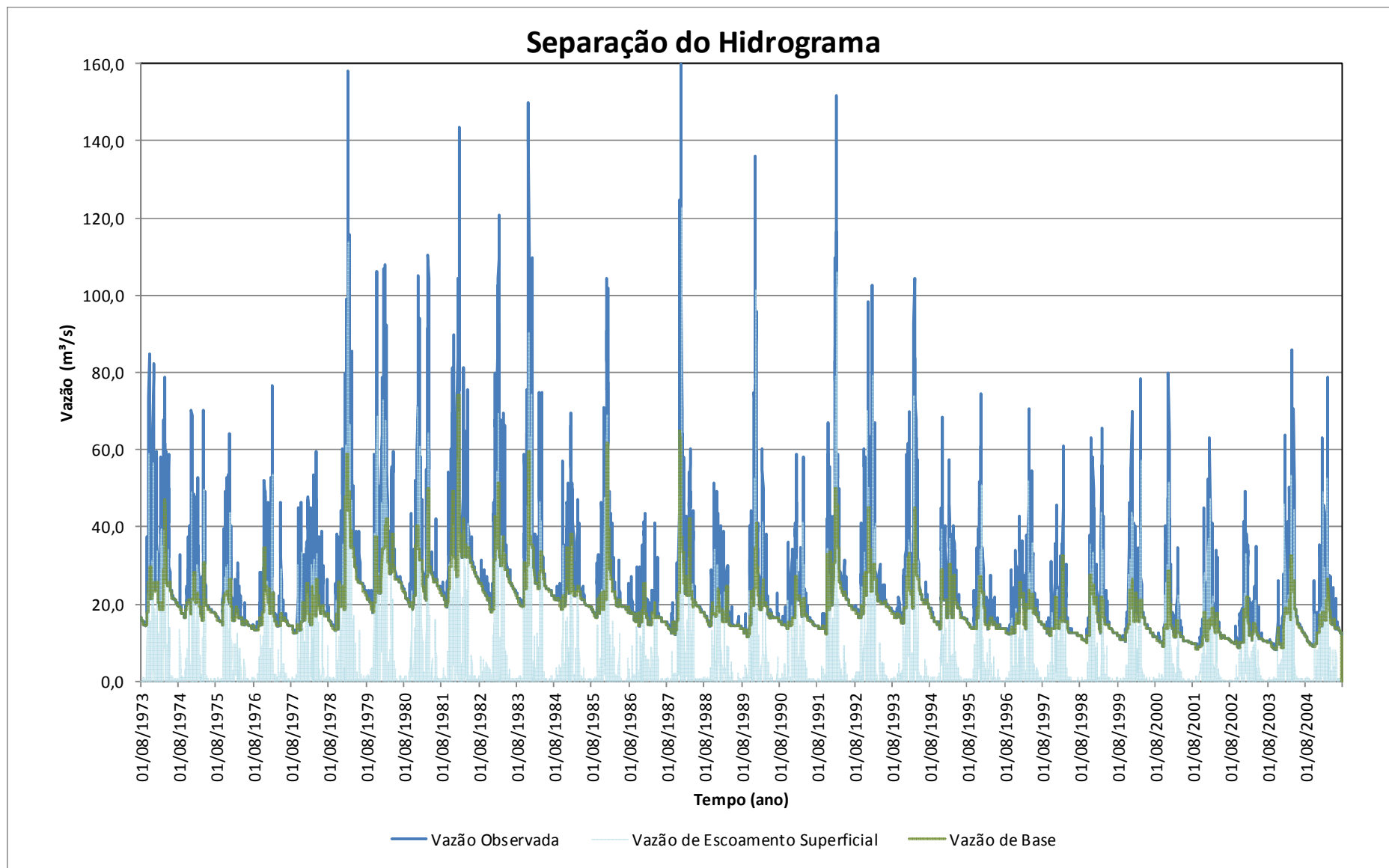


Figura 6.32 – Hidrogramas - Vazões Diárias de Base, ESD e Total – Posto – 44250000 – Usina dos Pandeiros Montante no rio Pandeiros Sub-bacia: Pandeiros / Pardo / Mangai - Período 01/05/1973 a 31/12/2005.

Ano	44250000		
	Qbase (mm)	Qbase (m³/s)	Qbase (%)
1974	222,68	22,81	78,11
1975	188,97	19,35	82,9
1976	164,29	16,78	84,97
1977	165,66	16,97	82,82
1978	171,89	17,6	79,39
1979	265,13	27,16	79,36
1980	268,31	27,41	77,82
1981	255,65	26,18	82,45
1982	315,62	32,33	80,28
1983	260,44	26,67	84,32
1984	270,86	27,67	80,81
1985	216,84	22,21	86,02
1986	219,89	22,52	83,37
1987	157,5	16,13	86,48
1988	226,92	23,18	80,91
1989	155,99	15,98	85,69
1990	187,81	19,24	78,7
1991	162,86	16,68	85,04
1992	225,44	23,03	79,47
1993	217,72	22,3	81,64
1994	214,49	21,97	82,78
1995	176,98	18,13	86,88
1996	152,96	15,62	85,37
1997	165,2	16,92	80,96
1998	138,75	14,21	85,2
1999	149,66	15,33	80,8
2000	148,37	15,15	80,1
2001	120,89	12,38	82,73
2002	119,04	12,19	78,66
2003	116,08	11,89	82,37
2004	141,1	14,41	77,49
<b>Máxima</b>	<b>315,62</b>	<b>32,33</b>	<b>86,88</b>
<b>Média</b>	<b>192,39</b>	<b>19,69</b>	<b>82,06</b>
<b>Mínima</b>	<b>116,08</b>	<b>11,89</b>	<b>77,49</b>
<b>AD</b>	3230	km²	
<b>q</b>	6,10	l/s/km²	
<b>Intervalo</b>	11	dias	

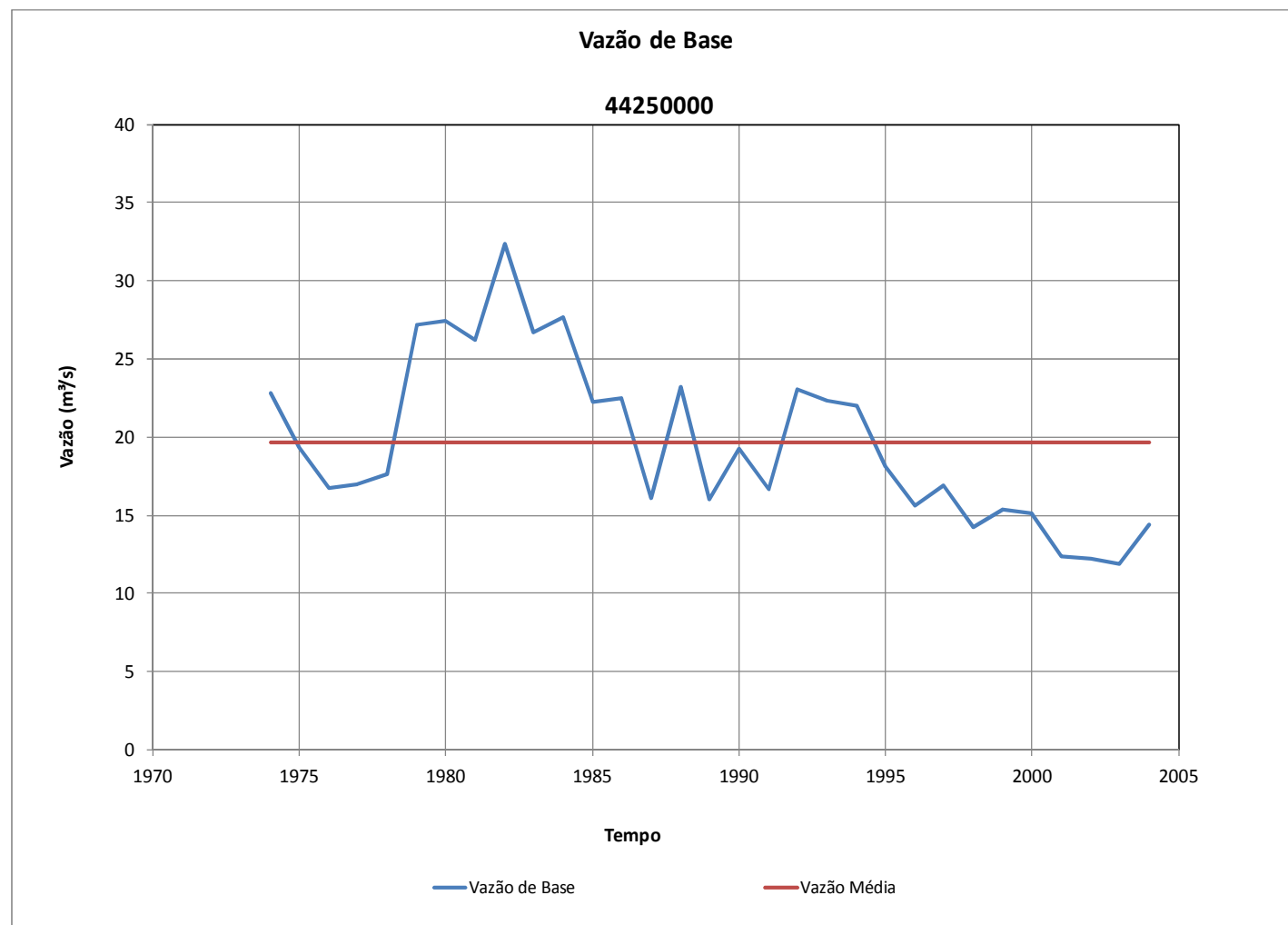


Figura 6.33 – Hidrogramas - Vazões Diárias de Base, ESD e Total – Posto – 44250000 – Usina dos Pandeiros Montante no rio Pandeiros Sub-bacia: Pandeiros / Pardo / Mangai - Período 01/05/1973 a 31/12/2005.

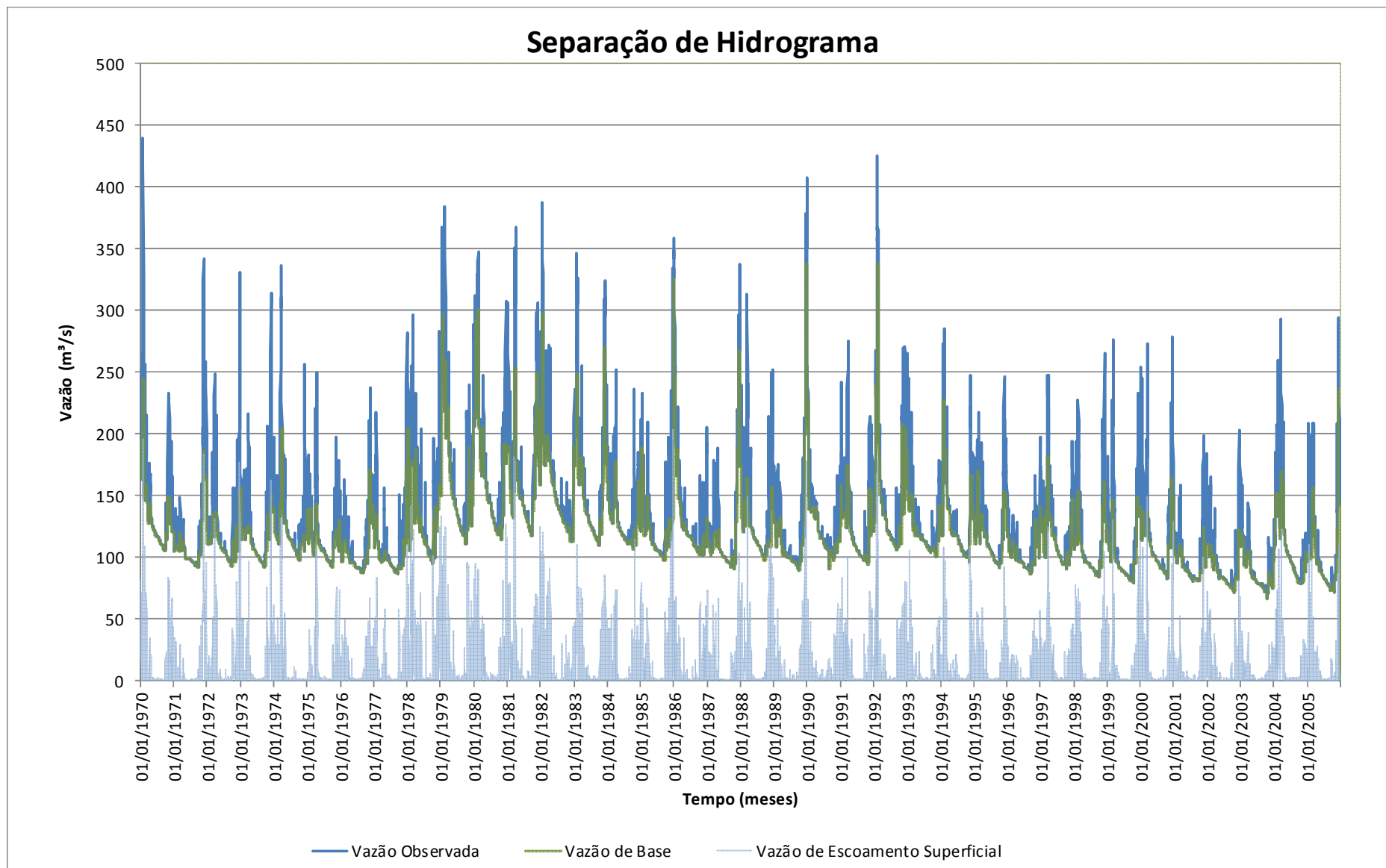


Figura 6.34 – Hidrogramas - Vazões Diárias de Base, ESD e Total – Posto 45210000 – Lagoa das Pedras no rio Carinhanha Sub-bacia: Carinhanha - Período 01/05/1970 a 31/12/2005.

Ano	45210000		
	Qbase (mm)	Qbase (m³/s)	Qbase (%)
1971	271,32	108,4	93,31
1972	293,85	117,09	88,7
1973	278,14	111,13	89,11
1974	308,71	123,34	87,85
1975	274,48	109,66	91,02
1976	252,48	100,6	92,7
1977	264,39	105,64	91,74
1978	308,8	123,38	87,66
1979	394,08	157,45	89,31
1980	406,16	161,83	91,37
1981	377,34	150,77	88,8
1982	424,43	169,58	90,35
1983	357,59	142,87	92,39
1984	342,32	136,4	91,13
1985	298,67	119,33	91,96
1986	338,29	135,16	90,66
1987	266,45	106,46	91,66
1988	320,07	127,53	89,78
1989	274,8	109,8	90,16
1990	328,04	131,07	91,54
1991	291,98	116,66	91,26
1992	342,16	136,34	90,84
1993	328,34	131,19	91,26
1994	311,22	124,35	92,68
1995	287,88	115,02	92,21
1996	260,02	103,61	93,16
1997	285,32	114	90,34
1998	258	103,08	92,48
1999	255,46	102,07	90,3
2000	272,72	108,67	88,63
2001	243,25	97,19	92,31
2002	226,73	90,59	90,64
2003	221,18	88,37	92,07
2004	262,41	104,56	89,66
2005	230,2	91,98	91,95
<b>Máxima</b>	<b>424,43</b>	<b>169,58</b>	<b>93,31</b>
<b>Média</b>	<b>298,78</b>	<b>119,29</b>	<b>90,89</b>
<b>Mínima</b>	<b>221,18</b>	<b>88,37</b>	<b>87,66</b>
<b>AD</b>	12600	km²	
<b>q</b>	9,47	l/s/km²	
<b>Intervalo</b>	11	dias	

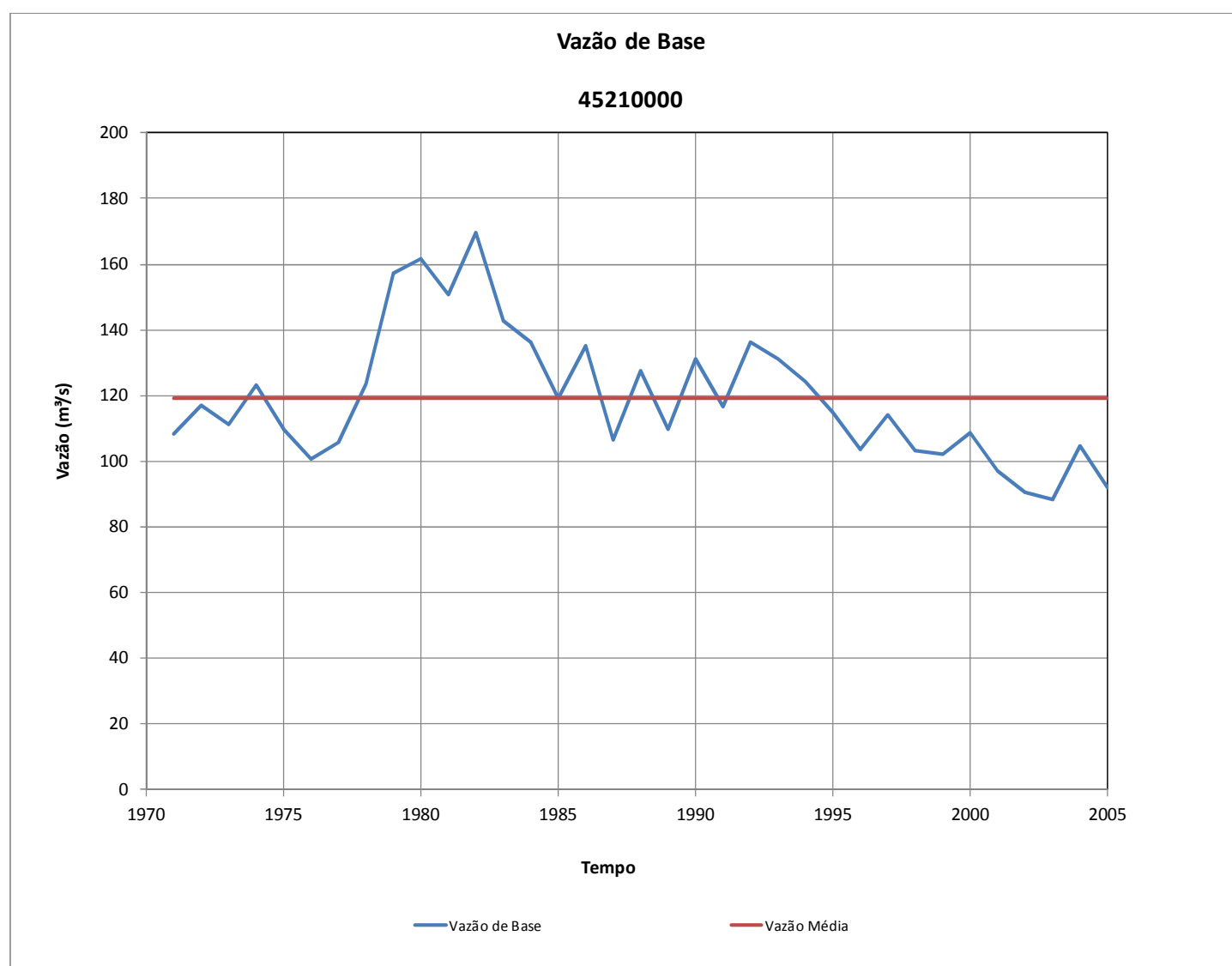


Figura 6.35 – Vazão de Base – Médias Anuais – Posto 45210000 – Lagoa das Pedras no rio Carinhanha Sub-bacia: Carinhanha - Período 01/05/1970 a 31/12/2005.

