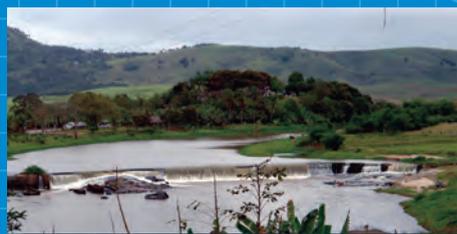


# REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS BRASILEIRAS

ESTUDO DA VAZÃO DE 95% DE PERMANÊNCIA  
DA SUB-BACIA 58

Bacia do Paraíba do Sul

PROJETO DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE



2017



# **REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS BRASILEIRAS**

**ESTUDO DA VAZÃO DE 95% DE PERMANÊNCIA  
DA SUB-BACIA 58**

**PROJETO DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE**

## **MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

### **SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

#### **MINISTRO DE ESTADO**

Fernando Coelho Filho

#### **SECRETÁRIO EXECUTIVO**

Paulo Pedrosa

### **SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Vicente Humberto Lôbo Cruz

## **COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS / SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM/SGB)**

### **CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO**

#### **Presidente**

Otto Bittencourt Netto

#### **Vice-Presidente**

Esteves Pedro Colnago

#### **Conselheiros**

Paulo Cesar Abrão

Cassiano De Souza Alves

Cássio Roberto da Silva

Elmer Prata Salomão

### **DIRETORIA EXECUTIVA**

#### **Diretor-Presidente**

Esteves Pedro Colnago (interino)

#### **Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial**

Antônio Carlos Bacelar Nunes

#### **Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

José Leonardo Silva Andriotti (interino)

#### **Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

Esteves Pedro Colnago

#### **Diretor de Administração e Finanças**

Juliano de Souza Oliveira (interino)

## **PROJETO ESTUDOS DE REGIONALIZAÇÃO NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS BRASILEIRAS**

#### **Departamento de Hidrologia**

Frederico Cláudio Peixinho

#### **Departamento de Gestão Territorial**

Jorge Pimentel

#### **Divisão de Hidrologia Aplicada**

Adriana Dantas Medeiros

#### **Coordenação Executiva**

Eber Jose de Andrade Pinto (A partir de janeiro de 2017)

Myrla de Souza Batista Vieira

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM

# **REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS BRASILEIRAS**

**ESTUDO DA VAZÃO DE 95% DE PERMANÊNCIA  
DA SUB-BACIA 58**

**PROJETO DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE**

**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**  
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL – DHT  
ESCRITÓRIO REGIONAL DO RIO DE JANEIRO – ERJ

---

RIO DE JANEIRO

DEZEMBRO / 2017

## PROJETO DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO BRASIL ESTUDOS DE REGIONALIZAÇÃO NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS BRASILEIRAS

### Coordenação Executiva Nacional

Marta Vasconcelos Ottoni (2009-2010)  
Adriana Dantas Medeiros (2009-2010)  
Myrla de Souza Batista Vieira (2011-2016)  
Eber Jose de Andrade Pinto (A partir de 2017)

### ESTUDO DA VAZÃO DE 95% DE PERMANÊNCIA DA SUB-BACIA 58

#### Coordenador do Projeto

Eber Jose de Andrade Pinto – Pesquisador em Geociências. Dr. Sc.

#### Equipe Técnica

Jefferson Santana Melo – Analista em Geociências. M. Sc.  
Mariana Dias Villas Boas – Pesquisadora em Geociências. M. Sc.

#### Equipe Técnica de Apoio

Anderson de Oliveira Bastos – Estagiário de Gestão Ambiental  
Camila Ferreira Borduam Chaves – Estagiária de Engenharia Ambiental  
Guilherme Dias Machado – Estagiário de Geografia  
Herlan Cássio de Alcantara Pacheco - Estagiário de Geografia  
Juan Eduardo Penteado Muller - Estagiário de Geografia

#### Colaboração

Adriana Medeiros - Pesquisadora em Geociências. M. Sc.  
Lígia Maria Nascimento de Araujo– Engenheira Civil, Dra. Sc.  
Marta Vasconcelos Ottoni - Pesquisadora em Geociências. Dra. Sc.

#### Apoio Operacional

Adriano Pinheiro de Almeida – Técnico em Geociências.  
Cleusa Maria dos Reis Pereira – Secretária  
Marcelo Parente Henriques - Pesquisador em Geociências

#### Projeto Gráfico / Editoração

##### CPRM/SGB – DERID/DIMARK (Padrão Capa e Embalagem)

Marco Túlio Carvalho  
José Márcio Henriques Soares

##### CPRM/SGB – DEPAT

Urquiza de Hollanda

##### DIEDIG

Valter Alvarenga Barradas

##### Projeto Gráfico e Supervisão de Editoração

Andreia Amado Continentino

##### Diagramação e Editoração

Agmar Alves Lopes

##### Tratamento de Imagem

Juliana Colussi de Gouvea

##### Gráficos e Ilustrações

Leila Maria Rosa de Alcântara

##### DICART

Marília Santos Salinas Rosário

##### Layout dos Mapas e Correção Cartográfica

Fabio Silva da Costa  
Maria Luiza Poucinho

##### CPRM/SGB – DEINF

Edgar Shinzato

##### DIGEOP

Hiran Silva Dias

##### Autoria ArcExibe

João Henrique Gonçalves

##### Sistema de Informações Geográficas

Elias Bernard da Silva do Espírito Santo  
Eliana Marçal Santos

##### DIDOTE

Roberta Pereira da Silva de Paula

##### Normalização Bibliográfica

CPRM/SGB - SUREG-SA/GERIDE/SEC DOT  
Edgar Romeo Herrera de Figueiredo Iza  
Marco Antônio Gomes Advíncula  
Isabel Ângela dos Santos Matos

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
CPRM – Serviço Geológico do Brasil  
DIDOTE – Processamento Técnico

C882r CPRM – Serviço Geológico do Brasil  
Regionalização de Vazões nas Bacias Hidrográficas Brasileiras:  
estudo da vazão de 95% de permanência da sub-bacia 58. Bacia  
do Paraíba do Sul. / CPRM – Serviço Geológico do Brasil; execução  
técnica e autoria de Jefferson Santana Melo e Mariana Dias Villas  
Boas. – Rio de Janeiro: CPRM, 2017.  
132p.: il.; Documento eletrônico - PDF.  
  
Projeto Disponibilidade Hídrica do Brasil. Levantamento da  
Geodiversidade.  
ISBN 978-85-7499-361-4  
Disponível em [www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br).  
  
1. Hidrologia – Brasil. 2. Regionalização de Vazão – Brasil. 3.  
Bacia Hidrográfica – Brasil. I. CPRM – Serviço Geológico do Brasil.  
II. Melo, Jefferson Santana. III. Villas Boas, Mariana Dias. IV. Título.

CDD 551.480981



## Apresentação

O conhecimento da disponibilidade de água doce de uma bacia hidrográfica é o principal instrumento de gestão de recursos hídricos, com base no qual pode ser concedido de forma adequada e sustentável o direito de uso deste bem, seja para fins energéticos, de irrigação, de abastecimento e outros. Além disto, é uma informação útil para o planejamento nos setores elétrico, agrícola e na adoção de políticas públicas.

A água doce encontra-se disponível na forma superficial, nos rios e lagos, e na subsuperficial, nos lençóis e aquíferos da zona saturada dos terrenos (compostos por solos e formações geológicas permeáveis) e na faixa não saturada dos solos, também chamada zona vadosa. Em termos de distribuição

de água doce no planeta, excluindo o gelo, aproximadamente 98% está na forma de água subterrânea (zona saturada dos terrenos), 0,8% contida como umidade da zona vadosa, 0,01% em rios e 1,47% em lagos.

Um dos mecanismos de gestão de recursos hídricos é a concessão de outorga de direito de uso da água, baseada na disponibilidade hídrica superficial da bacia a partir das séries de vazões naturais ou reais medidas. No caso das bacias sem monitoração, adota-se a técnica da regionalização, que objetiva, dentre outros aspectos, transferir informações daquelas regiões onde são realizadas monitorações para as áreas ainda carentes de dados.

No contexto dos estudos de regionalização, a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, em convênio com diversas entidades, dentre elas a CPRM, empreendeu em 2001, os Estudos de Regionalização de Variáveis Hidrológicas para várias sub-bacias hidrográficas brasileiras. Tendo em vista a recomendação de que a cada cinco anos de novos dados sejam atualizados esses estudos, em 2009, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM deu início ao projeto intitulado "Disponibilidade Hídrica do Brasil - Estudos de Regionalização de Vazões nas Bacias Hidrográficas Brasileiras".

A importância desses estudos de regionalização de vazões não se deve apenas ao fato de serem capazes de espacializar as informações hidrológicas, mas também por identificar aquelas áreas que necessitam de melhoria da rede hidrometeorológica, seja pela instalação de novas ou relocação de estações existentes. Além disso, podem fornecer um diagnóstico da qualidade dos dados das estações, funcionando como ferramenta de auxílio à análise de consistência dos dados.

Finalmente, a disponibilidade hídrica superficial de bacias hidrográficas estimada com base em técnicas de regionalização de vazões constitui uma ferramenta de uso abrangente. No entanto, deve ser usada dentro das restrições de uso recomendadas e não substitui as medições reais de vazão. Por isso, destaque deve ser dado à ampliação da rede hidrometeorológica em bacias de diferentes tamanhos, para que com isso seja conhecida, de forma ampla e precisa, a disponibilidade de recursos hídricos no Brasil.

### **Esteves Pedro Colnago**

Diretor-Presidente (interino)  
CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### **Antônio Carlos Bacelar Nunes**

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial  
CPRM – Serviço Geológico do Brasil



Rio Paraíba do Sul  
Localização: Santo Antônio de Pádua

# Sumário

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA SUB-BACIA 58</b> .....	<b>11</b>
REGIÃO DA SUB-BACIA 58 .....	13
HIDROGRAFIA.....	13
Bacia do Paraíba (curso principal) .....	15
Bacia do Rio Preto .....	16
Bacia do Rio Paraibuna.....	17
Bacia do Rio Pirai.....	18
Bacia do Rio Piabanha .....	19
Bacia do Rio Pomba .....	20
Bacia do Rio Dois Rios .....	21
Bacia do Rio Muriaé .....	22
Bacia do Rio Carangola .....	23
GEOLOGIA .....	24
SOLOS E COBERTURA VEGETAL .....	27
HIDROGEOLOGIA.....	29
GEOMORFOLOGIA .....	31
CLIMA E REGIME HIDROLÓGICO.....	34
<b>DADOS HIDROLÓGICOS BÁSICOS: Metodologia de Análise</b> .....	<b>39</b>
DADOS PLUVIOMÉTRICOS .....	41
Diagnóstico da Rede Pluviométrica Existente.....	41
Análise dos Dados e Seleção das Estações para o Estudo .....	42
Precipitação Total Anual Média.....	42
DADOS FLUVIOMÉTRICOS.....	43
Diagnóstico da Rede Fluviométrica Existente.....	43
Análise da Qualidade e Consistência.....	51
Análise Estatística e Seleção das Estações para Estudo .....	62
PROJETOS DA SUB-BACIA DESENVOLVIDO NO PROGRAMA ARCGIS 10.1 .....	78
<b>VARIÁVEIS EXPLICATIVAS E REGIONALIZADA</b> .....	<b>79</b>
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E CLIMATICAS - VARIÁVEIS EXPLICATIVAS .....	81
Áreas de drenagem .....	81
Precipitações médias.....	81
Regionalização Da Q95% da Curva de Permanência .....	86
Curvas De Permanência das Vazões Diárias.....	86

<b>CURVAS ADIMENSIONAIS DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES .....</b>	<b>87</b>
CURVA DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES ADIMENSIONALIZADA.....	89
Região A.....	89
Região B.....	89
Região C.....	89
Região D.....	89
Região E.....	90
Região F.....	90
Região G.....	90
Região H.....	90
Região I.....	90
Rio Paraíba do Sul.....	90
<b>REGIONALIZAÇÃO DA VAZÃO DE 95% DA CURVA DE PERMANÊNCIA.....</b>	<b>101</b>
METODOLOGIA.....	103
INDICADORES DA VARIABILIDADE REGIONAL – RELAÇÃO RCP95.....	103
ANÁLISES DE REGRESSÃO.....	104
REGIÕES HOMOGÊNEAS E FUNÇÕES REGIONAIS.....	111
APLICAÇÕES DOS RESULTADOS.....	125
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>127</b>
CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO.....	129
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129
<b>LISTA DE ABREVIações.....</b>	<b>131</b>

## Introdução

Uma rede hidrometeorológica, ainda que densa, dificilmente atenderá com seus dados às necessidades de informação para a gestão de recursos hídricos, em especial no subsídio à outorga de vazões. Sempre haverá a necessidade de se determinar a disponibilidade hídrica onde se originam as demandas, que muitas vezes são locais sem monitoramento ou com dados constituindo séries de curta duração ou com períodos longos de falhas de observação.

Com a finalidade de se espacializar a informação hidrológica, normalmente pontual (das estações), possibilitando a transferência de informações de uma região para outra, mesmo que não monitorada, mas considerada de comportamento hidrológico semelhante, são utilizadas metodologias denominadas pelo termo *regionalização*.

Atualmente, a utilização da análise de frequência regional não se restringe apenas à necessidade de transferência espacial de variáveis hidrológicas, mas também à otimização da estimativa dos parâmetros de uma distribuição de probabilidades teórica, identificação de regiões com carência de postos de observação e verificação da consistência das séries hidrológicas. Segundo Pires (1994), uma das razões para se optar pela regionalização é o aumento considerável no número de informações, que passa a ter caráter regional, possibilitando uma redução do erro amostral. Em NRC (1988) sugere-se o princípio de substituir o tempo por espaço, através de modelos de regionalização, com o objetivo de melhorar as estimativas de eventos extremos.

Um dos benefícios dos estudos de regionalização é portanto o de indicar a necessidade de melhoria da rede hidrometeorológica, seja pela necessidade de instalação de novas ou relocação de estações existentes, além de fornecer um diagnóstico da qualidade dos dados em conjunto, funcionando como ferramenta de auxílio à análise de consistência dos dados.

Na caracterização da região são reunidas informações que auxiliam a compreensão em termos conceituais dos processos hidrológicos e a identificação das regiões homogêneas. Um dos pontos cruciais é a delimitação de regiões hidrológica ou estatisticamente homogêneas, ou seja, região com várias estações que tenham séries oriundas de populações regidas pela mesma distribuição de probabilidades, com os parâmetros variando entre as estações.

Este trabalho apresenta os estudos de regionalização da vazão mínima de permanência de noventa por cento, a chamada Q95 da bacia do rio Paraíba do Sul (sub-bacia 58). A metodologia de regionalização adotada é a mesma utilizada pela CPRM em 2002 (Tucci (1993), relacionando a vazão (variável dependente) com características fisiográficas e meteorológicas (variáveis explicativas ou independentes). Vale acrescentar que o texto desse relatório tem como base o Relatório publicado em 2002, que foi reproduzido e atualizado nas

partes afins, já que o objetivo desse trabalho foi a atualização daquele realizado em 2002. Acrescentaram-se as atividades realizadas para a atualização do cálculo da Q95 bem como informações pertinentes ao desenvolvimento dessa tarefa.

Além do banco de dados da CPRM e dos dados fornecidos pela ANA, empreendeu-se uma coleta de informações básicas perante diversas entidades operadoras de rede e concessionárias de energia elétrica atuantes na bacia, além das informações disponíveis que caracterizam fisicamente a região.

Este trabalho é apresentado em formato digital (CD) e impresso, sendo que todos os anexos só estarão disponíveis em meio digital. Os resultados principais se encontram no corpo do texto, na forma de tabelas, figuras ou mapas. Os resultados parciais e as informações de apoio são apresentados nos anexos, assim como os dados básicos utilizados, como tabelas e mapas. Esse CD contém, também, um diretório relativo aos arquivos que geraram os mapas e que podem ser usados pelo aplicativo Arcgis 10.1 na forma de atlas digital, com os temas que compõem as legendas associados às tabelas de atributos devidamente preenchidas com informações relevantes.

Este trabalho inicia-se no capítulo um, com uma breve localização da área de estudo e a sua abrangência em território nacional. Em seguida é realizada uma análise fisiográfica da bacia, já que as diversas unidades ambientais interferem no padrão da disponibilidade hídrica das regiões. Após essa breve caracterização é descrito o método para seleção das estações a serem utilizadas na regressão. Este tem como um dos principais alicerces o levantamento e avaliação dos dados hidrológicos disponíveis das estações que serão utilizadas na definição das regiões. Esses processos são discriminados no item dois do relatório.

Com a avaliação concluída avança-se para caracterização física e climática das variáveis explicativas, capítulo três do relatório, com o objetivo de definir os dados de área de drenagem e de precipitação média das estações fluviométricas. De posse desses dados, realiza-se o processo de regionalização de vazões, com a elaboração das curvas de permanência da Q95%, de forma a permitir a identificação dos possíveis agrupamentos de estações com afinidade de comportamento hidrológico. A fim de contribuir para a seleção dos agrupamentos das estações foram realizadas as curvas adimensionais de permanência de vazões, conforme apresentado no capítulo quatro.

No capítulo cinco esses agrupamentos são analisados de acordo com os desvios relativos apresentados e de acordo com o melhor ajuste do  $R^2$  possível, resultando na definição das equações das regiões homogêneas. Com o intuito de exemplificar o uso da aplicação dessas equações, foram criados seis pontos na bacia 58 para a definição da Q95%.

No capítulo seis são apresentadas as considerações finais e as referências bibliográficas



---

---

# 1

## LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA SUB-BACIA 58



Rio Paraíba do Sul

Localização: Anta/Sapucaia/Rio de Janeiro/RJ

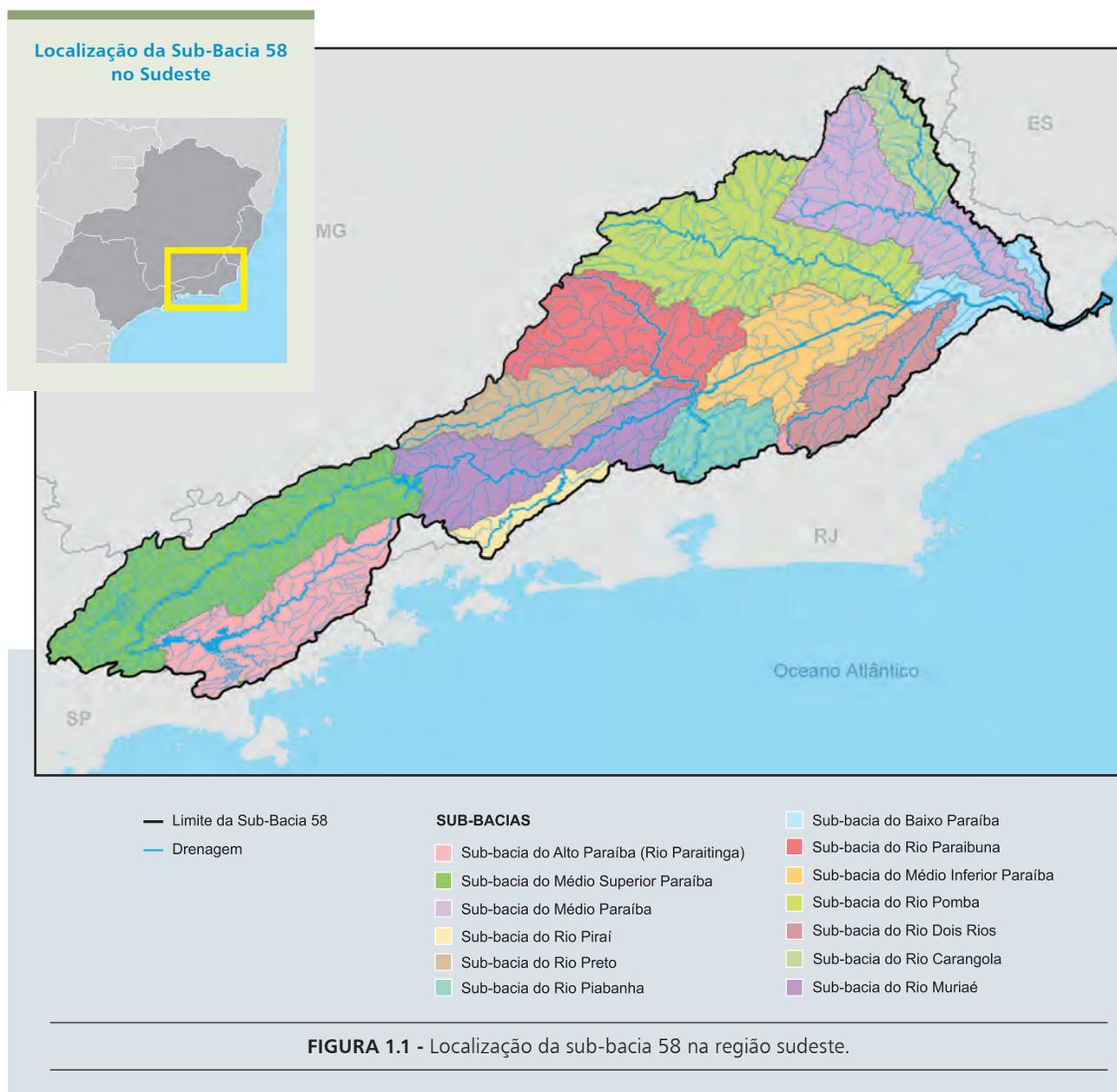


## REGIÃO DA SUB-BACIA 58

A região em estudo constitui a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, que compreende parte dos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo, está situada entre os paralelos 20° 26' e 23° 38' e os meridianos 41° 00' e 46° 30' (Figura 1.1). Ocupa cerca de 0,7% da área do país e aproximadamente 6% da região Sudeste. Como uma das áreas mais economicamente desenvolvidas no país apresenta, em consequência, os problemas de conflitos de uso e poluição hídrica por despejos domésticos e industriais, erosão e assoreamento. Os principais setores usuários da água são o industrial – siderurgia, alimentos, energia e indústria automobilística; abastecimento público; e o agropecuário.

## HIDROGRAFIA

O rio Paraíba do Sul é formado pela confluência dos rios Paraibuna e Paraitinga, que nasce na serra da Bocaina, parte da serra do Mar, a 2.000m de altitude no estado de São Paulo. Percorre 1.137km até a sua foz no Oceano Atlântico, no estado do Rio de Janeiro. Em seu trecho médio recebe contribuição de afluentes importantes que nascem no estado de Minas Gerais, como o Paraibuna Mineiro, o Pomba e o Muriaé, constituindo o próprio curso principal a divisa entre os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, numa extensão aproximada de 80km. Sua área total de drenagem é de 55.528 km<sup>2</sup> sendo 13.500km<sup>2</sup> (24,4%) no estado de São Paulo, 20.900km<sup>2</sup> em Minas Gerais (37,7%) e 21.128km<sup>2</sup> (37,9%) no Rio de Janeiro.



A direção e o sentido do canal principal sofrem sensível variação ao longo de seu traçado, sendo inicialmente sudoeste, na altura de Guararema tem uma inversão de sentido de praticamente 180°, passando a correr para nordeste, mantendo-se assim até a sua foz no Atlântico.

Quase todos os seus afluentes são rios de planalto, atravessando vales estreitos em meio a contrafortes cristalinos com grande número de saltos e corredeiras. São tributários importantes: os formadores Paraibuna e Paraitinga; pela margem esquerda Jaguari, Buquira, Paraibuna Mineiro, Pomba e

Muriaé; e pela margem direita Una, Bocaina, Bananal, Pirai, Piabanha, Paquequer e Dois Rios. A **Tabela 1.1** apresenta as características fisiográficas das bacias dos principais tributários do rio Paraíba do Sul.

Os rios principais da região em estudo, para os quais foram calculados os comprimentos, foram extraídos da hidrografia gerada por meio do modelo digital de terreno da Sub-Bacia 58, obtido do site da NASA, com aplicativos do ArcGis 10. Essa hidrografia se aproximou à da carta 1:250.000. As características gerais das bacias estudadas são descritas a seguir:

**TABELA 1.1** - Características fisiográficas das bacias dos principais rios da Sub-Bacia 58.

NOME DA SUB-BACIA	COMPRIMENTO TOTAL (KM)*	ÁREA DE DRENAGEM (KM <sup>2</sup> )*	PERÍMETRO (KM)	COEFICIENTE DE COMPACIDADE (KC)**	FATOR DE FORMA (KF)***	DECLIVIDADE (S) (%)****
Carangola	149	2.032	279	0,02	0,09	4,92%
Dois Rios	234	3.156	367	0,02	0,06	5,45%
Muriaé	273	5.740	585	0,01	0,08	2,97%
Paraibuna	178	5.182	489	0,01	0,16	4,47%
Piabanha	80	2.078	258	0,02	0,32	7,90%
Pirai	107	1.052	242	0,03	0,09	4,25%
Pomba	320	8.629	708	0,01	0,08	4,13%
Preto	232	3.446	430	0,02	0,06	3,36%
Alto Paraíba	282	4.887	440	0,01	0,06	1,67%*****
Médio Sup Paraiba	338	8.692	663	0,01	0,08	
Médio Paraíba	227	4.911	558	0,02	0,10	
Médio Inferior Paraíba	136	4.290	467	0,02	0,23	
Baixo Paraíba	134	1.600	517	0,05	0,09	

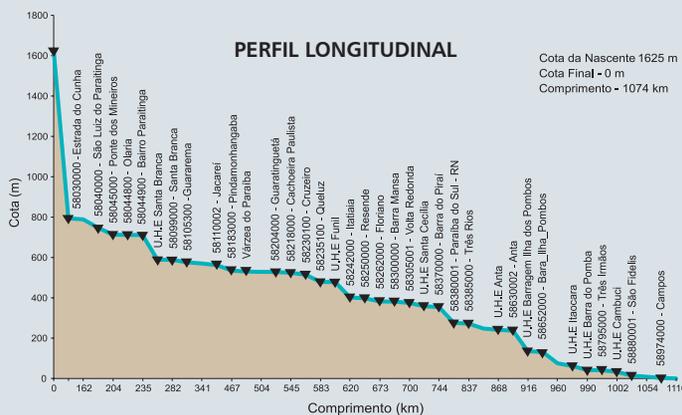
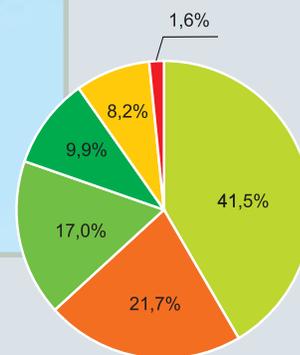
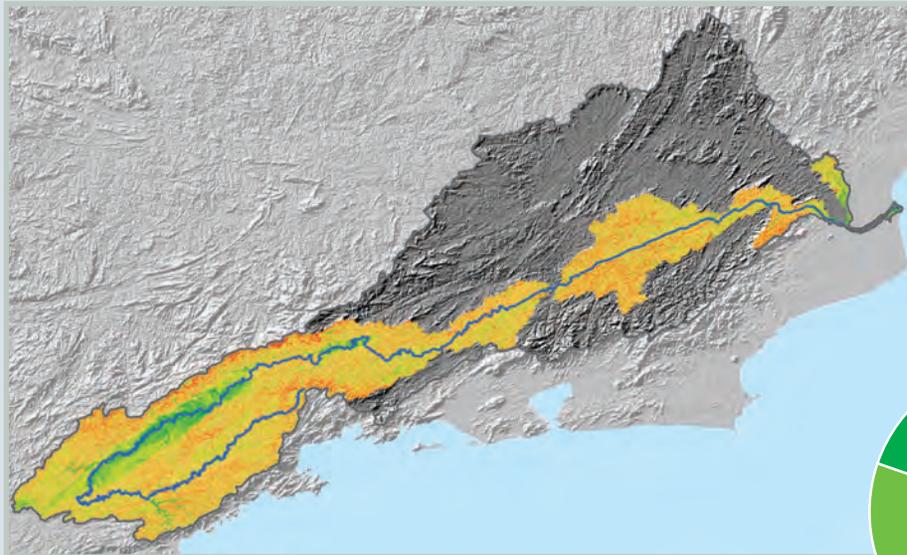
\* ver metodologia de determinação no item 3.2  
 \*\* Obtido pela expressão:  $Kc=0,28 \times \text{Perímetro da bacia}/(\text{Área da bacia})^{1/2}$   
 \*\*\* Obtido pela expressão:  $Kf= \text{Área da bacia}/(\text{comprimento do rio})^2$   
 \*\*\*\* Obtida pela seguinte expressão:  $s = \left( \frac{\sum L_i}{\sum \frac{L_i}{d_i}} \right)$ , onde  $L_i$  e  $d_i$  são o comprimento e declividade de cada trecho, respectivamente.  
 \*\*\*\*\* O valor de declividade corresponde a todo curso principal do Paraíba do Sul.

## Bacia do Paraíba (curso principal)



O CURSO PRINCIPAL DO RIO PARAÍBA DO SUL é altamente regularizado, destacando-se os reservatórios de Paraibuna e Paraitinga, localizados na cabeceira do rio, na sub-bacia do Alto Paraíba e os reservatórios do Complexo de Lajes, localizados na sub-bacia do Médio Paraíba. A área que compõe a bacia possui municípios dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. O relevo da bacia em sua maioria, cerca de 41,5% da área, corresponde a relevo ondulado. Observa-se, também, o relevo plano em 9,9%, o relevo suave ondulado em 17% e montanhoso em 21,7% da área da bacia.

### RELEVO E DECLIVIDADE DA BACIA DO PARAÍBA (CURSO PRINCIPAL)



### CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO

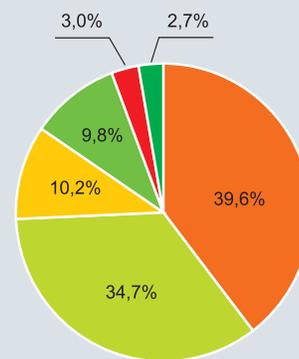
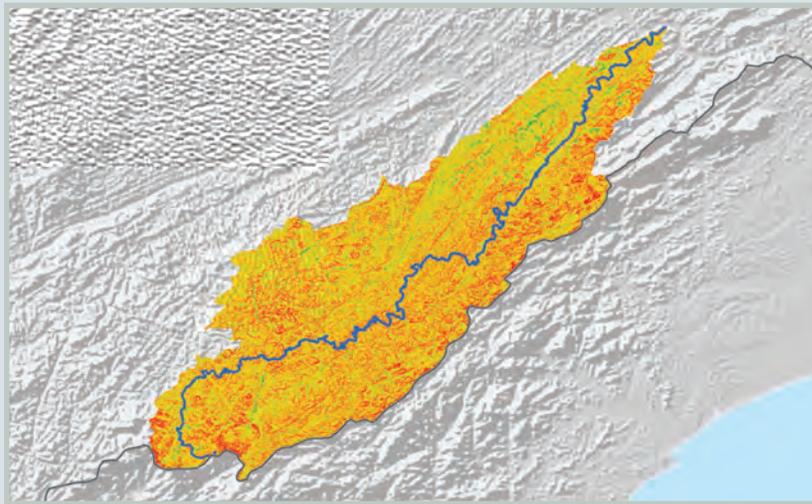
LEGENDA	DECLIVIDADE (%)	DISCRIMINAÇÃO	PORCENTAGEM DA ÁREA DA BACIA
	0 - 3	Relevo plano	9,9%
	3 - 8	Relevo suave ondulado	17,0%
	8 - 20	Relevo ondulado	41,5%
	20 - 45	Relevo forte ondulado	8,2%
	45 - 75	Relevo montanhoso	21,7%
	>75	Relevo forte montanhoso	1,6%

## Bacia do Rio Preto

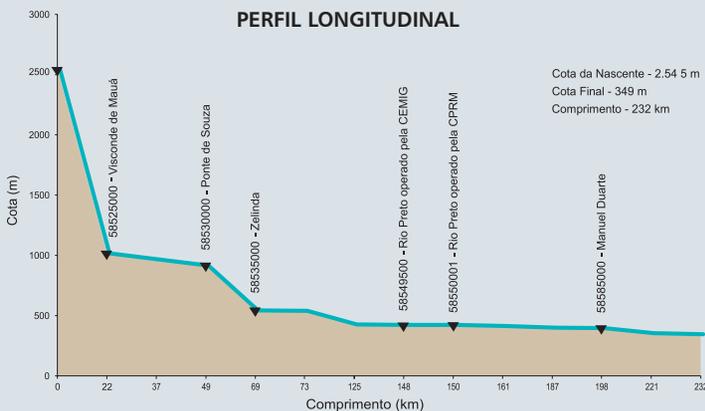


O RIO PRETO FAZ DIVISA entre os estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais e sua bacia possui uma área de 3.446 km<sup>2</sup>. Ele nasce na região da Serra da Mantiqueira e desagua no Rio Paraibuna, também afluente do rio Paraíba do Sul. O Rio Preto possui uma maior declividade no trecho superior, ficando mais plano nos trechos médio e final na parte sul da bacia. Fazem parte da bacia os municípios de: Belmiro Braga, Rio das Flores, Paraíba do Sul, Valença, Rio Preto, Santa Rita da Jacutinga, Passa-Vinte, Quatis, Resende, Itatiaia e Bocaina de Minas. De acordo com a figura abaixo, é possível notar que o relevo da bacia é dominado pelo relevo montanhoso (39,6%), relevo ondulado (9,8%) e relevo forte ondulado (10,2%).

### RELEVO E DECLIVIDADE DO RIO PRETO



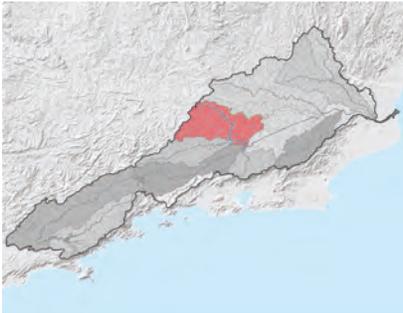
### PERFIL LONGITUDINAL



### CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO

LEGENDA	DECLIVIDADE (%)	DISCRIMINAÇÃO	PORCENTAGEM DA ÁREA DA BACIA
[Círculo Verde Claro]	0 - 3	Relevo plano	2,7%
[Círculo Verde Médio]	3 - 8	Relevo suave ondulado	9,8%
[Círculo Verde Escuro]	8 - 20	Relevo ondulado	34,7%
[Círculo Amarelo]	20 - 45	Relevo forte ondulado	10,2%
[Círculo Laranja]	45 - 75	Relevo montanhoso	39,6%
[Círculo Vermelho]	>75	Relevo forte montanhoso	3,0%

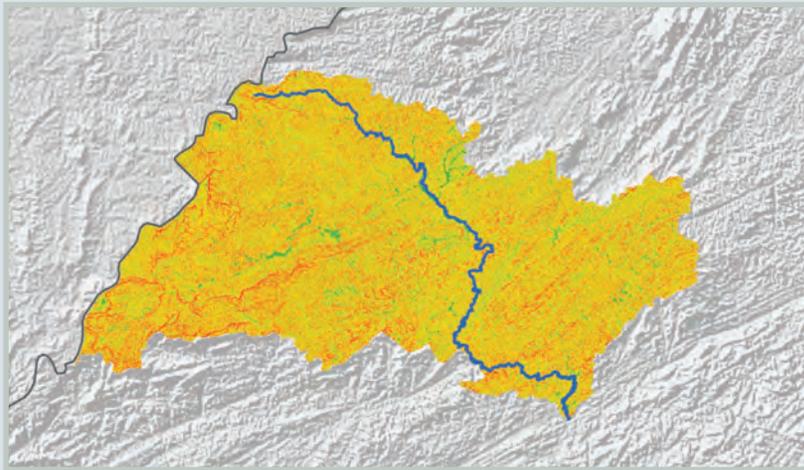
## Bacia do Rio Paraibuna



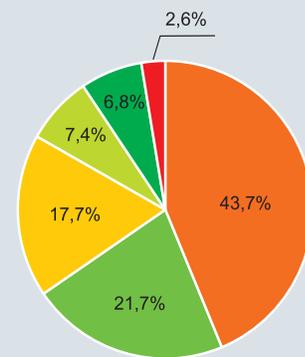
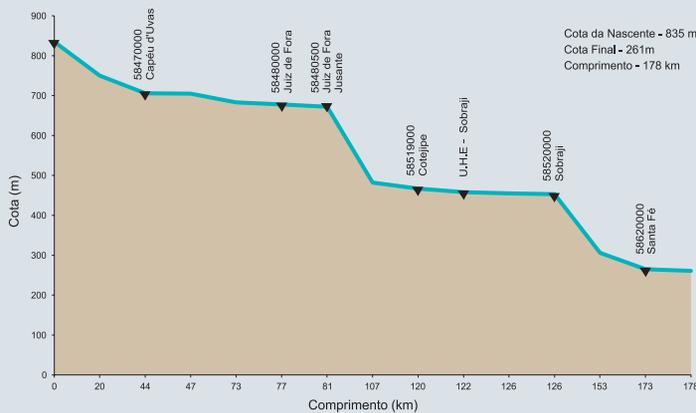
O RIO PARAIBUNA TEM COMO principais afluentes o Rio do Peixe, o Rio Cágado e o Rio Preto. Sua bacia abrange uma área de 5.182 Km<sup>2</sup>. O trecho do rio após o encontro com o Rio Preto faz divisa entre os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro. Os principais municípios da bacia são: Bom Jardim de Minas, Olaria, Lima Duarte, Santa Bárbara do Monte Verde, Pedro Teixeira, Santa Rita de Ibitipoca, Bias Fortes, Antônio Carlos, Santos Dumont, Ewbank da Câmara, Juiz de Fora, Belmiro Braga, Matias Barbosa, Simão Pereira, Comendador Levy Gasparian, Santana do Deserto, Chiador, Mar de Espanha, Pequeri, Senador Cortes, Guarará,

Maripá de Minas, Bicas e Chácara. De acordo com a figura a seguir, 43,7% da bacia é caracterizada por um relevo montanhoso, 21,7% por um relevo suave ondulado e 17,7% por um relevo forte ondulado.

### RELEVO E DECLIVIDADE DO RIO PARAIBUNA



#### PERFIL LONGITUDINAL



#### CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO

LEGENDA	DECLIVIDADE (%)	DISCRIMINAÇÃO	PORCENTAGEM DA ÁREA DA BACIA
[Red]	0 - 3	Relevo plano	6,8%
[Green]	3 - 8	Relevo suave ondulado	21,7%
[Yellow-Green]	8 - 20	Relevo ondulado	7,4%
[Yellow]	20 - 45	Relevo forte ondulado	17,7%
[Orange]	45 - 75	Relevo montanhoso	43,7%
[Red]	>75	Relevo forte montanhoso	2,6%

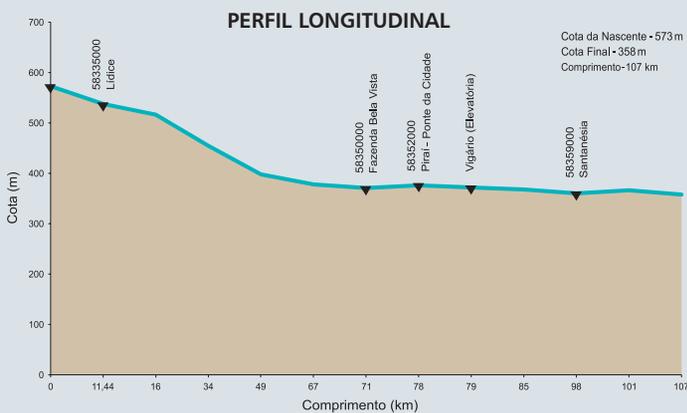
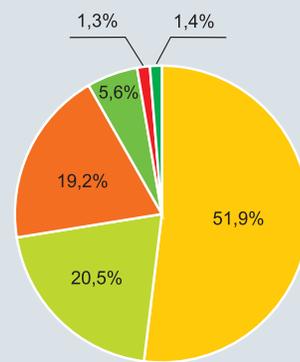
## Bacia do Rio Pirai



A BACIA DO RIO PIRAI POSSUI uma área de 1.052 Km<sup>2</sup> e está totalmente inserida no estado do Rio de Janeiro. O Rio Pirai possui um comportamento característico, inclusive com mudanças de regime e reversão, devido ao sistema de reservatórios e elevatórias responsável pela transposição de vazões do rio Paraíba do Sul para abastecer a cidade do Rio de Janeiro. A bacia é composta pelos seguintes municípios: Bananal, Rio Claro, Pirai, Barra do Pirai, Mendes, Vassouras e Engenheiro Paulo de Frontin. O Rio Pirai não é caracterizado por grandes declividades, de acordo com o perfil de declividades apresentado na figura abaixo.

O relevo da bacia apresenta-se majoritariamente forte ondulado (51,9%), seguido pela presença do relevo ondulado (20,5%), montanhoso (19,2%), forte montanhoso (1,3%) e poucas áreas de relevo plano (1,4%) e suave ondulado (5,6%).

### RELEVO E DECLIVIDADE DO RIO PIRAI



### CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO

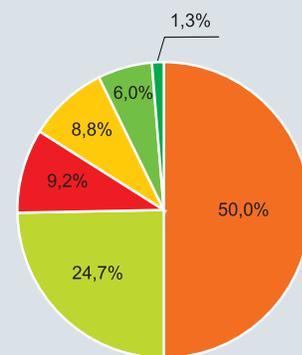
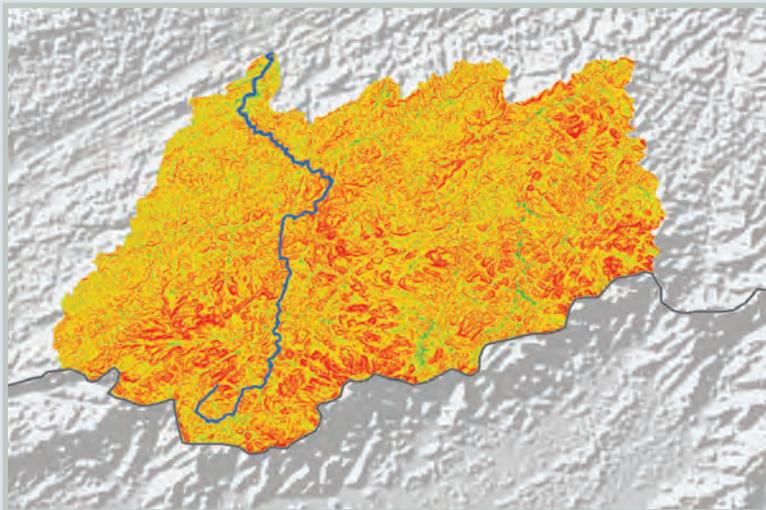
LEGENDA	DECLIVIDADE (%)	DISCRIMINAÇÃO	PORCENTAGEM DA ÁREA DA BACIA
<span style="color: green;">■</span>	0 - 3	Relevo plano	1,4%
<span style="color: lightgreen;">■</span>	3 - 8	Relevo suave ondulado	5,6%
<span style="color: yellow;">■</span>	8 - 20	Relevo ondulado	20,5%
<span style="color: orange;">■</span>	20 - 45	Relevo forte ondulado	51,9%
<span style="color: red;">■</span>	45 - 75	Relevo montanhoso	19,2%
<span style="color: darkred;">■</span>	>75	Relevo forte montanhoso	1,3%

## Bacia do Rio Piabanha

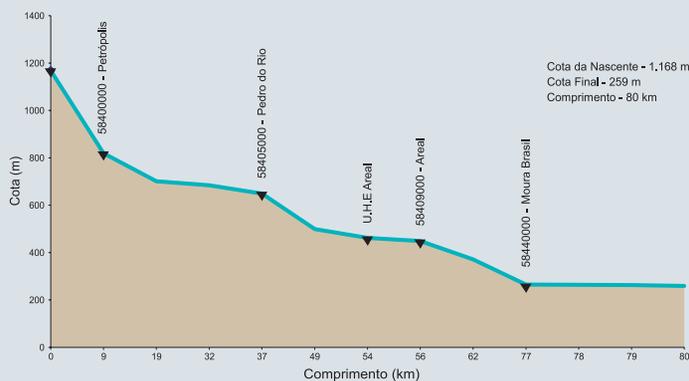


A ÁREA DA BACIA DO RIO PIABANHA compreende 2.078,40Km<sup>2</sup> e 10 municípios fluminenses: Areal, São José do Vale do Rio Preto, Sapucaia, Sumidouro, Teresópolis, Carmo, Paraíba do Sul, Paty do Alferes, Petrópolis e Três Rios. O seu principal afluente é o Rio Preto. A bacia fica inserida na região serrana do Rio de Janeiro fazendo com que o Rio Piabanha apresente grandes declividades, conforme observado no perfil apresentado na Figura a seguir. O relevo da bacia também é dividido nas seguintes classes: relevo montanhoso (50%), ondulado (24,7%), forte montanhoso (9,2%), forte ondulado (8,8%), suave ondulado (6%) e plano (1,3%).

### RELEVO E DECLIVIDADE DO PIABANHA



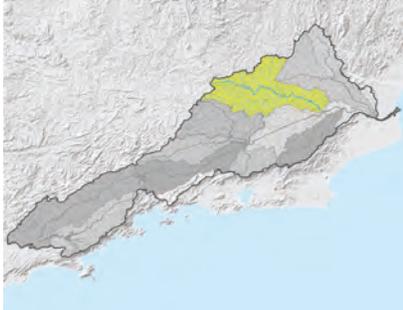
#### PERFIL LONGITUDINAL



#### CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO

LEGENDA	DECLIVIDADE (%)	DISCRIMINAÇÃO	PORCENTAGEM DA ÁREA DA BACIA
<span style="color: green;">■</span>	0 - 3	Relevo plano	1,3%
<span style="color: lightgreen;">■</span>	3 - 8	Relevo suave ondulado	6,0%
<span style="color: yellow;">■</span>	8 - 20	Relevo ondulado	24,7%
<span style="color: orange;">■</span>	20 - 45	Relevo forte ondulado	8,8%
<span style="color: red;">■</span>	45 - 75	Relevo montanhoso	50,0%
<span style="color: darkred;">■</span>	>75	Relevo forte montanhoso	9,2%

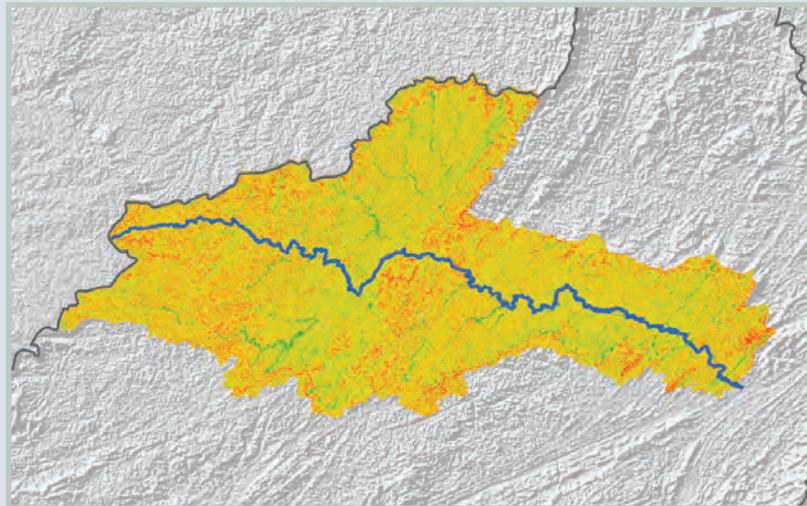
## Bacia do Rio Pomba



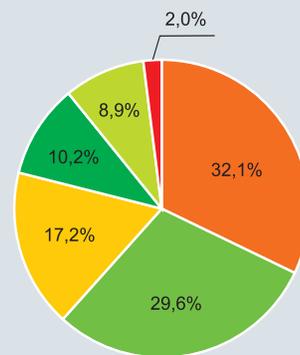
O RIO POMBA nasce no município de Barbacena e atravessa a Zona da Mata Mineira, banhando os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro. Sua bacia possui uma área de 8.628,81Km<sup>2</sup> e composta pelos municípios: Antônio Carlos, Barbacena, Santos Dumont, Santa Bárbara do Tugúrio, Oliveira Fortes, Piau, Coronel Pacheco, Goianá, Rio Novo, Tabuleiro, Aracitaba, Paiva, Mercês, Rio Pomba, Guarani, Descoberto, São João do Nepomuceno, Rochedo de Minas, Argirita, Leopoldina, Itamarati de Minas, Astolfo Dutra, Dona Eusébia, Piraúba, Silveirânia, Tocantins, Cataguases, Santana de Cataguases, Laranjal, Recreio,

Palma, Santo Antônio de Pádua, Aperiibe, Cambuci, Miracema, Rodeiro, Guidoal, Guiricema, Ervália, São Geraldo, Visconde do Rio Branco, Divinésia e Ubá. A figura abaixo mostra que o relevo da bacia varia entre 6 classes: montanhoso (32,1%), suave ondulado (29,6%), forte ondulado (17,2%), plano (10,2%), ondulado (8,9%) e forte montanhoso (2%).

### RELEVO E DECLIVIDADE DO RIO POMBA



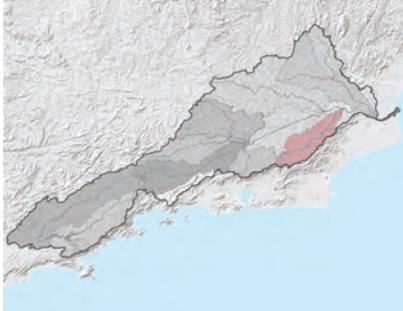
#### PERFIL LONGITUDINAL



#### CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO

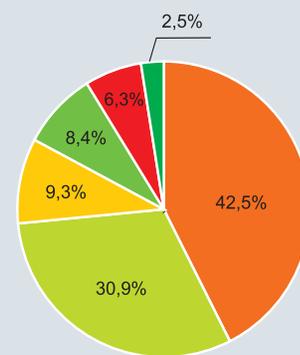
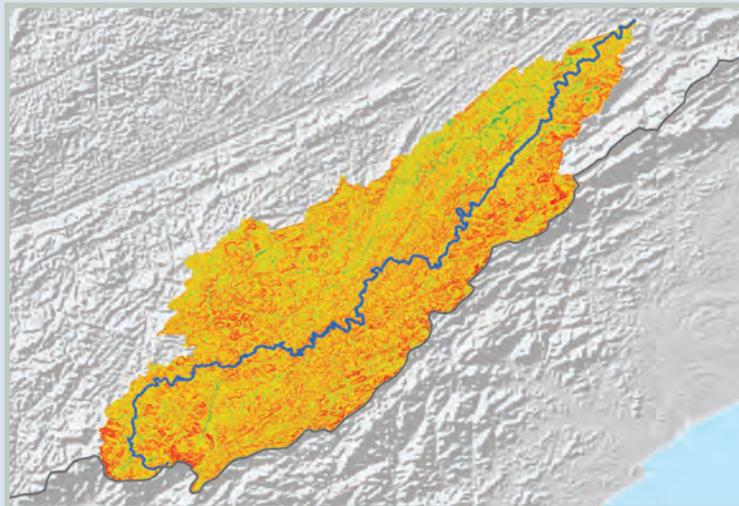
LEGENDA	DECLIVIDADE (%)	DISCRIMINAÇÃO	PORCENTAGEM DA ÁREA DA BACIA
<span style="color: green;">■</span>	0 - 3	Relevo plano	10,2%
<span style="color: lightgreen;">■</span>	3 - 8	Relevo suave ondulado	29,6%
<span style="color: yellow;">■</span>	8 - 20	Relevo ondulado	8,9%
<span style="color: orange;">■</span>	20 - 45	Relevo forte ondulado	17,2%
<span style="color: red;">■</span>	45 - 75	Relevo montanhoso	32,1%
<span style="color: darkred;">■</span>	>75	Relevo forte montanhoso	2,0%

## Bacia do Rio Dois Rios



O RIO DOIS RIOS é formado pelo encontro do Rio Negro com o Rio Grande. Sua bacia está localizada na região serrana do Rio de Janeiro e tem uma área de 3.156 Km<sup>2</sup>. A bacia inclui 12 municípios: Nova Friburgo, Cantagalo, Carmo, Cordeiro, Duas Barras, Macuco, Bom Jardim, São Sebastião do Alto, Santa Maria Madalena, Trajano de Moraes, Itaocara e São Fidélis. É possível observar no perfil longitudinal do rio, na figura abaixo, a sua alta declividade característica da região serrana fluminense. O relevo é muito acidentado e cerca de 42,5% da área bacia é classificada como relevo montanhoso e 30,9% ondulado.

### RELEVO E DECLIVIDADE DO RIO DOIS RIOS



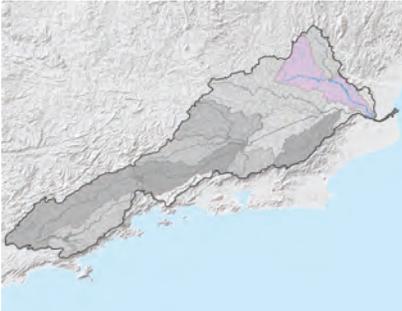
#### PERFIL LONGITUDINAL



#### CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO

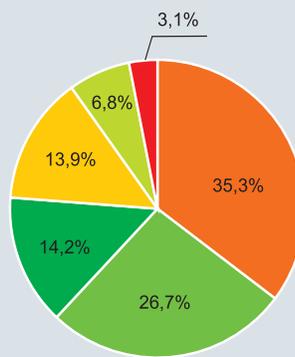
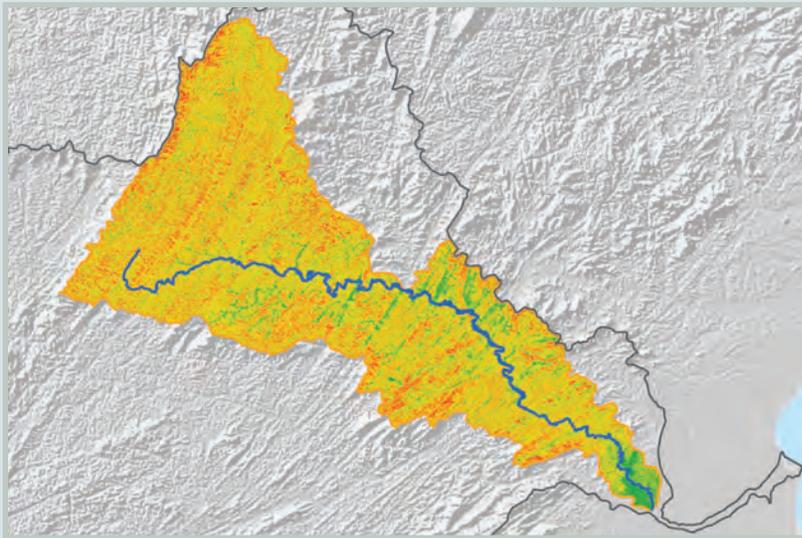
LEGENDA	DECLIVIDADE (%)	DISCRIMINAÇÃO	PORCENTAGEM DA ÁREA DA BACIA
<span style="color: green;">■</span>	0 - 3	Relevo plano	2,5%
<span style="color: lightgreen;">■</span>	3 - 8	Relevo suave ondulado	8,4%
<span style="color: yellowgreen;">■</span>	8 - 20	Relevo ondulado	30,9%
<span style="color: yellow;">■</span>	20 - 45	Relevo forte ondulado	9,3%
<span style="color: orange;">■</span>	45 - 75	Relevo montanhoso	42,5%
<span style="color: red;">■</span>	>75	Relevo forte montanhoso	6,3%

## Bacia do Rio Muriaé



A BACIA DO RIO MURIAÉ possui uma área de 5.740 Km<sup>2</sup> e está inserida nos estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais. O Rio Muriaé possui a sua nascente na Zona da mata Mineira e seus principais afluentes são os Rios Glória e Carangola. Os municípios que compõem a bacia são os seguintes: Cardoso Moreira, São Fidélis, Italva, Cambuci, Itaperuna, São José de Ubá, Ijae do Muriaé, Barão de Monte Alto, Patrocínio do Muriaé, Antônio Prado de Minas, Eugenópolis, Vieiras, Muriaé, Miraiá, São Sebastião da Vargem Alegre, Rosário da Limeira, Miradouro, São Francisco da Glória e Fervedouro. De acordo com o perfil longitudinal ilustrado na figura abaixo, o Rio Muriaé possui uma alta declividade no trecho superior e uma baixa declividade no trecho médio. O relevo da bacia se divide entre as seguintes classes: montanhoso (35,3%), suave ondulado (26,7%), plano (14,2%), forte ondulado (13,9%), ondulado (6,8%) e forte montanhoso (3,1%).

### RELEVO E DECLIVIDADE DO RIO MURIAÉ



### CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO

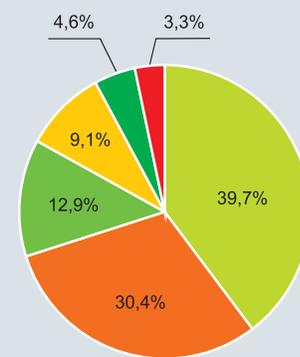
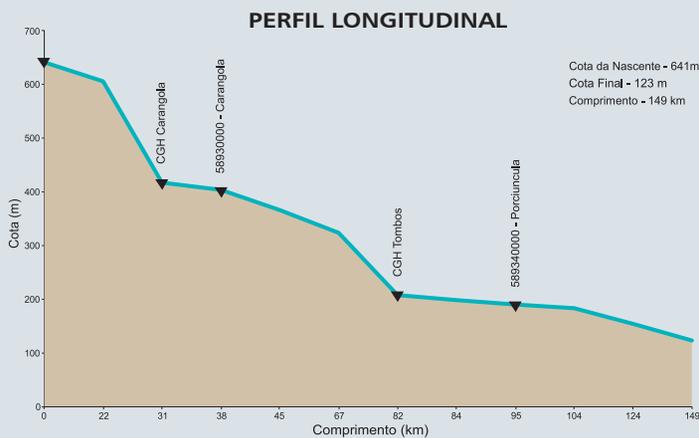
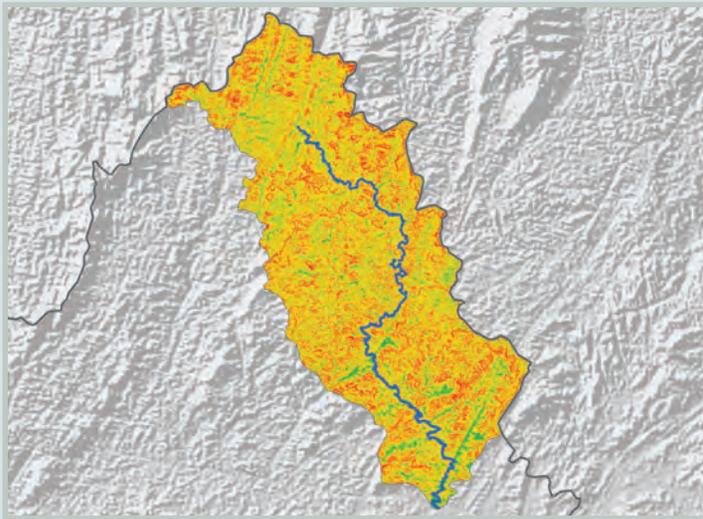
LEGENDA	DECLIVIDADE (%)	DISCRIMINAÇÃO	PORCENTAGEM DA ÁREA DA BACIA
<span style="color: green;">■</span>	0 - 3	Relevo plano	14,2%
<span style="color: lightgreen;">■</span>	3 - 8	Relevo suave ondulado	26,7%
<span style="color: yellow;">■</span>	8 - 20	Relevo ondulado	6,8%
<span style="color: orange;">■</span>	20 - 45	Relevo forte ondulado	13,9%
<span style="color: red;">■</span>	45 - 75	Relevo montanhoso	35,3%
<span style="color: darkred;">■</span>	>75	Relevo forte montanhoso	3,1%

## Bacia do Rio Carangola



O RIO CARANGOLA nasce no estado de Minas Gerais e desagua no estado do rio de Janeiro. A sua bacia possui 2.032,46 Km<sup>2</sup> e inclui os municípios de Orizânia, Divino, Carangola, Faria lemos, Tombos, Porciúncula, Natividade e Itaperuna. O Rio Carangola apresenta altas declividades de acordo com o seu perfil longitudinal na Figura abaixo. Aproximadamente 39,7% da bacia apresenta relevo ondulado, 30,4% montanhoso, 12,9% suave ondulado, 9,1% forte ondulado, 4,6% plano e 3,3% forte montanhoso.