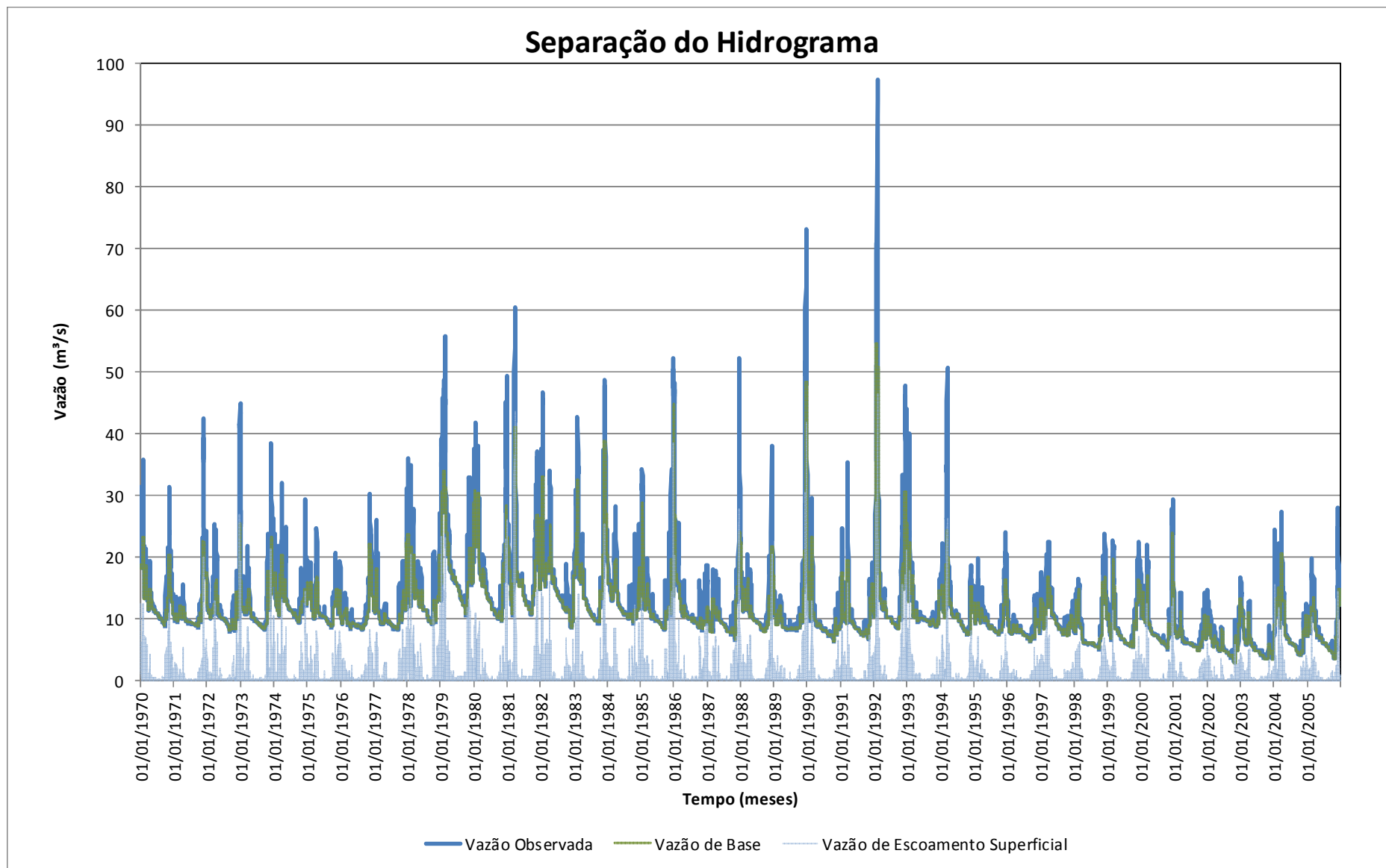


Figura 6.36 – Hidrogramas - Vazões Diárias de Base, ESD e Total – Posto 45220000 – Capitânea no rio Coxá Sub-bacia: Carinhanha - Período 01/01/1970 a 31/12/2005.

Ano	45220000		
	Qbase (mm)	Qbase (m³/s)	Qbase (%)
1971	143,75	10,85	92,350
1972	157,15	11,83	88,690
1973	144,41	10,9	87,190
1974	174,64	13,18	87,510
1975	155,34	11,72	90,510
1976	133,9	10,08	91,580
1977	147,76	11,15	91,580
1978	178,15	13,44	87,460
1979	226,57	17,1	87,730
1980	217,63	16,38	90,640
1981	209,82	15,84	87,910
1982	228,17	17,22	90,420
1983	179,89	13,58	92,920
1984	196,08	14,76	91,700
1985	155,54	11,74	89,130
1986	174,09	13,14	88,520
1987	124,44	9,39	89,260
1988	152,54	11,48	88,100
1989	132,98	10,04	90,100
1990	157,88	11,92	85,130
1991	125,24	9,45	89,310
1992	181,1	13,63	87,400
1993	169,68	12,81	86,810
1994	151,24	11,41	89,140
1995	128,44	9,69	91,890
1996	116,76	8,79	93,980
1997	132,4	9,99	90,200
1998	101,81	7,68	92,410
1999	115,55	8,72	90,360
2000	122,98	9,26	91,200
2001	98,56	7,44	90,370
2002	83,02	6,27	89,540
2003	82,35	6,22	90,390
2004	100,86	7,59	88,520
2005	96,83	7,31	90,590
<b>Máxima</b>	<b>228,17</b>	<b>17,22</b>	<b>93,98</b>
<b>Média</b>	<b>148,50</b>	<b>11,20</b>	<b>89,73</b>
<b>Mínima</b>	<b>82,35</b>	<b>6,22</b>	<b>85,13</b>
<b>AD</b>	2380	km²	
<b>q</b>	4,71	l/s/km²	
<b>Intervalo</b>	9	dias	

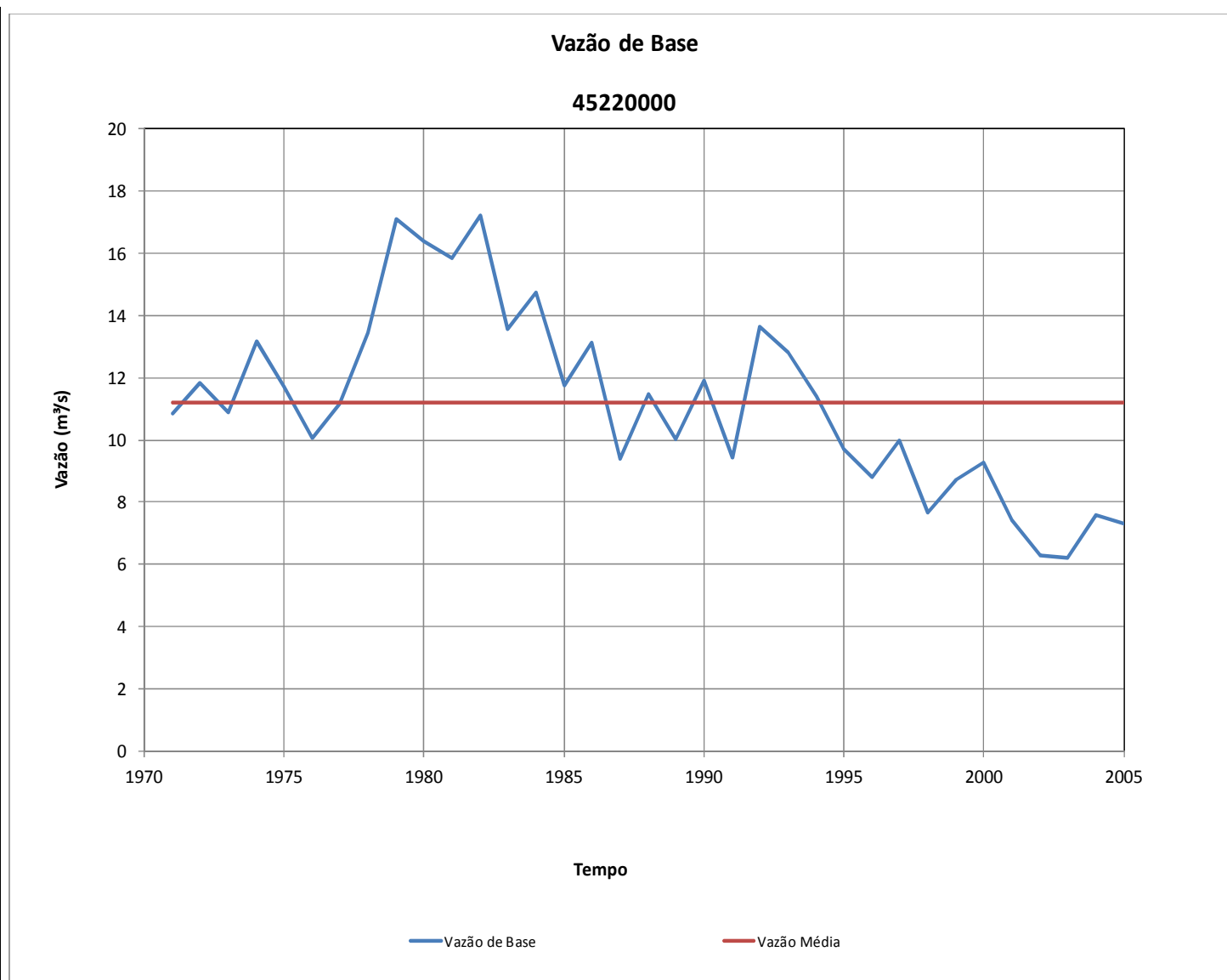


Figura 6.37 – Vazão de Base – Médias Anuais – Posto 45220000 – Capitânea no rio Coxá Sub-bacia: Carinhanha - Período 01/01/1970 a 31/12/2005.

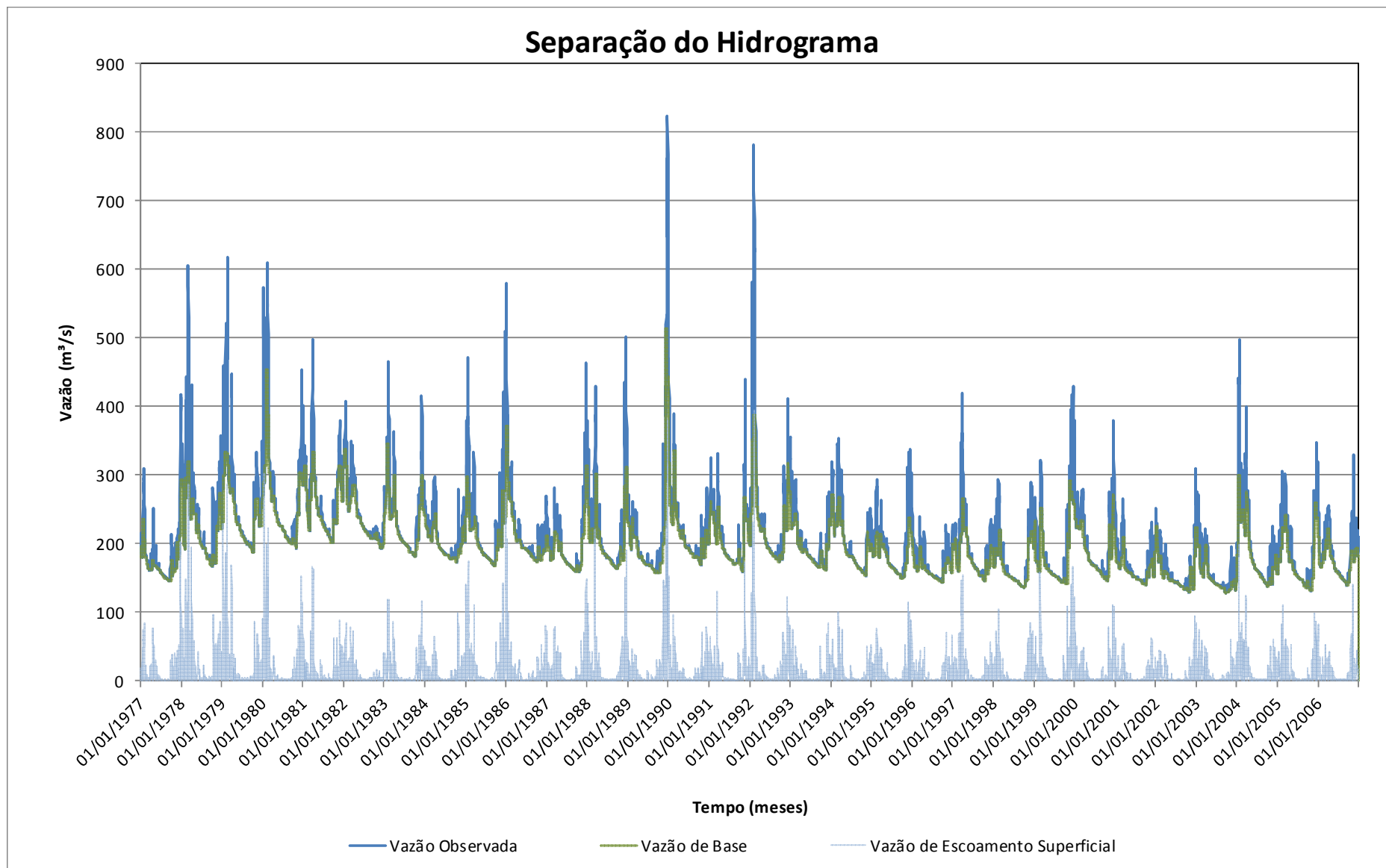


Figura 6.38 – Hidrogramas - Vazões Diárias de Base, ESD e Total – Posto 45910001 – Santa Maria do Vitória no rio Corrente  
Sub-bacia: Corrente - Período 01/01/1977.

Ano	45910001		
	Qbase (mm)	Qbase (m³/s)	Qbase (%)
1978	226,8	212,16	89,32
1979	251,3	235,08	90,3
1980	268,24	250,24	92,67
1981	263,71	246,69	93,33
1982	269,44	252,05	95,18
1983	236,6	221,33	95,54
1984	222,71	207,76	95,02
1985	215,9	201,96	92,71
1986	231,28	216,35	91,07
1987	196,09	183,43	94,22
1988	215,76	201,28	92,64
1989	203,5	190,36	93,62
1990	244,35	228,57	90,46
1991	211,48	197,83	94,83
1992	236,46	220,59	90,64
1993	218,5	204,39	94,06
1994	213,13	199,37	94,72
1995	190,9	178,57	94,68
1996	179,63	167,58	93,67
1997	192,2	179,79	91,95
1998	173,57	162,37	94,09
1999	182,17	170,41	92,83
2000	208,93	194,9	92,77
2001	179,83	168,22	93,24
2002	167,62	156,8	94,59
2003	163,08	152,55	93,51
2004	189,79	177,05	91,8
2005	178,15	166,65	93,17
2006	185,21	173,25	93,82
<b>Máximo</b>	<b>269,44</b>	<b>252,05</b>	<b>95,54</b>
<b>Média</b>	<b>210,91</b>	<b>197,16</b>	<b>93,12</b>
<b>Mínima</b>	<b>163,08</b>	<b>152,55</b>	<b>89,32</b>
<b>AD</b>	29500	km²	
<b>q</b>	6,68	l/s/km²	
<b>Intervalo</b>	11	dias	

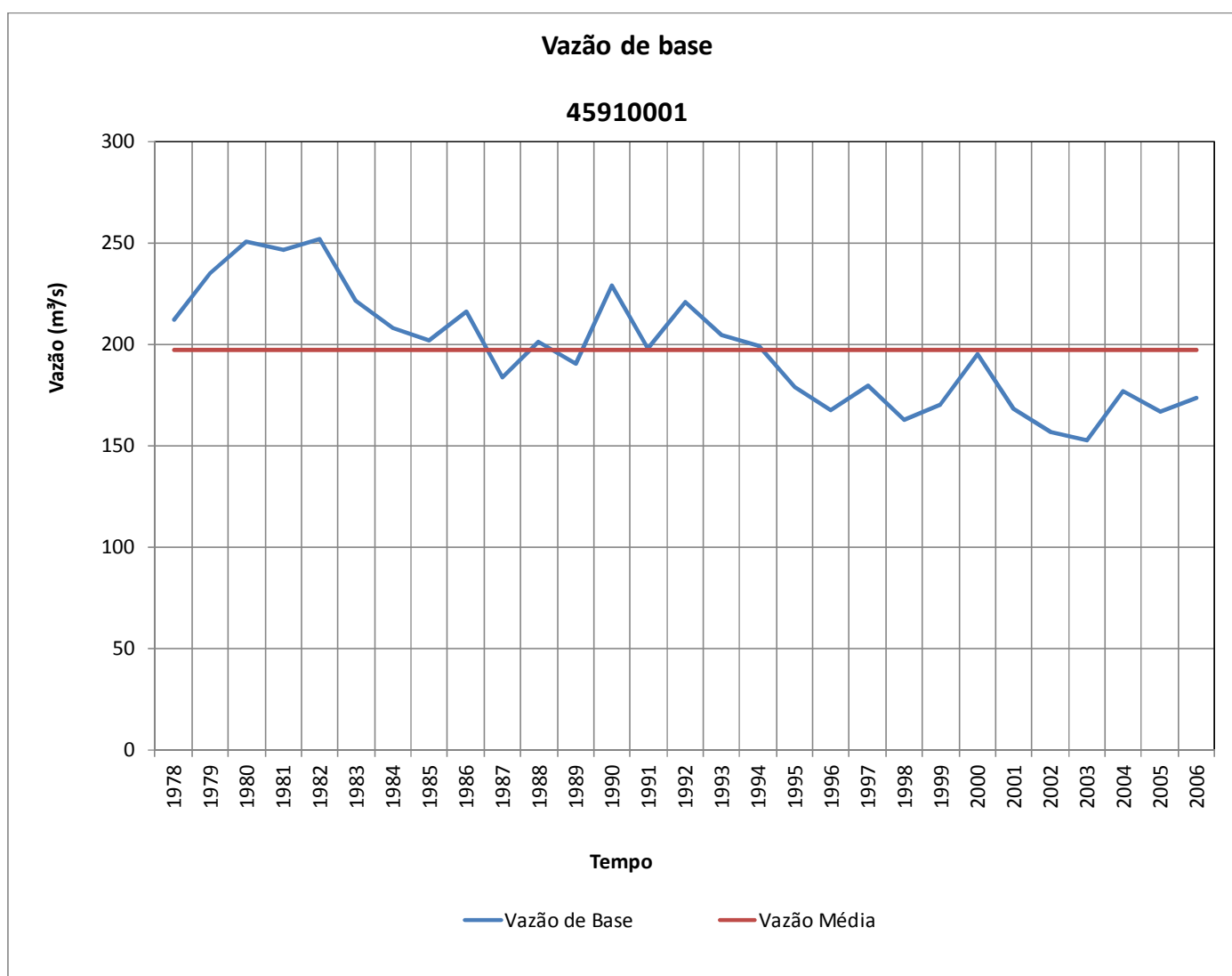


Figura 6.39 – Vazão de Base – Médias Anuais – Posto 45910001 – Santa Maria do Vitória no rio Corrente  
Sub-bacia: Corrente - Período 01/01/1977 a 31/12/2006.