### RELEVO E DECLIVIDADE DO RIO CARANGOLA



### CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO

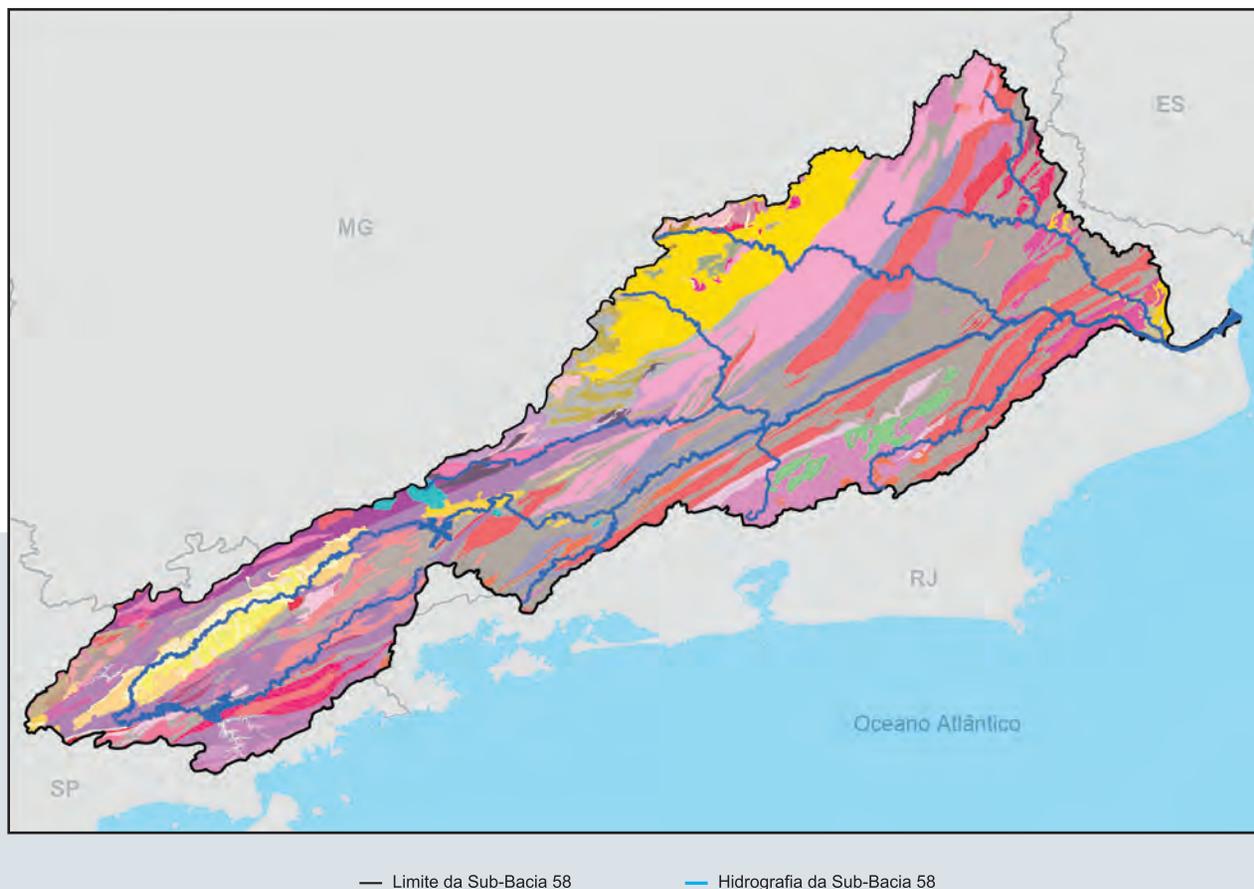
LEGENDA	DECLIVIDADE (%)	DISCRIMINAÇÃO	PORCENTAGEM DA ÁREA DA BACIA
	0 - 3	Relevo plano	4,6%
	3 - 8	Relevo suave ondulado	12,9%
	8 - 20	Relevo ondulado	39,7%
	20 - 45	Relevo forte ondulado	9,1%
	45 - 75	Relevo montanhoso	30,4%
	>75	Relevo forte montanhoso	3,3%

## GEOLOGIA

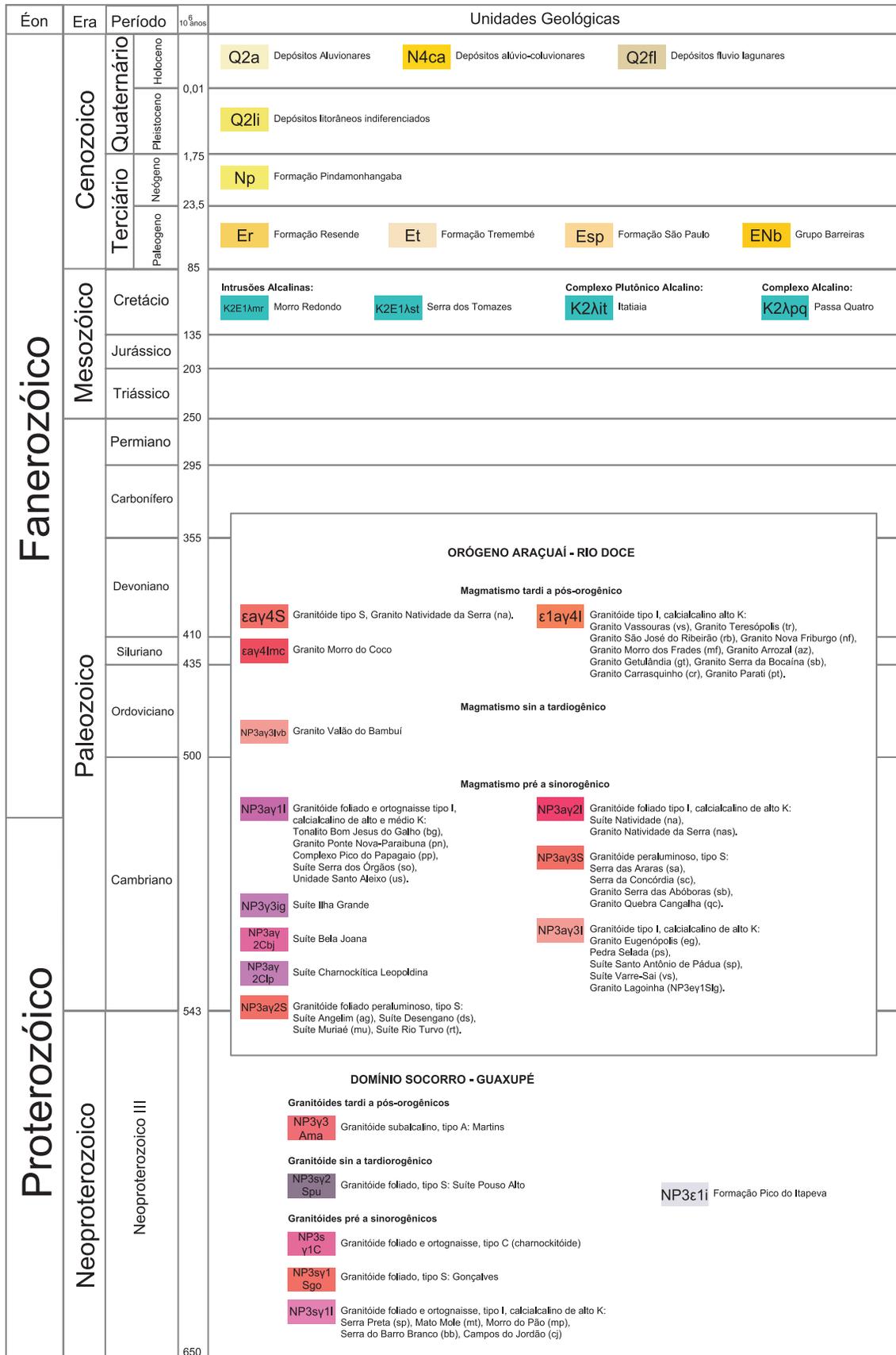
A geologia é um importante componente físico para entender a formação da paisagem. Suas relações litoestruturais com o relevo e os solos, em função de suas características mineralógicas, texturais e estruturais, respondem diferentemente à ação dos processos exógenos e influenciam os parâmetros hidrológicos e nas variáveis determinantes para a definição das regiões homogêneas.

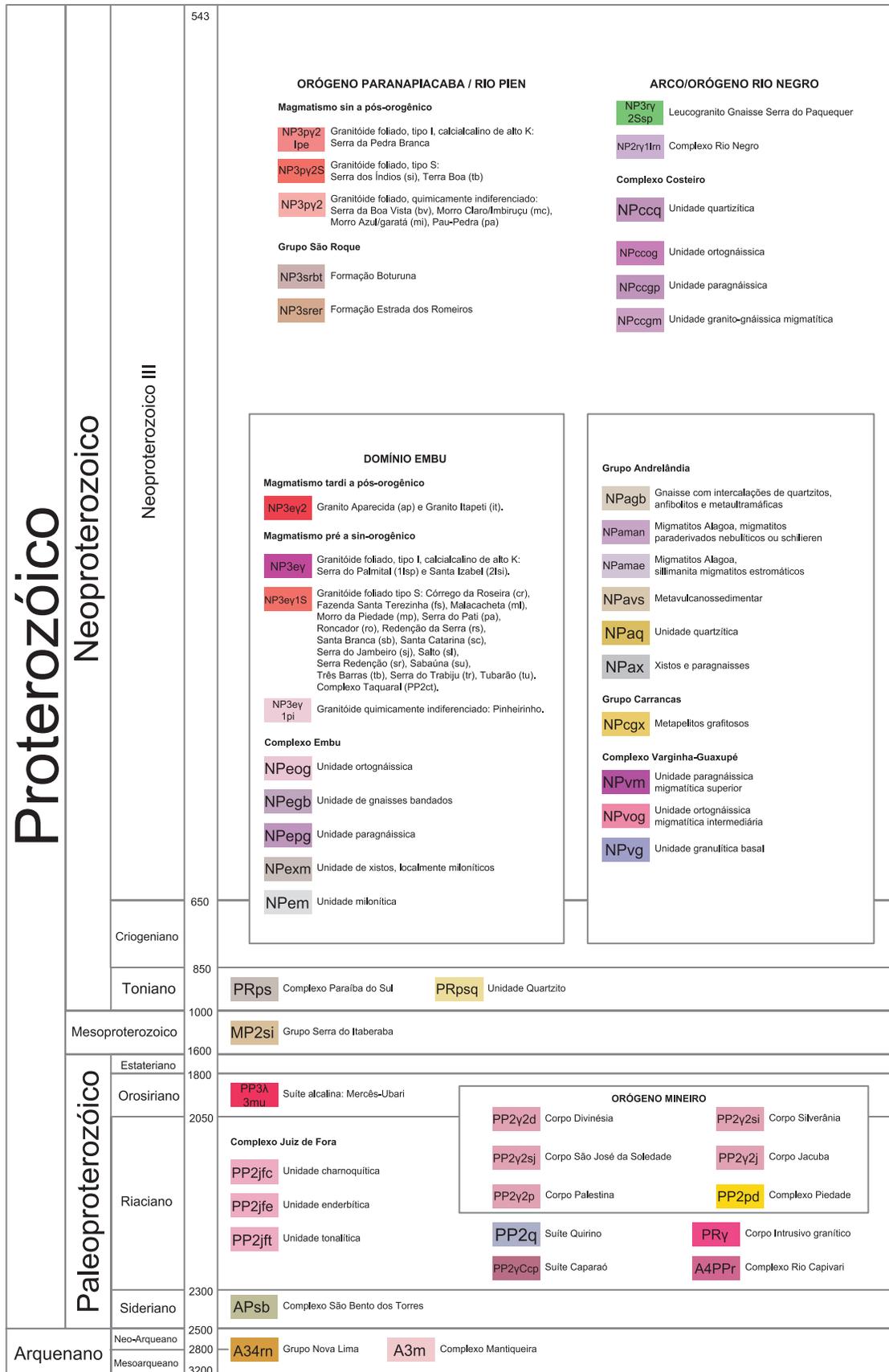
A Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul apresenta unidades geológicas bastante diversificadas, com mais de 70 unidades que se estendem desde o Arqueano ao Quaternário, com unidade litológica em todas as Eras. A **Figura 1.2** apresenta o mapa geológico simplificado para a bacia. As unidades geológicas estão bem distribuídas, com apenas uma unidade com mais de 20% em relação à área total da região, e 10 unidades com representatividade espacial superior a 2%, são elas: A unidade do Paraíba do Sul, abrangendo cerca de 20,32% em relação a área total da bacia, Unidade Juiz de Fora, cerca de 9,1%, Unidade Mantiqueira

com 8,2%, Unidade Granitóide Tipo S, Tardi-orogênicos, do orógeno Aracuaí com cerca de 7,6 %, Unidade Embu, unidade paragnáissica com cerca de 7%, Unidade Quirino com aproximadamente 5,2%, Unidade Granitóide Tipo S, Pós-orogênicos, do orógeno Aracuaí com cerca de 4,9 %, Unidade Granitóide Tipo I, sinorogênicos, do orógeno Aracuaí com cerca de 3,8 %, Unidade Charnoquitóide sin a tardiorogênicos do orógeno Aracuaí com cerca de 3,3 %, Unidade Embu, unidade de xistos, localmente migmatíticos abrangendo 2,7% e a Unidade Taubaté com cerca de 2,2%, as demais unidades são sempre inferiores a 2%. Todos esses compartimentos geológicos pertencem a grande unidade geotectônica da Província da Mantiqueira, resultantes do sistema orogênico neoproterozóico-cambriano do sudeste brasileiro e estende-se por cerca de 3.000 km com orientação NNE–SSW. Este sistema é constituído pelos orógenos Araçuaí, Ribeira, Dom Feliciano e São Gabriel, e pela zona de interferência entre os orógenos Brasília e Ribeira. Em termos de distribuição cronoestratigráfica essas unidades são apresentadas a seguir na legenda do mapa geológico.



**FIGURA 1.2** - Mapa geológico simplificado da Sub-Bacia 58 (CPRM, 2004).





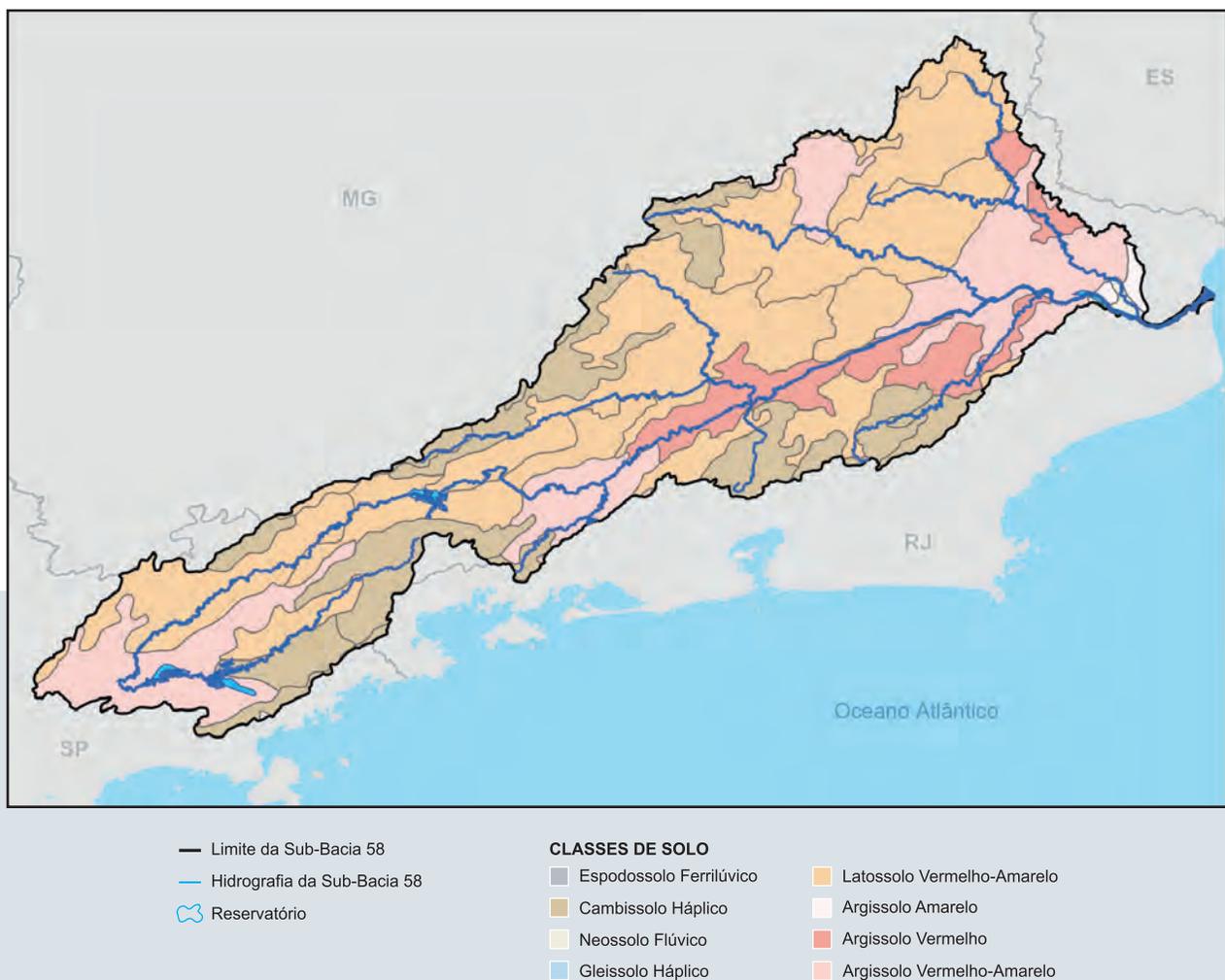
## SOLOS E COBERTURA VEGETAL

O Mapa Exploratório (Embrapa, 2011, 1:5000.000) de solos relativo à sub-bacia 58 exposto a seguir na **Figura 1.3**, relaciona-se com as Unidades Geomorfológicas e Ambientais onde elas ocorrem. Foram definidas oito classe de solos: Espodossolos Ferrilúvico, Cambissolo Háptico, Neossolo Flúvico, Gleissolo Háptico, Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Amarelo, Argissolo Vermelho e Argissolo Vermelho-Amarelo.

Os Solos Gleis são característicos de terrenos de baixa declividade, em zona de acumulação de sedimentos e umidade. Foram identificados na Região da Planície Deltaica do Rio Paraíba do Sul; na Região do Vale do Paraíba do Sul – Unidade Depressão Escalonada dos Rios pomba e Muriaé (nas proximidades de Itaperuna) e, em maior extensão, na Unidade Depressão Média do Paraíba do Sul,

estendendo-se de Jacareí até Cachoeira Paulista. Depósitos menos expressivos não mapeáveis à escala de trabalho podem ser identificados em regiões depressivas associadas às características supracitadas.

Os Argissolos Vermelho-Amarelos têm as mais variadas profundidades e textura, inclusive com presença ou não de cascalhos e calhaus, admitindo ampla variabilidade de classes texturais. Eventualmente, pedras podem estar presente em alguns desses solos. Ocorrem nas Regiões das Escarpas e Reversos da Serra do Mar e do Vale do Paraíba do Sul. Distribuem-se de forma em porções estanques nas duas regiões. Uma delas se estende desde as cabeceiras a SO, do Planalto de Paraitinga-Parabuna à Depressão Média do Paraíba do Sul em Jacareí, ocupando parte do Planalto de Campos do Jordão. Outra torna a ocorrer na Unidade Depressão Média do Paraíba do Sul, próximo a Volta Redonda, e na Unidade Alinhamentos e Cristas do



**FIGURA 1.3** - Mapa de solos simplificado da Sub-Bacia 58 (Embrapa, 2011).

Paraíba do Sul, de Pirai até Três Rios e ainda, mais adiante, nas proximidades de Além Paraíba. Daí para NO em forma de leque, esta porção se estendem à Unidade Depressão Escalonada dos Rios Pomba-Muriaé. Ainda neste Unidade outra porção expressiva deste solo é identificada na bacia do rio Xopotó.

Os Argissolos Amarelos são derivados de sedimentos dos Grupos Barreiras e congêneres, onde sua alta erodibilidade é motivada pelo contraste textural e, pelas condições de declividades. Nesta bacia é identificada uma pequena mancha na margem esquerda do rio Paraíba do Sul, entre São Fidélis e Campos.

Nos Argissolos Vermelho-Escuros, a característica determinante é a cor vinculada ao teor e natureza de óxidos de ferro de tal forma que ele se apresenta mais vermelho que os Argissolos Vermelho-Amarelos. Usualmente ocorrem em regiões de relevo menos movimentado, como a do Vale do Paraíba do Sul: na Unidade Alinhamentos e Cristas do Paraíba do Sul, das proximidades de Valença e Vassouras até São Fidélis; e, em manchas esparsas, na Unidade Depressão Escalonada dos rios Pomba e Muriaé e adjacências.

Os Latossolos Amarelos são derivados de sedimentos areno-argilosos ou argilo-arenosos. São solos coesos, duros ou muito duros quando secos. Desenvolvem-se em condições de relevo plano a suave ondulado. São pouco expressivos na bacia, mas ocorrem na Região do Vale do Paraíba do Sul – Unidade Depressão Média do Paraíba do Sul, em porções estanques das margens esquerda e direita do Paraíba, nos trechos de Tremembé a Cachoeira Paulista e de Itatiaia a Quatis.

Os Latossolos Vermelho-Amarelos são profundos com aparência relativamente bem individualizada, devido à distinção de cor entre os horizontes superficiais. São solos de bem a acentuadamente bem drenados, ocorrendo ainda com drenagem moderada a imperfeita em relevos planos/ondulados. É a classe predominante desta bacia, particularmente do Médio Paraíba do Sul, da margem esquerda até a Mantiqueira Setentrional na Serrania da Zona da Mata Mineira. Em menores proporções, são localizadas no Planalto de Paraitinga-Paraibuna e nos Alinhamentos das Cristas do Paraíba do Sul.

Latossolos Vermelho-Amarelo Húmicos são identificados na Serra dos Órgãos – bacias do Preto do Piabanha, Grande, Negro e Paquequer; na Unidade Alinhamentos das Cristas do Paraíba do Sul; e na Zona da Mata Mineira junto ao divisor de águas.

Os Cambissolos são solos com certo grau de evolução, porém não suficiente para meteorizar completamente minerais primários. Ocorrem nas regiões serranas em relevo montanhoso e escarpado e nos planaltos em relevos menos movimentados, forte ondulado e ondulado. Predominam nas regiões escarpadas das Serra do Mar – Planalto de Paraitinga-Paraibuna e Serra dos Órgãos; e nas Regiões da Mantiqueira. Nas regiões denominadas Campos de Altitudes a mais de

2000m, em superfícies esbatidas, de baixa declividade, desenvolvem-se os Cambissolos Húmicos relacionados à baixa temperatura, propiciando o acúmulo de matéria orgânica no horizonte superficial. Neste caso a pedogênese supera a morfogênese. Localizam-se predominantemente na Unidade Mantiqueira Meridional.

As demais classes de solos da bacia são, ainda que significativamente pouco expressivas: Solos Aluviais desenvolvidos nos terraços fluviais em trechos de baixa declividade; os Litossolos predominantes em relevos acentuadamente movimentados com feições escarpadas, onde não raro associam-se a Afloramentos Rochosos e matações, por vezes em interface com Cambissolos.

Quanto a cobertura vegetal identificaram-se cinco regiões fitoecológicas distintas na área de estudos, de acordo com a **Figura 1.4** do Mapa de vegetação do Brasil do IBGE, na Escala de 1: 5000.000, a saber: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado, além de Áreas de Tensão Ecológica, das Formações Pioneiras e de Refúgio Ecológico.

A Floresta Ombrófila ocupa a área tropical mais úmida, com período seco anual variando de 0 a 60 dias e caracteriza-se pela presença de fanerófitas perenifoliadas, com brotos foliares desprovidos de proteção contra a seca. Os ambientes da Floresta Ombrófila Densa apresentam chuvas bem distribuídas com médias anuais de 1500mm, havendo estações sem seca ou mesmo com grande disponibilidade de umidade.

Os ambientes da Floresta Estacional Semidecidual estão relacionados a um clima com estações seca e chuvosa bem definidas e nas quais os elementos arbóreos encontram-se adaptados a possíveis deficiências hídricas. Normalmente a vegetação destes ambientes apresenta-se com percentuais entre 20 a 50% de seus indivíduos arbóreos perdendo as folhas em períodos críticos de déficit hídrico. Estão localizados nas regiões planálticas interioranas, alcançando o litoral apenas a partir do NE do estado do Rio de Janeiro.

O terceiro ambiente mais extenso é o Cerrado, que apresenta uma vegetação xeromórfica, com fisionomias variando da Arbórea Densa a Gramíneo-Lenhosa. Seus agrupamentos remanescentes são restritos e ocorrem de maneira esparsa, entre outras áreas, junto à calha do rio Paraíba do Sul e em pequenos trechos (refúgios) na bacia de Taubaté.

Pela ordem de extensão, seguem as Áreas de Tensão Ecológica, que compreendem as zonas de contato, entre diferentes domínios florísticos. Foram identificados os seguintes contatos: Cerrado com Floresta Estacional, Cerrado com Floresta Ombrófila, Floresta Estacional com Floresta Ombrófila Mista e Floresta Ombrófila Densa, acrescida da presença de pinheiro-brasileiro (Araucária) localizada na Serra da Mantiqueira e Bocaina.

Seguem os ambientes das Áreas de Formações Pioneiras com vegetação pertencente a domínios florísticos instáveis. Foram constatadas vegetações de influência marinha, fluvio-marinha (mangue) e fluvial. Em seguida, a Floresta Ombrófila Aberta com palmeiras aparece localizada principalmente

nas áreas serranas, constituindo-se de espécies perenifólias, dentro de um bioclima de 30 a 60 dias secos e com presença de palmeiras.

Em menor escala, ainda encontram-se: o ambiente da Floresta Estacional Decidual, que apresenta uma vegetação arbórea semelhante à Semidecidual, diferindo apenas na percentagem de queda de folhas no período de déficit hídrico (igual ou superior a 50%), caracterizada por uma vegetação xerofítica e decidual; e as Áreas dos Refúgios Ecológicos, constituídas por comunidades instaladas em locais elevados, como as serras da Bocaina (Serra do Mar) e de Itatiaia (Mantiqueira).

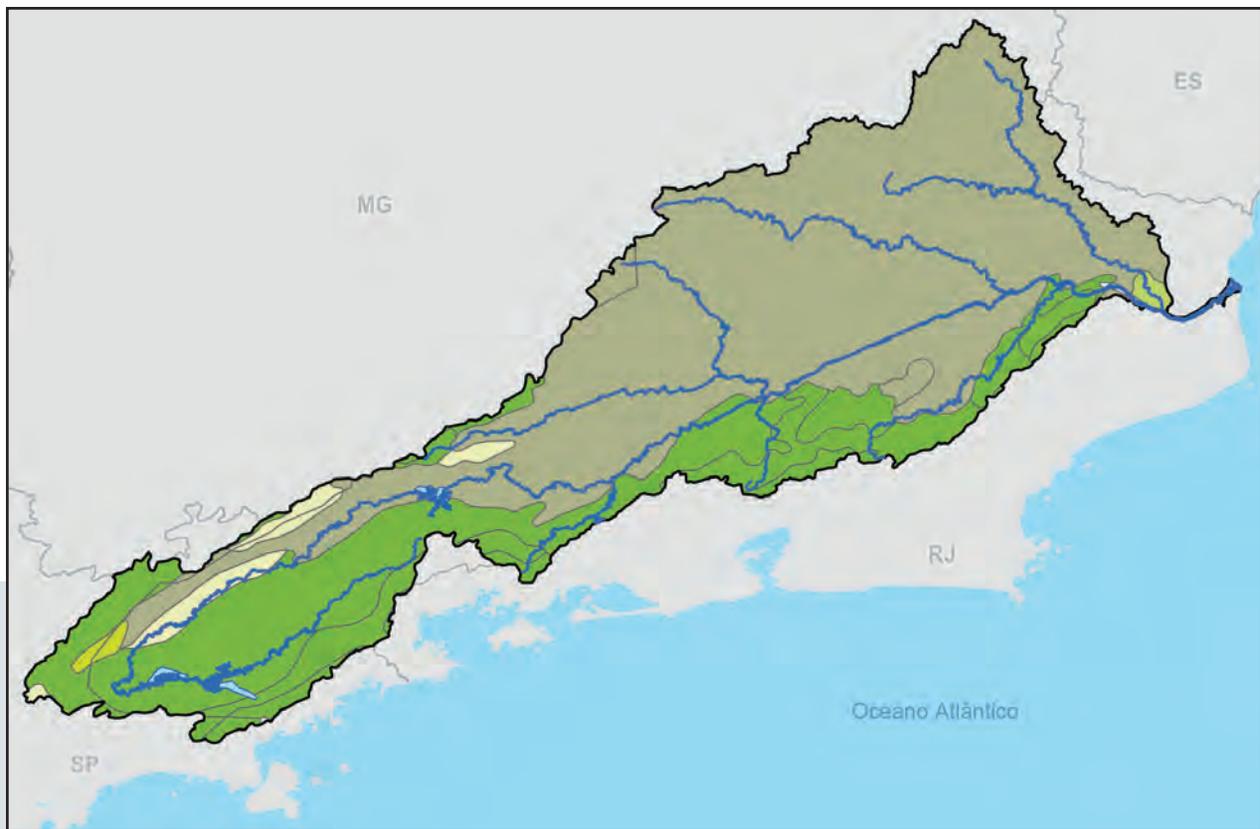
## HIDROGEOLOGIA

A sub-bacia 58 apresenta quatro domínios Hidrogeológicos composto por sete subdomínios, com predomínio do Aquífero Fissural que corresponde a mais de 90% de todo território da bacia. As informações prestadas foram

transcritas e baseadas no Mapa Hidrogeológico simplificado da Sub-Bacia 58 (CPRM, 2008) apresentado na **Figura 1.5**.