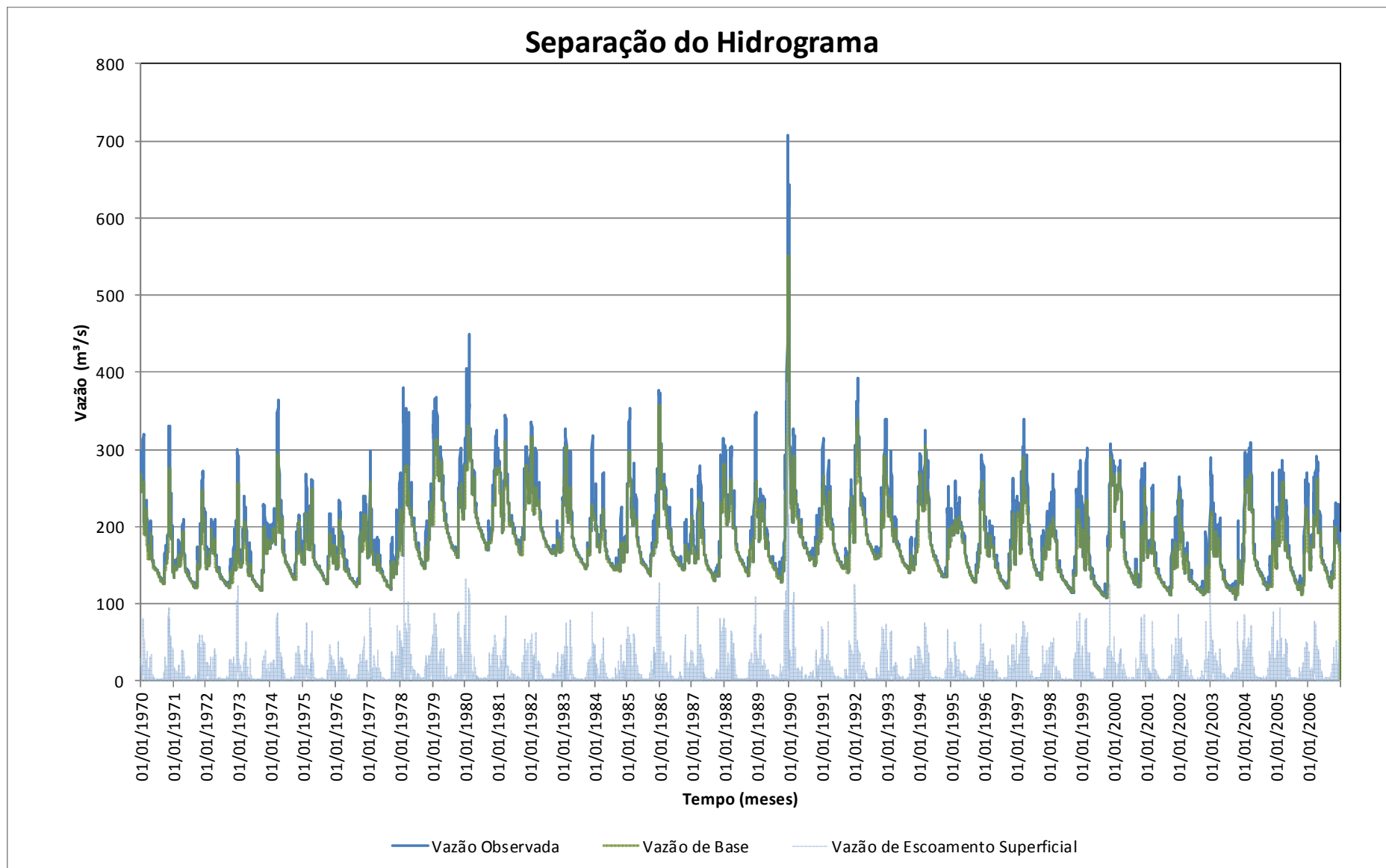


Figura 6.40 – Hidrogramas - Vazões Diárias de Base, ESD e Total – Posto 46610000 – São Sebastião no rio Grande Sub-bacia: Alto Grande - Período 01/01/1970 a 31/12/2006.

Ano	46610000		
	Qbase (mm)	Qbase (m³/s)	Qbase (%)
1971	147	153,36	93,85
1972	148,9	154,92	94,74
1973	140,27	146,34	93,05
1974	168,18	175,46	93,96
1975	155,81	162,56	94,77
1976	144,31	150,15	95,18
1977	150,49	157	94,07
1978	180,13	187,93	90,97
1979	203,21	212,01	94,31
1980	214,95	223,64	94,11
1981	206,81	215,76	95,02
1982	201,39	210,11	95,23
1983	177,03	184,69	95,2
1984	166,94	173,68	94,84
1985	169,28	176,6	94,41
1986	184,03	191,99	94,57
1987	157,39	164,2	93,81
1988	177,59	184,77	93,7
1989	167,82	175,08	94,09
1990	199,1	207,71	91,78
1991	175,11	182,69	94,49
1992	193,31	201,12	94,89
1993	179,42	187,18	94,53
1994	177,88	185,58	94,87
1995	160,91	167,87	95,82
1996	154,61	160,86	94,98
1997	173,19	180,68	93,37
1998	146,7	153,05	95,03
1999	143,29	149,49	92,92
2000	174,84	181,91	94,67
2001	145,32	151,61	93,64
2002	140,36	146,44	93,81
2003	137,98	143,96	92,57
2004	157,69	164,06	93,33
2005	152,36	158,96	92,33
2006	158,16	165,01	92,92
<b>Máxima</b>	<b>214,95</b>	<b>223,64</b>	<b>95,82</b>
<b>Média</b>	<b>167,55</b>	<b>174,68</b>	<b>94,05</b>
<b>Mínima</b>	<b>137,98</b>	<b>143,96</b>	<b>90,97</b>
<b>AD</b>	32900	km²	
<b>q</b>	5,31	l/s/km²	
<b>Intervalo</b>	11	dias	

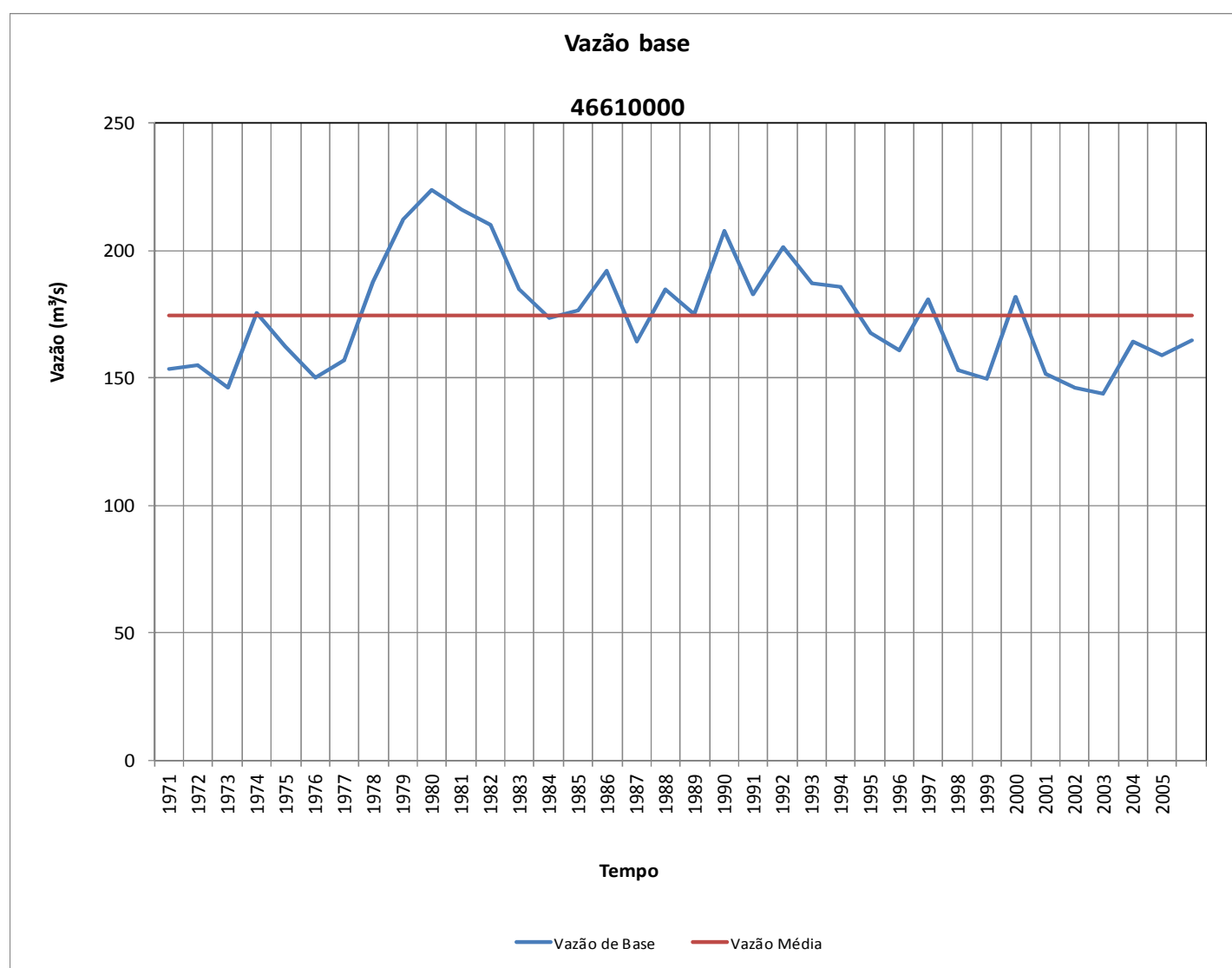


Figura 6.41 – Vazão de Base – Médias Anuais – Posto 46610000 – São Sebastião no rio Grande Sub-bacia: Alto Grande - Período 01/01/1970 a 31/12/2006.

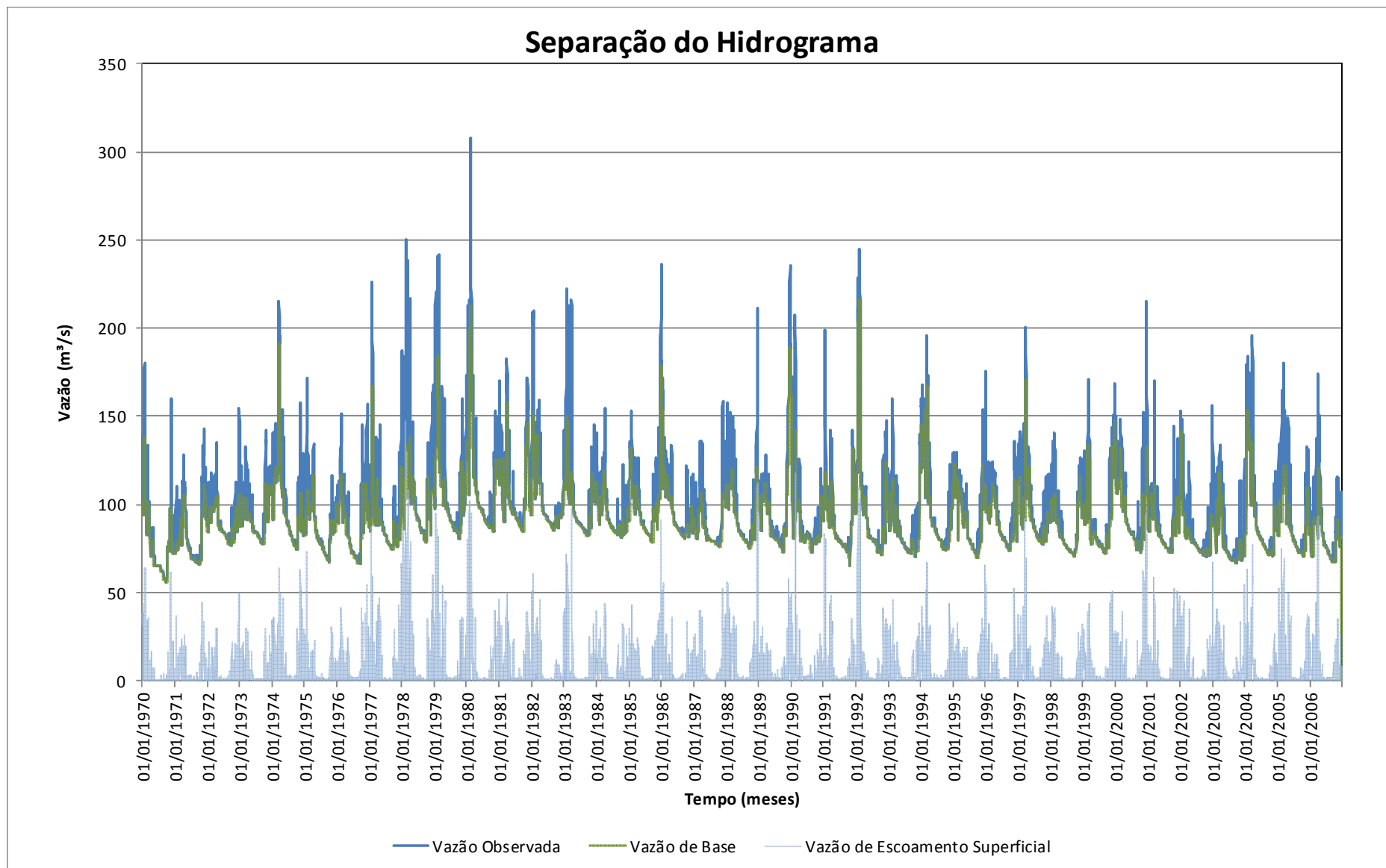


Figura 6.42 – Hidrogramas - Vazões Diárias de Base, ESD e Total – Posto 46790000 – Formosa do Rio Preto no rio Preto Sub-bacia: Médio/Baixo Grande - Período 01/01/1970 a 31/12/2006.

Ano	46790000		
	Qbase (cm)	Qbase (m³/s)	Qbase (%)
1971	17,056	77,34	93,18
1972	19,554	88,43	94,02
1973	19,672	89,2	92,69
1974	22,269	100,98	92,59
1975	19,025	86,27	91,83
1976	18,411	83,26	93,85
1977	20,186	91,53	88,93
1978	21,466	97,34	86,66
1979	22,878	103,74	89,24
1980	24,209	109,48	91,56
1981	22,519	102,11	92,1
1982	23,141	104,93	92,57
1983	21,471	97,36	92,29
1984	21,107	95,45	93,82
1985	20,46	92,77	93,77
1986	22,048	99,98	92,54
1987	18,89	85,66	93,14
1988	20,136	91,05	91,56
1989	19,854	90,03	91,94
1990	21,224	96,24	91,62
1991	19,139	86,79	92,3
1992	21,25	96,1	93,46
1993	18,784	85,17	92,39
1994	20,917	94,85	92,66
1995	19,465	88,26	93,68
1996	19,862	89,82	92,57
1997	20,59	93,37	91,3
1998	18,393	83,4	92,62
1999	19,28	87,43	93,44
2000	21,371	96,64	92,73
2001	19,045	86,36	90,98
2002	18,678	84,69	91,01
2003	17,478	79,25	91,68
2004	19,876	89,88	91,69
2005	19,055	86,41	90,21
2006	18,058	81,88	90,91
<b>Máxima</b>	<b>24,21</b>	<b>109,48</b>	<b>94,02</b>
<b>Média</b>	<b>20,19</b>	<b>91,48</b>	<b>92,04</b>
<b>Mínima</b>	<b>17,06</b>	<b>77,34</b>	<b>86,66</b>
<b>AD</b>	14300	km²	
<b>q</b>	6,40	l/s/km²	
<b>Intervalo</b>	11	dias	

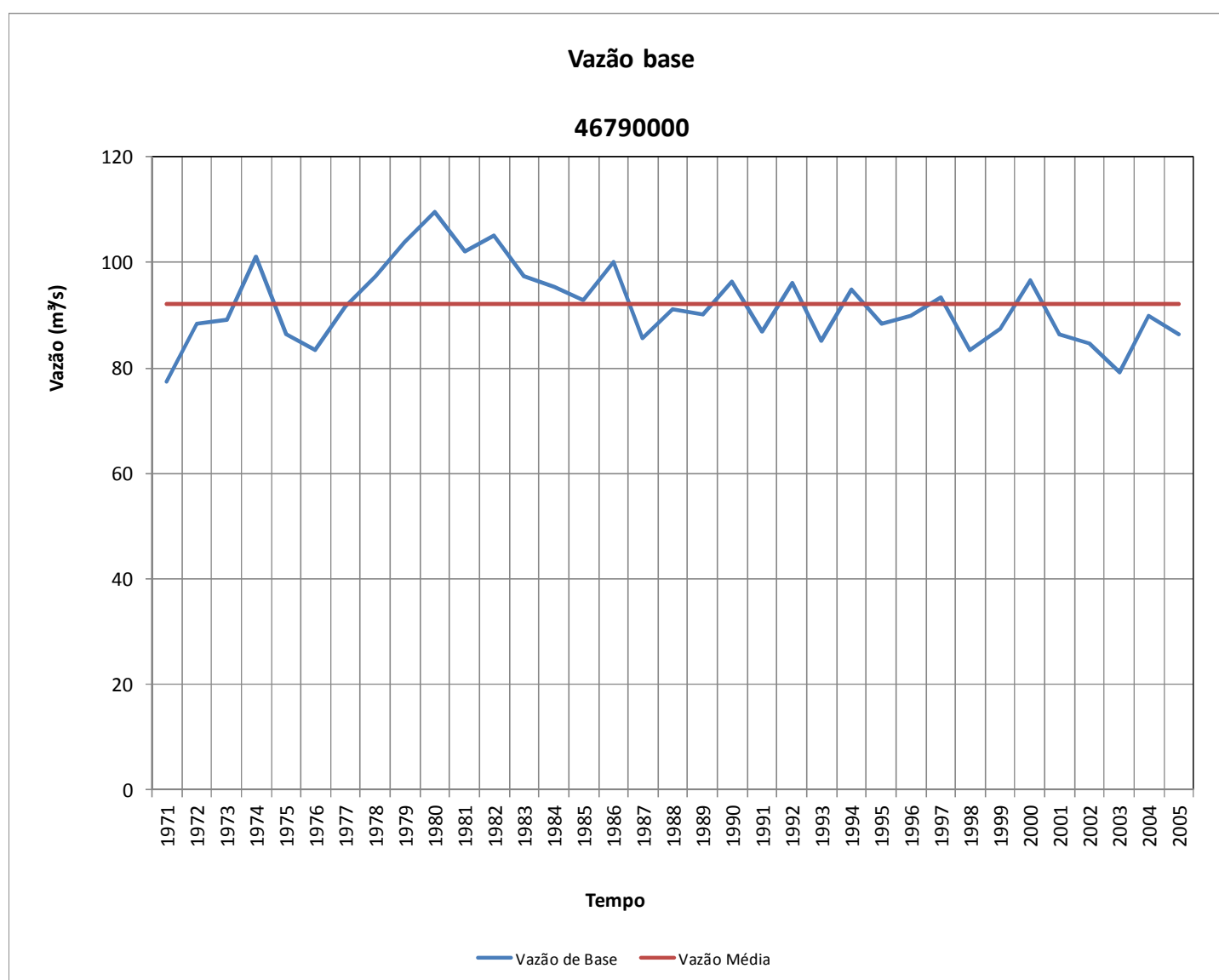


Figura 6.43 – Vazão de Base – Médias Anuais – Posto 46790000 – Formosa do Rio Preto no rio Preto Sub-bacia: Médio/Baixo Grande - Período 01/01/1970 a 31/12/2006.



Ao verificar os dados relativos ao fluxo de base, utilizou-se os valores da vazão de base específica ( $q_{\text{bespec.}}$ , em l/s/Km<sup>2</sup>) para comparar a contribuição subterrânea entre os postos, haja vista que esse valor normaliza a vazão de base em função da área do posto fluviométrico. Conforme pode ser verificado no Quadro 6.7 a maior vazão de  $qb$  (9,47 l/s/Km<sup>2</sup>) é decorrente da vazão efluente do SAU na bacia do rio Carinhanha, na parte sul desse Sistema Aquífero; enquanto que o valor médio de  $q_{\text{bespec.}}$  nos postos principais avaliados, ponderado pelas áreas é de 6,49 l/s/Km<sup>2</sup>.

**QUADRO 6.7 – VAZÃO DE BASE ESPECÍFICA ( $q_{\text{bespec.}}$ , EM l/s/km<sup>2</sup>) EFLUENTE DOS SISTEMAS AQUÍFEROS URUCIA E AREADO.**

Código do Posto	Nome	Rio	Área de drenagem (Km <sup>2</sup> )	% SAU/AD	$q_{\text{bespec.}}$ (l/s/Km <sup>2</sup> )
<b>Bacia do Rio São Francisco</b>					
42850000	Cachoeira das Almas	Sono/Paracatu	4.390	67	6,98
44250000	Usina dos Pandeiros Montante	Pandeiros	3.230	100	6,10
45210000	Lagoa das Pedras	Carinhanha	12.600	90	9,47
45220000	Capitânea	Carinhanha (Coxá)	2.380	99	4,71
45910001	Sta. Maria da Vitória	Corrente	29.500	84	6,68
46610000	São Sebastião	Grande	32.900	86	5,31
46790000	Formosa do Rio Preto	Preto	14.300	92	6,40
<b>Média Ponderada</b>					6,49

\* %SAU/AD: percentual que a área de afloramento das rochas do SAU ou SAA representam na área de drenagem do posto fluviométrico.