O subdomínio Cristalino e o subdomínio Metassedimento / Metavulcânica correspondem respectivamente a 66,53% e 27,27% de toda bacia e apresentam a seguinte composição:

No subdomínio Cristalino estão reunidos granitoides, gnaisses, granulitos, migmatitos, básicas e ultrabásicas que constituem o denominado tipicamente como aquífero fissural; A maioria destes litótipos ocorre geralmente sob a forma de grandes e extensos corpos maciços, existindo uma tendência de que este domínio seja o que apresente menor possibilidade ao acúmulo de água subterrânea dentre todos aqueles relacionados aos aquíferos fissurais. Os litótipos relacionados aos metassedimentos/metavulcânicas, reúnem xistos, filitos, metarenitos, metassilitos, anfibolitos, quartizitos, ardósia, metagrauvas, metavulcânicas diversas, que estão relacionadas ao denominado Aquífero Fissural. Apesar de este domínio ter comportamento similar ao do



- |                               |                                    |                            |
|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| — Limite da Sub-Bacia 58      | <b>COBERTURA VEGETAL</b>           |                            |
| — Hidrografia da Sub-Bacia 58 | ■ Áreas das Formações Pionérias    | ■ Floresta Ombrófila Densa |
| ☞ Reservatório                | ■ Áreas de Tensão Ecológica        | ■ Savana                   |
|                               | ■ Floresta Estacional Semidecidual |                            |

**FIGURA 1.4** - Mapa de vegetação simplificado da Sub-Bacia 58 (IBGE, 2004).

Cristalino tradicional (granitos, migmatitos etc), uma separação é necessária, uma vez que suas rochas apresentam comportamento geológico distinto; isto é, como elas têm estruturação e competência diferente, vão reagir também diferentemente aos esforços causadores das fendas e fraturas, parâmetros fundamentais no acúmulo e fornecimento de água. Deve ser esperada, portanto, uma maior favorabilidade hidrogeológica neste domínio do que o esperado para o Cristalino tradicional. Podem ser enquadrados neste domínio grande parte as supracrustais, aí incluídos os “greenstones belts”. Como quase não existe uma porosidade primária nos tipos de rochas na qual estão inseridos esses domínios, a ocorrência de água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Dentro deste contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas, e a água na maior parte das vezes salinizadas.

Com a terceira maior área, o subdomínio da Bacia Tipo Taubaté corresponde a 3,29% da sub-bacia 58 e são constituídos por arenitos, siltitos, argilitos, conglomerados e calcários, representados pelas unidades geológicas constitutivas das bacias de São Paulo e Taubaté. Na maior parte das vezes as vazões são baixas, apresentando localizadamente vazões elevadas, principalmente em áreas de maior espessamento de sedimentos arenosos, possuindo águas de qualidade química geralmente muito boa.

A Formação Cenozóica, com uma área de 2,97% da sub-bacia, associada com a formação Taubaté, corresponde, em termos hidrogeológicos, a um comportamento de aquífero poroso, e são composta por pacotes de rochas sedimentares de natureza e espessura diversa, que recobrem as rochas mais antigas. É composta pelas seguintes unidades:

Aluviões, com 1,42%, correspondendo aos aluviões recentes e antigos, no geral estreitos ou de pequena espessura. Litologicamente são representados por areias, cascalhos e argilas

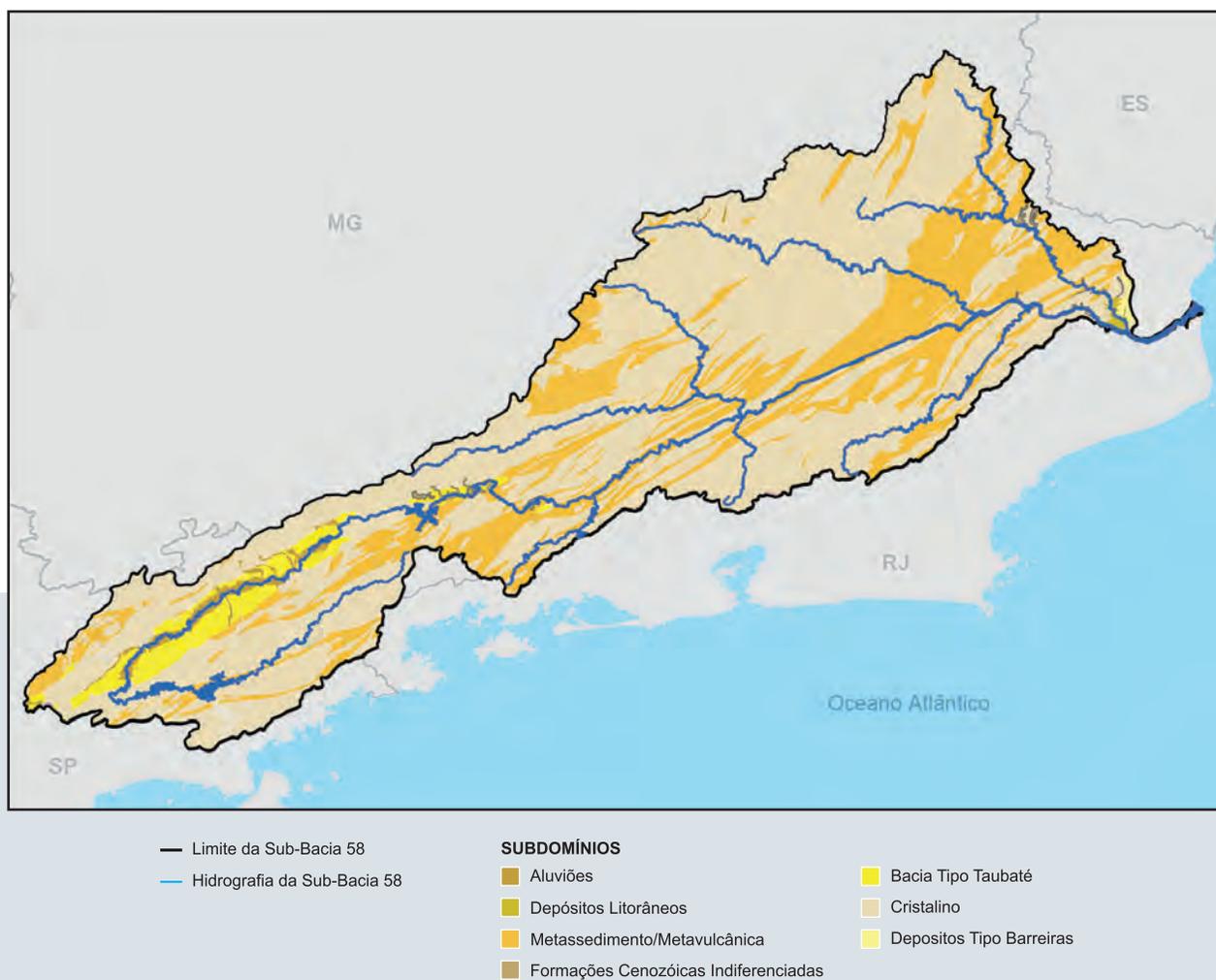


FIGURA 1.5 - Mapa hidrogeológico simplificado da Sub-Bacia 58 (CPRM, 2008).

com matéria orgânica. No geral, é prevista uma favorabilidade hidrogeológica baixa. Ao longo de rios de primeira ordem, existem locais onde podem adquirir possança, com larguras superiores a 6-8 km, e espessura que superam 40 metros, e onde se espera uma favorabilidade hidrogeológica média a alta. As águas são predominantemente de boa qualidade química.

Os Depósitos Litorâneos corresponde a 0,84% e são representados por sedimentos depositados em ambientes costeiros flúvio-lacustres ou marítimo litorâneos, com espessuras que podem alcançar dezenas de metros e larguras de até centenas de metros. Litologicamente são compostas por areias, cascalhos, siltes e argilas intercaladas e não sequenciadas. A possibilidade de água nestes depósitos é muito variável em decorrência da grande heterogeneidade e anisotropia dos aquíferos. A qualidade da água é geralmente boa, podendo, contudo ser influenciados pela proximidade do ambiente marinho, de salinidade atmosférica e hídrica elevada, e dos evaporitos presentes nos sedimentos.

A Formação Cenozóica Indiferenciada, que representa 0,48%, é composta por depósitos de areia, silte argila, cascalho (laterizados ou não), laterias ferruginosas, sedimentos coluvionares e eluvionares indiferenciados. Caracterizam-se pela pequena espessura e continuidade com alguma importância hidrogeológica como área de recarga ou estoque temporário para os aquíferos subjacentes.

Com apenas 0,21%, o subdomínio Depósitos Tipo Barreiras, possui a menor representação espacial da sub-bacia. Litologicamente são representados por uma alternância de sedimentos arenosos, argilosos e areno-conglomeráticos, com bruscas variações laterais de fácies, com espessuras bastante variáveis, sendo que em alguns pontos ultrapassam os 70 metros. A favorabilidade da ocorrência de água aumenta com a espessura e a razão areia/argila.

O conhecimento dessas características hidrológicas contribui para o entendimento da distribuição das vazões, pois a permeabilidade intervere nos escoamento da drenagem.

## GEOMORFOLOGIA

A diversidade nos conjuntos de formas de relevo, encontrada na bacia do Paraíba do Sul, reflete a importância dos eventos tectonoestruturais e a ação dos fatores climáticos atuais e pretéritos sobre as diversas litologias na esculturação do modelado. Os domínios, classificados segundo critérios tectônicos, litológicos e morfológicos, representam o arcabouço estrutural do relevo, destacando-se aqueles fatores que mais influenciaram a sua formação.

A região da bacia foi dividida em unidades que apresentam uma morfologia homogênea conjugada a fatores litológicos, pedológicos, fitoecológicos e climatológicos, que resultam em ambientes naturais independentes entre si. O Mapa Geomorfológico, na **Figura 1.6**, é resultado da digitalização do Projeto *RADAMBRASIL* (1983), onde se localiza as Regiões do Vale do Paraíba do Sul; da Mantiqueira Setentrional; do Planalto Cen-

tro Sul de Minas; da Mantiqueira Meridional; e das Escarpas e Reversos da Serra do Mar e suas Unidades Geomorfológicas.

### Região da Planície Deltaica do Rio Paraíba do Sul

- *Planícies Litorâneas e Delta do Paraíba do Sul*

Complexo deltaico correspondente a um conjunto de ambientes sedimentares relacionados principalmente às fases de progradação costeira. O regime fluvial, as ações marinhas e o comportamento tectônico foram os fatores fundamentais que influenciaram essa deposição. Os modelados de acumulação marinha estão representados por feições originadas por processos marinhos atuais e sub-atuais relacionados às oscilações climáticas e eustáticas. O quadro natural da planície do rio Paraíba do Sul é caracterizado pelo relacionamento feições/processos, gerando diferentes ambientes de acumulação (Dantas *et al*, 2001).

Caracterizam esta unidade os ambientes: Planícies Flúvio-marinhas Intermares e Mangues, constituídos por sedimentos quaternários, argilosos, ricos em matéria orgânica. Há baixadas constituídas por sedimentos quaternários, argilo arenosos ou argilosos, ricos em matéria orgânica, onde predominam solos Aluviais e Cambissolos eutróficos quando em áreas mais bem drenadas.

As Planícies Costeiras são Cordões Litorâneos, constituídos por sedimentos quaternários, arenosos, de origem marinha, são terrenos permeáveis com baixa fertilidade natural e sujeitos à erosão, com alta capacidade de carga, favoráveis à urbanização, devendo-se preservar os ambientes degradados.

Neste ambiente, localizado na foz do rio Paraíba do Sul (Delta), a pluviosidade distribui-se irregularmente, com médias anuais de 700 a 1000mm de São João da Barra (litoral) em direção à Campos dos Goitacases (Brandão *et al*, 2000) com temperaturas máximas de 35°C e mínimas de 16°C (INMET, 1992).

### Região do Vale do Paraíba do Sul

- *Unidade Depressão do Médio Vale do rio Paraíba do Sul*

A Depressão do Médio Vale do Paraíba do Sul limita-se a Nordeste com as Unidades de Alinhamentos de Cristas do Paraíba do Sul, nas adjacências de Volta Redonda e, a Sudoeste com o Planalto Paulistano. A Norte registram-se as escarpas festonadas dos Planaltos de Campos de Jordão e Itatiaia e, ao Sul, as escarpas dos Planaltos Paraitinga-Paraibuna e da Serra da Bocaina (*RADAMBRASIL*, 1983).

Das proximidades de Jacareí à Cachoeira Paulista, trecho de menor amplitude altimétrica e declividade da calha fluvial, predominam as planícies e terraços aluviais, formando o primeiro patamar altimétrico e constituídos por sedimentos quaternários, arenosos e/ou areno argilosos, inseridos na bacia sedimentar de Taubaté. No segundo patamar estão os tabuleiros, às margens do rio Paraíba do Sul, de Pindamonhagaba a Cruzeiro, predominando as superfícies tabulares pouco dissecadas sustentadas por arenitos e argilitos pouco

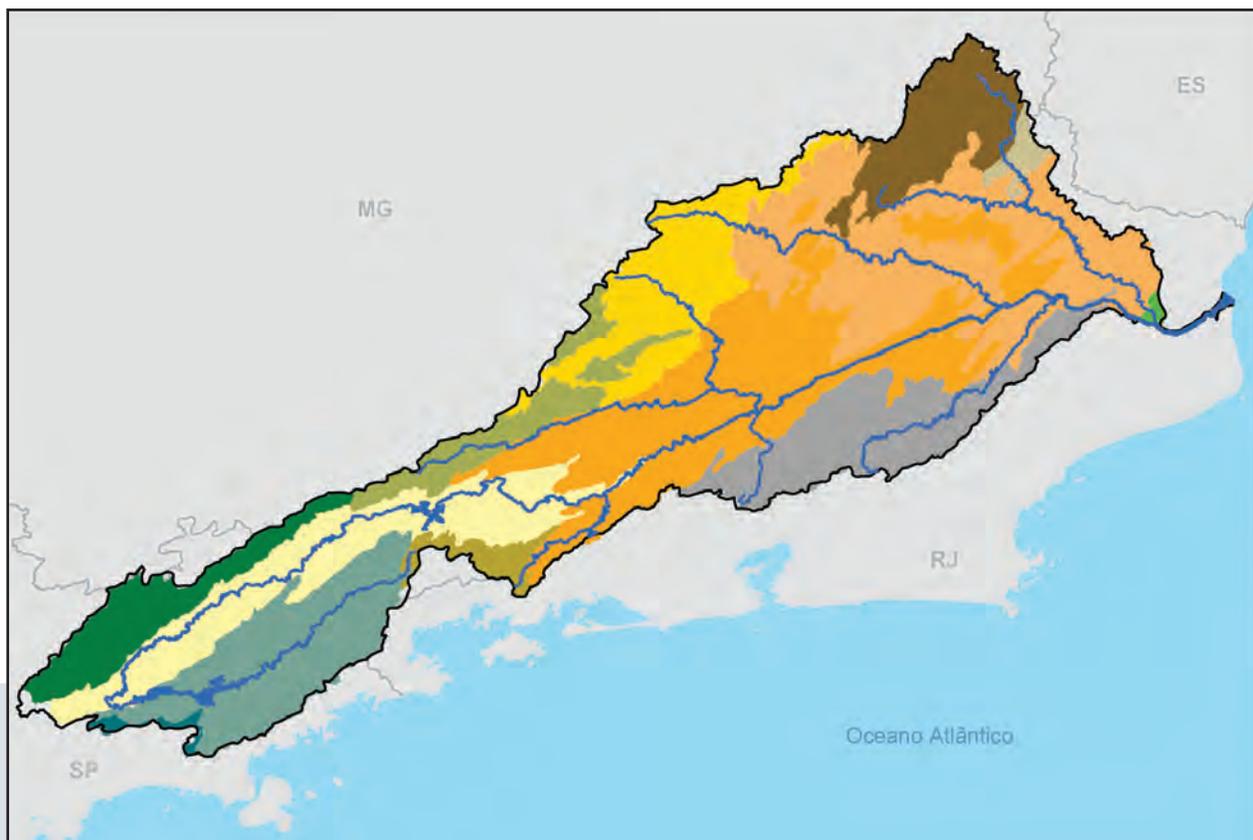
consolidados de idade terciária, com amplitudes topográficas inferiores à 50m. Nos Mares de Morros, num terceiro patamar altimétrico, predominam feições geomorfológicas do tipo colinas e morros baixos sustentados por paragnaisses, ortognaisses e granitóides, vertentes côncavas e convexas de topos arredondados, onde as amplitudes topográficas são inferiores a 100m. Esta extensa área se estende às margens do Médio Vale do Paraíba do Sul, das proximidades de Jacareí à Cruzeiro, e nas adjacências de Barra Mansa e Volta Redonda.

A região do Médio Vale do rio Paraíba do Sul foi intensamente degradada pelo ciclo cafeeiro e, posteriormente, pela urbanização e industrialização; apresenta déficits hídricos sob influência da dessecação adiabática das serras do Mar e da Mantiqueira em razão do que os índices pluviométricos decrescem abruptamente de acima de 2500mm médios anuais para médias de 1000mm nos níveis altimétricos mais

baixos, com períodos secos bastantes acentuados em razão do que requer cuidados especiais quanto a reflorestamento, controle dos corpos hídricos e das recargas dos aquíferos.

• *Unidade Alinhamentos de Cristas do Paraíba do Sul*

Esta unidade faz limite ao Norte com ramificações das Serras da Zona da Mata Mineira e com o Planalto de Campos das Vertentes; a Nordeste encontra a Depressão Escalonada dos rios Pomba e Muriaé; a Leste, Sudeste e Sul, estabelece limites com a Serra dos Órgãos e, a Sudoeste, com o Planalto da Bocaina. Corresponde ao setor do médio vale do rio Paraíba do Sul, cujas feições refletem o alto controle estrutural do substrato geológico em um conjunto de falhas e fraturas com orientação SW-NE. A área corresponde a um feixe de falhas denominado de Lineamento de Além Paraíba por Almeida, Hasuí e Carneiro (1975) in RADAMBRASIL, 1983. O quadro geomorfológico



— Limite da Sub-Bacia 58  
 — Hidrografia da Sub-Bacia 58

**GEOMORFOLOGIA**

- Alinhamentos de Cristas do Paraíba do Sul
- Depressão de Belo Horizonte
- Depressão do Médio do Paraíba do Sul
- Depressão Escalonada dos Rios Pomba-Muriaé
- Patamares do Escalonados do Sul Capixaba
- Planalto de Bocaina

- Planalto de Campos do Jordão
- Planalto de Itatiaia
- Planalto de Paraitinga-Paraibuna
- Planalto Paulistano
- Planícies Litorâneas e Delta do Paraíba do Sul
- Serra dos Órgãos
- Serras da Zona da Mata Mineira

**FIGURA 1.6** - Mapa geomorfológico simplificado da Sub-Bacia 58 (RADAMBRASIL - 1983).

reflete fortemente a estrutura e as litologias locais, com colinas orientadas e/ou aplainadas num relevo tipo apalachiano.

Estende-se das cabeceiras do rio Pirai e proximidades de Resende à confluência com o rio Pomba (município de Itaocara), margeando o vale do Paraíba do Sul. Esta região é composta por colinas e morros baixos, vertentes convexas com topos alongados, baixa amplitude topográfica, em parte sob controle litoestrutural do lineamento Além Paraíba

- *Unidade Depressão Escalonada dos Rios Pomba-Muriaé*

Esta unidade apresenta quadro morfológico muito relacionado ao controle climático, com seu relevo dissecado pelas bacias dos rios Pomba e Muriaé. Em sua continuidade espacial, acham-se inseridos residuais da Unidade Alinhamentos de Cristas do Paraíba do Sul, divisores daquelas bacias. Na sua porção oeste, os altos vales dos rios Pomba e Muriaé dissecam transversalmente os lineamentos das formas de relevo integrantes das Serras da Zona da Mata Mineira, formando patamares e gargantas.

Esta unidade geomorfológica apresenta um relevo escalonado, com cotas altimétricas que oscilam de 100 a 700m, à medida que se aproxima da Serra da Mantiqueira. A rede de drenagem encontra-se representada pelas bacias dos rios Pomba e Muriaé; ambos apresentam cabeceiras na Serra da Mantiqueira, contando com estruturas e litologias diversas do vale do Paraíba do Sul.

Esta unidade é composta por morros baixos (Mar de Morros), sustentados por paragnáisses, ortognaisses e granitóides, vertentes côncavas e convexas, topos arredondados e alongados, onde a drenagem apresenta-se sob forte controle litoestrutural. As amplitudes topográficas, face à geomorfologia predominante, são em média de 100 a 200m.

### Região das Escarpas e Reversos da Serra do Mar

A região se dispõe ao longo da Serra do Mar, no sentido SO/NE, das proximidades da cidade de Mogi das Cruzes (SP) até Campos (RJ).

Em toda a sua extensão apresenta quadro geomorfológico relacionado aos efeitos de um tectonismo regional e de sucessivas fases erosivas. É resultado de dobramentos, reativações de falhas e remobilização de blocos. A topografia reflete esses condicionamentos geológicos predominantemente e em toda a sua extensão são registrados vales alongados, segmentos de drenagem retilíneos, linhas de cristas e de cumeadas paralelas, relevos com grandes desníveis altimétricos e escarpas íngremes. São quatro as unidades geomorfológicas que compõem esta região: Planalto Paulistano; Planalto Paraitinga-Paraibuna, Planalto da Bocaina e Serra dos Órgãos.

- *Planalto Paulistano*

Junto ao divisor, em porção muito pequena e contínua, atravessa os municípios de Mogi das Cruzes, Biritiba Mirim, Salesópolis e Paraibuna.

- *Planalto de Paraitinga-Paraibuna*

O reverso deste planalto dissecado pelas bacias do Paraitinga-Paraibuna, separados por serras alongadas, limita-se ao norte com a Unidade Depressão do Médio Paraíba do Sul, ao sul com as Planícies Litorâneas, a leste com o Planalto da Bocaina e a oeste com o Planalto Paulista.

O comportamento espacial da rede de drenagem apresenta-se fundamentado na organização tectônica da área, com um padrão retangular a subdendrítico adaptado aos sistemas de falhas e fraturas. Os rios Paraibuna e Paraitinga, formadores do rio Paraíba do Sul, correm, em geral adaptados a extensas falhas. O rio Paraitinga tem suas cabeceiras localizadas nas vertentes da Serra da Bocaina a uma altitude de 1800m aproximadamente. Seu curso apresenta-se encaixado com orientação NE/SO. O rio Paraibuna nasce a SE da cidade de Cunha-SP, a 1600m de altitude, próximo à serra de Parati. Sua direção é a mesma do rio Paraitinga.

- *Planalto da Bocaina*

Situa-se junto ao divisor da bacia, limitando-se com as Unidades: Planalto de Paraitinga-Paraibuna, a oeste, Depressão do Médio Vale do Paraíba do Sul, a norte, e Alinhamentos de Cristas do Paraíba do Sul, a leste. A drenagem não apresenta cursos importantes e tem um padrão em treliça, com segmentos retilinizados acompanhando linhas de fraturas preestabelecidas. Nas escarpas, voltadas para o Vale do Paraíba do Sul, são observáveis esporões e falhas com frente para SE, bem como linhas de cumeadas no sentido perpendicular, demonstrando nas direções os esforços sofridos.

- *Unidade Serra dos Órgãos*

Limita-se com as Unidades Alinhamentos de Cristas do Paraíba do Sul e Depressão Escalonada dos Rios Pomba e Muriaé, distribui-se continuamente de Arapeí até Campos.

O reverso do conjunto topográfico da Serra dos Órgãos é definido por seu aspecto morfoestrutural, caracterizado por lineações de vales estruturais e de cristas serranas, maciços graníticos, morros com desníveis altimétricos acentuados e alvéolos intermontanos. Essas feições refletem áreas de dobramentos remobilizados sob forma de blocos justapostos. A drenagem da Serra dos Órgãos se desenvolve sob o controle lito-estrutural, apresentando padrões paralelos e sub-paralelos.

Esta unidade é de supra-importância, principalmente pela recarga dos aquíferos da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul. Sua vulnerabilidade à ocupação humana é determinada pelo relevo montanhoso e escarpado, onde predominam solos incipientes associados à alta pluviosidade, com verdadeiros aguaceiros, principalmente nos meses de verão, acentuando-se sobremaneira a sua suscetibilidade à erosão e movimentos de massa.

A sua ocupação remonta ao período colonial do início do século XIX. Os principais núcleos urbanos, Petrópolis, Teresópolis e Nova Friburgo, instalados em regiões intermon-

tanais, em fundo de vales nos exíguos terraços fluviais, por vezes atingindo as encostas íngremes onde a pluviosidade média anual ultrapassa 2500mm, expandem-se pelos vales dos rios Piabanha, Preto e Grande respectivamente.

### Região da Mantiqueira Meridional

Limita-se com as regiões dos Planaltos do Alto Rio Grande a norte, do Planalto Centro-Sul de Minas a leste, do Vale do Paraíba do Sul ao sul e, do Planalto do Amparo a oeste. Apresenta altitudes que variam de pouco mais de 900m, na área ao norte do rio Preto a 2787m no Pico das Agulhas Negras. Com uma precipitação média anual de 1500mm chegando a 2300mm na área do maciço de Itatiaia. Compreende as Unidades dos Planaltos de Campos de Jordão e de Itatiaia.

- *Unidade Planalto de Campos de Jordão*

Ocupa uma área de aproximada de 8.828km<sup>2</sup>, com partes no estados de São Paulo e Minas Gerais. Compõe-se principalmente de gnaisses migmatizados, gnaisses bandeados, granitos pós-tectônicos, charnoquitos, estruturas migmatíticas e outras profundamente afetadas por esforços estruturais, marcados nitidamente através de escarpas erosivas, vales retelinizados, cristas alinhadas e falhas, escarpas erosivas, vales retelinizados, cristas alinhadas e facetas triangulares e trapezoidais.

- *Unidade Planalto de Itatiaia*

Possui uma área de 4.348km<sup>2</sup>, nos estados no Rio de Janeiro e Minas Gerais. Constitui-se basicamente de gnaisses, migmatitos e quartzitos. As encostas nesta área são instáveis e tendem a movimentos de massa, notando-se terracetes e sulcos nas partes mais inclinadas. Nas partes onde o relevo é mais elevado, as cristas são longas e seccionadas por falhamentos. Os topos dos relevos apresentam-se alongados e as encostas normalmente desnudas em seu trecho médio.

### Região da Mantiqueira Setentrional

Compreende a área localizada ao sul do Espírito Santo e a leste de Minas Gerais, com pequenas porções no estado do Rio de Janeiro. Limita-se a oeste com a região de compartimentos Planálticos do Leste de Minas, ao sul com o Vale do Paraíba do sul. A altimetria média está em torno de 1100m, ocorrendo áreas com altitudes médias de 700m. As colinas alongadas, serras de grande altitude, escarpas derivadas de falhamentos e vales retilíneos têm como substrato rochoso os gnaisses kinzigíticos, quartzitos, granitóides, calcários e rochas ultrabásicas.

- *Unidade Patamares Escalonados do Sul Capixaba*

Compreende os setores com morfologia de aspecto preferencialmente homogêneo. Mesmo separados entre si, tiveram este termo adotado por constituírem conjuntos de relevos que funcionam como degraus de acesso aos seus diferentes

níveis topográficos. Apresentam-se delimitados pelas Colinas e Maciços Costeiros a leste, estabelecendo contatos com a Unidade Depressão Escalonada dos Rios Pomba-Muriaé.

- *Unidade Serranias da Zona da Mata Mineira.*

Compõe-se de relevos de formas alongadas, tipo cristas e linhas de cumeada, que ocorrem principalmente na parte leste do estado de Minas Gerais. Está alicerçada principalmente sobre granulitos, charnoquitos e migmatitos. Os relevos elevados e com aspecto serrano, estão localizados preferencialmente a oeste e ao sul da Unidade, predominando cristas assimétricas com escarpas íngremes.

### Região do Planalto Centro-Sul de Minas

Integra conjuntos de relevos dissecados topograficamente, os quais constituem compartimentos planálticos soerguidos e rebaixados, em que as cotas altimétricas oscilam na faixa compreendida entre 500 a 1000m, eventualmente superando 1200m, compreende a Unidade Depressão de Belo Horizonte.

- *Unidade Depressão de Belo Horizonte*

Conta com altitude situada entre 700 e 900m, ganhando maiores valores no extremo sul ao entrar em contato com a Serra da Mantiqueira. Compreende os relevos convexo-côncavos da depressão geomorfologicamente conceituada como do tipo periférico.

## CLIMA E REGIME HIDROLÓGICO

A bacia hidrográfica do Paraíba do Sul situa-se entre os paralelos 21° e 24° de latitude sul, inserida no Trópico de Capricórnio, condição que lhe confere forte radiação solar. Sua posição tropical e a proximidade da superfície oceânica não explicam por si só a elevada pluviosidade da região. A esses fatores, que criam pré-condições à pluviosidade, estão associados mecanismos dinâmicos, de massas de ar polares e oceânicas e linhas de instabilidade, e fatores estáticos orográficos, como as Serras do Mar e da Mantiqueira, dispostas preferencialmente no sentido SO/NE.

A posição na borda oriental do continente sul-americano expõe esta região ao fluxo meridional de ar frio, oriundo do Pólo, Sul sobre as águas quentes oceânicas, assegurando-lhe ainda maior frequência de invasão de frentes frias e de linhas de instabilidade tropical.

A sua topografia bastante acidentada, que é proporcionada por rochas cristalinas do Escudo Brasileiro, aumenta a turbulência do ar pela ascendência orográfica, favorecendo as precipitações.

Os principais divisores de águas da bacia são formados pelas escarpas das Serras do Mar e da Mantiqueira, que encaixam o vale do Paraíba do Sul em níveis topográficos bem inferiores à linha de cumeada das respectivas serras. No trecho paulista da bacia a altitude média é 500m. Em

direção ao baixo curso, decresce a aproximadamente 100m junto à São Fidélis, desembocando no oceano na cidade de Campos, na localidade de Atafona.