O Quadro 6.8 apresenta as relações entre as vazões de base máxima e mínima observadas no período e a vazão de base média de longo termo em cada posto ( $Q_{b_{\text{med}}}$ ) para os resultados obtidos em m<sup>3</sup>/s e % da vazão escoada. Considerando que as lâminas sobre a bacia são obtidas dividindo as vazões escoadas (m<sup>3</sup>/s) por uma constante (Área da bacia x coeficiente de transformação de unidades) as relações obtidas entre os valores máximo e mínimo terão o mesmo valor. No mesmo quadro estão apresentadas a área de drenagem do posto fluviométrico e a percentagem da área de drenagem da bacia (AD) coberta pelo SAU.

**QUADRO 6.8 – RESUMO DA RELAÇÃO ENTRE AS VAZÕES DE BASES MÁXIMA ( $Q_{B_{\text{MAX}}}$ ) E MÍNIMA ( $Q_{B_{\text{MIN}}}$ ) COM A MÉDIA ( $Q_{B_{\text{MÉD}}}$ ).**

Posto	Nome	Área de Drenagem km <sup>2</sup>	% SAU/AD	Vazões em m <sup>3</sup> /s Lâmina em mm		Vazões de base em % da Vazão Escoada	
				$Q_{b_{\text{max}}}/Q_{b_{\text{med}}}$	$Q_{b_{\text{min}}}/Q_{b_{\text{med}}}$	$Q_{b_{\text{max}}}/Q_{b_{\text{med}}}$	$Q_{b_{\text{min}}}/Q_{b_{\text{med}}}$
42850000	Cachoeira das Almas	4.390,0	67	212%	38%	121%	77%
44250000	Usina dos Pandeiros Montante	3.230,0	100	164%	60%	106%	94%
45210000	Lagoa das Pedras	12.600,0	90	142%	74%	103%	96%
45220000	Capitânea	2.380,0	99	154%	55%	105%	95%
45910001	Santa Maria da Vitória	29.500,0	84	128%	77%	103%	96%
46610000	São Sebastião	32.900,0	86	128%	82%	102%	97%
46790000	Formosa do Rio Preto	14.300,0	92	120%	84%	102%	94%

A análise dos resultados obtidos permite afirmar que:

- ✓ A avaliação dos resultados em  $m^3/s$  é dificultada pela grande variação dos valores de vazão, consequência das magnitudes variadas das áreas de drenagem;
- ✓ Ao padronizar os valores em altura de água sobre a bacia (mm) as vazões de base médias variam entre um mínimo de 148 mm (posto 45220000, Capitânea; Rio Coxá) e 299 mm (posto 45210000, Lagoa das Pedras; Rio Carinhanha), ou seja, cerca do dobro do valor mínimo;
- ✓ Os valores máximos das vazões de base em mm variam entre 215 mm (posto 46610000 – São Sebastião – rio Grande) e 468 mm (posto 42850000, Cachoeira das Almas; rio do Sono);
- ✓ Os valores mínimos de vazões de base em mm variam entre 82 mm (posto 42850000, Cachoeira das Almas, rio do Sono/posto 45220000, Capitânea; Rio Coxá) e 221 mm (posto 45210000, Lagoa das Pedras; Rio Carinhanha);
- ✓ Os valores máximos e mínimos (em percentagem de vazão) para os cinco postos citados tem pequena variação em relação à média (rios mais regularizados pelo escoamento de base do aquífero). Os dois postos situados na porção sul da área de estudo têm variação maior;
- ✓ Ao avaliar a relação  $Q_{b_{max}}/Q_{b_{med}}$  dos valores em  $m^3/s$  verifica-se que as vazões de base máximas são cerca de 120% a 128% da vazão média de longo termo nas sub-bacias situadas na parcela central da área de estudo (posto 46790000 – Formosa do Rio Preto – rio Preto e posto 46610000 – São Sebastião – rio Grande) e mais ao norte (posto 46910001 – Santa Maria da Vitória – rio Corrente). Na direção sul este valor é ampliado, com um máximo de 212% em Cachoeira das Almas (posto 42850000 – Cachoeira das Almas – rio do Sono);
- ✓ Avaliando a relação  $Q_{b_{min}}/Q_{b_{med}}$  em  $m^3/s$  verifica-se também uma maior constância para as bacias mais ao norte (entre 55% e 84%) e variação maior em Cachoeira das Almas (38%) (posto 42850000 - Cachoeira das Almas – rio do Sono), que tem na sua área de drenagem o Sistema Aquífero Areado.
- ✓ A avaliação com base na percentagem de vazão escoada mostra para seis das bacias (Panderio/Pardo/Mangaí, Carinhanha, Corrente, Alto Grande, Médio/Baixo Grande e Paracatu) um valor máximo de até 106% e mínimo de 94% em relação à vazão de base média de longo termo. À exceção do posto 42850000 - Cachoeira das Almas – rio do Sono com valor máximo de 121% e mínimo de 77%, corroborando um comportamento diferencial nessa estação.

Essas observações indicam que o aquífero situado na sub-bacia Paracatu, o Sistema Aquífero Areado, é diferenciado tanto em termos hidrogeológicos, refletindo na sua menor capacidade de regularização das vazões de base, em comparação ao Sistema Aquífero Urucuaia, situado predominantemente nas áreas de drenagens das demais sub-bacias, na parte norte da área de estudo.

O escoamento de base é menor no posto 44250000 (Usina dos Pandeiros Montante - rio dos Pandeiros) provavelmente porque naquela área existe a ocorrência de rochas do Grupo Areado e metassedimentos do Grupo Bambuí, com características litológicas mais argilosas que as unidades do SAU, e, portanto, com menores condições de regularização das drenagens, que

podem estar influenciando nessa diferença. Nas sondagens elétricas verticais (SEVs) 67 e 68, situadas próximas a essa estação, chegou-se a baixos valores da espessura do SAU (63,3 e 60,8 metros, respectivamente) e baixos valores de resistividade aparente (inferiores a 170 ohm.m), refletindo resistividades de material pelíticos.

Do mesmo modo, as rochas do substrato da sub-bacia do rio do Sono (posto 42850000, Cachoeira das Almas - rio do Sono), estão sobre os domínios aquíferos de formações cenozoicas do Grupo Areado. Esses domínios são caracterizados por uma menor capacidade de armazenamento de água subterrânea comparados ao pacote arenoso do Grupo Urucuia, e, conseqüentemente, determinam um escoamento de base comparativamente menor.

As observações apresentadas com respeito aos gráficos da vazão de base anual nos diversos postos fluviométricos indicam pico de vazão de base por volta do ano de 1980 e decréscimo da vazão ao longo dos anos seguintes, resultando em série de valores inferiores à média. Segundo Albuquerque & Chaves (2011), no rio das Fêmeas – período entre 1977 e 2007 – ocorreram quedas significativas de vazão ao longo dos anos hidrológicos, apresentando resultados semelhantes aos observados. Tal comportamento, entretanto, é coerente conforme se confronta os dados de vazão das estações com os dados de precipitação na região, do mesmo período, e certamente inclui, entre outros fatores não analisados aqui, o reflexo da diminuição da precipitação a partir do ano de 1980.

#### *6.3.1.2 Aspectos Geológicos*

Um fator a ser considerado na avaliação das contribuições dos aquíferos para as bacias circundantes é a geologia existente na área e suas circunvizinhanças, conforme citado anteriormente. Além das rochas dos Grupos Urucuia e Areado, as sub-bacias afluentes aos postos principais incluem outras unidades litológicas, haja vista que nem o SAU nem o SAA ocupa a totalidade das áreas de drenagens das estações fluviométricas avaliadas, exceto na estação do rio Pandeiros (parte sul do SAU) que em sua área de drenagem 100% de rochas do SAU. O quadro 4.10 apresenta a distância mínima aproximada da área de afloramento do SAU e os postos fluviométricos e as demais litologias associadas nessas áreas e adjacências.

Na prática, tal fato influencia as estimativas de contribuição dos aquíferos para as vazões dos rios, uma vez que outros sistemas aquíferos atuam tanto na contribuição para o escoamento superficial quanto para o armazenamento subterrâneo.

Especificamente na região compreendida pelos Sistemas Aquíferos Urucuia e Areado, os postos fluviométricos analisados, embora comportem entre 76 e 100% de suas áreas de drenagem, a ocorrência de rochas pertencentes a esses sistemas aquíferos, apresentam distâncias em geral de algumas dezenas de quilômetros do limite de afloramento das suas respectivas unidades geológicas. No percentual restante dessas áreas de drenagem ocorrem litologias bastante distintas (o embasamento das unidades geológicas do SAU e SAA), conforme se observa na Figura 6.44 que apresenta um Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos (CPRM, 2007) da região de interesse e as estações fluviométricas analisadas.

Dentre a diversidade de domínios hidrogeológicos, destaca-se a ocorrência de aquíferos cársticos e fissurocársticos associados às formações Lagoa do Jacaré e Sete Lagoas do Grupo Bambuí (domínios carbonático-metacarbonáticos), os quais apresentam comumente circulação complexa de águas subterrâneas, com importantes sistemas de drenagem subterrânea como sumidouros, cavernas e condutos. Assim como, unidades geológicas mais antigas como embasamentos granítico-gnáissicos (região de Correntina-BA), que constituem aquífero fissural subjacente e adjacente ao SAU.

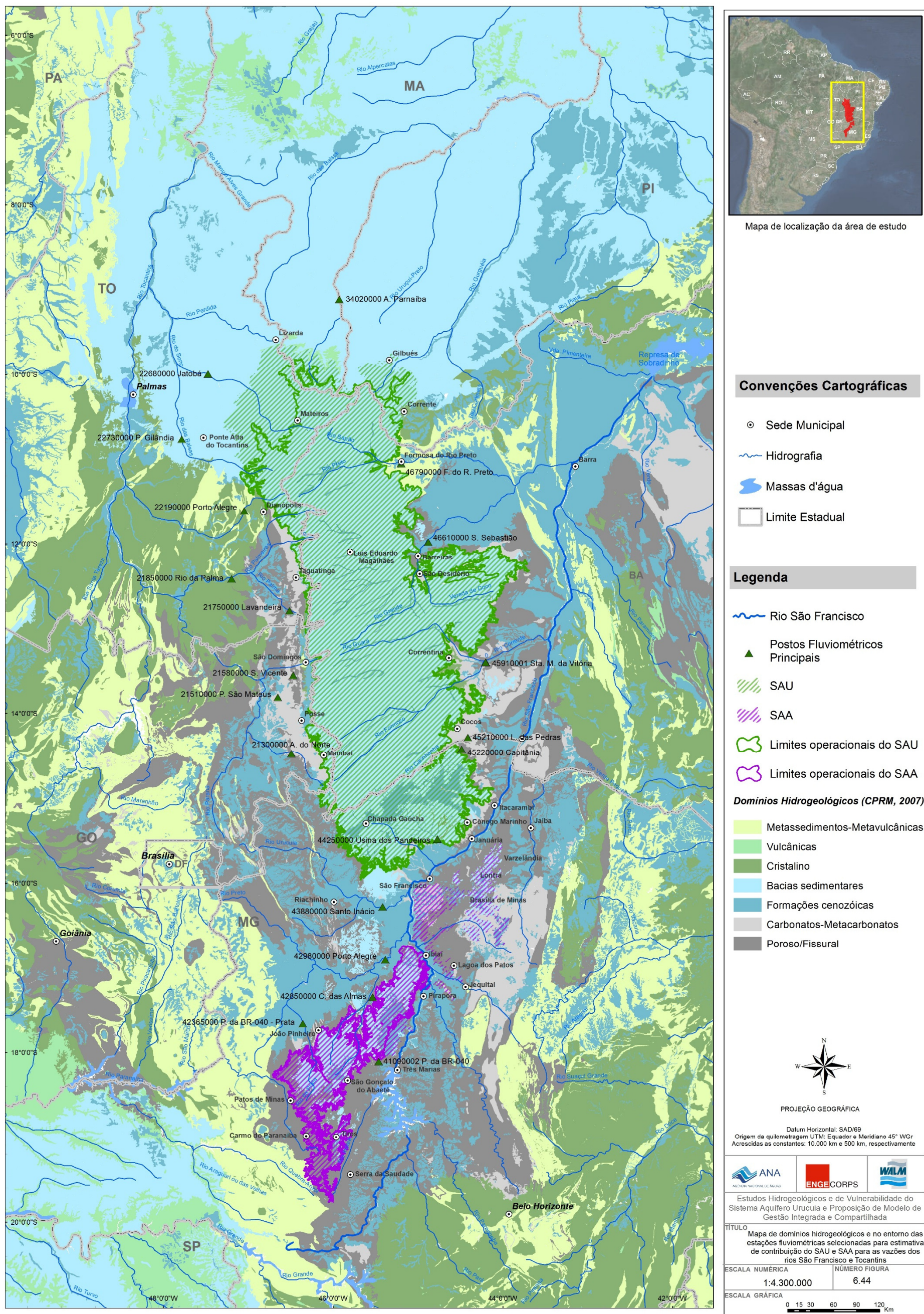


Figura 6.44 – Mapa de Domínios Hidrogeológicos e no entorno das estações fluviométricas selecionadas para estimativa de contribuição do SAU e SAA para as vazões dos rios São Francisco e Tocantins.

### 6.3.1.3 Sub-Bacias dos Aquíferos

Estudos anteriores constataram que o divisor de águas subterrâneas do SAU não coincide com o divisor de águas superficiais, conforme se constatou posteriormente neste estudo também. Amorim Junior & Olivar (2007) observaram inversão do sentido do fluxo subterrâneo no SAU por meio de avaliação geofísica na bacia do rio das Fêmeas. Gaspar (2006) propôs uma localização para o divisor de águas do SAU entre as bacias dos rios São Francisco e Tocantins, na porção oeste do SAU, limite geopolítico entre Bahia e Tocantins e Bahia e Goiás.

Para o cálculo da contribuição subterrânea do SAU e do SAA para as bacias circundantes considerou-se essa assimetria. A partir da delimitação da área de contribuição subterrânea<sup>2</sup> e das áreas de afloramento do SAU/SAA de cada sub-bacia nessa região, foram delimitadas para cada posto as áreas de contribuição do SAU/SAA. Considerou-se no cálculo da contribuição do SAU/SAA para São Francisco as áreas limitadas a oeste pelo divisor subterrâneo (quando definido) no SAU e a leste pelo limite da área de afloramento das rochas. No Quadro 6.9 são apresentados os resultados obtidos, incluindo:

- ✓ Sub-bacia ANA – número e nome da sub-bacia onde está o posto fluviométrico analisado;
- ✓ Nº Sub-bacia – número da sub-bacia do estudo definida pelo posto fluviométrico principal;
- ✓ Posto fluviométrico principal – código e nome dos postos fluviométricos;
- ✓ Área de Drenagem em km<sup>2</sup>.
- ✓ Superficial ANA– área de drenagem superficial do posto fluviométrico, conforme publicado no Hidroweb/ANA;
- ✓ Superficial – GIS – área de drenagem superficial do posto fluviométrico obtida no âmbito deste trabalho, utilizando base cartográfica 1:100.000 e ferramentas GIS;
- ✓ Subterrânea – área de drenagem da sub-bacia do posto fluviométrico principal, quando considerado o divisor de água subterrânea (área de drenagem subterrânea do posto fluviométrico). Obtida com ferramenta GIS;
- ✓ SAU/SAA – é a área do SAU contida na sub-bacia do posto fluviométrico principal, limitada pelo divisor de águas subterrâneo e o afloramento do aquífero. Obtida utilizando ferramenta GIS;

Relação entre as áreas, em porcentagem:

- ✓ Superficial GIS/Superficial ANA – relação entre área de drenagem Superficial GIS e a área de drenagem Superficial ANA;
- ✓ Subterrânea/Superficial GIS - relação entre área de drenagem subterrânea e a área de drenagem Superficial GIS;
- ✓ SAU/Superficial GIS– relação entre a Área de Drenagem do SAU/SAA e a Área de Drenagem Superficial – GIS;
- ✓ SAU/Subterrânea Total - relação entre a Área de Drenagem do SAU/SAA e a Área de Drenagem Subterrânea Total.

---

<sup>2</sup> Área de drenagem do posto fluviométrico, quando considerado o divisor de água subterrânea.

Conforme pode ser observado no Quadro 6.9:

- ✓ A diferença entre as áreas de drenagem levantadas na base cartográfica utilizando o sistema GIS e aquelas registradas no sistema Hidroweb é inferior a 5 %, com exceção dos postos fluviométricos Lavandeira (rio Mosquito), Rio das Palmas (rio Palma) e Cachoeira das Almas (rio Sono), motivo pelo qual nos estudos hidrológicos foram utilizadas as áreas constantes do Hidroweb, visando manter a compatibilidade com o banco de dados da ANA;
- ✓ As áreas de drenagem subterrâneas da sub-bacia 8, contribuinte do rio Tocantins apresenta um aumento significativo (entre 17% e 166%), resultante do deslocamento para leste do divisor de águas;
- ✓ A diminuição de área de drenagem subterrânea das bacias vizinhas, contribuintes para o rio São Francisco (sub-bacias 1, 2 e 3), são menores, variando entre 5% e 9%;
- ✓ Nas sub-bacias 1 a 6, contribuintes para o rio São Francisco, as relações entre as áreas do SAU e subterrânea total são superiores a 88 %, indicando que as vazões de base são resultado da contribuição do SAU e, portanto, validam a utilização dessas vazões para cálculo da contribuição do SAU para o rio São Francisco;
- ✓ Nas demais sub-bacias, que recebem contribuição subterrânea do SAA para o rio São Francisco e do SAU para o rio Tocantins, a relação entre a área de afloramento dos sistemas aquíferos e a subterrânea total é inferior a 70%, o que indica que as vazões de base têm influência significativa das regiões vizinhas, ou seja, de outros aquíferos, e, conseqüentemente, não representam adequadamente a contribuição do SAU e do SAA para os rios São Francisco e Tocantins.
- ✓ Quando se compara a área de afloramento do SAA com a área subterrânea total do posto Cachoeira das Almas, no rio do Sono (Bacia do Rio Paracatu) verificou-se que a relação corresponde a 67%. Em razão desse resultado o posto foi considerado pouco representativo. Reforçando esta conclusão, foi mencionado no item 6.3 que 53% da vazão de base que contribui para o São Francisco é menor quando comparado aos outros postos principais (82% a 94%). Portanto, esse posto (Cachoeira das Almas) foi eliminado dos sete postos principais ou representativos da contribuição subterrânea de apenas um aquífero para análise da contribuição do SAA para o rio São Francisco. Sendo, portanto, considerado no cálculo como posto pouco representativo.

As Figuras 6.45 e 6.46 apresentam a delimitação das bacias segundo o divisor de águas superficial e a delimitação segundo o divisor de águas subterrâneas adotado neste trabalho<sup>3</sup>, proposto por Gaspar (2006).

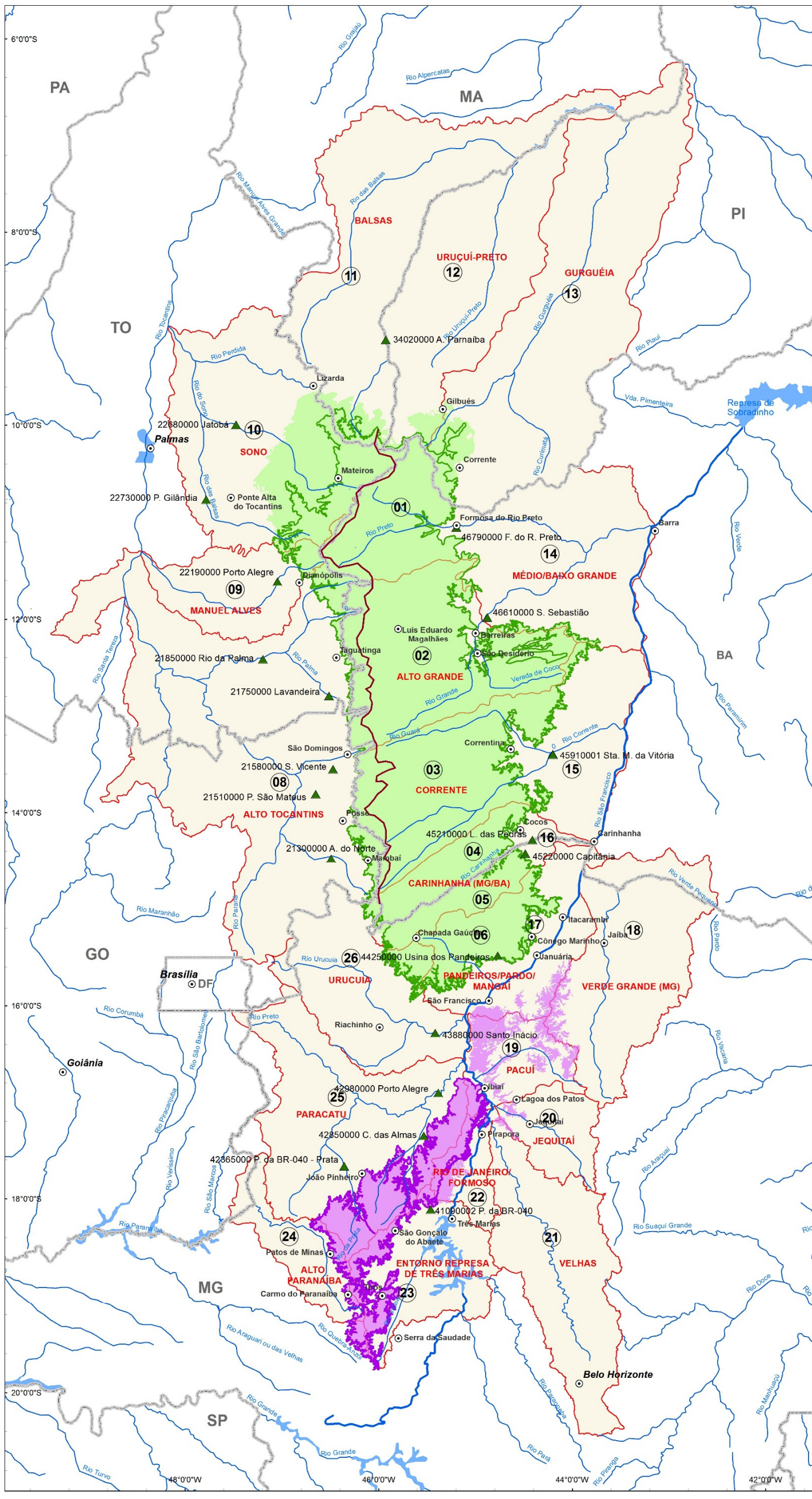
---

<sup>3</sup> O divisor hidrogeológico do SAU adotado para esta avaliação hidrológica foi o de Gaspar (2006), haja vista que a hidrologia foi realizada antes da conclusão dos estudos hidrogeológicos e definição da nova proposta de divisor por este estudo.

**QUADRO 6.9 – ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS NA ÁREA DO SAU/SAA.**

Sub-bacia ANA		N° Sub-bacia	Código	Nome do Posto	Área (km <sup>2</sup> )				Superficial GIS/ Superficial ANA (%)	Subterrânea/ Superficial GIS (%)	SAU-SAA/ Superficial (%)	SAU-SAA/ Subterrânea (%)
N°	Nome				Superficial ANA	Superficial GIS	Subterrânea	SAU e SAA				
21	Rio Tocantins, Paranã, Palma	8	21300000	Alvorada do Norte-	3.760	3.584	4.635	2.198	95%	129%	61%	47%
21	Rio Tocantins, Paranã, Palma	8	21510000	Ponte São Mateus	1.020	1.023	1.517	622	100%	148%	61%	41%
21	Rio Tocantins, Paranã, Palma	8	21580000	São Vicente	409	426	1.132	673	104%	266%	158%	59%
21	Rio Tocantins, Paranã, Palma	8	21750000	Lavandeira	1.040	1.201	1.985	1.137	116%	165%	95%	57%
21	Rio Tocantins, Paranã, Palma	8	21850000	Rio das Palmas	40.200	11.615	13.614	5.149	29%	117%	44%	38%
22	Rio Tocantins, Manuel Alves, Sono	9	22190000	Porto Alegre	1.780	1.676	1.709	1.129	94%	102%	67%	66%
22	Rio Tocantins, Manuel Alves, Sono	10	22680000	Jatobá (Fazenda Boa Nova)	16.900	17.523	17.398	12.590	104%	99%	72%	72%
22	Rio Tocantins, Manuel Alves, Sono	10	22730000	Porto Gilândia	4.730	4.777	4.777	1.291	101%	100%	27%	27%
34	Rio Parnaíba	11/12	34020000	Alto Parnaíba	12.900	12.968	12.870	4.102	101%	99%	32%	32%
42	Rios São Francisco, Paracatú	25	42365000	Ponte da BR-040 - Prata	3.360	3.491	3.491	1.914	104%	100%	55%	55%
42	Rios São Francisco, Paracatú	7	42850000	Cachoeira das Almas	4.390	4.821	4.821	3.218	110%	100%	67%	67%
42	Rios São Francisco, Paracatú	25	42980000	Porto Alegre	41.300	40.901	40.901	5.138	99%	100%	13%	13%
43	Rios São Francisco, Uruçuia	26	43880000	Santo Inácio	23.800	23.959	23.959	3.021	101%	100%	13%	13%
44	Rios São Francisco, Verde Grande	6	44250000	Usina dos Pandeiros Montante	3.230	3.389	3.389	3.389	105%	100%	100%	100%
45	Rios São Francisco, Carinhanha	4	45210000	Lagoa das Pedras	12.600	12.701	12.595	11.341	101%	99%	89%	90%
45	Rios São Francisco, Carinhanha	5	45220000	Capitânea	2.380	2.339	2.339	2.313	98%	100%	99%	99%
45	Rios São Francisco, Carinhanha	3	45910001	Sta. Maria da Vitória	29.500	28.179	26.707	23.590	96%	95%	84%	88%
46	Rios São Francisco, Grande	2	46610000	São Sebastião	32.900	32.542	29.678	28.046	99%	91%	86%	95%
46	Rios São Francisco, Grande	1	46790000	Formosa do Rio Preto	14.300	14.487	13.655	13.270	101%	94%	92%	97%





Mapa de localização da área de estudo

**Convenções Cartográficas**

- Sede Municipal
- Hidrografia
- Massas d'água
- Limite Estadual
- Sub-bacia Hidrográfica
- NN Toponímia - Sub-bacia Hidrográfica

**Legenda**

- Rio São Francisco
- ▲ Postos Fluviométricos Principais
- SAU
- SAA
- Limites operacionais do SAU
- Limites operacionais do SAA
- Limites Divisor Subterrâneo (Gaspar, 2006)
- № Número Divisor Subterrâneo



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

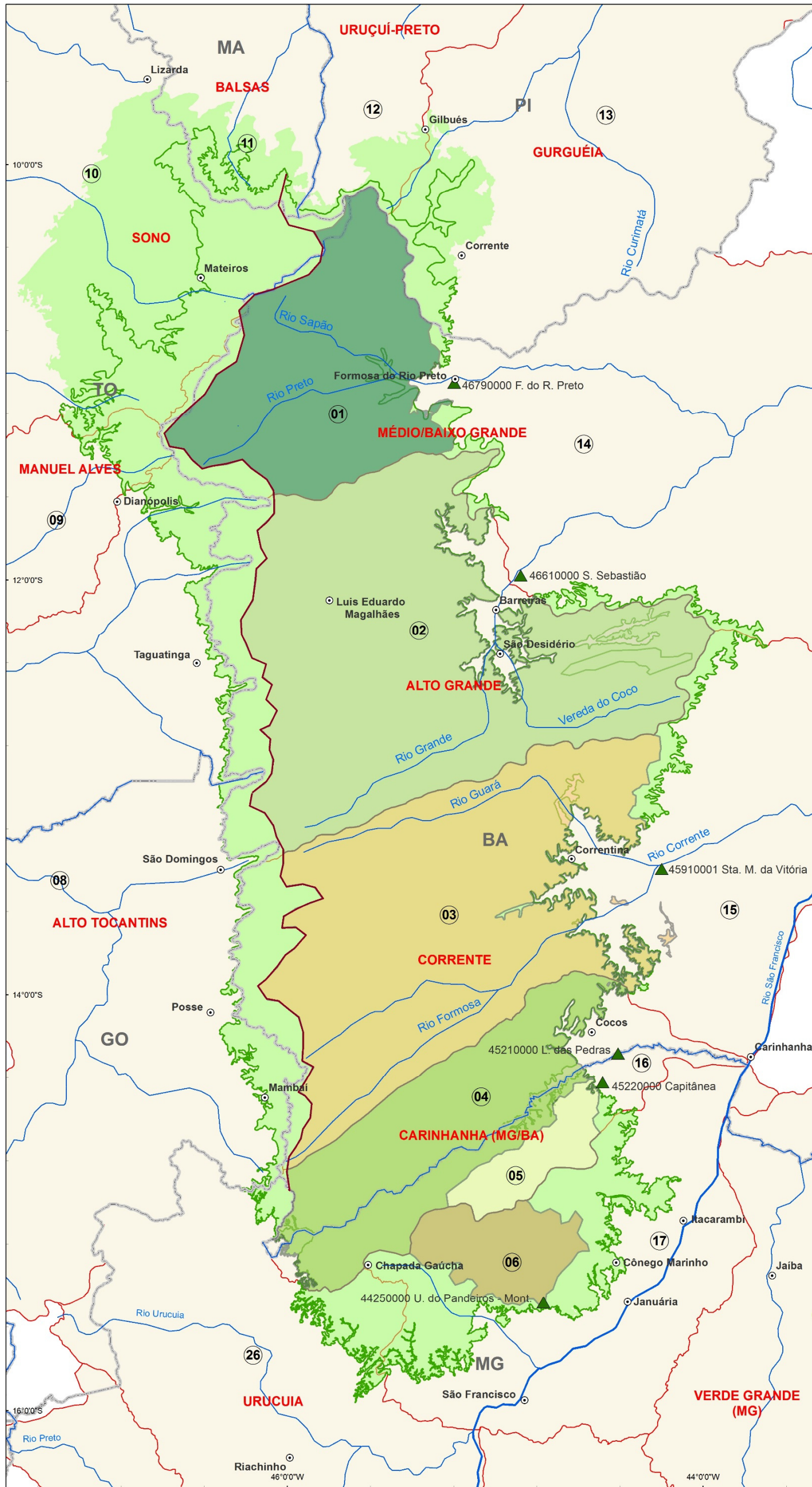


Estudos Hidrogeológicos e de Vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucua e Proposição de Modelo de Gestão Integrada e Compartilhada

TÍTULO  
 Áreas de afloramentos dos aquíferos SAU e SAA e postos fluviométricos principais

ESCALA NUMÉRICA	NÚMERO FIGURA
1:4.300.000	6.45
ESCALA GRÁFICA	
0 15 30 60 90 120 Km	

Figura 6.45 – Áreas de afloramentos dos aquíferos SAU e SAA e postos fluviométricos principais.



Mapa de localização da área de estudo

**Convenções Cartográficas**

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

**Legenda**

- ~ Rio São Francisco
- ▲ Postos Fluviométricos Principais
- SAU
- Limites operacionais do SAU
- Limites Divisor Subterrâneo (Gaspar, 2006)
- n° Número Divisor Subterrâneo



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

Estudos Hidrogeológicos e de Vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucuia e Proposição de Modelo de Gestão Integrada e Compartilhada	
TÍTULO Detalhe das áreas subterrâneas (SAU) e postos fluviométricos principais	
ESCALA NUMÉRICA 1:2.000.000	NÚMERO FIGURA 6.46
ESCALA GRÁFICA 	

Figura 6.46 – Detalhe das áreas subterrâneas (SAU) e postos fluviométricos principais.

#### 6.3.1.4 Contribuição do SAU e SAA para a Bacia do São Francisco

A contribuição do SAU e SAA para a Bacia do rio São Francisco foi calculada por sub-bacia considerando-as **com postos representativos e sem postos representativos**. Os postos representativos incluem em sua área de drenagem subterrânea valores entre 84% e 100% de área de afloramento das rochas do Grupo Urucuia. Enquanto que as sub-bacias sem postos representativos têm em sua área de drenagem subterrânea menos de 20% da área do SAU, com exceção do posto Cachoeira das Almas, no rio do Sono que tem 67% de área do SAA, na parte sul da área de estudo.

No cálculo da contribuição subterrânea utilizou-se o divisor hidrogeológico ou subterrâneo definido por Gaspar (2006) para delimitar a área de contribuição subterrânea para as respectivas drenagens. No momento do desenvolvimento dos estudos hidrológicos do presente estudo, ainda não se tinha definido a nova versão do divisor principal e nem dos divisores secundários. Comparou-se a área subterrânea total do posto, levado em consideração o divisor hidrogeológico, e considerou-se dentro dessa área subterrânea a área do SAU.

Observa-se no Quadro 6.10 que a área do SAU representa valores entre 84 e 100% da área de drenagem superficial, enquanto que a área do SAU representa valores entre 88% e 100% da área de drenagem subterrânea. Esses valores permitem afirmar que as vazões de base obtidas a partir dos postos fluviométricos representam adequadamente o comportamento da contribuição do SAU para a bacia do rio São Francisco.

Nesse cálculo de contribuição do aquífero SAU para as bacias dos rios São Francisco e Tocantins, onde foi necessária a obtenção da comparação da área subterrânea e da área do aquífero com a área superficial, utilizou-se a área superficial obtida pelo GIS, haja vista que a área de afloramento do SAU e do SAA e o divisor subterrâneo encontram-se na mesma base geográfica de dados.

**QUADRO 6.10 – ÁREA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA DOS POSTOS PRINCIPAIS NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO (SAU)**

Bacias	Posto	Descrição	Sub-bacia	Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )					
				Superficial	Superficial	Subterrânea	SAU	SAU/	SAU/
				ANA	GIS	-		Superficial	Subterrânea
1	46790000	Formosa do Rio Preto	Médio/Baixo Grande	14.300	14.487	13.655	13.270	92%	97%
2	46610000	São Sebastião	Alto Grande	32.900	32.542	29.678	28.046	86%	95%
3	45910001	Sta Maria da Vitória	Corrente	29.500	28.179	26.707	23.590	84%	88%
4	45210000	Lagoa das Pedras	Carinhanha	12.600	12.701	12.595	11.341	89%	90%
5	45220000	Capitânea	Carinhanha	2.380	2.339	2.339	2.313	99%	99%
6	44250000	Usina dos Pandeiros Montante	Pandeiros/Pardo/Mangai	3.230	3.389	3.389	3.389	100%	100%

Utilizando as áreas de drenagem subterrânea e do aquífero definidas anteriormente e as vazões de base nos postos fluviométricos para o período de 30 anos foram calculadas, por proporção simples as vazões de contribuição do SAU para as sub-bacias dos seis postos principais selecionados. O Quadro 6.11 apresenta a contribuição do SAU para a bacia do rio São Francisco

das **sub-bacias com postos representativos** e inclui os valores totais de área do aquífero, a vazão de contribuição, a lâmina sobre a bacia e a precipitação média anual. A precipitação média anual foi obtida por ponderação de áreas, calculando-se os demais índices com base nestes valores.

Conforme pode ser observado no Quadro 6.11 a relação entre a vazão de base média anual das sub-bacias e a precipitação média anual varia entre valores da ordem de 14 % e 28 %, destacando-se a sub-bacia 4 (Carinhanha, posto Lagoa das Pedras), para a qual resultou o maior valor. A contribuição total das seis sub-bacias com postos fluviométricos representativos é de 566,3 m<sup>3</sup>/s.

Para o cálculo da contribuição do SAU/SAA das **sub-bacias sem postos representativos** utilizou-se a relação entre a contribuição, em termos de lâmina sobre a bacia, e a precipitação média, transformada em escoamento de base da bacia vizinha.

Conhecidos os coeficientes da porcentagem de contribuição da precipitação para a vazão de base das sub-bacias com postos fluviométricos representativos foram calculadas as contribuições das demais sub-bacias contribuintes do rio São Francisco (sem postos fluviométricos representativos). Os cálculos foram realizados utilizando os coeficientes das sub-bacias vizinhas ou mais próximas.

O Quadro 6.12 resume esses cálculos incluindo os seguintes dados: área de drenagem do SAU/SAA, precipitação média anual, identificação da sub-bacia de referência, coeficiente de contribuição da precipitação para a vazão de base, vazão de base em mm e m<sup>3</sup>/s. Para o resumo da área, foram obtidos os valores totais de área do SAU ou do SAA e a vazão de contribuição. A precipitação média foi obtida por ponderação de áreas, calculando-se os demais índices com base nestes valores.

**QUADRO 6.11 – CONTRIBUIÇÃO DO SAU PARA O RIO SÃO FRANCISCO NAS SUB-BACIAS COM POSTOS FLUVIOMÉTRICOS REPRESENTATIVOS**

Nº Sub-bacias	Posto	Nome do Posto	Área Subterrânea (km <sup>2</sup> )	Vazão de Base (m <sup>3</sup> /s)	Área SAU (km <sup>2</sup> )	SAU/ Subt. (%)	Precipitação média anual (mm)	Contribuição (m <sup>3</sup> /s)	Contribuição anual <sup>(1)</sup> (mm)	Contribuição/ Precipitação (%)
1 – Médio/Baixo Grande	46790000	Formosa do Rio Preto	13.655	91,48	13.270	97%	1.250	88,90	211,27	16,9%
2 - Alto Grande	46610000	São Sebastião	29.678	174,68	28.046	95%	1.300	165,07	185,62	14,3%
3 – Corrente	45910001	Santa Maria da Vitória	26.707	197,16	23.590	88%	1.120	174,15	232,81	20,8%
4 - Carinhanha	45210000	Lagoa das Pedras	12.595	119,30	11.341	90%	1.075	107,42	298,71	27,8%
5 - Carinhanha (Coxá)	45220000	Capitânea	2.339	11,20	2.313	99%	1.050	11,08	151,01	14,4%
6 - Pandeiros/ Pardo/Mangai	44250000	Usina dos Pandeiros Montante	3.389	19,69	3.389	100%	1.100	19,69	183,22	16,7%
<b>Média Ponderada/Total</b>			<b>88.363</b>	<b>613,51</b>	<b>81.949</b>		<b>1.194</b>	<b>566,31</b>	<b>217,93</b>	<b>18,3%</b>

Nota (1): Os valores apresentados referem-se a contribuição no exultório do SAU.

**QUADRO 6.12 – CONTRIBUIÇÃO DO SAU/SAA PARA O RIO SÃO FRANCISCO NAS SUB-BACIAS SEM POSTOS FLUVIOMÉTRICOS REPRESENTATIVOS**

Sub-Bacias	Descrição	Área SAU/SAA (km <sup>2</sup> )	Precipitação média anual (mm)	Bacia Vizinha	Contribuição/ Precipitação (%)	Contribuição anual (mm)	Contribuição (m <sup>3</sup> /s)
7	Rio do Sono (MG)	3.241	1.325	6	16,7%	220,70	22,68
14	Médio/Baixo grande	1.303	938	2	14,3%	133,93	5,53
15	Baixo Corrente	1.564	900	3	20,8%	187,08	9,28
16	Baixo Carinhanha	136	950	5	14,4%	136,62	0,59
17	Pandeiros/Pardo/Mangaí	6.838	1.025	6	16,7%	170,73	37,02
18	Verde Grande	819	900	6	16,7%	149,91	3,89
19	Pacuí	1.250	1.017	6	16,7%	169,40	6,71
22	Rio de Janeiro/Formoso	2.083	1.150	6	16,7%	191,55	12,65
23	Entorno Represa Três Marias	1.998	1.375	6	16,7%	229,03	14,51
25	Paracatu	4.874	1.275	6	16,7%	212,37	32,82
26	Urucuia	3.074	1.150	6	16,7%	191,55	18,67
<b>Média Ponderada/Total</b>		<b>27.180</b>	<b>1.139</b>	-	<b>16,7%</b>	<b>190,71</b>	<b>164,37</b>

Obtidas as contribuições do SAU e SAA em cada sub-bacia com e sem postos representativos, foi calculada a contribuição total destes aquíferos para a bacia do rio São Francisco, por soma simples das contribuições de cada sub-bacia. O Quadro 6.13 resume o valor da contribuição obtida para cada sub-bacia e a contribuição total do SAU e SAA para a bacia do rio São Francisco.