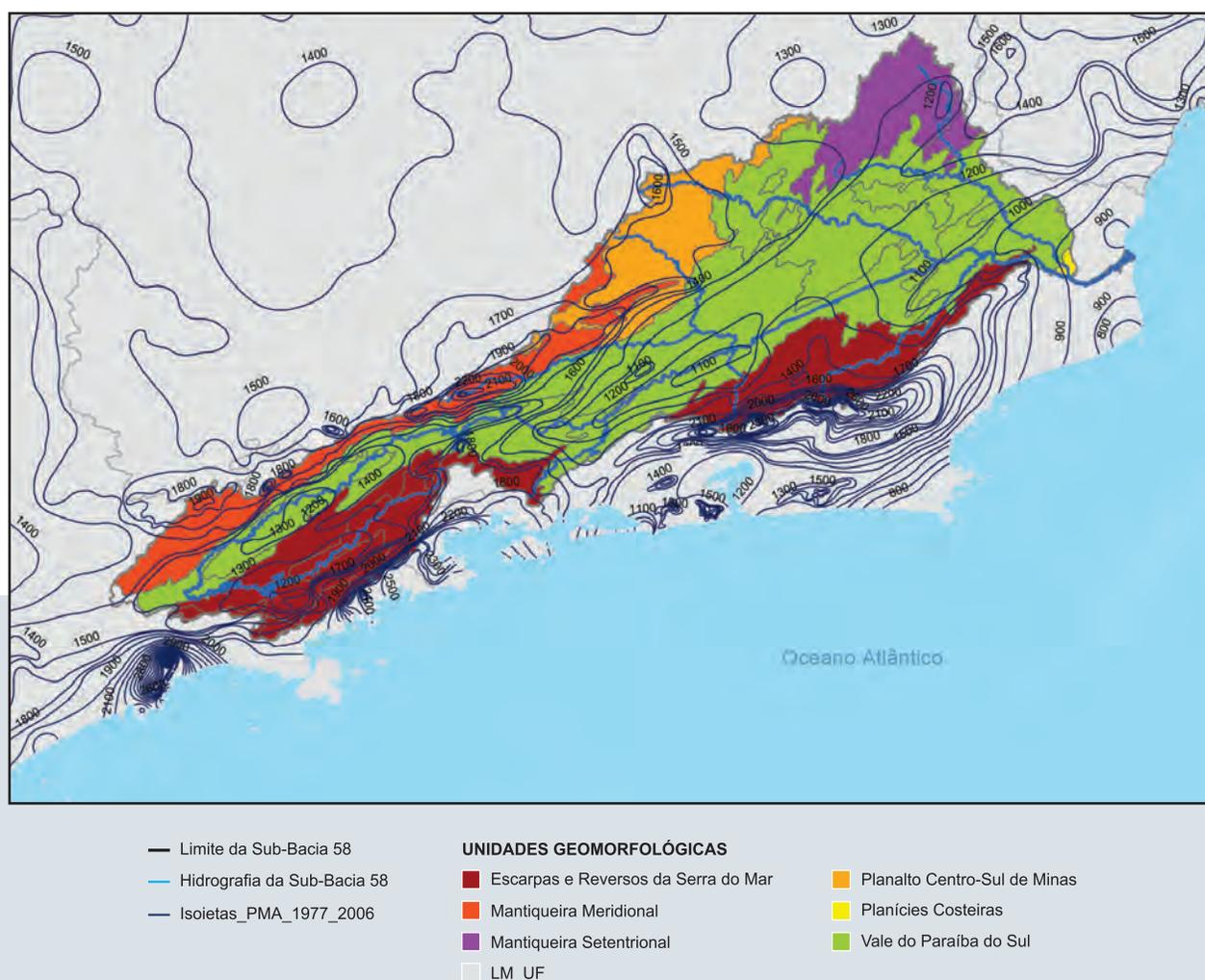
As unidades topográficas de desníveis tão bruscamente diferenciadas, movimentados e escarpados, constituem os principais fatores responsáveis pela distribuição diferenciada da pluviosidade na região, contrastando os altos das serras com os fundos dos vales. Observando-se o mapa de isoietas da bacia hidrográfica (CPRM-2010), apresentado na **Figura 1.7**, sobre o mapa geomorfológico, constata-se influência do relevo na distribuição pluviométrica total. O relevo acidentado condiciona também a variação das temperaturas.

Essa análise também pode ser vista no mapa da **Figura 1.8**, onde as regiões com os períodos de tempos secos mais prolongados estão inseridas no Vale do Paraíba e as regiões com subseca ou sem período seco estão relacionadas as áreas de escarpas com maiores altitudes.

Percorrendo-se a bacia de SO para NE, pode-se observar que os índices pluviométricos nas regiões serranas variam na margem direita de aproximadamente 3000mm a 2000mm médios anuais, das Regiões das Escarpas e Reverso da Serra do Mar às proximidades da cidade de Nova Friburgo.

As **Figuras 1.9** e **1.10** apresentam a distribuição dos totais mensais de precipitação em duas estações representativas dessas regiões da margem direita. Na margem esquerda a região da Mantiqueira Meridional tem pluviosidade igualmente alta e sua distribuição ao longo do ano pode ser vista no hietograma da **Figura 1.11**.

Essas regiões serranas praticamente não apresentam período seco, mas têm a maior concentração de precipitações nos meses de verão (dezembro a março), como esperado em regiões tropicais. O verão tem temperaturas médias de 20°C e no inverno as temperaturas chegam a valores negativos, inclusive com geada, particularmente em Campos do Jordão e Itatiaia (DNMET, 1992).



**FIGURA 1.7** - Mapa de isoietas da bacia hidrográfica sobre o mapa geomorfológico.

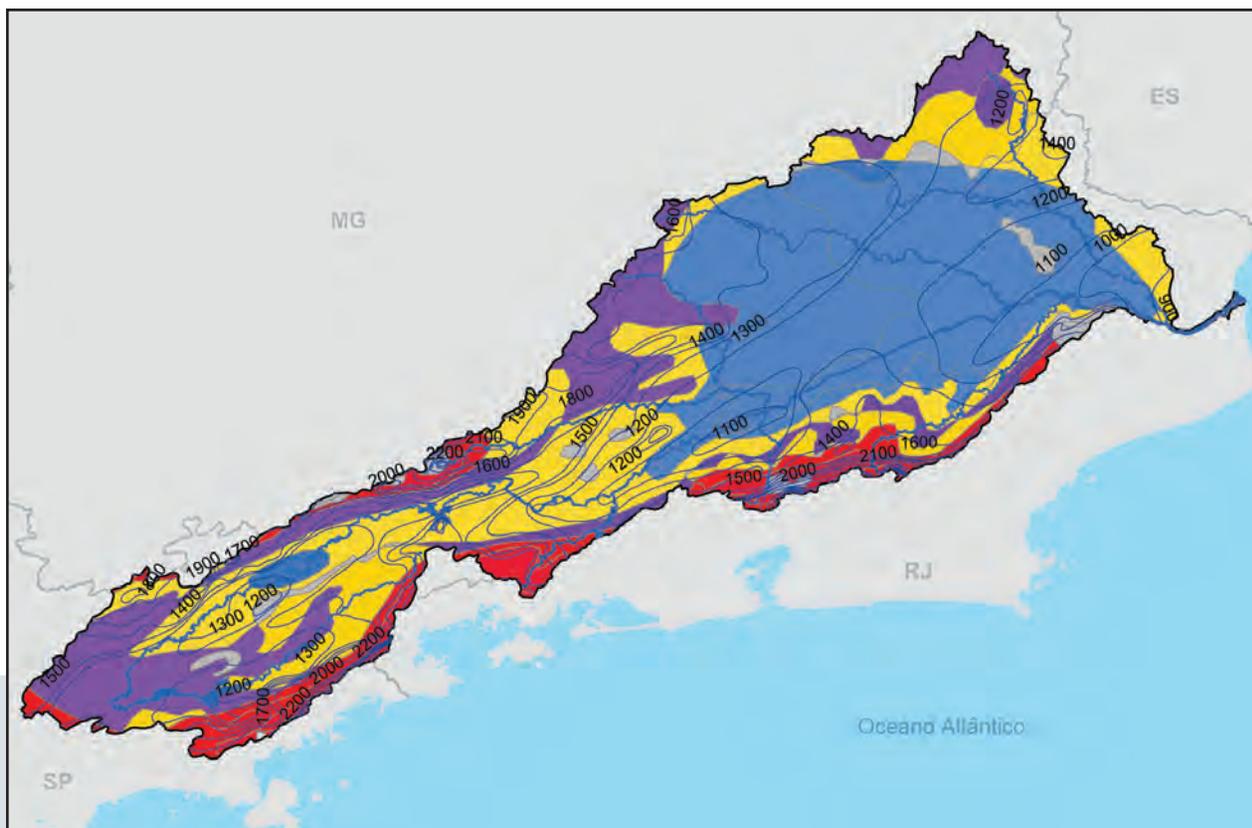
A pluviosidade decresce em direção ao vale do Paraíba do Sul, segundo o gradiente adiabático, onde o índice médio anual não raro é de 1000mm, com período seco bastante pronunciado, do final de verão à primavera (abril a agosto). A estiagem no curso principal é minimizada pelos afluentes provenientes das regiões serranas onde a pluviosidade é maior ao longo de todo o ano. A **Figura 1.12** representa a variação da precipitação ao longo do ano desta região.

As menores altitudes da Serra do Mar, em direção a foz do Paraíba na margem direita, associadas a fatores dinâmicos e atividades antrópicas, determinam índices médios anuais abaixo de 1100mm, com período seco bastante pronunciado, e chuvas concentradas em poucos meses de verão (**Figura 1.13**). Na margem esquerda, em direção à

Região da Mantiqueira Setentrional, os índices atingem 1500mm, apresentando chuvas concentradas no verão e déficit hídrico no período de inverno (**Figura 1.14**).

Os fatores dinâmicos e estáticos, bem como os orográficos face à altimetria e seu paralelismo ao litoral, determinam para a bacia do Paraíba do Sul o clima tropical de altitude úmido nas regiões serranas, com altos índices pluviométricos e temperaturas médias a baixas, às vezes até negativas.

A depressão do vale do Paraíba do Sul, tanto pelo efeito adiabático como pela continentalidade, está condicionada a amplitudes térmicas distintas de inverno e verão de um clima sub-úmido. Nesta região a disponibilidade hídrica é diminuída, particularmente pela má utilização antrópica a partir do ciclo cafeeicultor.



- Limite da Sub-Bacia 58
- Hidrografia da Sub-Bacia 58
- Isoietas Anuais Médias - 1997 a 2006

#### CLIMA

- Semi-úmido, 4 a 5 meses secos
- Úmido, 1 a 2 meses secos
- Úmido, 3 meses secos
- Super-úmido, sem seca
- Super-úmido, subseca

**FIGURA 1.8** - Mapa de clima simplificado da Sub-Bacia 58 (IBGE, 1978)

DISTRIBUIÇÃO DOS TOTAIS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO

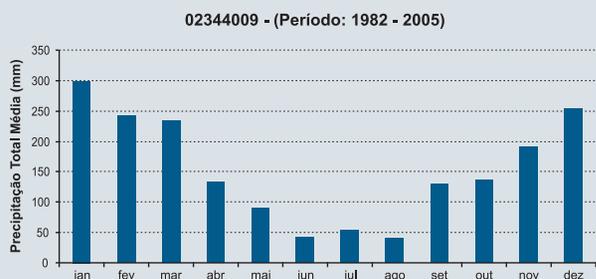


FIGURA 1.9 - Totais de precipitação no município de Cunha/SP – Margem Direita, Serra da Bocaina.

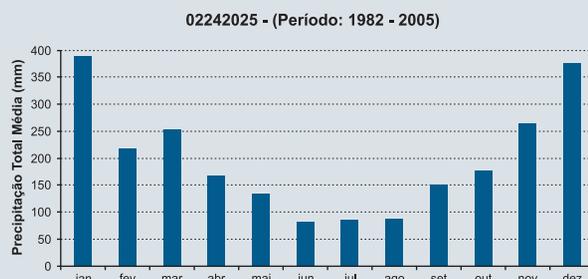


FIGURA 1.10 - Totais de precipitação no município de Nova Friburgo/RJ – Margem Direita, Serra dos Órgãos.

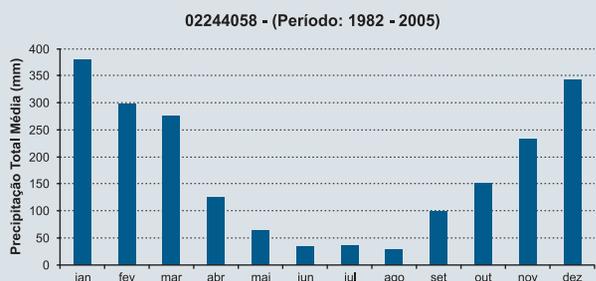


FIGURA 1.11 - Totais de precipitação no município de Itatiaia/RJ – Margem Esquerda, Mantiqueira Meridional.

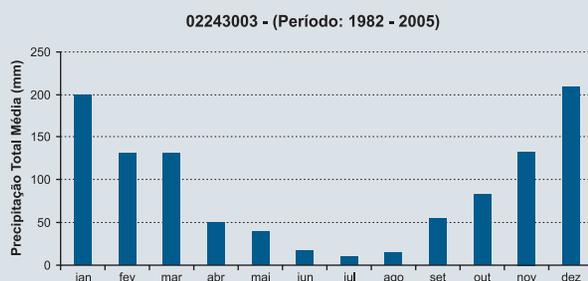


FIGURA 1.12 - Totais de precipitação no município de Paraíba do Sul/RJ – Médio Vale.

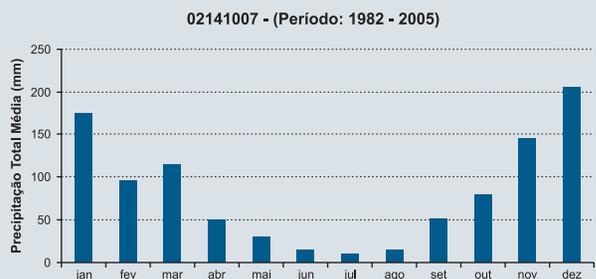


FIGURA 1.13 - Totais de precipitação no município de São Fidélis/RJ – Baixo Vale.

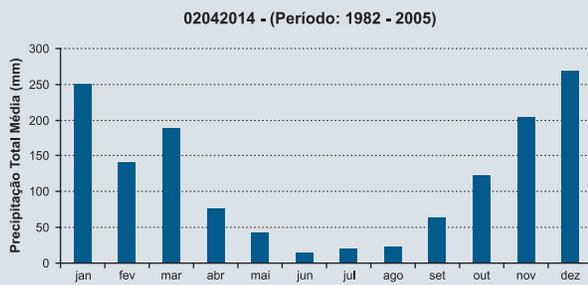
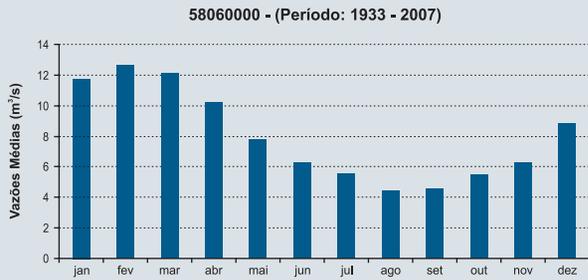


FIGURA 1.14 - Totais de precipitação no município de São Francisco do Glória/MG – Margem Esquerda, Mantiqueira Setentrional.

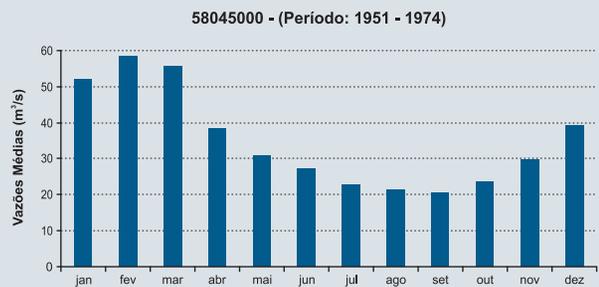
Caracterizando o regime de vazões do rio Paraíba do Sul e da maioria de seus afluentes, pode-se definir o ano hidrológico de setembro a agosto, com as máximas vazões ocorrendo em janeiro, fevereiro e março e as mí-

nimas em julho, agosto e setembro, conforme se pode verificar nos histogramas de vazões mensais médias de longo período, desde as suas cabeceiras até a foz, **Figuras 1.15 a 1.18**.

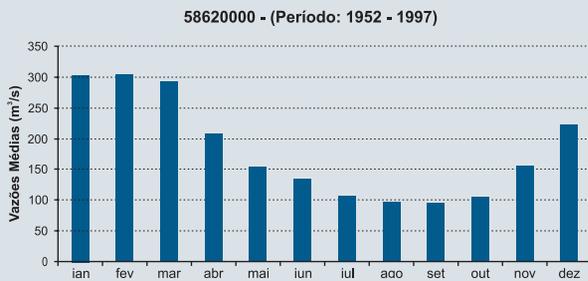
**VAZÕES MÉDIAS MENSAIS DE LONGO PERÍODO**



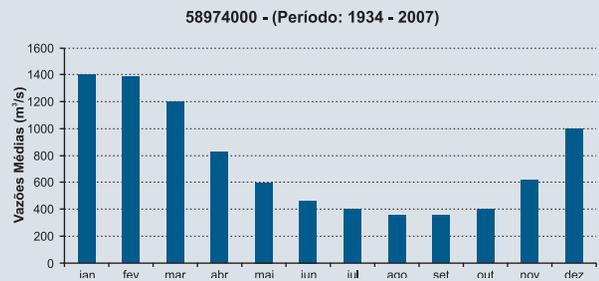
**FIGURA 1.15** - Vazões médias mensais em Ponte Alta 1, rio Paraibuna.



**FIGURA 1.16** - Vazões médias mensais do rio Piabanha em Pedro do Rio.



**FIGURA 1.17** - Vazões médias mensais do rio Paraibuna Mineiro em Santa Fé.



**FIGURA 1.18** - Vazões médias mensais do rio Paraíba do Sul em Campos.

# 2

## DADOS HIDROLÓGICOS BÁSICOS:

Metodologia de Análise



Rio Piabanha na Barragem de Petrópolis.  
Município de Petrópolis / RJ.





constam 641 estações. Para a análise de estacionariedade da sub-bacia 58 foi utilizado o banco interno da CPRM relativo ao período de 1982 a 2005, onde constam 641 estações. O **Anexo DVD B.1** apresenta as estações pluviométricas da Sub-Bacia 58 do inventário da ANA.

O mapa a seguir da **Figura 2.1** apresenta a localização das 605 estações da rede pluviométrica da sub-bacia do Paraíba do Sul que encontram-se em operação e têm coordenadas contidas na sub-bacia.

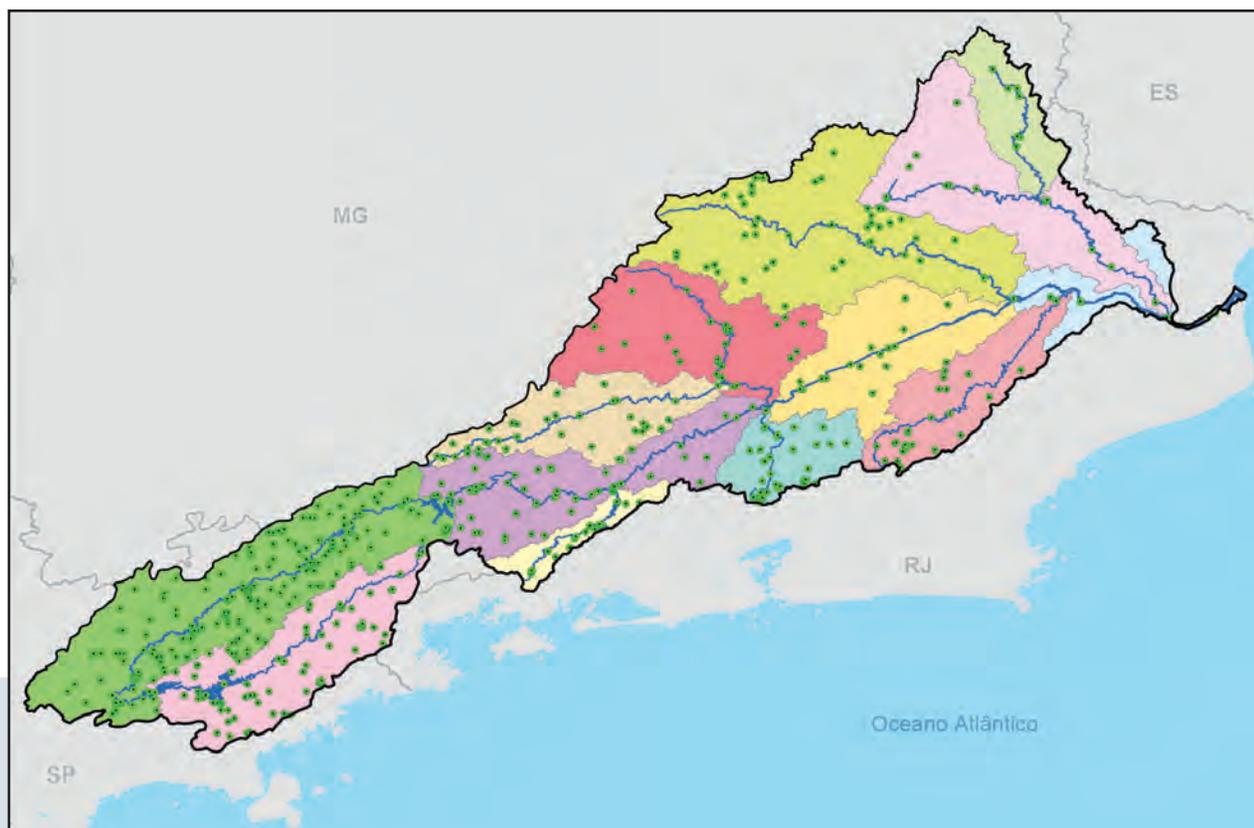
### Análise dos Dados e Seleção das Estações para o Estudo

Nesse estudo não foi realizada a avaliação da densidade mínima das estações pluviométricas para a bacia, pois tal avaliação é parte integrante do Projeto Atlas Pluviométrico

da CPRM (CPRM, 2010). Nesse projeto, o critério de seleção das estações para a elaboração das isoietas do Brasil foi o período mínimo de dados coincidentes de 30 anos completos, em alguns casos aceitou-se (região norte) estações com 19 anos. Para as estações com 30 anos de dados, o período selecionado foi de 1977 a 2006.

### Precipitação Total Anual Média

A partir do traçado das isoietas totais anuais e trimestrais, foram utilizados os dados das séries de 30 anos de chuva diária (1977 a 2006) das estações da Sub-Bacia 58 selecionadas e consolidadas no contexto do projeto Atlas Pluviométrico da CPRM (CPRM, 2010). A seguir é apresentado o mapa de isoietas médias anuais da Sub-Bacia 58 correspondente ao período de 1977 a 2006 (**Figura 2.2**).



— Limite da Sub-Bacia 58

— Hidrografia da Sub-Bacia 58

#### ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS

● Estações Pluviométricas da bacia 58

#### NOME DAS SUB-BACIAS PRINCIPAIS

Sub-bacia do Alto Paraíba (Rio Paraitinga)

Sub-bacia do Rio Pirai

Sub-bacia do Rio Piabanha

Sub-bacia do Baixo Paraíba

Sub-bacia do Rio Muriaé

Sub-bacia do Rio Carangola

Sub-bacia do Médio Inferior Paraíba

Sub-bacia do Rio Pomba

Sub-bacia do Rio Dois Rios

Sub-bacia do Médio Superior Paraíba

Sub-bacia do Médio Paraíba

Sub-bacia do Rio Preto

Sub-bacia do Rio Paraíba

**FIGURA 2.1** - Mapa de dados pluviométricos simplificado da Sub-Bacia 58.

## DADOS FLUVIOMÉTRICOS

São 626 as estações fluviométricas que constam do Inventário de Estações Fluviométricas do BD – Hidro da ANA, disponibilizado internamente pela CPRM em 2009, no entanto foram selecionadas apenas as séries de dados de 179 estações, destas há 69 atualmente operadas pela CPRM. O **Anexo DVD C.5** apresenta o quadro *Diagrama de Disponibilidade de Dados Fluviométricos da Bacia 58*, elaborado com auxílio do Programa HIDROCAL da CPRM (CPRM, 2011) e a **Tabela 2.3** apresenta a estatística dessa disponibilidade e a **Tabela 2.4** as informações das estações e as notas de acordo com a disponibilidade dos dados. Pode-se observar que mais de 65% das estações não possuem dados disponíveis e das que apresentam dados disponíveis a maioria teve nota C (entre 5 e 30 anos

de dados) seguidas por aquelas com nota A (mais de 40 anos de dados).

Muitas estações encontram-se desativadas por diversos motivos, cerca de 339 estações, dentre eles cabe citar aqueles locais que eram monitorados durante os projetos das usinas e com o enchimento dos reservatórios foram afogados.

### Diagnóstico da Rede Fluviométrica Existente

De uma maneira geral, em termos de densidade da rede fluviométrica, a sub-bacia se encontra em situação satisfatória, conforme indica a **Tabela 2.5** com relação às recomendações mínimas da OMM (**Anexo DVD C.6**). O curso principal exibe quantidade de estações bem distribu-

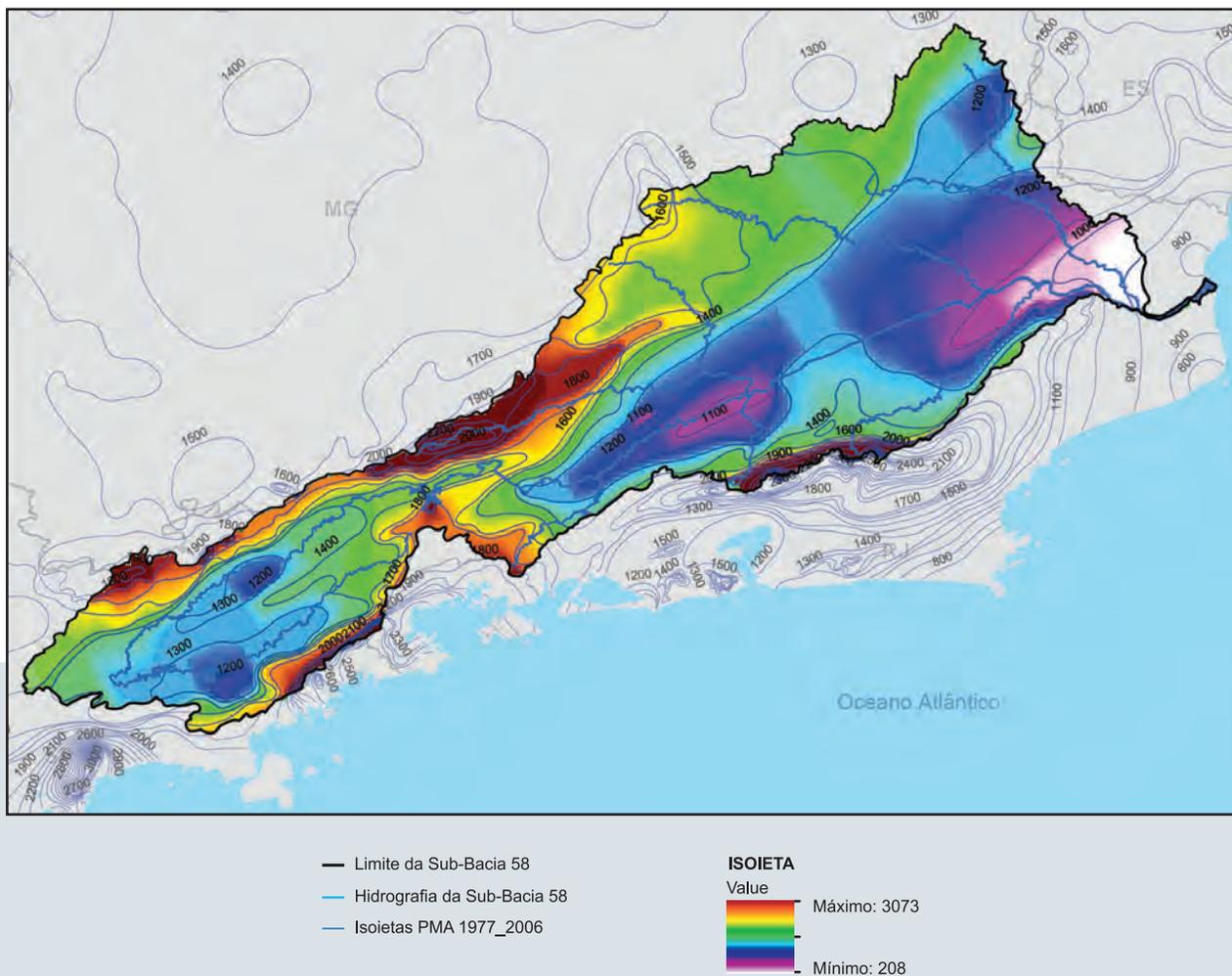


FIGURA 2.2 - Mapa de isoietas totais anuais da Sub-Bacia 58.

TABELA 2.3 - Estatística da disponibilidade de dados fluviométricos.

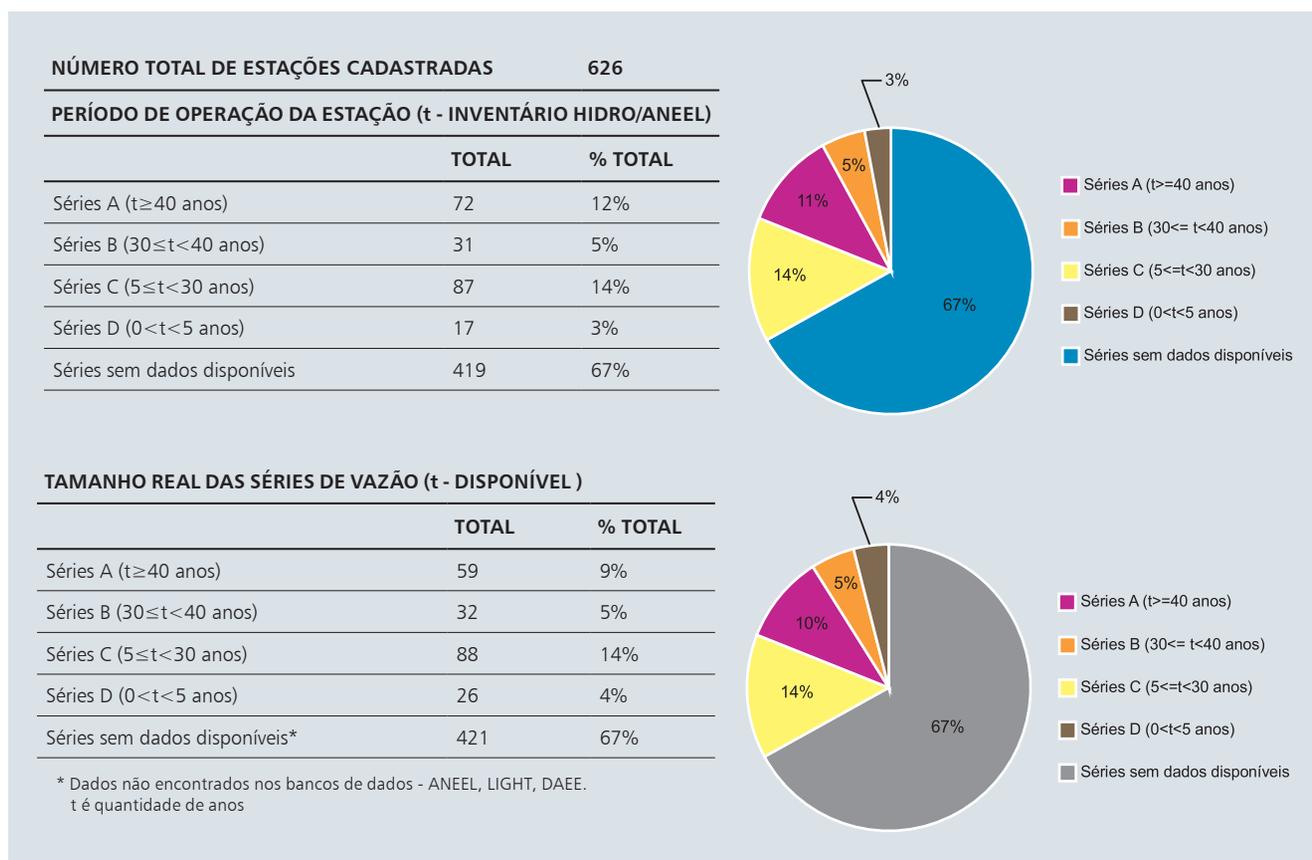


TABELA 2.4 - Informações das estações fluviométricas selecionadas da Sub-Bacia 58.