**QUADRO 6.13 – CONTRIBUIÇÃO DO SAU E SAA PARA A BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO.**

<i>Descrição</i>	<i>Área SAU e SAA (km<sup>2</sup>)</i>	<i>Precipitação média anual (mm)</i>	<i>Contribuição/Precipitação</i>	<i>Contribuição (mm)</i>	<i>Contribuição (m<sup>3</sup>/s)</i>
Sub-Bacias com posto representativo	81.949	1.194	18,3%	217,93	566,31
Sub-Bacias sem posto representativo	27.180	1.139	16,7%	190,71	164,37
Contribuição total do SAU e SAA para a Bacia do Rio São Francisco	109.129	1.180	17,9%	211,15	730,68

A Figura 6.47 apresenta em forma de fluviograma de vazões médias mensais da contribuição total do SAU e do SAA para a bacia do rio São Francisco. Na Figura 6.48 a contribuição é apresentada em forma de histograma das vazões médias anuais. A Figura 6.49 apresenta os valores máximos, médios e mínimos das vazões médias mensais de contribuição do SAU e do SAA para a bacia do rio São Francisco, no mesmo período.

A análise dessas figuras permite observar que:

- ✓ O comportamento das vazões médias, mínimas e máximas é semelhante, com valores máximos no período de dezembro a abril;
- ✓ Os valores mínimos das vazões médias mensais no período entre 1975 e 2005 tem pequena variação, com valores em torno de 400 a 500 m<sup>3</sup>/s;
- ✓ Os valores médios das vazões médias mensais no período entre 1975 e 2005 apresentam variação maior, com valores entre 600 e 850 m<sup>3</sup>/s;
- ✓ A amplitude de variação dos valores máximos é significativamente maior, com valores entre 800 e 1.400 m<sup>3</sup>/s;
- ✓ Excetuando-se os dois primeiros anos do período, onde ocorre um incremento da contribuição do SAU e do SAA para o rio São Francisco, observa-se um decréscimo contínuo da contribuição, desde valores da ordem de 800 m<sup>3</sup>/s em 1980 para valores da ordem de 600m<sup>3</sup>/s em 2005, acompanhando o padrão da variação da precipitação pluviométrica.

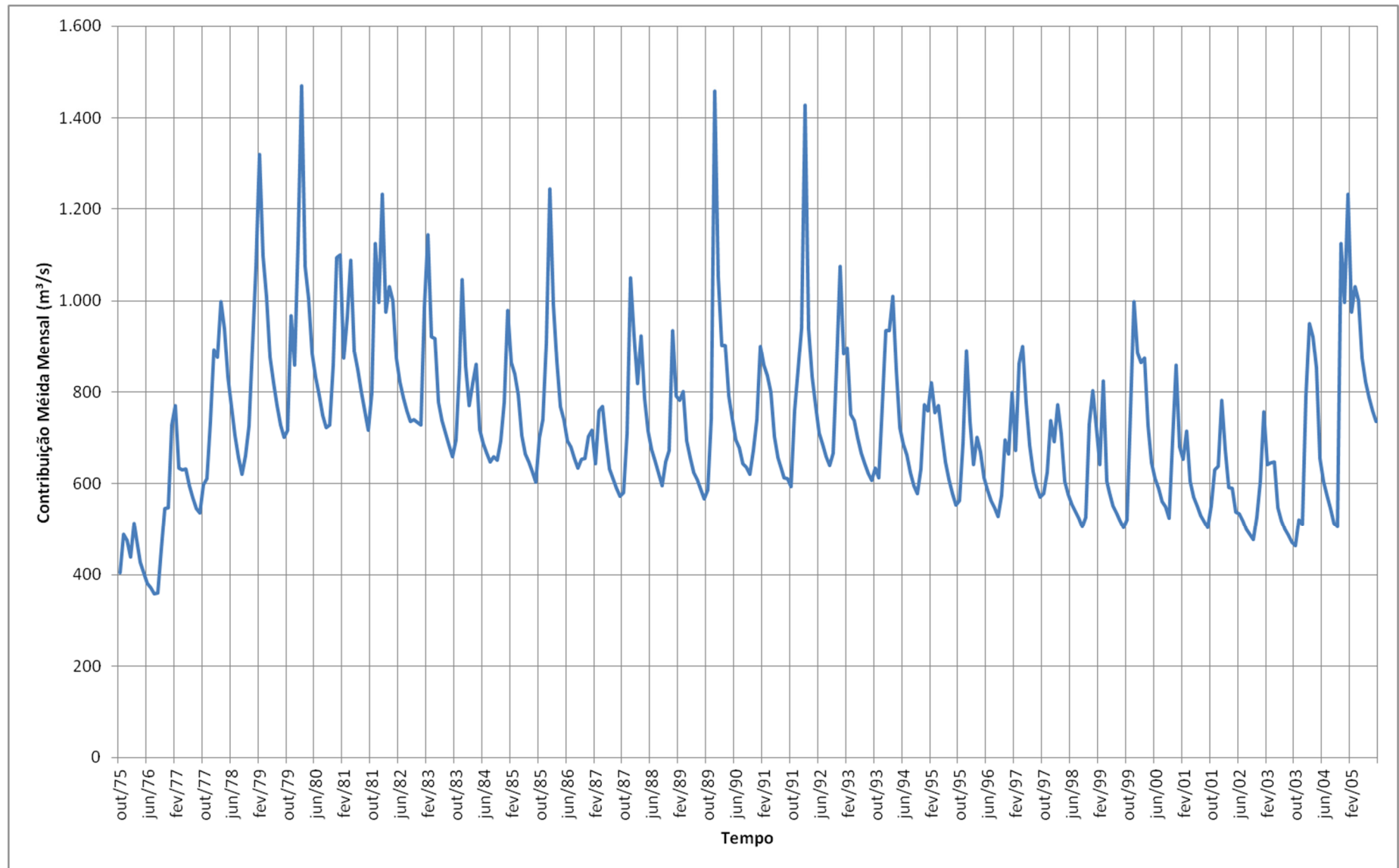


Figura 6.47 – Contribuição do SAU e do SAA para a bacia do rio São Francisco – Vazões Médias Mensais - Período 01/10/1975 a 30/09/2005

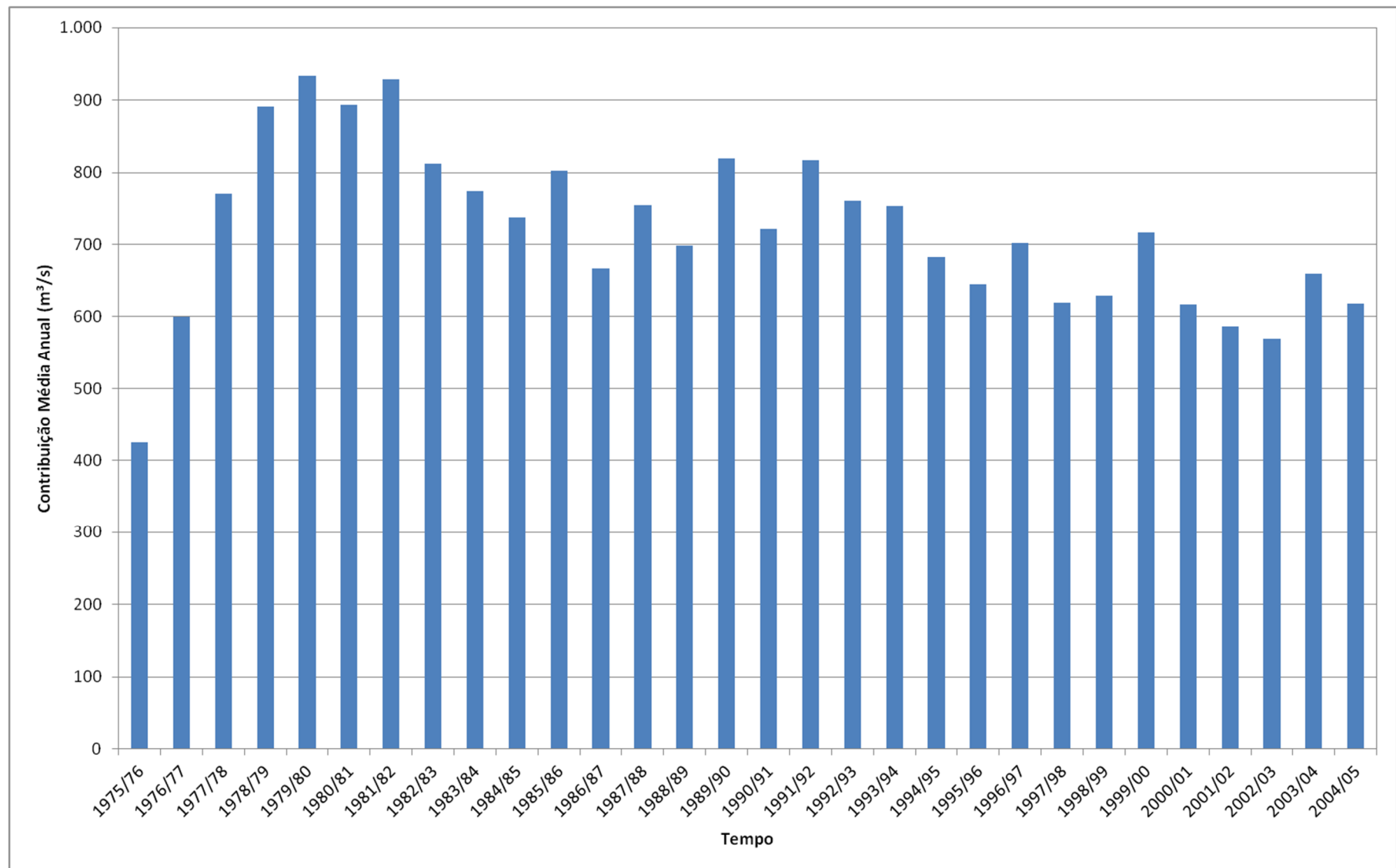


Figura 6.48 – Contribuição do SAU e do SAA para a bacia do rio São Francisco – Vazões Médias Anuais - Período 01/10/1975 a 30/09/2005



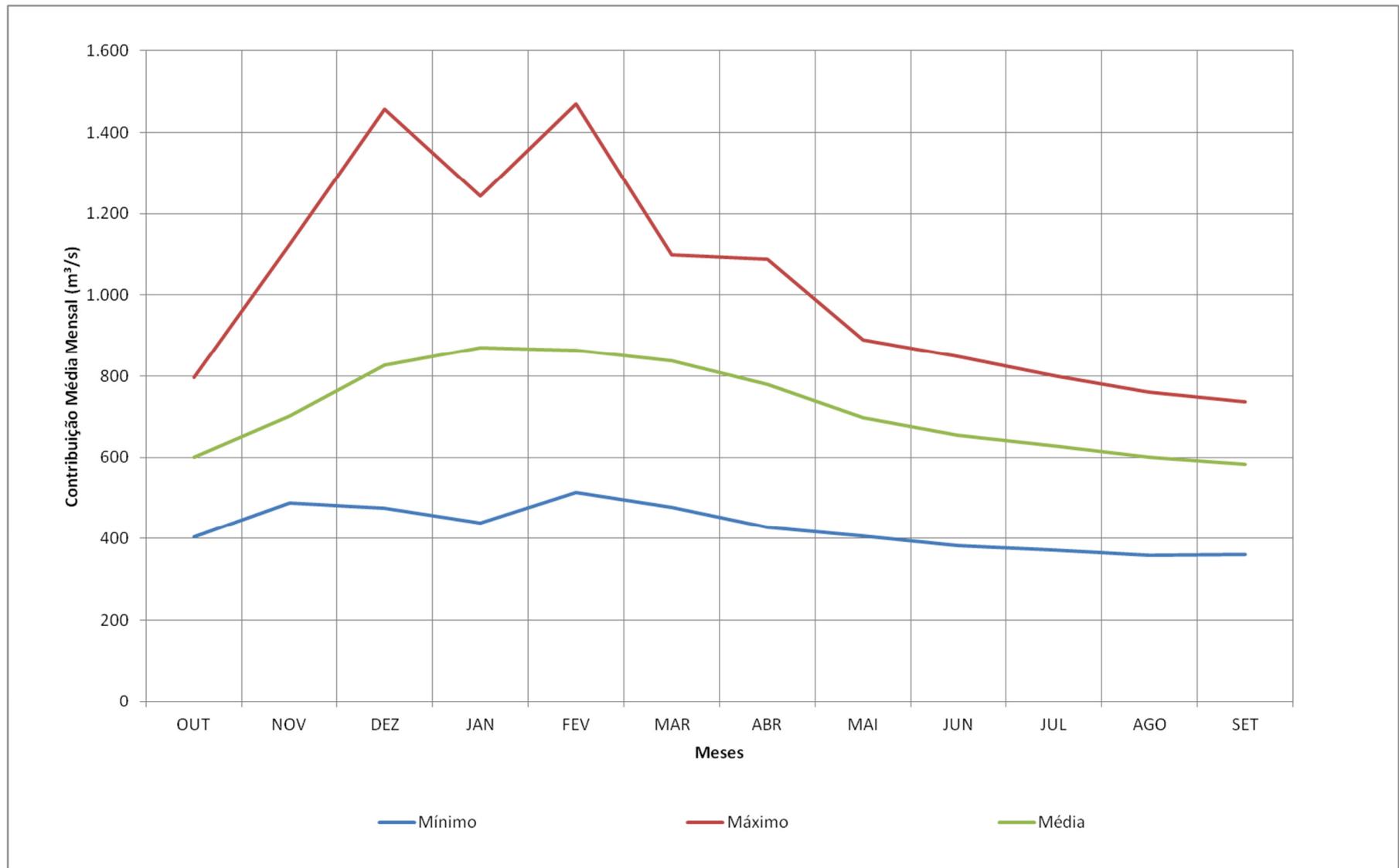


Figura 6.49 – Contribuição do SAU e do SAA para a bacia do rio São Francisco – Vazões Médias Mensais – Valores Médios, Máximos e Mínimos - Período 01/10/1975 a 30/09/2005

### 6.3.1.5 Contribuição do SAU e SAA para as Bacias dos Rios Tocantins, Parnaíba e Paranaíba

Nas bacias dos rios Tocantins, Parnaíba e Paranaíba não foram identificados postos fluviométricos representativos, ou seja, onde o aquífero ocupasse mais de 80% da área de drenagem do posto. Com isto, a estimativa de contribuição do SAU e do SAA para estas bacias foi realizada considerando para cada sub-bacia a relação entre precipitação total e vazão de base de sub-bacia vizinha ou próxima, aplicada ao total precipitado sobre a sub-bacia.

O Quadro 6.14 apresenta um resumo dos cálculos efetuados e os resultados obtidos, incluindo os seguintes dados: área de drenagem do SAU/SAA, precipitação média anual, identificação da sub-bacia de referência, coeficiente de contribuição da precipitação para a vazão de base, vazão de base em mm e m<sup>3</sup>/s.

**QUADRO 6.14 – CONTRIBUIÇÃO DO SAU E SAA PARA AS BACIAS DOS RIOS TOCANTINS, PARNAÍBA E PARANAÍBA.**

Bacias	Sub-Bacia	Área SAU e SAA (km <sup>2</sup> )	Precipitação média anual (mm)	Bacia Vizinha	Contribuição/chuva	Contribuição (mm)	Contribuição (m <sup>3</sup> /s)	
							Parcial	Total
Tocantins	8	11.318	1.550	1, 2 e 3	17,3%	268,49	96,36	215,26
	9	1.145	1.525	1	16,9%	257,75	9,36	
	10	15.368	1.330	1	16,9%	224,79	109,55	
Parnaíba	11	2.702	1.325	1	16,9%	223,95	19,19	44,86
	12	1.452	1.090	1	16,9%	184,23	8,48	
	13	3.207	1.000	1	16,9%	169,02	17,19	
Paranaíba	24	98	1.450	6	16,7%	241,7	0,8	0,75

### 6.3.1.6 Contribuição Total do SAU e SAA

Obtidas as contribuições do SAU e do SAA para cada uma das bacias nas quais estão inseridos esses aquíferos, foi determinada a contribuição total para as mesmas. O Quadro 6.15 resume os valores de contribuição do SAU e do SAA para cada uma das bacias dos rios Tocantins, São Francisco, Parnaíba e Paranaíba e o valor total dessas contribuições.

Para esse cálculo, em cada bacia e também para o resumo geral, foram obtidos os valores totais de área do SAU e do SAA e a vazão de contribuição. A precipitação média foi obtida por ponderação de áreas, calculando-se os demais índices com base nestes valores.

Conforme pode ser verificado no Quadro 6.15 a contribuição total do SAU e do SAA estimada para as bacias circundantes é de aproximadamente 991,55 m<sup>3</sup>/s. Entre estas destaca-se a bacia do rio São Francisco que recebe uma contribuição estimada de cerca de 730 m<sup>3</sup>/s, seguida da bacia do Rio Tocantins com 215 m<sup>3</sup>/s. O rio Parnaíba, ao norte tem contribuição de 45 m<sup>3</sup>/s enquanto a contribuição para a bacia do rio Paranaíba, integrante da bacia do rio Paraná, tem contribuição muito pequena, próximo de 1 m<sup>3</sup>/s.

**QUADRO 6.15 – CONTRIBUIÇÃO TOTAL DO SAU E SAA.**

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

### 6.3.1.7 Comparação da contribuição do SAU/SAA com as vazões efluentes do rio São Francisco

Para possibilitar uma comparação com as vazões naturais do rio São Francisco, foram obtidas as séries de vazões naturais dos rios brasileiros, disponibilizadas pelo ONS em 2012– Operador Nacional do Sistema – para estudos energéticos do setor elétrico. Os Quadros 6.16 e 6.17 apresentam os valores das vazões médias mensais nos aproveitamentos de Sobradinho e Xingó, situados no rio São Francisco, sendo Sobradinho o primeiro aproveitamento a jusante da região onde se localiza o SAU/SAA e o segundo aproveitamento o último existente a jusante no rio, próximo à foz.

Nos Quadros 6.18 e 6.19 são apresentadas, em forma de porcentagem, a relação entre a contribuição do SAU e do SAA para a bacia do rio São Francisco e as vazões naturais em Sobradinho e Xingó, mês a mês e das vazões médias anuais. São também apresentados os valores mínimos, médios e máximos registrados, das contribuições relativas, mês a mês e das vazões médias anuais.

Os valores máximos, médios e mínimos destas relações da contribuição do SAU e do SAA com as vazões naturais em Sobradinho e Xingó são apresentados nas Figuras 6.50 e 6.51, respectivamente.