CÓDIGO	OPERAÇÃO ESTAÇÃO	RIO	UF	RESPONSÁVEL	OPERADORA	DIAGNÓSTICO DOS DADOS			CLASSIFICAÇÃO DA SÉRIE	
						VAZÃO DISPONÍVEL (t-ANOS)	Nº DE ANOS COMPLETOS COM DADOS	% TOTAL		
58030000	1	ESTRADA DO CUNHA	RIO PARAITINGA	SP	ANA	CPRM	73,5	71	1,0	A
58033000	0	FAZENDA CUME	RIO JACUÍ	SP	FCTH/DAEE-SP	DESATIVADA	13,8	12	0,9	C
58035000	0	BAIRRO FAXINAL	RIBEIRÃO SAPÉ	SP	FCTH/DAEE-SP	DESATIVADA	15,8	14	0,9	C
58040000	1	SÃO LUÍS DO PARAITINGA - SLP	RIO PARAITINGA	SP	ANA	CPRM	27,0	25	0,9	C
58040100	0	SÃO LUÍS DO PARAITINGA	RIO PARAITINGA	SP	ANA	DESATIVADA	44,3	44	1,0	A
58040200	0	SÃO LUÍS DO PARAITINGA	RIO PARAITINGA	SP	ANA	DESATIVADA	15,2	12	0,8	C
58044800	0	OLARIA	RIO PARAITINGA	SP	LIGHT	DESATIVADA	19,0	10	0,5	C
58044900	0	BAIRRO PARAITINGA	RIO PARAITINGA	SP	LIGHT	DESATIVADA	17,2	16	0,9	C

TABELA 2.4 - (continuação).

CÓDIGO	OPERAÇÃO	ESTAÇÃO	RIO	UF	RESPONSÁVEL	OPERADORA	DIAGNÓSTICO DOS DADOS			CLASSIFICAÇÃO DA SÉRIE
							VAZÃO DISPONÍVEL (t-ANOS)	Nº DE ANOS COMPLETOS COM DADOS	% TOTAL	
58045000	0	PONTE DOS MINEIROS	RIO PARAÍTINGA	SP	ANA	DESATIVADA	23,8	21	0,9	C
58060000	1	PONTE ALTA 1	RIO PARAÍBUNA	SP	ANA	CPRM	74,2	73	1,0	A
58065000	0	PONTE ALTA 2	RIO IPIRANGA	SP	ANA	DESATIVADA	42,6	39	0,9	A
58068000	1	FAZENDA PALMEIRAS - FAP	RIO PARAÍBUNA	SP	CESP	CESP	20,1	17	0,8	C
58070000	0	BAIRRO ALTO	RIO PARAÍBUNA	SP	ANA	DESATIVADA	30,0	26	0,9	B
58071000	0	BAIRRO ALTO	RIO PARAÍBUNA	SP	LIGHT	DESATIVADA	23,3	21	0,9	C
58075000	0	NATIVIDADE DA SERRA 2	RIO DO PEIXE	SP	ANA	DESATIVADA	29,6	28	0,9	C
58078000	0	NATIVIDADE DA SERRA 1	RIO PARAÍBUNA	SP	ANA	DESATIVADA	37,4	36	1,0	B
58082000	0	VARGINHA	RIO LOURENÇO VELHO	SP	ANA	DESATIVADA	7,6	7	0,9	C
58086000	0	FAZENDA JOAQUIM ALVES	RIO PARAÍBUNA	SP	LIGHT	DESATIVADA	10,1	6	0,6	C
58087000	0	BAIRRO DO CARACOL	RIO PARAÍBUNA	SP	ANA	DESATIVADA	5,3	5	0,9	C
58087300	1	UHE PARAIBUNA - JUSANTE	RIO PARAÍBUNA	SP	CESP	CESP	25,2	20	0,8	C
58087600	0	PARAIBUNA	RIO PARAÍBUNA	SP	LIGHT	DESATIVADA	32,3	31	1,0	B
58087800	0	BAIRRO ALFERES BENTO	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	LIGHT	DESATIVADA	15,8	8	0,5	C
58088000	0	ESTRADA DE PARAIBUNA	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	ANA	DESATIVADA	9,0	8	0,9	C
58096000	1	SANTA BRANCA - JUS. BARRAGEM	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	LIGHT	LIGHT	50,8	47	0,9	A
58097000	0	SANTA BRANCA	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	CESP	DESATIVADA	7,8	5	0,6	C
58099000	1	SANTA BRANCA	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	ANA	CPRM	48,3	46	1,0	A
58105000	0	GUARAREMA	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	ANA	DESATIVADA	48,2	47	1,0	A
58105100	0	GUARAREMA	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	LIGHT	DESATIVADA	29,0	28	1,0	C
58105300	1	GUARAREMA	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	ANA	CPRM	55,0	53	1,0	A
58107100	0	LUIZ CARLOS - RÉGUA VELHA	RIBEIRÃO GUARAREMA	SP	ANA	DESATIVADA	8,8	8	0,9	C
58110000	0	JACAREÍ	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	ANA	DESATIVADA	41,3	39	0,9	A
58110002	1	JACAREÍ - SAAE	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	ANA	CPRM	8,0	7	0,9	C
58118000	0	IGARATA 2	RIO JAGUARI	SP	ANA	DESATIVADA	18,6	18	1,0	C
58122000	0	USINA DO TURVO	RIO DO PEIXE	SP	ANA	DESATIVADA	17,4	17	1,0	C
58126000	0	IGARATA 1	RIO DO PEIXE	SP	ANA	DESATIVADA	33,4	32	1,0	B
58128000	0	FAZENDA SÃO JOÃO	RIO JAGUARI	SP	ANA	DESATIVADA	16,5	16	1,0	C

TABELA 2.4 - (continuação).

CÓDIGO	OPERAÇÃO	ESTAÇÃO	RIO	UF	RESPONSÁVEL	OPERADORA	DIAGNÓSTICO DOS DADOS			CLASSIFICAÇÃO DA SÉRIE
							VAZÃO DISPONÍVEL (t-ANOS)	Nº DE ANOS COMPLETOS COM DADOS	% TOTAL	
58129000	0	FAZENDA BARBOSA	RIO JAGUARI	SP	ANA	DESATIVADA	7,0	6	0,9	C
58138000	0	BAIRRO REMEDINHO	RIO PARATEI	SP	FCTH/DAEE-SP	DESATIVADA	9,8	6	0,6	C
58140100	1	FAZENDA IGACABA	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	FCTH/DAEE-SP	FCTH/DAEE-SP	22,2	19	0,9	C
58141800	0	BARRAGEM BUQUIRA	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	CESP	DESATIVADA	8,5	5	0,6	C
58142000	0	BUQUIRINHA	RIO BUQUIRA OU FERRÃO	SP	ANA	DESATIVADA	40,4	39	1,0	A
58142200	1	BUQUIRINHA 2	RIO BUQUIRA OU FERRÃO	SP	ANA	CPRM	19,1	14	0,7	C
58148000	0	BAIRRO SANTA LUZIA	RIBEIRÃO DA DIVISA OU NS DA AJUDA	SP	FCTH/DAEE-SP	DESATIVADA	5,9	5	0,8	C
58152000	0	CAÇAPAVA	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	ANA	DESATIVADA	41,8	41	1,0	A
58155000	1	CERÂMICA QUIRINO	RIBEIRÃO CACAPAVA VELHA	SP	FCTH/DAEE-SP	FCTH/DAEE-SP	38,0	33	0,9	B
58158000	0	TREMEMBÉ	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	ANA	DESATIVADA	35,1	32	0,9	B
58165000	1	FAZENDA KANEGAI	RIO PIRACUAMA	SP	FCTH/DAEE-SP	FCTH/DAEE-SP	24,2	17	0,7	C
58165500	0	FAZENDA SANTA CLARA	CÓRREGO CRUZ DAS ALMAS	SP	FCTH/DAEE-SP	DESATIVADA	5,8	5	0,9	C
58170000	0	REMÉDIOS	RIO UNA	SP	ANA	DESATIVADA	9,1	7	0,8	C
58170100	0	BAIRRO DOS REMÉDIOS	RIO UNA	SP	FCTH/DAEE-SP	DESATIVADA	9,7	8	0,8	C
58177000	0	FAZENDA MODELO	RIO UNA	SP	FCTH/DAEE-SP	DESATIVADA	21,6	15	0,7	C
58182500	1	PONTE DE PINDA-MONHANGABA	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	FCTH/DAEE-SP	FCTH/DAEE-SP	14,8	14	0,9	C
58183000	1	PINDAMONHANGABA	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	ANA	CPRM	61,0	60	1,0	A
58185000	1	PINDAMONHANGABA	RIBEIRÃO DO PINHÃO	SP	FCTH/DAEE-SP	FCTH/DAEE-SP	41,8	39	0,9	A
58192000	1	VÁRZEA DO PARAIBA	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	FCTH/DAEE-SP	FCTH/DAEE-SP	38,8	38	1,0	B
58194000	0	FAZENDA SAPUCAIA	RIBEIRÃO TETEQUERA	SP	FCTH/DAEE-SP	DESATIVADA	17,7	16	0,9	C
58198000	1	PIRAPITINGUI	RIO PIRAPITINGUI	SP	FCTH/DAEE-SP	FCTH/DAEE-SP	14,1	8	0,6	C
58204000	1	GUARATINGUETÁ	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	ANA	CPRM	48,8	47	1,0	A
58204100	0	GUARATINGUETÁ	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	LIGHT	DESATIVADA	71,5	67	0,9	A
58206000	1	BAIRRO RIO COMPRIDO	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	FCTH/DAEE-SP	FCTH/DAEE-SP	10,0	9	0,9	C
58207000	0	PILÕES	RIO PIAGUI	SP	ANA	DESATIVADA	26,1	25	1,0	C
58211000	1	COLÔNIA PIAGUI	RIO PIAGUI	SP	FCTH/DAEE-SP	FCTH/DAEE-SP	24,9	23	0,9	C
58215000	1	FAZENDA SANTA CATARINA	RIBEIRÃO DOS MACACOS	SP	FCTH/DAEE-SP	FCTH/DAEE-SP	26,6	23	0,9	C

TABELA 2.4 - (continuação).

CÓDIGO	OPERAÇÃO	ESTAÇÃO	RIO	UF	RESPONSÁVEL	OPERADORA	DIAGNÓSTICO DOS DADOS			CLASSIFICAÇÃO DA SÉRIE
							VAZÃO DISPONÍVEL (t-ANOS)	Nº DE ANOS COMPLETOS COM DADOS	% TOTAL	
58217500	1	PITEU	RIBEIRÃO PALMITAL	SP	FCTH/DAEE-SP	FCTH/DAEE-SP	20,5	20	1,0	C
58218000	1	CACHOEIRA PAULISTA	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	ANA	ANA	56,7	55	1,0	A
58218100	0	CACHOEIRA PAULISTA	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	CESP	DESATIVADA	7,8	6	0,8	C
58220000	1	FAZENDA SANTA CLARA	RIO BOCAINA	SP	ANA	CPRM	63,8	61	1,0	A
58227000	1	EMBAU	RIBEIRÃO EMBAÚ	SP	FCTH/DAEE-SP	FCTH/DAEE-SP	20,8	20	1,0	C
58228000	0	PASSA VINTE	RIBEIRÃO PASSA-VINTE	SP	FCTH/DAEE-SP	DESATIVADA	7,8	6	0,8	C
58230000	0	CRUZEIRO	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	ANA	DESATIVADA	44,1	42	1,0	A
58230100	1	CRUZEIRO	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	FCTH/DAEE-SP	FCTH/DAEE-SP	26,8	25	0,9	C
58230200	0	CRUZEIRO	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	LIGHT	DESATIVADA	23,2	19	0,8	C
58235000	1	QUELUZ	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	FURNAS	FURNAS	53,0	51	1,0	A
58235100	1	QUELUZ	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	ANA	CPRM	39,2	37	0,9	B
58240000	0	FUNIL	RIO PARAÍBA DO SUL	SP	LIGHT	DESATIVADA	48,8	46	0,9	A
58242000	1	ITATIAIA	RIO PARAÍBA DO SUL	RJ	FURNAS	FURNAS	30,3	28	0,9	B
58250000	1	RESENDE	RIO PARAÍBA DO SUL	RJ	ANA	FURNAS	60,3	57	0,9	A
58256000	0	PEDRA SELADA	RIO JACUTINGA	RJ	ANA	DESATIVADA	29,8	29	1,0	C
58258000	1	PONTE NOVA	RIO PIRAPETINGA	RJ	ANA	CPRM	34,5	30	0,9	B
58262000	0	FLORIANO	RIO PARAÍBA DO SUL	RJ	LIGHT	DESATIVADA	22,1	16	0,7	C
58270000	1	GLICÉRIO	RIO TURVO	RJ	ANA	CPRM	33,4	31	0,9	B
58287000	1	RIALTO	RIO BANANAL	RJ	ANA	CPRM	11,1	9	0,8	C
58300000	1	BARRA MANSA	RIO PARAÍBA DO SUL	RJ	ANA	FURNAS	48,7	47	1,0	A
58300001	1	BARRA MANSA	RIO PARAÍBA DO SUL	RJ	LIGHT	LIGHT	42,5	36	0,8	A
58305000	1	VOLTA REDONDA	RIO PARAÍBA DO SUL	RJ	LIGHT	LIGHT	27,5	22	0,8	C
58305001	1	VOLTA REDONDA	RIO PARAÍBA DO SUL	RJ	ANA	CPRM	43,1	41	1,0	A
58321000	1	BARRA DO PIRÁÍ	RIO PARAÍBA DO SUL	RJ	ANA	CPRM	47,1	45	1,0	A
58322000	0	BARRA DO PIRÁÍ	RIO PARAÍBA DO SUL	RJ	LIGHT	DESATIVADA	38,0	37	1,0	B
58335000	0	LÍDICE	RIO PIRÁÍ	RJ	ANA	DESATIVADA	42,5	36	0,8	A
58338000	0	FAZENDA SANTANA	RIO DO BRAÇO	RJ	ANA	DESATIVADA	9,6	5	0,5	C
58350000	0	FAZENDA BELA VISTA	RIO PIRÁÍ	RJ	LIGHT	DESATIVADA	33,5	24	0,7	B

TABELA 2.4 - (continuação).

CÓDIGO	OPERAÇÃO	ESTAÇÃO	RIO	UF	RESPONSÁVEL	OPERADORA	DIAGNÓSTICO DOS DADOS			CLASSIFICAÇÃO DA SÉRIE
							VAZÃO DISPONÍVEL (t-ANOS)	Nº DE ANOS COMPLETOS COM DADOS	% TOTAL	
58352800	0	PIRAÍ - PONTE CIDADE	RIO PIRAÍ	RJ	LIGHT	DESATIVADA	15,2	10	0,7	C
58359000	1	SANTANÉSIA	RIO PIRAÍ	RJ	LIGHT	LIGHT	26,9	8	0,3	C
58370000	1	BARRA DO PIRAÍ - OFICIAL	RIO PARAÍBA DO SUL	RJ	LIGHT	LIGHT	49,8	47	0,9	A
58380001	1	PARAÍBA DO SUL - RN	RIO PARAÍBA DO SUL	RJ	ANA	CPRM	35,0	32	0,9	B
58385000	1	TRÊS RIOS	RIO PARAÍBA DO SUL	RJ	LIGHT	LIGHT	38,0	25	0,7	B
58400000	0	PETRÓPOLIS	RIO PIABANHA	RJ	ANA	DESATIVADA	30,2	26	0,9	B
58405000	1	PEDRO DO RIO	RIO PIABANHA	RJ	ANA	CPRM	59,0	54	0,9	A
58409000	0	AREAL - RN	RIO PIABANHA	RJ	ANA	DESATIVADA	21,8	15	0,7	C
58420000	1	FAZENDA SOBRADINHO	RIO PRETO	RJ	ANA	CPRM	64,3	58	0,9	A
58425000	1	MORELI (PARADA MORELI)	RIO PRETO	RJ	ANA	CPRM	44,8	42	0,9	A
58427000	0	TRISTÃO CÂMARA	RIO PRETO	RJ	ANA	DESATIVADA	10,3	7	0,7	C
58434000	1	FAGUNDES	RIO FAGUNDES	RJ	ANA	CPRM	53,4	45	0,8	A
58440000	1	MOURA BRASIL	RIO PIABANHA	RJ	ANA	FURNAS	73,0	70	1,0	A
58442000	1	FAZENDA DA BARREIRA	RIO PIABANHA	RJ	LIGHT	LIGHT	41,6	28	0,7	A
58470000	1	CHAPEU D'UVAS	RIO PARAÍBUNA	MG	ANA	CPRM	56,6	55	1,0	A
58480000	0	JUIZ DE FORA	RIO PARAÍBUNA	MG	ANA	DESATIVADA	35,3	28	0,8	B
58480500	1	JUIZ DE FORA - JUSANTE	RIO PARAÍBUNA	MG	ANA	CPRM	32,1	30	0,9	B
58500000	1	USINA BRUMADO	RIO BRUMADO	MG	ANA	CPRM	42,7	37	0,9	A
58512000	0	TORREÕES	RIO DO PEIXE	MG	ANA	DESATIVADA	55,1	47	0,9	A
58514000	0	FAZENDA SÃO JOSÉ	RIO DO PEIXE	MG	CEMIG	DESATIVADA	34,5	32	0,9	B
58516000	0	FAZENDA SÃO JOSÉ	RIO DO PEIXE	MG	ANA	DESATIVADA	43,9	39	0,9	A
58516500	1	FAZENDA SANTO ANTÔNIO	RIO DO PEIXE	MG	ANA	CPRM	31,0	27	0,9	B
58519000	0	COTEIPE	RIO PARAÍBUNA	MG	ANA	DESATIVADA	12,4	12	1,0	C
58520000	1	SOBRAJI	RIO PARAÍBUNA	MG	ANA	CPRM	55,0	52	0,9	A
58525000	1	VISCONDE DE MAUÁ	RIO PRETO	RJ	ANA	CPRM	46,9	37	0,8	A
58530000	1	PONTE DO SOUZA	RIO PRETO	RJ	ANA	CPRM	70,8	68	1,0	A
58535000	1	ZELINDA	RIO PRETO	MG	ANA	CPRM	69,2	57	0,8	A
58542000	1	SANTA RITA DO JACUTINGA	RIO BANANAL	MG	ANA	CPRM	71,3	65	0,9	A
58549500	0	RIO PRETO	RIO PRETO	MG	CEMIG	DESATIVADA	30,3	27	0,9	B

TABELA 2.4 - (continuação).

CÓDIGO	OPERAÇÃO	ESTAÇÃO	RIO	UF	RESPONSÁVEL	OPERADORA	DIAGNÓSTICO DOS DADOS			CLASSIFICAÇÃO DA SÉRIE
							VAZÃO DISPONÍVEL (t-ANOS)	Nº DE ANOS COMPLETOS COM DADOS	% TOTAL	
58550000	0	PARAPEUNA	RIO PRETO	MG	ANA	DESATIVADA	37,8	34	0,9	B
58550001	1	RIO PRETO	RIO PRETO	MG	ANA	CPRM	35,4	35	1,0	B
58560000	1	VALENÇA	RIO DAS FLORES	RJ	ANA	CPRM	59,7	59	1,0	A
58573000	1	PENTAGNA	RIO BONITO	RJ	ANA	CPRM	39,9	39	1,0	B
58578000	0	TRAVESSÃO DO MEIO	RIO DAS FLORES	RJ	ANA	DESATIVADA	10,7	10	0,9	C
58585000	1	MANUEL DUARTE	RIO PRETO	RJ	ANA	CPRM	49,8	44	0,9	A
58590000	0	AFONSO ARINOS	RIO PRETO	RJ	ANA	DESATIVADA	7,0	6	0,9	C
58610000	1	ESTEVÃO PINTO	RIO CAGADO	MG	ANA	CPRM	62,3	60	1,0	A
58620000	1	SANTA FÉ	RIO PARAÍBUNA	RJ	LIGHT	LIGHT	50,3	41	0,8	A
58630000	0	ANTA F	RIO PARAÍBA DO SUL	RJ	LIGHT	DESATIVADA	66,5	61	0,9	A
58630002	1	ANTA (ANTA G)	RIO PARAÍBA DO SUL	RJ	ANA	CPRM	74,8	72	1,0	A
58632090	0	SUPLÍCIO - BARRAGEM	RIO PARAÍBA DO SUL	RJ	LIGHT	DESATIVADA	9,2	8	0,9	C
58645000	1	SUMIDOURO	RIO PAQUEQUER	RJ	ANA	CPRM	49,8	46	0,9	A
58648000	0	SÍTIO DA LAGOA	RIO PAQUEQUER	RJ	LIGHT	DESATIVADA	20,4	17	0,8	C
58648001	1	PAQUEQUER	RIO PAQUEQUER	RJ	ANA	CPRM	68,6	61	0,9	A
58652000	1	BARRAGEM ILHA DOS POMBOS	RIO PARAÍBA DO SUL	RJ	LIGHT	LIGHT	48,8	46	0,9	A
58658000	1	VOLTA GRANDE	RIO ANGÚ	MG	ANA	CPRM	23,8	21	0,9	C
58670002	1	FAZENDA DA BARRA (PIRAPETINGA)	RIO PIRAPETINGA	MG	ANA	CPRM	28,6	25	0,9	C
58710000	1	USINA ITUERÉ	RIO POMBA	MG	ANA	CPRM	23,9	19	0,8	C
58720000	1	TABULEIRO	RIO FORMOSO	MG	ANA	CPRM	39,8	34	0,9	B
58725000	0	FAZENDA FERRAZ	RIO FORMOSO	MG	ANA	DESATIVADA	31,6	25	0,8	B
58730000	0	GUARANI RV	RIO POMBA	MG	ANA	DESATIVADA	11,0	10	0,9	C
58730001	1	GUARANI	RIO POMBA	MG	ANA	CPRM	57,3	53	0,9	A
58735000	1	ASTOLFO DUTRA	RIO POMBA	MG	ANA	CPRM	69,3	58	0,8	A
58736000	1	BARRA DO XOPOTO	RIO XOPOTÓ	MG	ANA	CPRM	19,8	19	1,0	C
58750000	1	PIAU	RIO PIAU	MG	ANA	CPRM	33,8	30	0,9	B
58755000	1	RIO NOVO	RIO NOVO	MG	ANA	CPRM	63,3	60	0,9	A
58760000	1	ARACI	RIO NOVO	MG	DAEE-MG	DAEE-MG	25,4	21	0,8	C
58765000	0	USINA MAURÍCIO	RIO NOVO	MG	ANA	DESATIVADA	31,2	29	0,9	B
58765001	1	USINA MAURÍCIO	RIO NOVO	MG	ANA	CPRM	39,3	36	0,9	B

TABELA 2.4 - (continuação).

CÓDIGO	OPERAÇÃO	ESTAÇÃO	RIO	UF	RESPONSÁVEL	OPERADORA	DIAGNÓSTICO DOS DADOS			CLASSIFICAÇÃO DA SÉRIE
							VAZÃO DISPONÍVEL (t-ANOS)	Nº DE ANOS COMPLETOS COM DADOS	% TOTAL	
58770000	1	CATAGUASES	RIO POMBA	MG	ANA	CPRM	64,6	54	0,8	A
58790000	0	SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA	RIO POMBA	RJ	ANA	DESATIVADA	64,0	58	0,9	A
58790002	1	SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA II	RIO POMBA	RJ	ANA	CPRM	6,9	6	0,9	C
58795000	1	TRÊS IRMÃOS	RIO PARAÍBA DO SUL	RJ	ANA	CPRM	28,2	25	0,9	C
58820000	0	FAZENDA MENDES	RIO GRANDE	RJ	ANA	DESATIVADA	31,3	30	1,0	B
58825000	1	PONTE ESTRADA DONA MARIANA	RIO GRANDE	RJ	ANA	CPRM	42,0	40	1,0	A
58827000	1	BOM JARDIM	RIO GRANDE	RJ	ANA	CPRM	72,5	68	0,9	A
58832000	1	CONSELHEIRO PAULINO	RIO BENGALA	RJ	ANA	CPRM	40,0	37	0,9	A
58837000	0	CAMBUCAS	RIO SÃO JOSÉ	RJ	ANA	DESATIVADA	12,8	11	0,9	C
58846000	1	MANUEL DE MORAIS	RIO GRANDE	RJ	ANA	CPRM	41,4	37	0,9	A
58850000	1	PIMENTEL	RIO GRANDE	RJ	ANA	CPRM	40,1	38	0,9	A
58857000	1	ALDEIA - RV	RIO NEGRO	RJ	ANA	CPRM	49,7	43	0,9	A
58857001	0	ALDEIA - RN	RIO NEGRO	RJ	ANA	DESATIVADA	19,9	15	0,8	C
58861000	0	MACUCO	RIO MACUCO	RJ	ANA	DESATIVADA	21,8	16	0,7	C
58870000	1	BARRA DO RIO NEGRO	RIO NEGRO	RJ	ANA	CPRM	40,7	38	0,9	A
58874000	1	DOIS RIOS	RIO DOIS RIOS	RJ	ANA	CPRM	75,9	74	1,0	A
58880001	1	SÃO FIDELIS	RIO PARAÍBA DO SUL	RJ	ANA	CPRM	33,3	28	0,8	B
58910000	1	FAZENDA UMBÁUBAS	RIO PRETO	MG	ANA	CPRM	66,2	61	0,9	A
58915000	0	MURIAÉ	RIO MURIAÉ	MG	ANA	DESATIVADA	23,1	20	0,9	C
58916000	1	BICUIBA	RIO GLÓRIA	MG	ANA	CPRM	44,9	42	0,9	A
58916900	1	FAZENDA CACHOEIRA	RIO GLÓRIA	MG	DAEE-MG	DAEE-MG	10,7	8	0,8	C
58917000	1	JUSSARA	RIO GLÓRIA	MG	ANA	CPRM	27,8	25	0,9	C
58920000	1	PATROCÍNIO DO MURIAÉ	RIO MURIAÉ	MG	ANA	CPRM	63,3	61	1,0	A
58930000	1	CARANGOLA	RIO CARANGOLA	MG	ANA	CPRM	65,8	54	0,8	A
58934000	1	PORCIUNCULA	RIO CARANGOLA	RJ	ANA	CPRM	65,9	60	0,9	A
58940000	1	ITAPERUNA	RIO MURIAÉ	RJ	ANA	CPRM	47,8	46	1,0	A
58960000	1	CARDOSO MOREIRA - RV	RIO MURIAÉ	RJ	ANA	CPRM	51,1	43	0,8	A
58972000	0	GUARUS	RIO PARAÍBA DO SUL	RJ	ANA	DESATIVADA	19,0	18	0,9	C
58974000	1	CAMPOS - PONTE MUNICIPAL	RIO PARAÍBA DO SUL	RJ	ANA	CPRM	73,4	70	1,0	A

ída, assim como a maioria de seus afluentes, com exceção da Subbacia do Rio Muriaé e Alto Paraíba, que apresentou quantidade de estações inferior ao máximo da recomendação da OMM. Vale ressaltar que a **Tabela 2.5** foi elaborada apenas para as estações classificadas como “em operação” no banco de dados.

Por último cabe ressaltar que de acordo com o inventário das estações fluviométricas da Sub-Bacia 58 (**Tabela C.1 do Anexo DVD**), a faixa de variação das regiões efetivamente monitoradas está compreendida entre 5 km<sup>2</sup> a 55.500km<sup>2</sup>.

## Análise da Qualidade e Consistência

O processo de avaliação das 179 estações, quanto à qualidade de seus dados, teve como base os critérios do **Anexo DVD C.3 e C.4** (Tucci, 2000) que incluem processos simples que permitem a análise das estações de maneira global. O resultado se encontra no quadro *Notas Atribuídas às Estações da Bacia 58* (**Anexo DVD C.7** e na **Tabela 2.6** e as estatísticas das notas encontra-se em uma das planilhas dessa tabela). Nenhuma estação foi excluída apenas em decorrência dessa análise, já que nenhuma obteve nota D (estação inaceitável para o estudo de regionalização). Assim a ideia era utilizar os resultados dessa análise para a avaliação das estações na etapa da regressão. Caso alguma

estação apresentasse problemas no ajuste das equações de regressão, uma nota C nessa análise justificaria uma possível exclusão. No quadro de notas estão evidenciadas em amarelo as estações de entidades diversas situadas em mesmo local e/ou complementares no tempo de operação.

Entretanto no mapa da rede fluviométrica apresentado na **Figura 2.3** estão indicados 155 locais de monitoramento, uma vez que, das 179 estações avaliadas: 24 tiveram localização coincidente com alguma outra estação.

Para solucionar esse problema foram analisados os fluviogramas dessas estações de mesma localização, com período de dados coincidentes ou complementares. A análise auxiliou as decisões de adoção de uma ou outra estação e de preenchimento de algumas séries. Para os casos em que havia falhas e a possibilidade de preenchimento, fez-se a consolidação de uma das séries com os dados da outra, adotando-se uma só para cada localidade, sendo que para denominação do local dos dados das estações de mesma localização foram observados os seguintes critérios: estação em operação, operada pela CPRM e com série de dados de vazão mais longa. Os casos para os quais se utilizou este procedimento estão relacionados na **Tabela 2.7** a seguir.

Os dados disponíveis das estações selecionadas para o estudo foram reunidos num mesmo banco de dados cujo resumo encontra-se abaixo.

**TABELA 2.5** - Densidade da rede fluviométrica x recomendações OMM.

SUB_BACIA	ÁREA (KM2)	NÚMERO DE ESTAÇÕES		ESTAÇÕES A INSTALAR	
		ATUAL	OMM**		
MURIAÉ	5.740	16	6	19	-
MÉDIO SUP PARAÍBA	8.692	50	9	29	-
MÉDIO PARAÍBA	4.911	30	5	16	-
MÉDIO INFERIOR PARAÍBA	4.290	18	4	14	-
DOIS RIOS	3.156	19	3	11	-
RIO PRETO	3.446	16	3	11	-
CARANGOLA	2.032	7	2	7	-
POMBA	8.629	36	9	29	-
BAIXO PARAÍBA	1.600	6	2	5	-
PIRÁÍ	1.052	14	1	4	-
ALTO PARAÍBA	4.887	11	5	16	-
PIABANHA	2.078	32	2	7	-
PARAIBUNA	5.182	30	5	17	-
NA BACIA 58 COMO UM TODO	55.695	285	56	186	-

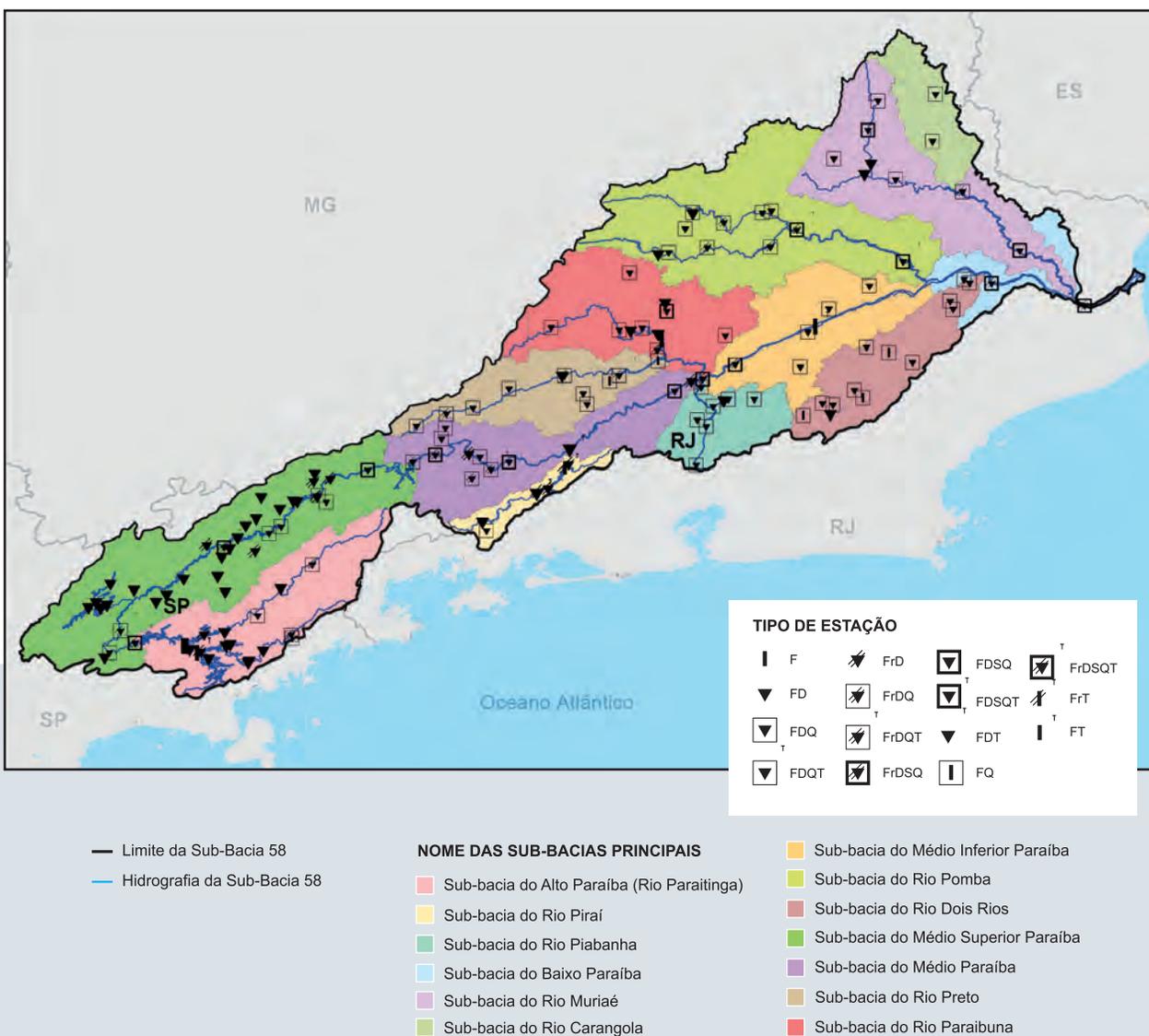
\*\* Organização Mundial de Meteorologia

- Cotas: série completa com dados brutos e consistidos;
- Vazão: série completa com dados consistidos;
- Resumo de Descarga: série com dados brutos e ou consistidos;
- Perfis: dados dos perfis disponíveis;
- Curva-Chave: parâmetros ou tabelas das curvas-chaves disponíveis.

Além da atribuição de notas e análise das estações coincidentes foi realizada a verificação de coordenadas das estações, análise de continuidade das vazões, análise do gráfico do coeficiente de escoamento versus área de drenagem e elaborado um diagrama unifilar (**Anexo DVD C.8 e Figura 2.4**) da bacia, indicando as posições relativas das estações consideradas para estudo e dos principais reservatórios encontrados.

As 155 estações tiveram a sua localização verificada a partir de coordenadas provenientes do BD-Hidro; fichas descritivas atuais e históricas. O **Anexo DVD C.12** apresenta as estações que tiveram suas coordenadas corrigidas no projeto ArcGIS 10.1 acompanhadas do valor anterior e do corrigido. A estação 58648000 possui coordenadas incorretas já que pertencia a uma bacia e estava localizada em outra. Como não foi possível confirmar a coordenada correta ela foi excluída desse estudo.

Na verificação da continuidade das séries de vazão média de longo período e da Q95% (**Anexo DVD C.9 e Tabela 2.8**), há algumas inconsistências verificadas na continuidade das vazões, apenas as negativas podem ser consideradas. A justificativa se encontra na coluna de observações da própria tabela. As demais, da ordem de até 10% do valor da vazão,



**FIGURA 2.3** - Mapa de dados fluviométricos simplificado da Sub-Bacia 58 (CPRM, 2013).

TABELA 2.6 - Notas atribuídas às estações da Sub-Bacia 58.

BACIA	CÓDIGO	ESTAÇÃO	HMÍN OBSERVADO	HMÍN MEDIDO	HMÍN MEDIDO - HMÍN OBSERVADO	ESTABILIDADE DO FUNDO: ALTA, MÉDIA OU BAIXA	NÚMERO DE CURVAS NA PARTE INFERIOR	DISPERSÃO PARTE INFERIOR CURVA: ALTA OU BAIXA	NOTA ESTIAGEM	OBSERVAÇÕES	OBRAS HIDRÁULICAS
BACIA DO PARAITINGA	58030000	ESTRADA DO CUNHA	53	55	2	A Alta	A 4	C Alta	C C	1987 - Completar dias	
	58033000	FAZENDA CUME 1E-001	-	-	-	- -	- 3	B -	- -	1972 - Completar dias	
	58035000	BAIRRO FAXINAL 2E-020	-	-	-	- -	- 2	B -	- -		
	58040000	SAO LUIZ DO PARAITINGA-SLP	137	146	9	A Alta	A 3	B Baixa	B B	Hmed apenas período 1994-2000	
	58040100	SAO LUIZ DO PARAITINGA	83	82	1	A Alta	A 2	B Baixa	A B		
	58040200	SAO LUIZ DO PARAITINGA	86	92	6	A Alta	A 2	B Baixa	A B	300m a montante em relação a estação anterior	
	58044800	OLARIA	-	-	-	- -	- -	D -	- -		
	58044900	B. PARAITNGA	-	-	-	- -	- -	D -	- -		
	58045000	PONTE DOS MINEIROS	36	38	2	A Alta	A 2	B Baixa	A B	Fundo Rochoso	
BACIA DO PARAIBUNA	58060000	PONTE ALTA 1	19	20	1	A Alta	A 3	B Baixa	B B		
	58065000	PONTE ALTA 2	60	60	0	A Alta	A 5	C Alta	C C		
	58068000	FAZENDA PALMEIRAS-FAP	134 (105)	-	-	- -	- -	D -	- -		
	58070000	BAIRRO ALTO	60	65	5	A Alta	A 2	B Baixa	A B		
	58071000	B. ALTO	-	-	-	- -	- -	D -	- -		
	58075000	NATIVIDADE DA SERRA 2	14	18	4	A -	- 6	D Alta	C C		
	58078000	NATIVIDADE DA SERRA 1	127	132	5	A Alta	A 1	A Baixa	A A		
	58082000	VARGINHA	45	46	1	A -	- 2	B Baixa	B B		
	58086000	F. JOAQUIM ALVES	-	-	-	- -	- -	D -	- -		
	58087000	BAIRRO DO CARACOL	60	72	12	A -	- 1	A Baixa	B B	RSM - 1953-58	
BACIA DO PARAIBUNA	58087300	UHE PARAIBUNA-JUS. V1-007	-	-	-	- -	- -	D -	- -		
	58087600	PARAIBUNA V1-008	-	-	-	- -	- -	D -	- -	1945 - Completar dias; RSM - 1994-96	
	58087800	BAIRRO ALFERES BENTO	-	-	-	- -	- -	D -	- -		
BACIA DO PARAIBUNA	58088000	ESTRADA DE PARAIBUNA	17	11	6	A -	- 1	A Baixa	A A		
	58096000	SANTA BRANCA-JUS.BARR. V1-112	8	65	57	B Alta	A 1	A Baixa	A B	Linígrafo; Resgatar maximos instantâneos LIGHT	

TABELA 2.6 - (continuação).

BACIA	CÓDIGO	ESTAÇÃO	HMÍN OBSERVADO	HMÍN MEDIDO	HMÍN MEDIDO - HMÍN OBSERVADO	ESTABILIDADE DO FUNDO: ALTA, MÉDIA OU BAIXA	NÚMERO DE CURVAS NA PARTE INFERIOR	DISPERSÃO PARTE INFERIOR CURVA: ALTA OU BAIXA	NOTA ESTIAGEM	OBSERVAÇÕES	OBRAS HIDRÁULICAS			
	58097000	SANTA BRANCA	101	-	-	-	-	D	-	-				
	58099000	SANTA BRANCA (PCD-NIVEL)	115	157	42	A	Alta	A	3	B	Baixa	B	B	
	58105000	GUARAREMA	-	44	-	-	-	D	6	D	Alta	C	-	
	58105100	GUARAREMA	-	-	-	-	-	D	-	-	-	-	-	
	58105300	GUARAREMA V1-018	3	52	49	A	Alta	A	1	A	Baixa	B	B	
RIB. GUARAREMA	58107100	LUIZ CARLOS-REGUA VELHA	-	26	-	-	Alta	A	1	A	Baixa	A	A	
	58110000	JACAREI	-	15	-	-	-	D	-	-	-	-	-	
	58110002	JACAREI-SAAE	1	3	2	A	Média	B	1	A	Baixa	B	B	
	58118000	IGARATA 2	44	49	5	A	-	-	1	A	Baixa	B	A	RSM - 1950-58
	58122000	USINA DO TURVO	36	44	8	A	-	-	2	B	Baixa	A	B	RSM - 1952-57 (valores duvidosos, não há Area molhada e velocidades p/ confirmação)
	58126000	IGARATA 1	44	45	1	A	-	-	3	B	Alta	C	C	RSM - 1935-58
	58128000	FAZENDA SAO JOAO	15	23	8	A	-	-	2	B	Baixa	A	B	
	58129000	FAZENDA BARBOSA	36	37	1	A	-	-	-	D	-	-	-	
	58138000	BAIRRO REMEDINHO 3E-018	33	24	9	A	-	-	-	D	-	-	-	Dados repetidos no HIDRO (DAEE e ANA)
	58140100	FAZENDA IGACABA 2E-018R/017	0	0	-	-	-	-	-	D	-	-	-	Dados repetidos no HIDRO (DAEE e ANA)
	58141800	BARRAGEM BUQUIRA-13F	62	-	-	-	-	-	-	D	-	-	-	
	58142000	BUQUIRINHA	41	44	3	A	-	-	7	D	Alta	C	C	
	58142200	BUQUIRINHA 2	121	124	3	A	Baixa	C	3	B	Alta	C	C	
	58148000	BAIRRO SANTA LUZIA 2E-021	-	-	-	-	-	-	-	D	-	-	-	
	58152000	CACAPAVA	0	3	3	A	Baixa	C	5	C	Alta	C	C	
RIB. JOSÉ RAIMUNDO	58155000	CERAMICA QUIRINO 2E-016	37	39	2	A	-	-	-	D	-	-	-	RSM - até 1982

TABELA 2.6 - (continuação).

BACIA	CÓDIGO	ESTAÇÃO	HMÍN OBSERVADO	HMÍN MEDIDO	HMÍN MEDIDO - HMÍN OBSERVADO	ESTABILIDADE DO FUNDO: ALTA, MÉDIA OU BAIXA	NÚMERO DE CURVAS NA PARTE INFERIOR	DISPERSÃO PARTE INFERIOR CURVA: ALTA OU BAIXA	NOTA ESTIAGEM	OBSERVAÇÕES	OBRAS HIDRÁULICAS		
	58158000	TREMEMBE	10	49	39	A -	-	5	C	Alta	C		
BACIA DO PIRACUAMA	58165000	FAZENDA KANEGAI 2D-054R	14	16	2	A -	-	-	D	-	-	RSM - até 1982	
	58165500	FAZENDA SANTA CLARA 2E-044	-	-	-	-	-	-	D	-	-		
BACIA DO UINA	58170000	REMEDIOS	8	16	8	A -	-	-	D	-	-	1941 - Falha em 1 e 2/09/1941	
	58170100	BAIRRO DOS REMEDIOS 2E-012	58	-	-	-	-	-	D	-	-		
	58177000	FAZENDA MODELO 2D-007	30	31	1	A -	-	-	D	-	-		
	58182500	PONTE DE PINDAMONHANGABA	12	-	-	-	-	-	D	-	-	NOTA POTENCIAL DE CHEIAS - B	
	58183000	PINDAMONHANGABA (PCD)	-21	4	25	A Alta	A	8	D	Alta	C	C	
RIB. DO PINHÃO	58185000	PINDAMONHANGABA 2D-005	2	0	-	-	-	-	D	-	-	RSM - Problemas em 1981	
	58192000	VARZEA DO PARAIBA 2D-025	0	-	-	-	-	-	D	-	-		
RIB. TETEQUERA	58194000	FAZENDA SAPUCAIA 2D-044	-	-	-	-	-	-	D	-	-		
RIO PIRAPITINGUI	58198000	PIRAPITINGUI 2D-059R	-	-	-	-	-	-	D	-	-		
	58204000	GUARATINGUETA	91	98	7	A Alta	A	2	B	Baixa	B	B	
	58204100	GUARATINGUETA V1-028	-	-	-	-	-	-	D	-	-		
	58206000	BAIRRO RIO COMPRIDO 2D-006R	6	28	22	A -	-	1	A	-	-	RSM - 513 m³/s fora período de vazoes obser- vadas	
BACIA DO PIAGUI	58207000	PILOES	13	19	6	A -	-	2	B	Baixa	B	B	Períodos com- plementares
	58211000	COLONIA PIAGUI 2D-037	30	46	16	A -	-	-	D	-	-	Períodos com- plementares	

TABELA 2.6 - (continuação).

BACIA	CÓDIGO	ESTAÇÃO	HMÍN OBSERVADO	HMÍN MEDIDO	HMÍN MEDIDO - HMÍN OBSERVADO	ESTABILIDADE DO FUNDO: ALTA, MÉDIA OU BAIXA	NÚMERO DE CURVAS NA PARTE INFERIOR	DISPERSÃO PARTE INFERIOR CURVA: ALTA OU BAIXA	NOTA ESTIAGEM	OBSERVAÇÕES	OBRAS HIDRÁULICAS
RIB. DOS MACACOS	58215000	FAZENDA SANTA CATARINA 2D-056	20	25	5	A - -	-	D -	-	RSM - até 1979 ; COTAS até 1992	
RIB. PALMITAL	58217500	PITEU 2D-061R	71	-	-	- - -	-	D -	-		
	58218000	CACHOEIRA PAULISTA (PCD)	27	40	13	A Média	B 5	C Alta	C C		
	58218100	CACHOEIRA PAULISTA	150	-	-	- - -	-	D -	-		
BACIA DO BOCAINA	58220000	FAZENDA SANTA CLARA	70	76	6	A Baixa	C 3	B Baixa	B C	1983 e 1987 - Completar dias	
BACIA DO PASSA-VINTE	58227000	EMBAU 2D-058R	66	-	-	- - -	-	D -	-	COTAS - 1987-92	
BACIA DO PASSA-VINTE	58228000	PASSA VINTE 2D-057	40	53	13	A - -	-	D -	-		
	58230000	CRUZEIRO	54	60	6	A - -	2	B Baixa	B B		
	58230100	CRUZEIRO 1D-008R	76	-	-	- - -	-	D -	-	COTAS - 1987-92	
	58230200	CRUZEIRO V1-032	78	-	-	- - -	-	D -	-	COTAS - até 1978	
	58235000	QUELUZ	76	65	11	A Alta	A 1	A Baixa	A A	COTA - Falha 1981-87	
	58235100	QUELUZ V1-033	101	124	23	A Alta	A 1	A Baixa	A A		
	58240000	FUNIL V1-035	-	-	-	- - -	-	D -	-		
RIO DA SESIMARIA	58242000	ITATIAIA	109	126	17	A Alta	A 3	B Baixa	A B	VAZÃO - 1966-78	
	58250000	RESENDE	8	8	0	A Média	B 1	A Baixa	A B		
BACIA DO PIRAPETINGA	58256000	PEDRA SELADA	10	16	6	A - -	1	A Baixa	A A		
BACIA DO PIRAPETINGA	58258000	PONTE NOVA	31	34	3	A Alta	A 5	C Alta	C C		
	58262000	FLORIANO V1-082	-	-	-	- - -	-	D -	-		
RIO TURVO	58270000	GLICERIO	0	4	4	A Média	B 8	D Alta	C C		
RIO TURVO	58287000	RIALTO	0	10	10	A Média	B 3	B Baixa	A B		

TABELA 2.6 - (continuação).

BACIA	CÓDIGO	ESTAÇÃO	HMÍN OBSERVADO	HMÍN MEDIDO	HMÍN MEDIDO - HMÍN OBSERVADO	ESTABILIDADE DO FUNDO: ALTA, MÉDIA OU BAIXA	NÚMERO DE CURVAS NA PARTE INFERIOR	DISPERSÃO PARTE INFERIOR CURVA: ALTA OU BAIXA	NOTA ESTIAGEM	OBSERVAÇÕES	OBRAS HIDRÁULICAS
	58300000	BARRA MANSÁ (PCD)	94	101	7	A Baixa	C	2	B Baixa	A C	
	58300001	BARRA MANSÁ V1-034	-	-	-	- -	-	-	D -	-	RSM - apenas 1 registro
	58305000	VOLTA REDONDA V1-080	-	-	-	- -	-	-	D -	-	
	58305001	VOLTA REDONDA	62	87	25	A Alta	A	1	A Baixa	A A	Falhas todo período 1968- 91. Possibilida- de geração 4 anos de vazões
	58321000	BARRA DO PIRAI	0	26	26	A -	-	1	A Baixa	B B	VAZÃO - Falha 1957-81
	58322000	BARRA DO PIRAI V1-037	-	-	-	- -	-	-	D -	-	No arc view, 58370000
BACIA DO PIRAI	58335000	LIDICE	18	28	10	A Baixa	C	5	C Alta	D C	
	58338000	FAZENDA SANTANA	45	57	12	A S/I n- for.	-	2	B Alta	C C	
	58350000	FAZENDA BELA VISTA V1-104	-	-	-	- -	-	-	D -	-	RSM - Apenas 3 registros no banco (1981)
	58352800	PIRAÍ	-	-	-	- -	-	-	D -	-	
	58359000	SANTANÉSIA V1-043	-	-	-	- -	-	-	D -	-	
	58380001	PARAIBA DO SUL-RN	38	44	6	A Alta	A	3	B Baixa	A B	
	58385000	TRES RIOS V1-245	103	-	-	- -	-	-	D -	-	COTAS - Ape- nas 1988-95
PIABANHA	58400000	PETROPOLIS	11	32	21	A -	-	3	B Alta	C C	
	58405000	PEDRO DO RIO	24	29	5	A Alta	A	2	B Baixa	A B	1990 - Com- pletar dias
	58409000	AREAL-RN	10	16	6	A Média	B	4	C Alta	C C	
	58420000	FAZENDA SOBRADINHO	25	28	3	A Alta	A	2	B Baixa	A B	
	58425000	MORELI (PARADA MORELI)	0	8	8	A Alta	A	2	B Baixa	B B	
	58427000	TRISTAO CAMARA	12	-	-	- -	-	-	D -	-	
	58434000	FAGUNDES	5	26	21	A Alta	A	2	B Baixa	B B	
	58440000	MOURA BRASIL	0	6	6	A Alta	A	2	B Baixa	B B	Se com- posto com 58442000, as mínimas podem ser melhoradas (Nota "B"), ver relat. Region. Piabanha
	58442000	FAZENDA DA BARREIRA V1-050	8	-	-	- -	-	-	D Baixa	B -	Complementar à Moura Brasil

TABELA 2.6 - (continuação).

BACIA	CÓDIGO	ESTAÇÃO	HMÍN OBSERVADO	HMÍN MEDIDO	HMÍN MEDIDO - HMÍN OBSERVADO	ESTABILIDADE DO FUNDO: ALTA, MÉDIA OU BAIXA	NÚMERO DE CURVAS NA PARTE INFERIOR	DISPERSÃO PARTE INFERIOR CURVA: ALTA OU BAIXA	NOTA ESTIAGEM	OBSERVAÇÕES	OBRAS HIDRÁULICAS
BACIA DO PARAIBUNA MINEIRO	58470000	CHAPEU D'UVAS	0	1	1	A Alta	A 3	B Alta	C C	Efeito reservatório	
	58480000	JUIZ DE FORA	14	20	6	A -	- 5	C Alta	C C		
	58480500	JUIZ DE FORA- JUSANTE	68	76	8	A Média	B 3	B Baixa	A B		
	58500000	USINA BRUMADO	0	11	11	A Média	B 5	C Alta	D C		
	58512000	TORREOES	0	12	12	A Baixa	C 2	B Alta	C C	Efeito reservatório	
	58514000	FAZENDA SAO JOSE	10	-	-	- -	- -	D -	-		
	58516000	FAZENDA SAO JOSE	10	18	8	A Média	B 2	B Alta	C C		
	58516500	FAZENDA SANTO ANTONIO	20	24	4	A Alta	A 2	B Baixa	A B		
	58519000	COTEIPE	-	-	-	- -	- 1	A Baixa	A -		
	58520000	SOBRAJI	7	12	5	A Média	B 2	B Baixa	B B	Regua coberta em 1992	
	58525000	VISCONDE DE MAUA	6	7	1	A Alta	A 3	B Baixa	B B		
	58530000	PONTE DO SOUZA	18	22	4	A Média	B 3	B Baixa	B B		
	58535000	ZELINDA	7	14	7	A Média	B 4	C Alta	C C		
	58542000	SANTA RITA DO JACUTINGA	55	69	14	A Média	B 3	B Alta	C C		
	58549500	RIO PRETO	50	-	-	- -	- -	D -	-		
	58550000	PARAPEUNA	50	59	9	A Alta	A 3	B Baixa	B B		
	58550001	RIO PRETO	68	68	0	A Média	B 2	B Baixa	B B		
	58560000	VALENCA	40	44	4	A Média	B 4	C Baixa	A C	15Km de uma barragem de captação de água	
	58573000	PENTAGNA	141	148	7	A -	- 3	B Baixa	A B		
	58578000	TRAVESSAO DO MEIO	46	90	44	A -	- 2	B Baixa	B B	17Km a jusante usina Santa Rosa	
58585000	MANUEL DUARTE (PCD)	95	99	4	A Média	B 3	B Baixa	B B	Parece regularizar vazões de montante		
58590000	AFONSO ARINOS	88	98	10	A -	- 1	A Alta	C B			
58610000	ESTEVAO PINTO	12	20	8	A Média	B 3	B Baixa	B B			
58620000	SANTA FE V1-046	81	-	-	- -	- -	D -	-			
58630000	ANTA F V1-048	10	90	80	B -	- -	D -	-			
58630002	ANTA (ANTA G)	0	0	-	- Alta	A 2	B Alta	D C	Efeito reservatório		

TABELA 2.6 - (continuação).

BACIA	CÓDIGO	ESTAÇÃO	HMÍN OBSERVADO	HMÍN MEDIDO	HMÍN MEDIDO - HMÍN OBSERVADO	ESTABILIDADE DO FUNDO: ALTA, MÉDIA OU BAIXA	NÚMERO DE CURVAS NA PARTE INFERIOR	DISPERSÃO PARTE INFERIOR CURVA: ALTA OU BAIXA	NOTA ESTIAGGEM	OBSERVAÇÕES	OBRAS HIDRÁULICAS
	58632090	SUPLÍCIO	1			D -	-	-	-		
BACIA DO PAQUEQUER	58645000	SUMIDOURO	26	34	8	A Alta	A 3	B Baixa	B B	COTAS - Falha 1978-80	
	58648000	SÍTIO DA LAGOA	-	-	-	D -	-	-	-		
	58648001	PAQUEQUER	17	20	3	A Média	B 3	B Baixa	B B		
	58652000	UHE ILHA DOS POMBOS- BARRAGEM	-	-	-	- -	-	D -	-		
RIO ANGU	58658000	VOLTA GRANDE	50	58	8	A Alta	A 2	B Baixa	B B	RSM - 261 fora período de vazoes	
	58670002	FAZENDA DA BARRA (PIRAPETINGA)	108	116	8	A Alta	A 1	A Alta	C C		
POMBA	58710000	USINA ITUERE	0	1	1	A Média	B 2	B Alta	D C		
	58720000	TABULEIRO	49	71	22	A Média	B 4	C Alta	D C		
	58725000	FAZENDA FERRAZ	14 (49)	30	-	- -	- 2	B Alta	D D		
	58730000	GUARANI RV	106	103	3	A -	- 3	B Baixa	B B		
	58730001	GUARANI	100	103	3	A Alta	A 4	C Baixa	B C	1987 - Completar dias	
	58735000	ASTOLFO DUTRA	16	25	9	A -	- 3	B Baixa	B B		
	58736000	BARRA DO XOPOTO	0	13	13	A Alta	A 4	C Baixa	B C	RSM - 1997 a 2000	
	58750000	PIAU	-1	16	17	A Média	B 8	D Alta	D C		Reservatório PIAU Montante
	58755000	RIO NOVO	58	88	30	A Alta	A 5	C Baixa	B C		Usina Maurício a 85 Km montante
	58760000	ARACI (DAE-MG)	191	-	-	- -	- -	D -	-		
	58765000	USINA MAURICIO	64	56	8	A -	- 1	A Baixa	B B	Mesmo local da 58765001	~5km jusante Represa Maurício
	58765001	USINA MAURÍCIO	0	10	10	A Alta	A 1	A Baixa	A A	1980, 1982 e 1983 - Série precária	
	58770000	CATAGUASES	56	62	6	A Média	B 1	A Baixa	B B		
	DOIS RIOS	58790000	STO. ANTÔNIO DE PÁDUA	32	44	12	A Alta	A 5	C Baixa	C C	
58790002		STO. ANTÔNIO DE PÁDUA II	35	50	15	A Média	B 1	A Baixa	A B		
58795000		TRES IRMAOS	2	89	87	B Média	B 2	B Baixa	B B	Possível efeito de reservatório	
DOIS RIOS	58820000	FAZENDA MENDES	0	71	71	B -	- 4	C Alta	C C		
	58825000	PONTE ESTRADA DONA MARIANA	81	93	12	A Alta	A 2	B Baixa	A B		

TABELA 2.6 - (continuação).

BACIA	CÓDIGO	ESTAÇÃO	HMÍN OBSERVADO	HMÍN MEDIDO	HMÍN MEDIDO - HMÍN OBSERVADO	ESTABILIDADE DO FUNDO: ALTA, MÉDIA OU BAIXA	NÚMERO DE CURVAS NA PARTE INFERIOR	DISPERSÃO PARTE INFERIOR CURVA: ALTA OU BAIXA	NOTA ESTIAGEM	OBSERVAÇÕES	OBRAS HIDRÁULICAS
DOIS RIOS	58827000	BOM JARDIM	4	27	23	A - -	2	B Baixa	B B		
	58832000	CONSELHEIRO PAULINO	12	20	8	A Alta A	3	B Alta	C C		
	58837000	CAMBUCAS	25	31	6	A - -	2	B Baixa	B B		
	58846000	MANUEL DE MORAIS	12	18	6	A Alta A	4	C Baixa	B C	Regua coberta na maior cheia	
	58850000	PIMENTEL	13	19	6	A Alta A	2	B Baixa	B B	COTA - Muito baixa em 22-01-87; provável efeito de reservatório	
	58857000	ALDEIA-RV	0	3	3	A Média B	4	C Baixa	B C	Investigar vazões máximas em 02/1971; Completar dias - 1983; provável efeito de reservatório (forte)	
	58857001	ALDEIA-RN	(1)	2	3	A - -	-	D -	-	1955, 1956, 1962 e 1963 - Completar dias ;provável efeito de reservatório	
	58861000	MACUCO	32	36	4	A - -	3	B Alta	C C	Mesma posição que o 58862000	
	58868000	PONTO DE PERGUNTA	62	78	16	A - -	3	B Alta	C C		
	58870000	BARRA DO RIO NEGRO	26	37	11	A Média B	3	B Baixa	B B		
	58874000	DOIS RIOS	26	38	12	A Alta A	1	A Baixa	B B		
	58880001	SAO FIDELIS (PCD)	10	63	53	B Baixa C	2	B Baixa	B C		
	MURIAÉ	58910000	FAZENDA UMBÁUBAS	(2)	5	7	A Média B	4	C Alta	C C	
58915000		MURIAÉ	32	50	18	A - -	2	B Alta	C C		
58916000		BICUIBA	31	48	17	A - -	3	B Baixa	B B		
58916900		FAZENDA CACHOEIRA (DAE-MG)	108	-	-	- - -	-	D -	-		
58917000		JUSSARA	39	90	51	B Baixa C	2	B Baixa	B C		
58920000		PATROCÍNIO DO MURIAÉ	154	162	8	A Alta A	2	B Alta	C C		
58930000		CARANGOLA	14	60	46	A Média B	3	B Baixa	B B	Provável efeito de reservatório	
58934000	PORCIÚNCULA	9	80	71	B Alta A	2	B Alta	D C			
58940000	ITAPERUNA	50	150	100	D Alta A	2	B Alta	D C			

TABELA 2.6 - (continuação).