**QUADRO 6.16 – VAZÕES NATURAIS DO RIO SÃO FRANCISCO EM SOBRADINHO EM m<sup>3</sup>/s -  
OUTUBRO DE 1975 A SETEMBRO DE 2005**

<b>ANO</b>	<b>OUT</b>	<b>NOV</b>	<b>DEZ</b>	<b>JAN</b>	<b>FEV</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAI</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>MED</b>
1975/76	1.033	2.358	2.727	2.007	1.927	2.107	1.765	1.037	1.015	796	772	985	1.544
1976/77	1.442	2.187	4.818	4.701	5.751	2.163	2.131	1.797	1.294	1.091	955	912	2.437
1977/78	1.149	1.477	2.873	5.872	5.145	6.259	4.019	2.490	2.221	1.526	1.458	1.187	2.973
1978/79	1.614	2.055	4.045	5.929	9.409	15.676	7.174	3.610	2.745	2.267	1.949	2.034	4.876
1979/80	1.992	3.305	3.333	6.347	9.918	10.490	4.684	3.388	2.359	2.220	1.875	1.669	4.298
1980/81	1.808	2.380	4.856	5.974	4.916	3.817	5.781	2.728	2.026	1.637	1.509	1.342	3.231
1981/82	1.960	4.448	6.170	6.811	7.990	7.135	6.885	3.678	2.536	2.131	1.765	1.586	4.425
1982/83	1.618	1.481	1.701	5.072	7.258	9.245	6.550	4.189	2.510	2.070	1.748	1.441	3.740
1983/84	2.050	3.720	5.827	6.328	2.999	2.686	3.469	1.773	1.328	1.158	1.059	1.270	2.806
1984/85	1.314	1.691	3.888	5.566	7.789	6.701	5.015	2.432	1.773	1.423	1.259	1.235	3.341
1985/86	1.636	2.148	3.265	6.332	7.556	4.732	2.140	1.753	1.283	1.230	1.230	1.128	2.869
1986/87	1.056	1.117	1.872	3.150	2.606	2.604	2.759	1.701	1.159	1.071	840	800	1.728
1987/88	920	1.325	3.709	5.163	3.829	4.116	2.843	1.852	1.173	1.033	979	767	2.309
1988/89	989	1.566	2.619	3.601	2.715	3.018	1.672	1.142	1.030	1.013	858	893	1.760
1989/90	996	1.883	5.073	9.467	3.681	3.101	1.975	1.359	1.060	1.130	987	968	2.640
1990/91	984	1.355	1.617	3.742	5.138	4.639	5.139	2.340	1.470	1.222	1.125	1.031	2.484
1991/92	1.323	2.095	3.057	4.651	9.244	12.915	3.754	2.614	1.765	1.444	1.283	1.384	3.794
1992/93	1.860	4.269	4.814	5.840	4.644	3.943	2.590	1.801	1.439	1.245	1.105	981	2.878
1993/94	1.214	1.180	2.046	5.366	4.689	4.993	4.521	2.154	1.470	1.378	1.081	1.022	2.593
1994/95	782	989	3.062	2.872	3.220	2.837	2.587	1.731	1.188	1.087	851	672	1.823
1995/96	895	1.651	3.244	4.478	2.180	2.234	1.593	1.184	934	785	668	699	1.712
1996/97	730	1.702	3.317	6.202	4.622	4.461	4.053	2.438	1.747	1.294	1.197	1.047	2.734
1997/98	1.052	1.343	3.446	3.343	3.360	3.096	1.536	1.122	950	838	751	620	1.788
1998/99	704	1.994	3.241	3.013	1.827	4.212	2.245	1.201	874	787	663	695	1.788
1999/00	570	1.601	2.990	4.169	5.271	4.455	3.316	1.730	1.188	930	923	918	2.338
2000/01	703	1.823	3.655	3.158	1.695	1.719	1.096	845	824	645	632	659	1.455
2001/02	714	1.201	2.187	4.440	4.761	3.516	2.234	1.074	883	851	644	506	1.918
2002/03	665	936	1.871	4.118	4.387	2.737	2.604	1.374	983	890	747	680	1.833
2003/04	506	843	1.611	3.233	5.002	6.786	5.329	2.737	1.493	1.304	1.010	899	2.563
2004/05	889	1.063	1.841	4.123	4.915	4.807	4.044	2.133	1.463	1.185	975	984	2.369
<b>Mínimo</b>	<b>506</b>	<b>843</b>	<b>1.611</b>	<b>2.007</b>	<b>1.695</b>	<b>1.719</b>	<b>1.096</b>	<b>845</b>	<b>824</b>	<b>645</b>	<b>632</b>	<b>506</b>	<b>1.455</b>
<b>Médio</b>	<b>1.172</b>	<b>1.906</b>	<b>3.293</b>	<b>4.836</b>	<b>4.948</b>	<b>5.040</b>	<b>3.517</b>	<b>2.047</b>	<b>1.473</b>	<b>1.256</b>	<b>1.097</b>	<b>1.034</b>	<b>2.635</b>
<b>Máximo</b>	<b>2.050</b>	<b>4.448</b>	<b>6.170</b>	<b>9.467</b>	<b>9.918</b>	<b>15.676</b>	<b>7.174</b>	<b>4.189</b>	<b>2.745</b>	<b>2.267</b>	<b>1.949</b>	<b>2.034</b>	<b>4.876</b>

**QUADRO 6.17 – VAZÕES NATURAIS DO RIO SÃO FRANCISCO EM XINGÓ EM m<sup>3</sup>/s –  
OUTUBRO DE 1975 A SETEMBRO DE 2005**

<b>ANO</b>	<b>OUT</b>	<b>NOV</b>	<b>DEZ</b>	<b>JAN</b>	<b>FEV</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAI</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>MED</b>
1975/76	873	2.217	2.832	2.109	1.952	2.160	1.847	1.058	1.040	828	766	874	1.546
1976/77	1.472	2.025	4.593	5.091	6.178	2.398	2.294	2.068	1.378	1.181	962	910	2.546
1977/78	1.143	1.335	2.740	5.466	5.355	6.863	4.206	2.810	2.273	1.558	1.487	1.213	3.037
1978/79	1.426	2.063	3.655	5.989	9.213	16.102	8.160	3.901	2.822	2.287	1.995	1.981	4.966
1979/80	2.018	3.197	3.309	6.072	9.827	11.431	4.781	3.794	2.423	2.244	1.911	1.693	4.392
1980/81	1.802	2.227	4.524	5.911	5.412	4.765	6.273	3.003	2.071	1.692	1.515	1.419	3.385
1981/82	1.779	4.042	6.218	6.804	8.041	7.650	7.206	4.334	2.771	2.159	1.815	1.666	4.540
1982/83	1.700	1.737	1.880	4.737	7.691	9.721	7.417	4.915	2.797	2.151	1.981	1.538	4.022
1983/84	1.961	3.801	5.818	6.728	3.363	2.840	4.230	2.138	1.478	1.308	1.174	1.383	3.019
1984/85	1.494	1.838	3.731	5.808	8.448	7.612	7.766	3.451	2.083	1.664	1.478	1.430	3.900
1985/86	1.798	2.287	3.491	6.020	7.886	5.402	2.638	1.912	1.429	1.329	1.312	1.249	3.063
1986/87	1.061	1.198	1.855	3.271	2.779	2.711	3.126	1.879	1.260	1.160	926	920	1.846
1987/88	1.014	1.431	3.434	5.588	3.712	4.653	3.594	2.241	1.317	1.109	1.128	1.106	2.527
1988/89	1.101	1.719	2.510	3.893	2.655	3.193	2.010	1.404	1.080	1.068	1.016	940	1.882
1989/90	980	1.699	6.032	9.620	4.363	3.313	2.301	1.425	1.122	1.144	1.081	1.073	2.846
1990/91	1.189	1.411	1.618	3.282	5.432	4.932	5.481	2.727	1.613	1.287	1.173	1.108	2.604
1991/92	1.425	1.949	3.271	4.733	9.134	13.912	4.732	3.050	1.971	1.574	1.450	1.465	4.056
1992/93	1.925	4.069	5.068	6.090	4.734	4.405	2.746	1.965	1.486	1.302	1.279	1.130	3.017
1993/94	1.295	1.372	1.897	5.144	5.145	4.887	5.396	2.376	1.718	1.430	1.175	1.197	2.753
1994/95	933	992	3.097	3.105	2.995	3.237	2.838	1.893	1.490	1.122	1.012	811	1.960
1995/96	955	1.697	3.122	4.729	2.457	2.200	1.986	1.382	1.079	903	710	688	1.826
1996/97	824	1.550	3.457	5.991	5.241	4.323	4.612	2.708	1.804	1.394	1.260	1.113	2.856
1997/98	1.153	1.318	3.033	3.574	3.346	3.341	1.686	1.252	983	851	787	719	1.837
1998/99	710	1.843	3.204	3.196	1.957	3.892	2.714	1.336	933	797	697	782	1.838
1999/00	619	1.480	3.224	4.364	5.092	4.530	3.789	1.855	1.243	964	1.018	934	2.426
2000/01	852	1.654	3.616	3.553	1.826	1.767	1.377	862	850	685	631	668	1.528
2001/02	737	1.135	2.147	5.244	4.766	3.671	2.362	1.110	894	847	662	501	2.006
2002/03	672	909	1.783	4.087	4.574	2.720	2.712	1.406	998	896	755	687	1.850
2003/04	507	823	1.582	3.017	4.910	6.771	5.422	2.941	1.526	1.316	1.027	905	2.562
2004/05	883	1.044	1.734	4.052	4.988	4.912	4.277	2.276	1.480	1.198	986	981	2.401
<b>Mínimo</b>	<b>507</b>	<b>823</b>	<b>1.582</b>	<b>2.109</b>	<b>1.826</b>	<b>1.767</b>	<b>1.377</b>	<b>862</b>	<b>850</b>	<b>685</b>	<b>631</b>	<b>501</b>	<b>1.528</b>
<b>Médio</b>	<b>1.210</b>	<b>1.869</b>	<b>3.283</b>	<b>4.909</b>	<b>5.116</b>	<b>5.344</b>	<b>3.999</b>	<b>2.316</b>	<b>1.580</b>	<b>1.315</b>	<b>1.172</b>	<b>1.103</b>	<b>2.768</b>
<b>Máximo</b>	<b>2.018</b>	<b>4.069</b>	<b>6.218</b>	<b>9.620</b>	<b>9.827</b>	<b>16.102</b>	<b>8.160</b>	<b>4.915</b>	<b>2.822</b>	<b>2.287</b>	<b>1.995</b>	<b>1.981</b>	<b>4.966</b>

**QUADRO 6.18 – PARTICIPAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO (%) DO SAU/SAA NAS VAZÕES NATURAIS DO RIO SÃO FRANCISCO EM SOBRADINHO –OUT/1975 A SET/2005.**

ANO	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	MED
1975/76	39%	21%	17%	22%	27%	23%	24%	39%	38%	47%	47%	37%	28%
1976/77	32%	25%	11%	15%	13%	29%	30%	35%	46%	52%	57%	59%	25%
1977/78	52%	41%	26%	15%	17%	16%	23%	33%	35%	46%	45%	52%	26%
1978/79	41%	35%	22%	18%	14%	7%	14%	24%	30%	34%	37%	35%	18%
1979/80	36%	29%	26%	18%	15%	10%	21%	26%	35%	36%	40%	43%	22%
1980/81	40%	36%	23%	18%	18%	25%	19%	33%	42%	49%	50%	53%	28%
1981/82	41%	25%	16%	18%	12%	14%	15%	24%	32%	37%	43%	46%	21%
1982/83	46%	49%	43%	19%	16%	10%	14%	19%	29%	34%	39%	46%	22%
1983/84	34%	23%	18%	14%	26%	30%	25%	41%	52%	58%	61%	52%	28%
1984/85	50%	41%	20%	18%	11%	13%	16%	29%	38%	46%	50%	49%	22%
1985/86	43%	34%	28%	20%	13%	18%	36%	42%	54%	55%	53%	56%	28%
1986/87	62%	59%	38%	23%	25%	29%	28%	41%	55%	57%	70%	72%	39%
1987/88	63%	54%	28%	18%	21%	22%	28%	39%	57%	63%	64%	78%	33%
1988/89	65%	43%	36%	22%	29%	27%	41%	58%	61%	60%	69%	64%	40%
1989/90	59%	39%	29%	11%	25%	29%	40%	55%	66%	60%	65%	66%	31%
1990/91	63%	50%	46%	24%	17%	18%	16%	30%	45%	52%	54%	59%	29%
1991/92	45%	36%	28%	20%	15%	7%	22%	29%	40%	48%	51%	46%	22%
1992/93	36%	20%	22%	15%	19%	19%	28%	39%	46%	52%	56%	62%	26%
1993/94	52%	52%	38%	17%	20%	20%	19%	34%	47%	48%	58%	58%	29%
1994/95	74%	64%	25%	26%	25%	27%	30%	41%	55%	56%	68%	82%	37%
1995/96	63%	42%	27%	16%	29%	31%	42%	52%	63%	72%	82%	76%	38%
1996/97	79%	41%	20%	13%	15%	19%	22%	32%	39%	48%	49%	55%	26%
1997/98	55%	47%	21%	21%	23%	23%	40%	51%	59%	64%	70%	82%	35%
1998/99	75%	37%	25%	24%	35%	20%	27%	48%	63%	68%	78%	73%	35%
1999/00	92%	47%	33%	21%	16%	20%	22%	37%	51%	64%	61%	60%	31%
2000/01	75%	38%	24%	22%	39%	42%	55%	68%	67%	82%	82%	76%	42%
2001/02	77%	53%	29%	18%	14%	17%	26%	50%	60%	61%	78%	97%	31%
2002/03	72%	56%	32%	18%	15%	24%	25%	40%	53%	56%	65%	69%	31%
2003/04	92%	62%	32%	24%	19%	14%	16%	24%	41%	44%	54%	57%	26%
2004/05	57%	51%	36%	16%	15%	18%	17%	30%	40%	46%	52%	49%	26%
<b>Mínimo</b>	<b>32%</b>	<b>20%</b>	<b>11%</b>	<b>11%</b>	<b>11%</b>	<b>7%</b>	<b>14%</b>	<b>19%</b>	<b>29%</b>	<b>34%</b>	<b>37%</b>	<b>35%</b>	<b>18%</b>
<b>Médio</b>	<b>57%</b>	<b>42%</b>	<b>27%</b>	<b>19%</b>	<b>20%</b>	<b>21%</b>	<b>26%</b>	<b>38%</b>	<b>48%</b>	<b>53%</b>	<b>58%</b>	<b>60%</b>	<b>29%</b>
<b>Máximo</b>	<b>92%</b>	<b>64%</b>	<b>46%</b>	<b>26%</b>	<b>39%</b>	<b>42%</b>	<b>55%</b>	<b>68%</b>	<b>67%</b>	<b>82%</b>	<b>82%</b>	<b>97%</b>	<b>42%</b>

**QUADRO 6.19 – PARTICIPAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO (%) DO SAU/SAA NAS VAZÕES NATURAIS DO RIO SÃO FRANCISCO EM XINGÓ –OUT/1975 A SET/2005.**

ANO	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	MED
1975/76	46%	22%	17%	21%	26%	22%	23%	38%	37%	45%	47%	41%	27%
1976/77	31%	27%	12%	14%	12%	26%	27%	31%	43%	48%	57%	59%	24%
1977/78	52%	46%	27%	16%	16%	15%	22%	30%	34%	45%	44%	51%	25%
1978/79	46%	35%	25%	18%	14%	7%	12%	22%	29%	34%	37%	35%	18%
1979/80	36%	30%	26%	19%	15%	9%	21%	23%	34%	35%	39%	43%	21%
1980/81	40%	39%	24%	19%	16%	20%	17%	30%	41%	47%	50%	51%	26%
1981/82	45%	28%	16%	18%	12%	13%	14%	20%	30%	36%	42%	44%	20%
1982/83	43%	42%	39%	21%	15%	9%	12%	16%	26%	33%	35%	43%	20%
1983/84	35%	22%	18%	13%	23%	29%	20%	34%	47%	51%	55%	48%	26%
1984/85	44%	38%	21%	17%	10%	11%	10%	20%	32%	39%	42%	42%	19%
1985/86	39%	32%	26%	21%	13%	16%	29%	39%	49%	51%	50%	51%	26%
1986/87	62%	55%	38%	22%	23%	28%	25%	37%	50%	53%	64%	62%	36%
1987/88	57%	50%	31%	17%	22%	20%	22%	32%	51%	59%	55%	54%	30%
1988/89	59%	39%	37%	20%	29%	25%	34%	47%	58%	57%	58%	60%	37%
1989/90	60%	44%	24%	11%	21%	27%	34%	52%	62%	59%	60%	59%	29%
1990/91	52%	48%	46%	27%	16%	17%	15%	26%	41%	49%	52%	55%	28%
1991/92	42%	39%	26%	20%	16%	7%	18%	25%	36%	44%	45%	44%	20%
1992/93	35%	21%	21%	14%	19%	17%	27%	36%	45%	49%	49%	54%	25%
1993/94	49%	45%	41%	18%	18%	21%	16%	30%	40%	46%	53%	50%	27%
1994/95	62%	64%	25%	24%	27%	23%	27%	37%	43%	54%	57%	68%	35%
1995/96	59%	41%	29%	16%	26%	32%	34%	44%	54%	62%	77%	77%	35%
1996/97	70%	45%	19%	13%	13%	20%	20%	29%	38%	45%	47%	51%	25%
1997/98	50%	47%	24%	19%	23%	21%	36%	46%	57%	63%	67%	70%	34%
1998/99	74%	40%	25%	23%	33%	21%	22%	43%	59%	67%	74%	65%	34%
1999/00	84%	51%	31%	20%	17%	19%	19%	35%	49%	61%	55%	59%	30%
2000/01	62%	42%	24%	19%	36%	41%	44%	66%	65%	78%	82%	75%	40%
2001/02	75%	56%	30%	15%	14%	16%	25%	49%	60%	61%	76%	98%	29%
2002/03	71%	58%	34%	18%	14%	24%	24%	39%	52%	56%	65%	69%	31%
2003/04	92%	63%	32%	26%	19%	14%	16%	22%	40%	44%	53%	57%	26%
2004/05	57%	52%	38%	16%	14%	18%	16%	28%	40%	46%	52%	49%	26%
<b>Mínimo</b>	<b>31%</b>	<b>21%</b>	<b>12%</b>	<b>11%</b>	<b>10%</b>	<b>7%</b>	<b>10%</b>	<b>16%</b>	<b>26%</b>	<b>33%</b>	<b>35%</b>	<b>35%</b>	<b>18%</b>
<b>Médio</b>	<b>54%</b>	<b>42%</b>	<b>27%</b>	<b>19%</b>	<b>19%</b>	<b>20%</b>	<b>23%</b>	<b>34%</b>	<b>45%</b>	<b>51%</b>	<b>55%</b>	<b>56%</b>	<b>28%</b>
<b>Máximo</b>	<b>92%</b>	<b>64%</b>	<b>46%</b>	<b>27%</b>	<b>36%</b>	<b>41%</b>	<b>44%</b>	<b>66%</b>	<b>65%</b>	<b>78%</b>	<b>82%</b>	<b>98%</b>	<b>40%</b>

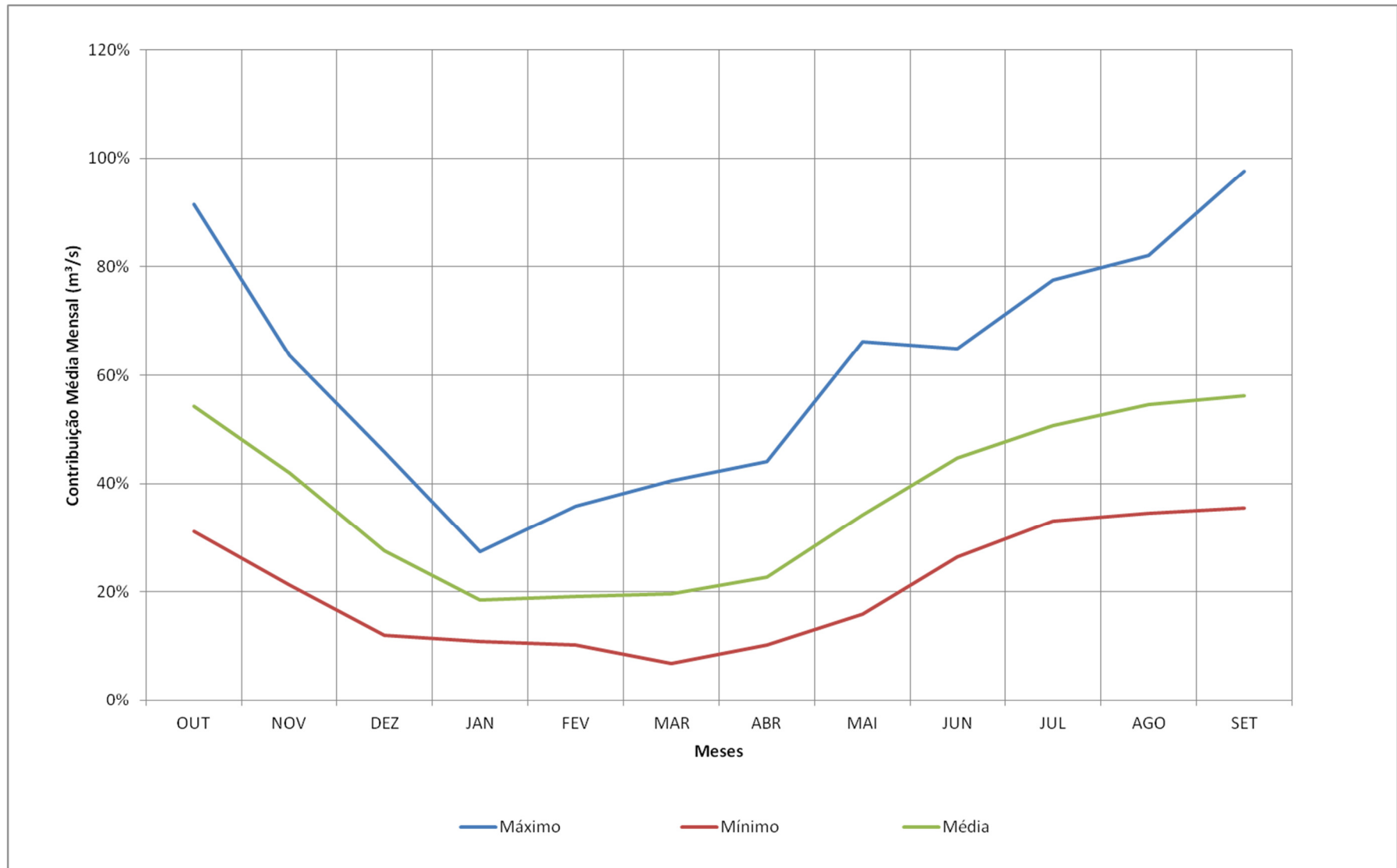


Figura 6.50 – Participação da contribuição do SAU e do SAA para a bacia do rio São Francisco em Sobradinho – Vazões Médias Mensais – Valores Médios, Máximos e Mínimos - Período 01/10/1975 a 30/09/2005



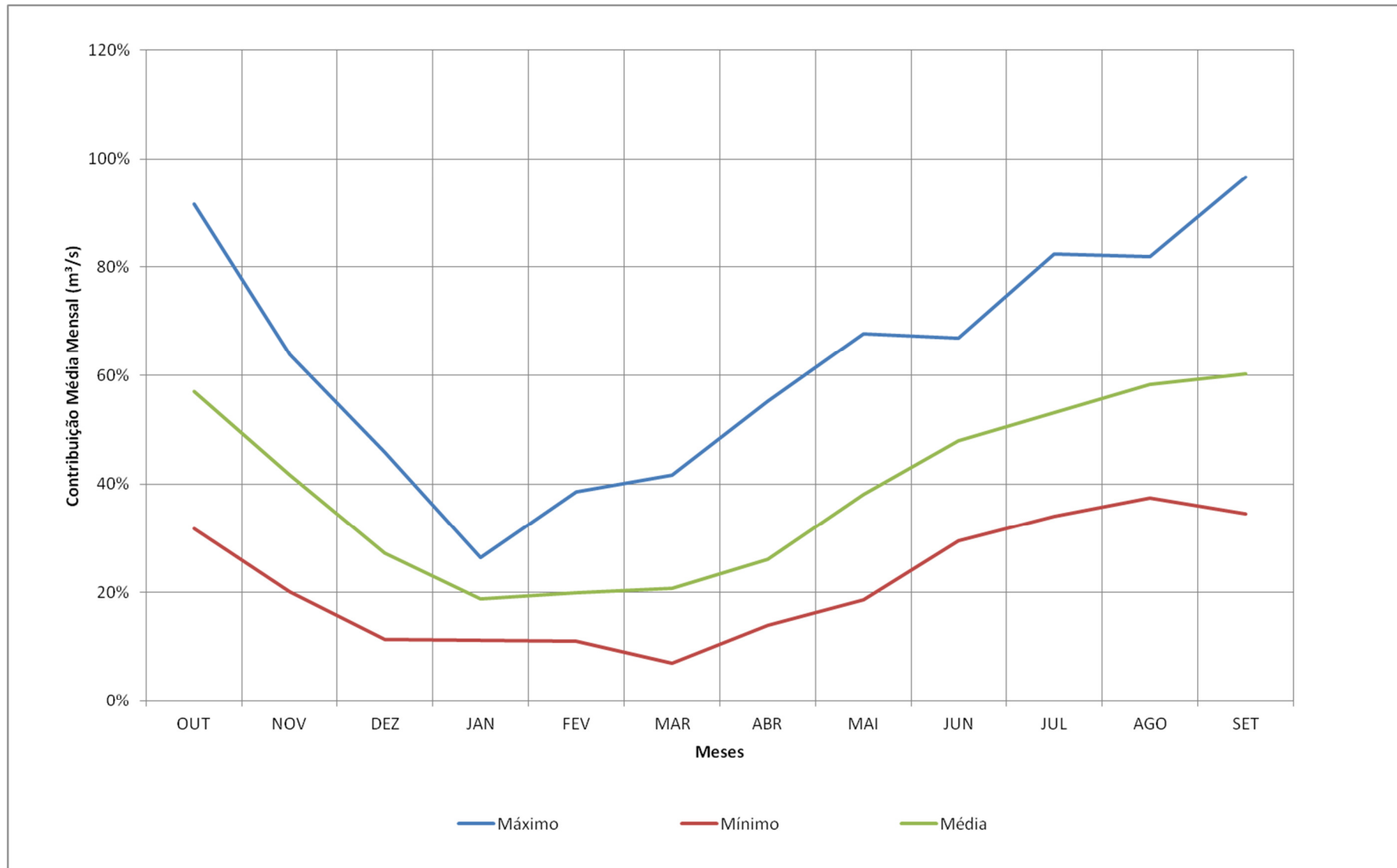


Figura 6.51 – Participação da contribuição do SAU e do SAA para a bacia do rio São Francisco em Xingó – Vazões Médias Mensais – Valores Médios, Máximos e Mínimos - Período 01/10/1975 a 30/09/2005

O Quadro 6.20 apresenta as vazões mínimas, médias e máximas do rio São Francisco em Sobradinho. Os valores mínimos das vazões médias mensais em Sobradinho variam entre valores da ordem de 500 m<sup>3</sup>/s em setembro/outubro a 2.000 m<sup>3</sup>/s em janeiro. Os valores médios das vazões médias mensais variam entre 1.034 m<sup>3</sup>/s em setembro e 5.040 m<sup>3</sup>/s em março. Os valores máximos das vazões médias mensais variam entre 1.949 m<sup>3</sup>/s nos meses de agosto a outubro e 15.676 m<sup>3</sup>/s em março.

**QUADRO 6.20 – RESUMO DAS VAZÕES NATURAIS DO RIO SÃO FRANCISCO EM SOBRADINHO EM m<sup>3</sup>/s – OUTUBRO/1975 A SETEMBRO/2005.**

VALORES	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	MÉDIA ANUAL
<i>Mínimo</i>	506	843	1.611	2.007	1.695	1.719	1.096	845	824	645	632	506	1.455
<i>Médio</i>	1.172	1.906	3.293	4.836	4.948	5.040	3.517	2.047	1.473	1.256	1.097	1.034	2.635
<i>Máximo</i>	2.050	4.448	6.170	9.467	9.918	15.676	7.174	4.189	2.745	2.267	1.949	2.034	4.876

O Quadro 6.21 apresenta as vazões médias mensais mínimas, médias e máximas do rio São Francisco em Xingó. Em Xingó os valores mínimos das vazões médias mensais são praticamente iguais aos valores observados em Sobradinho. Os valores médios das vazões médias mensais em Sobradinho apresentam pequeno incremento de até 7% em relação a Sobradinho, com exceção dos meses de abril e maio que apresentam incrementos de 13%. E os valores máximos das vazões médias mensais em Xingó se mantêm próximos aos de Sobradinho, com pequenos incrementos na vazão dos meses de março a maio (cerca de 17% em maio).

**QUADRO 6.21 – RESUMO DAS VAZÕES NATURAIS DO RIO SÃO FRANCISCO EM XINGÓ EM m<sup>3</sup>/s – OUTUBRO DE 1975 A SETEMBRO DE 2005.**

VALORES	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	MÉDIA ANUAL
<i>Mínimo</i>	507	823	1.582	2.109	1.826	1.767	1.377	862	850	685	631	501	1.528
<i>Médio</i>	1.210	1.869	3.283	4.909	5.116	5.344	3.999	2.316	1.580	1.315	1.172	1.103	2.768
<i>Máximo</i>	2.018	4.069	6.218	9.620	9.827	16.102	8.160	4.915	2.822	2.287	1.995	1.981	4.966

Esses resultados mostram a importância das áreas a montante de Sobradinho, onde se inclui o SAU e o SAA, na manutenção de vazões no rio São Francisco. O incremento de vazão entre Sobradinho e Xingó, já próximo à foz desse grande rio, é pouco significativo. A vazão média de longo termo entre Sobradinho e Xingó aumenta em cerca de 5% (de 2.635 m<sup>3</sup>/s em Sobradinho para 2.768 m<sup>3</sup>/s em Xingó) enquanto o incremento na área de drenagem é de 22% (498.425 km<sup>2</sup> em Sobradinho e 610.000 km<sup>2</sup> em Xingó).

O Quadro 6.22 apresenta os valores mínimos, médios e máximos das contribuições do SAU/SAA para o São Francisco em Sobradinho, em termos de percentagem de vazões.

**QUADRO 6.22 – RELAÇÕES EM PORCENTAGEM DA CONTRIBUIÇÃO DO SAU E SAA NAS VAZÕES NATURAIS DO RIO SÃO FRANCISCO EM SOBRADINHO - OUT/1975 A SET/2005.**

VALORES	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	MÉDIA ANUAL
<i>Mínimo</i>	32%	20%	11%	11%	11%	7%	14%	19%	29%	34%	37%	35%	22%
<i>Médio</i>	57%	42%	27%	19%	20%	21%	26%	38%	48%	53%	58%	60%	39%
<i>Máximo</i>	92%	64%	46%	26%	39%	42%	55%	68%	67%	82%	82%	97%	56%

A média das contribuições médias anuais do SAU e do SAA para a bacia do rio São Francisco é de 39% se for considerada como **seção de referência a Barragem de Sobradinho**, com contribuições médias anuais mínimas de 26% e máxima de 56%. Calculando o valor médio das contribuições médias mensais mês a mês, apresentadas no Quadro 6.22 resulta um valor médio de 39%. Da mesma forma, a média das contribuições mínimas resulta em cerca de 22% e a das máximas em torno de 60%.

O Quadro 6.23 apresenta os valores mínimos, médios e máximos das contribuições para o São Francisco em Xingó, em termo de percentagens de vazão.

**QUADRO 6.23 – RELAÇÕES EM PORCENTAGEM DA CONTRIBUIÇÃO DO SAU E SAA NAS VAZÕES NATURAIS DO RIO SÃO FRANCISCO EM XINGÓ - OUT/1975 A SET/2005.**

VALORES	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	MÉDIA ANUAL
<b>Mínimo</b>	31%	21%	12%	11%	10%	7%	10%	16%	26%	33%	35%	35%	26%
<b>Médio</b>	54%	42%	27%	19%	19%	20%	23%	34%	45%	51%	55%	56%	37%
<b>Máximo</b>	92%	64%	46%	27%	36%	41%	44%	66%	65%	78%	82%	98%	53%

A média das contribuições médias anuais do SAU e do SAA para a bacia do rio São Francisco é de 37% se for considerada como **seção de referência a Barragem de Xingó**, com contribuições médias anuais mínimas de 26% e máxima de 53%. Observa-se um pequeno decréscimo nessas contribuições quando comparado com Sobradinho. Calculando o valor médio das contribuições médias mensais mês a mês, apresentadas no Quadro 6.23, resulta um valor médio de 37%. Da mesma forma, a média das contribuições mínimas resulta em torno de 21% e a das máximas cerca de 61%.

O valor menor registrado na Barragem de Xingó pode se dar pelo fato de que os domínios geológicos da região do Baixo São Francisco são caracterizados terrenos cristalinos, fraturados, onde pode ocorrer “perda” de água por entre as fraturas e/ou falhas geológicas. E isso, conseqüentemente, poderá determinar uma contribuição menor para o escoamento de base naquela região.

A análise dos resultados da contribuição média do SAU/SAA apresentados indicou que:

- ✓ A contribuição média do SAU/SAA para a bacia do rio São Francisco é da ordem de 40% do total escoado;
- ✓ A contribuição variou mensalmente entre valores mínimos de 7% e máximos acima de 90%. Os valores mínimos devem ser decorrentes de grandes cheias na bacia, e os máximos de grandes secas, ocasião em que as contribuições de outras áreas diminuem significativamente e há pequena variação na contribuição do SAU/SAA;
- ✓ Ao longo do ano, a contribuição do SAU/SAA para a bacia do rio São Francisco é menos significativa no período de Dezembro a Março/Abril, ocasião em que as vazões daquele rio são máximas, variando entre valores mínimos de cerca de 10% e máximos da ordem de 50%;

- ✓ Nos demais meses do ano aumenta a importância da contribuição do SAU/SAA para a bacia do rio São Francisco, podendo chegar a valores médios da ordem de 80% nos meses de Agosto a Outubro e máximos superiores a 90% nos meses de Setembro/Outubro.

### **6.3.2 Resumo e Avaliação dos Resultados**

Para identificar a contribuição dos Sistemas Aquíferos Urucuia e Areado para as bacias hidrográficas circundantes foi realizada a separação do escoamento de base em cada um dos postos fluviométricos principais, utilizando o programa computacional *HYSEP*, elaborado pelo US Geological Survey. Com base nesses valores e avaliação das precipitações sobre o SAU e SAA, bem como de análise do balanço hídrico na região, foram elaboradas metodologias para determinação da contribuição destes sistemas aquíferos para as bacias circundantes.

Durante a realização dos estudos, como resultado de pesquisa em trabalhos anteriores, identificou-se uma assimetria entre a contribuição da bacia superficial e a subterrânea, ou seja, há um deslocamento do divisor de águas subterrâneo em relação ao divisor superficial. O limite definido pelo divisor de fluxo subterrâneo e a área de afloramento do aquífero foi utilizado as análises de contribuição subterrânea do SAU para as bacias hidrográficas.

Na bacia do rio São Francisco foram identificadas seis sub-bacias onde existiam postos fluviométricos com representatividade areal para considerar as vazões efluentes do SAU, de onde foram obtidas as vazões de contribuição subterrânea. A relação entre a vazão média escoada das sub-bacias e a precipitação média anual varia entre valores da ordem de 14% e 28%, destacando-se com maior valor a bacia do rio Carinhanha (Posto Lagoa das Pedras). A contribuição total estimada para o rio São Francisco, das seis sub-bacias com postos fluviométricos representativos é de 566,31 m<sup>3</sup>/s para o período analisado (1975 a 2005).

Utilizando metodologia apoiada no balanço hídrico foram obtidas as contribuições das demais sub-bacias contribuintes para a bacia do rio São Francisco, resultando em contribuição média de 164,37 m<sup>3</sup>/s para essas sub-bacias, somando uma contribuição média total de 730,67 m<sup>3</sup>/s do SAU e do SAA para a bacia do rio da Integração Nacional.

As análises efetuadas com base nas vazões médias mensais efluentes do SAU e do SAA e as vazões naturais do rio São Francisco nas barragens de Sobradinho e Xingó indicaram que a contribuição subterrânea média desses sistemas aquíferos para o rio São Francisco é da ordem de 40% do total escoado.

Ao longo do ano essa contribuição é menos significativa no período de Dezembro a Março/Abril, ocasião em que varia entre o mínimo de cerca de 10% e máximos da ordem de 50%. Nos demais meses do ano aumenta a importância dessa contribuição chega-se a valores médios da ordem de 80% nos meses de Agosto a Outubro.

Com base na observação dos resultados constatou-se que as vazões efluentes dos Sistemas Aquíferos Urucuia e Areado têm registrado tendência de diminuição gradativa, com início a partir

dos anos de 1978 a 1980 e prosseguindo até o final do período analisado. Visualmente, pode ser observada esta tendência na diminuição da vazão total efluente do SAU e do SAA com diminuição da ordem de 25% entre os anos de 1978 e 2005 (de valores da ordem de 800 m<sup>3</sup>/s para valores da ordem de 600 m<sup>3</sup>/s).

Essa diminuição de vazão acompanha o padrão de diminuição da precipitação pluviométrica da região. Entretanto, outros fatores contribuem para essa diminuição como 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 de forma qualitativa neste trabalho constatou que há diminuição da capacidade de infiltração da água nos solos ocupados com pastos e culturas que utilizam práticas convencionais de manejo da terra em relação às áreas de cerrado preservadas

A contribuição total do SAU e do SAA para as bacias circundantes é de 991,55 m<sup>3</sup>/s, com a maior parcela destinada ao rio São Francisco (730,68 m<sup>3</sup>/s).

Para o rio Tocantins a contribuição total é de menos de um terço deste valor, ou seja, de 215 m<sup>3</sup>/s. Considerando que a vazão média de longo termo, natural, no Aproveitamento de Estreito, situado a montante da confluência com o rio Araguaia é de 4.248m<sup>3</sup>/s, a contribuição do SAU e do SAA para este rio é pouco representativa, resultando, em valores médios, em contribuição da ordem de 5%. Na região da foz do rio Tocantins, avaliando pela vazão média natural de longo termo no Aproveitamento de Tucuruí que é de 10.980 m<sup>3</sup>/s essa contribuição é inferior a 2%.

Deve ser lembrado que a contribuição do SAU é significativa para as sub-bacias da margem direita do rio Tocantins, onde estão incluídas as sub-bacias dos rios do Sono, Balsas, Manuel Alves e outras; no limite oeste do SAU.

Para as bacias dos rios Parnaíba e Paranaíba as contribuições do SAU e SAA são menores, em especial para o rio Paranaíba onde a contribuição é da ordem de 1 m<sup>3</sup>/s.

---

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALBUQUERQUE, A.C.L.S., CHAVES, H.M.L. Estimativa de recarga da Bacia do Rio as Fêmeas através de Métodos Manuais e Automáticos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5, n.11, p 1123–1129, 2011.
- AMORIM JUNIOR, V. & LIMA, O. A. L. de. 2007. Avaliação Hidrogeológica do Aquífero Urucuia na Bacia do Rio Das Fêmeas – BA usando Resistividade e Polarização Elétrica Induzida. *Revista Brasileira de Geofísica*, Vol 25 (2): 117 - 129.
- ANA – Agência Nacional de Águas. Hidroweb. Disponível em [www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).
- ARNOLD, J.G., ALLEN, P.M., BERNHARDT, G. 1995. Automated Base Flow Separation and Recession Analysis Techniques. *Groundwater*. Volume 33, Issue 6, pages 1010–1018, November 1995.
- ARNOLD, J.G., ALLEN, P.M., 1999. *Automated methods for estimating baseflow and ground water recharge from stream flow records*. *J. Am. Resources Association Assoc.* 35 (2), 411–424.
- 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.
- 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.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas do Brasil 1961 – 1990. Organizadores: Andrea Malheiros Ramos, Luiz André Rodrigues dos Santos, Lauro Tadeu Guimarães Fortes. Brasília, DF: INMET, 2009.
- ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Disponível em: <[http://www.ons.org.br/operacao/vazoes\\_naturais.aspx](http://www.ons.org.br/operacao/vazoes_naturais.aspx)>. Acesso em: 2012.
- SLOTO, R.A., CROUSE, M.Y. 1996. *HYSEP: A computer program for streamflow hydrograph separation and analysis*, US Geological Survey, Water Resources Investigation Report, 96-4040.
- THORNTHWAITE, C.W., 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review* 38:55-94
- WAHL, K.L., WAHL, T.L., 1995. *Determining the flow of comal springs at New Braunfels, Texas*, in *Proceedings of Texas Water'95*, August 16–17, 1995, San Antonio, Texas: American Society of Civil Engineers, pp. 77–86.



CONSORCIO



MINISTÉRIO DO  
MEIO AMBIENTE