BACIA	CÓDIGO	ESTAÇÃO	HMÍN OBSERVADO	HMÍN MEDIDO	HMÍN MEDIDO - HMÍN OBSERVADO	ESTABILIDADE DO FUNDO: ALTA, MÉDIA OU BAIXA	NÚMERO DE CURVAS NA PARTE INFERIOR	DISPERSÃO PARTE INFERIOR CURVA: ALTA OU BAIXA	NOTA ESTIAGEM	OBSERVAÇÕES	OBRAS HIDRÁULICAS
MURIAÉ	58960000	CARDOSO MOREIRA - RV	0	2	2	A Baixa	C 5	C Baixa	B C	Provável efeito de reservatório	
	58972000	GUARUS	533	530	3	A -	- -	D -	-	Mesmas vazões e cotas que o posto vizinho 58972000 (suprimido)	
	58974000	CAMPOS-PONTE MUNICIPAL	505	516	11	A -	- -	- -	-	Mesmas vazões e cotas que o posto vizinho 58972000 (suprimido)	

TABELA 2.7 - Estações fluviométricas com séries de dados complementares.

ESTAÇÃO ADOTADA	ENTIDADE	PERÍODO DISPONÍVEL	ESTAÇÃO COMPLEMENTAR	ENTIDADE	PERÍODO DISPONÍVEL
58040000	FCTH/DAEE-SP	1979 - 2007	58040100 58040200	ANA ANA	1930 - 1974 1973 - 2007
58088000	ANA	1950 - 1958	58087800	LIGHT	1943 - 1959
58099000	ANA	1952 - 2007	58096000 58097000	LIGHT CESP	1952 - 2004 1965 - 1972
58105300	ANA	1978 - 1983	58105000	ANA	1932 - 1980
58110002	ANA	2000 - 2007	58110000	ANA	1931 - 1972
58142200	ANA	1979 - 1999	58142000	ANA	1932 - 1972
58183000	ANA	1978 - 1999	58182500	FCTH/DAEE-SP	1983 - 1997
58204000	ANA	1978 - 1995	58204100	LIGHT	1978 - 1994
58218000	ANA	1978 - 1999	58218200	FURNAS	1978 - 1997
58230100	FCTH/DAEE-SP	1971 - 2000	58230000 58230200 58230201	ANA LIGHT LIGHT	1935 - 1980 1978 - 1995 1970 - 1995
58235100	ANA	1978 - 2007	58235000	FURNAS	1978 - 1995
58242000	FURNAS	1979 - 1999	58240000	LIGHT	1978 - 1992
58300000	ANA	1978 - 1999	58300001	LIGHT	1978 - 1996
58305001	ANA	1993 - 2007	58305000	LIGHT	1978 - 1996

TABELA 2.7 - (continuação).

ESTAÇÃO ADOTADA	ENTIDADE	PERÍODO DISPONÍVEL	ESTAÇÃO COMPLEMENTAR	ENTIDADE	PERÍODO DISPONÍVEL
58370000	LIGHT	1978 - 1997	58321000	ANA	1982 - 1995
			58322000	LIGHT	1919 - 1959
58440000	ANA	1933 - 2007	58442000	LIGHT	1951 - 2004
58550001	ANA	1972 - 2007	58550000	ANA	1934 - 1972
58630002	ANA	1978 - 2007	58630000	LIGHT	1978 - 1992
58730001	ANA	1949 - 2007	58730000	ANA	1934 - 1944
58765001	ANA	1967 - 2007	58765000	ANA	1929 - 1962
58790000	ANA	1935 - 2001	58790002	ANA	2001 - 2007
58857000	ANA	1936 - 2007	58857001	ANA	1950 - 1970

poderiam ser explicadas pela operação de reservatórios e horários de leitura das réguas. Observa-se que as maiorias das estações que tiveram problemas de continuidade de vazão foram às mesmas do projeto de disponibilidade hídrica de 2002, além disso, de maneira geral, os dados da Q<sub>média</sub> e Q<sub>95%</sub> posteriores a 2000, tiveram dados de vazão menores.

## Análise Estatística e Seleção das Estações para Estudo

Na bacia do Paraíba do Sul existem muitos reservatórios de regularização com usinas hidrelétricas ou derivações para abastecimento, e ainda há a previsão para implantação de outros, principalmente, no curso principal. Consultando-se o SIPOT (Eletrobrás, 2000), os estudos do PQA (Labhid/Coppe, 1999) foi realizada a atualização dos reservatórios da bacia considerados importantes que encontram-se apresentados na **Tabela 2.9**.

Para verificar a estacionariedade das séries de vazões médias anuais foi utilizado o programa HIDROCAL (CPRM, 2011). Foram avaliadas todas as estações selecionadas que se localizam no curso principal, onde se encontram os maiores aproveitamentos hidrelétricos, e algumas estações dos principais afluentes da bacia que estão apresentadas na **Tabela 2.10** e no **Anexo DVD D.1**. O objetivo dessa avaliação é a detecção de períodos com comportamento diferente do restante da série e a investigação da origem desse comportamento. Se a origem é conhecida (i.e. barragem ou precipitação) deve-se optar pela exclusão ou não, respectivamente, do período considerado atípico.

Através do programa HIDROCAL (CPRM, 2011) foram realizados testes para diferentes períodos de uma mesma série, considerando um período mínimo de cinco anos de

dados na partição de série. Foram utilizados os testes paramétricos t-Student e F-Fisher para verificação das igualdades da média e da variância respectivamente, devendo nesses casos as observações serem independentes e se ajustarem à distribuição normal, entretanto, tais requisitos não foram verificados.

O teste de variância (F-Fisher) é realizado primeiramente para saber se deve-se assumir amostras com variâncias equivalentes ou diferentes. Com base nesse resultado aplica-se o teste t-Student. A identidade da média ou da variância é aceita quando a probabilidade calculada pelos testes correspondentes é maior que o nível de significância considerado na avaliação, no caso 5%. Alguns resultados estão apresentados no **Anexo DVD D.4** juntamente com alguns gráficos de séries de vazões médias mensais utilizados na análise. As séries foram consideradas “estacionárias”, quando o teste da média foi aceito para todos os pares de período avaliados, mesmo que rejeitado o teste da variância.

O curso principal da bacia, rio Paraíba do Sul, é muito regularizado. Assim o seu comportamento hidrológico está muito relacionado ao procedimento de operação das barragens instaladas ao longo de sua extensão. Sendo assim foi realizado um levantamento da regulamentação de operação dessas barragens para tentar entender a influência dessas nos resultados dos testes de estacionariedade.

Foram encontrados os seguintes documentos:

- Decreto n.º 68.324/78 – discorre sobre a operação da usina de Santa Branca
- Decreto n.º 81.436/78 – altera a operação da usina de Santa Branca
- Resolução n.º 211/2003 da Agência Nacional de Águas – Regras de operação do sistema hidráulico do rio Paraíba do Sul.

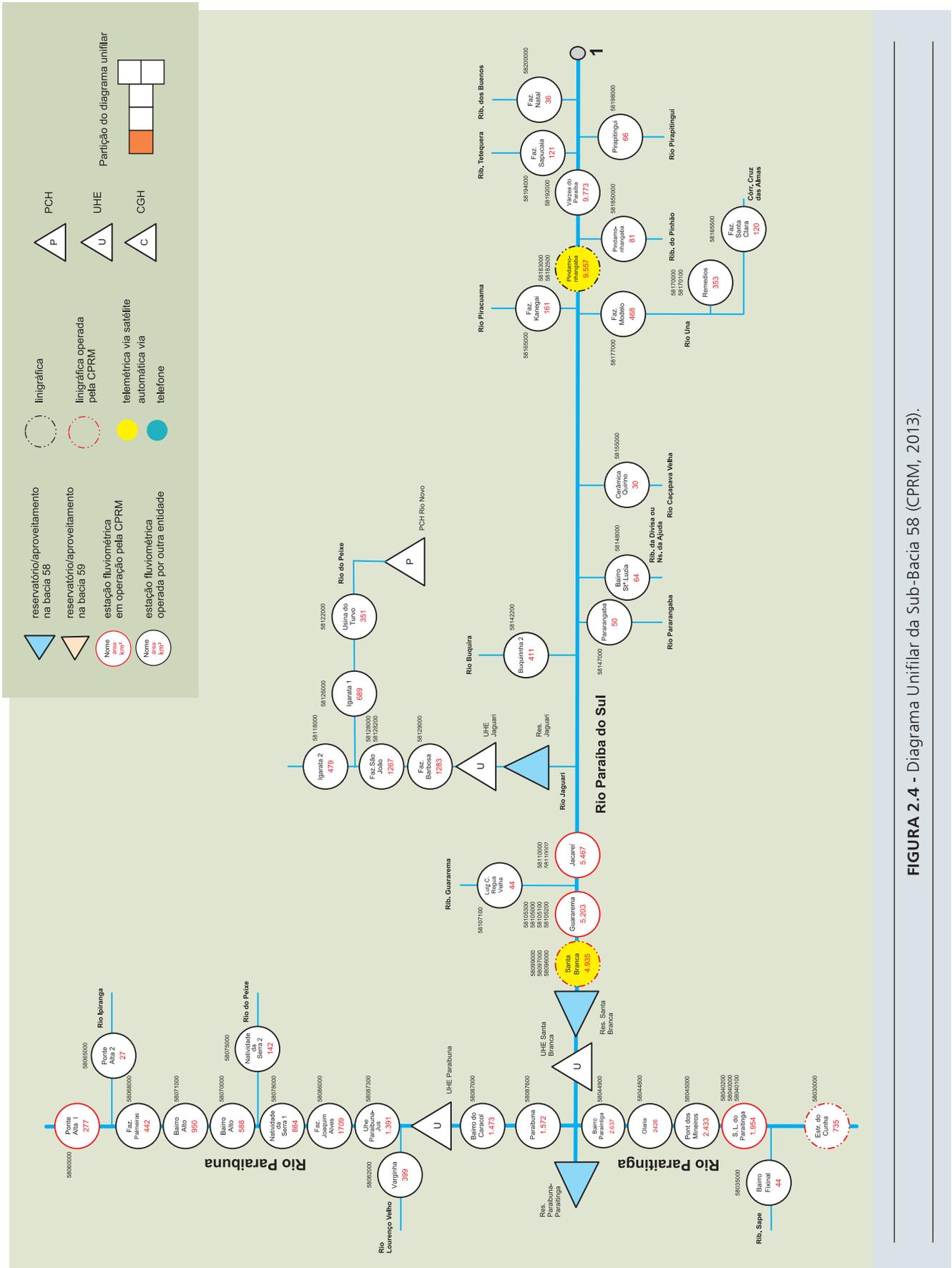


FIGURA 2.4 - Diagrama Unifilar da Sub-Bacia 58 (CPRM, 2013).

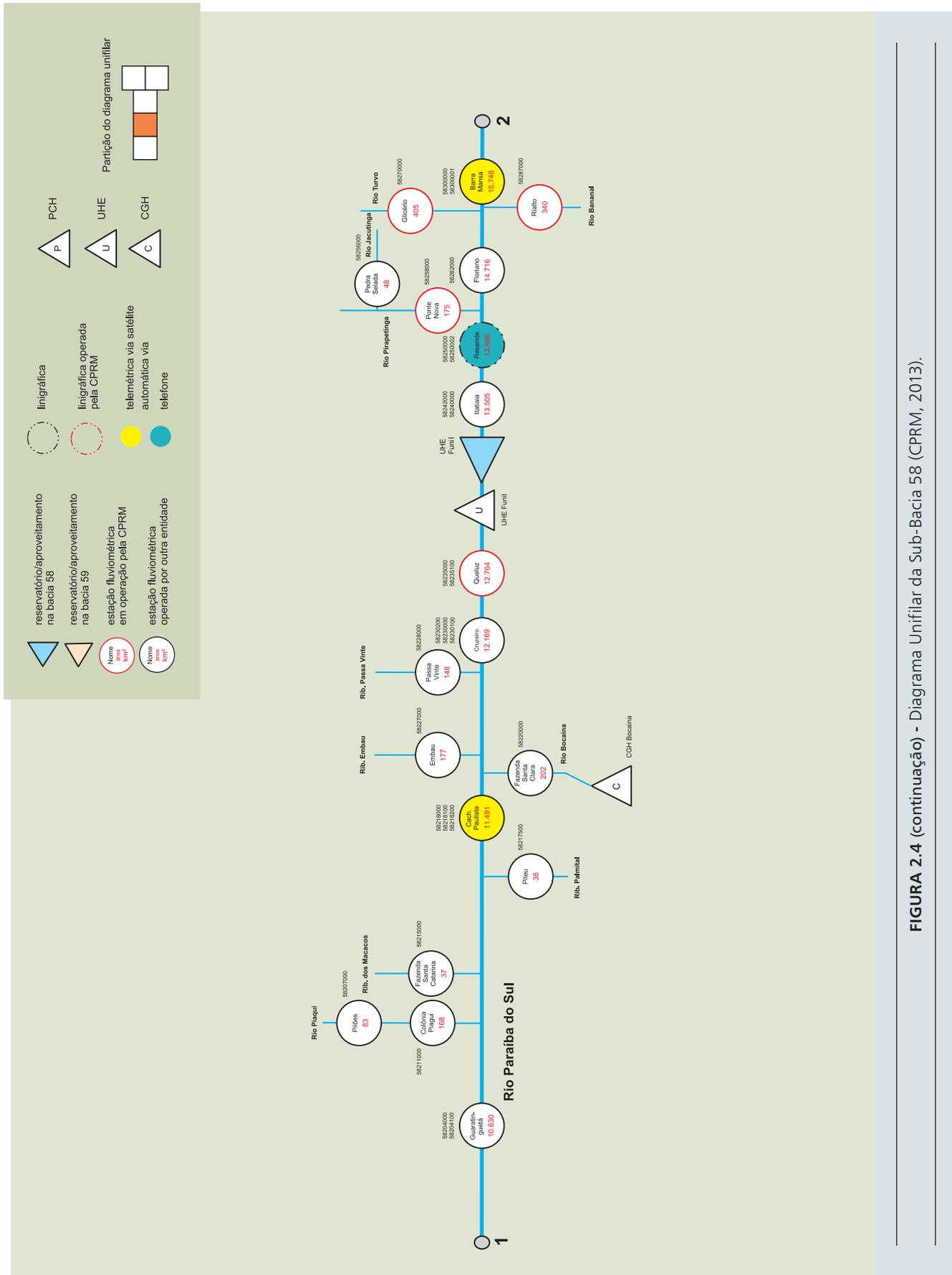


FIGURA 2.4 (continuação) - Diagrama Unifilar da Sub-Bacia 58 (CPRM, 2013).

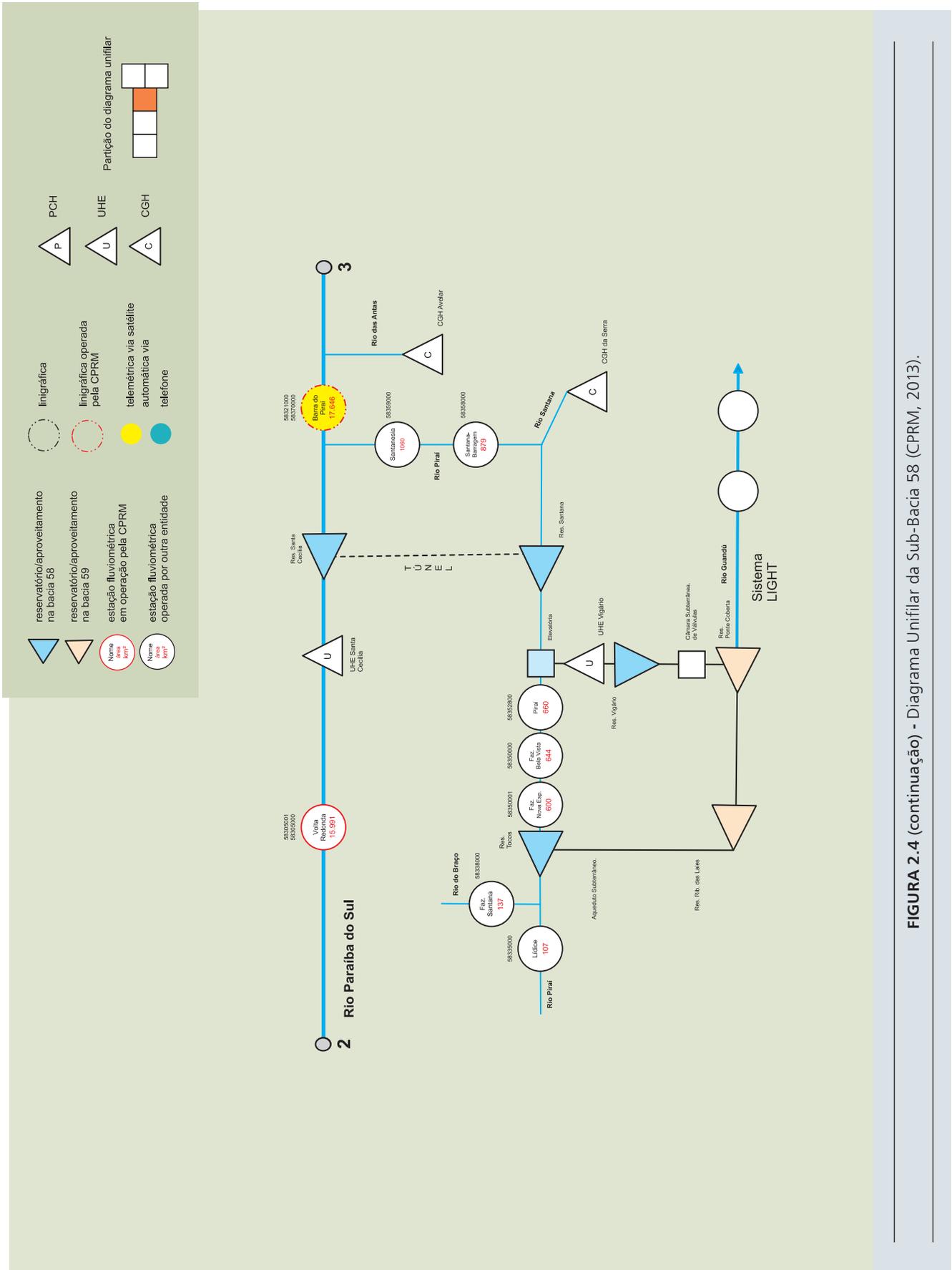


FIGURA 2.4 (continuação) - Diagrama Unifilar da Sub-Bacia 58 (CPRM, 2013).

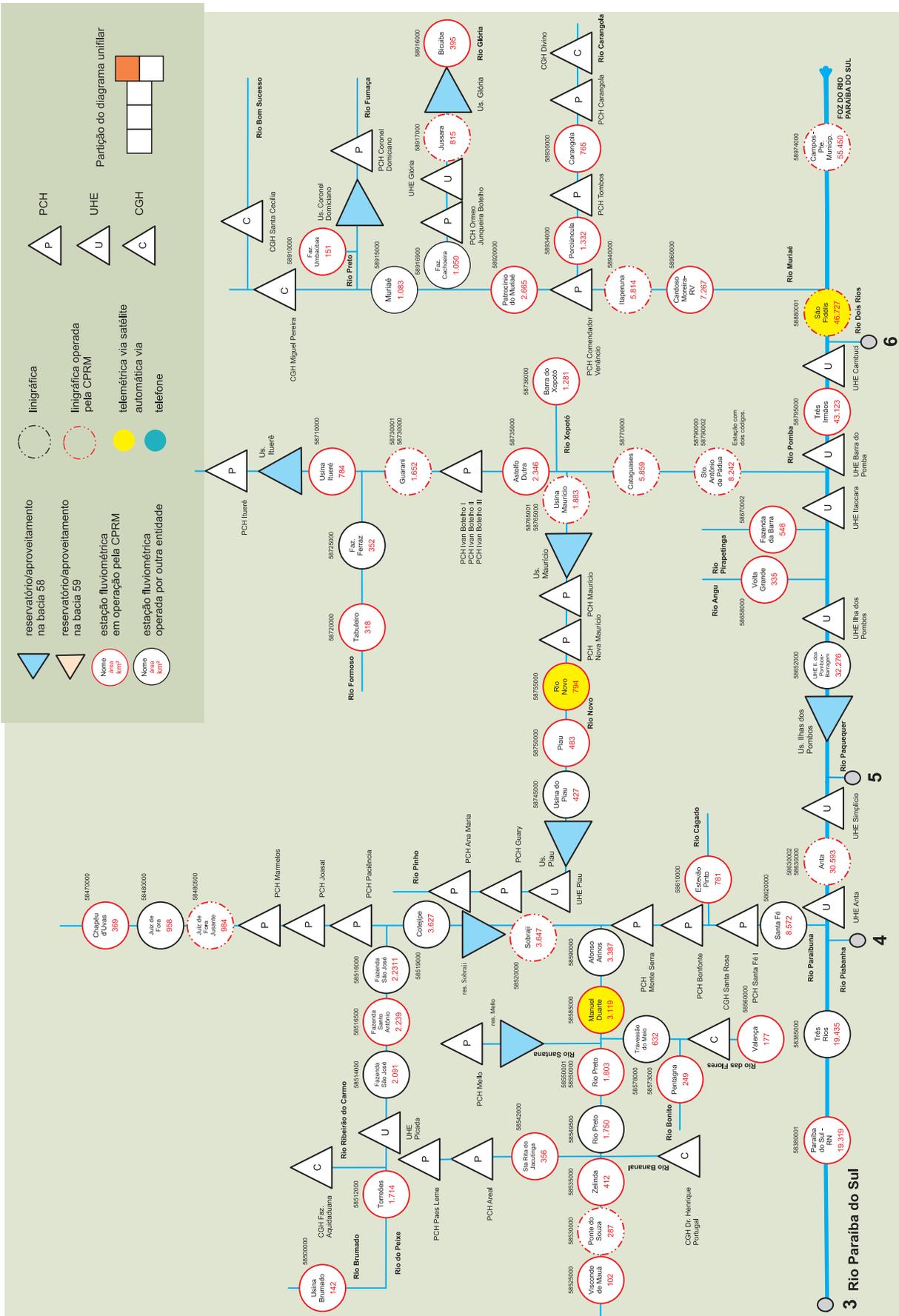


FIGURA 2.4 (continuação) - Diagrama Unifilar da Sub-Bacia 58 (CPRM, 2013).

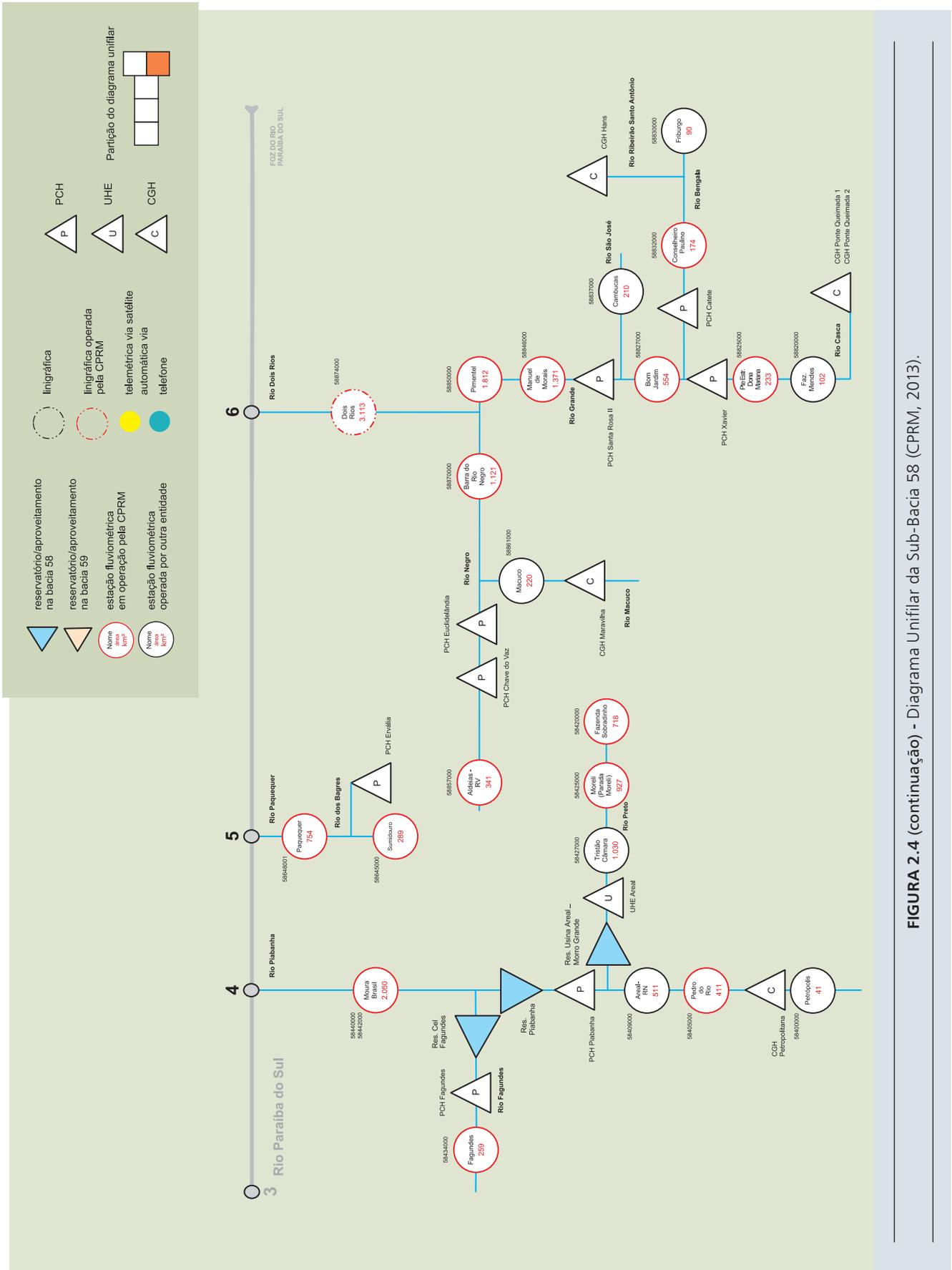


FIGURA 2.4 (continuação) - Diagrama Unifilar da Sub-Bacia 58 (CPRM, 2013).

TABELA 2.8 - Verificação da continuidade de vazões.

CÓDIGO	SUB-BACIA	Q95%	SOMA DAS VAZÕES DE MONTANTE	INCREMENTAL NEGATIVA ABSOLUTA	INCREMENTAL NEGATIVA %	OBSERVAÇÕES
58030000	58	5,92				
58033000	58	0,97				
58035000	58	0,28				
58040000	58	13,40	7,17	6,23	46,5	
58045000	58	16,60				
58044800	58	17,90				
58044900	58	15,70		-2,20	-14,0	Dentro do reservatório
58060000	58	3,53				
58065000	58	0,37				
58068000	58	3,42	3,90	-0,48	-14,0	Aceitável até incrementação negativa de 15%
58070000	58	8,64				
58071000	58	6,60				
58075000	58	0,93				
58078000	58	10,70	9,57	1,13	10,6	
58086000	58	16,90				
58087300	58	19,10				
58082000	58	4,16				
58087000	58	14,59	23,26	-8,67	-59,4	A 58087300 tem vazão regularizada pela barragem de Paraibuna e a estação 58087000 operou antes da construção da barragem (vazão natural), situada a jusante de onde hoje é a 58087300.
58087600	58	15,10				
58099000	58	37,21	31,70	5,51	14,8	
58105300	58	40,90				
58107100	58	0,20				
58110002	58	38,19	41,10	-2,91	-7,6	
58118000	58	2,91				
58122000	58	5,34				
58126000	58	8,23				
58128000	58	11,60	11,14			
58129000	58	11,60				
58138000	58	0,98				
58142200	58	4,21				

TABELA 2.8 - (continuação).

CÓDIGO	SUB-BACIA	Q95%	SOMA DAS VAZÕES DE MONTANTE	INCREMENTAL NEGATIVA ABSOLUTA	INCREMENTAL NEGATIVA %	OBSERVAÇÕES
58148000	58	0,25				
58155000	58	0,04				
58165000	58	0,84				
58165500	58	0,81				
58170000	58	1,51				
58170100	58	1,22				
58177000	58	1,61				
58183000	58	92,60	57,72	<b>34,88</b>	<b>37,7</b>	
58185000	58	0,08				
58192000	58	97,56	92,68	<b>4,88</b>	<b>5,0</b>	
58194000	58	0,54				
58198000	58	0,40				
58204000	58	104,00				
58207000	58	1,04				
58211000	58	1,17				
58215000	58	0,18				
58217500	58	0,13				
58218000	58	112,13	105,48	<b>6,65</b>	<b>5,9</b>	
58220000	58	1,33				
58227000	58	1,45				
58228000	58	0,90				
58230100	58	126,21	115,81	<b>10,40</b>	<b>8,2</b>	
58235100	58	129,00				
58242000	58	151,00				
58250000	58	164,00				
58256000	58	0,52				
58258000	58	1,72				
58262000	58	195,00	165,72	<b>29,28</b>	<b>15,0</b>	
58270000	58	3,10				
58287000	58	1,38				
58300000	58	197,00	199,48	<b>-2,48</b>	<b>-1,3</b>	
58305001	58	188,00		<b>-9,00</b>	<b>-4,8</b>	

TABELA 2.8 - (continuação).

CÓDIGO	SUB-BACIA	Q95%	SOMA DAS VAZÕES DE MONTANTE	INCREMENTAL NEGATIVA ABSOLUTA	INCREMENTAL NEGATIVA %	OBSERVAÇÕES
58370000	58	59,50		-128,50	-216,0	A diminuição da vazão em relação a 58305001 é resultado da captação em Santa Cecília para a sub-bacia 59.
58380001	58	56,05		-3,45	-6,2	
58385000	58	64,60				
58335000	58	1,39				
58338000	58	2,15				
58350000	58	0,77				
58352800	58	1,00				
58359000	58	0,78				
58400000	58	0,78				
58405000	58	3,22				
58409000	58	3,69				
58420000	58	5,71				
58425000	58	6,64				
58427000	58	8,66				
58434000	58	1,36				
58440000	58	8,15	13,71	-5,56	-68,3	Regulada e não tem nenhuma estação a jusante do reservatório para ser comparada. Ela é a única estação a jusante
58470000	58	3,48				
58480000	58	8,66				
58480500	58	9,62				
58500000	58	1,34				
58512000	58	16,50				
58514000	58	21,50	17,84	3,66	17,0	
58516500	58	19,60		-1,90	-9,7	
58516000	58	20,40				
58519000	58	34,60	29,22	5,38	15,5	
58520000	58	31,00				
58610000	58	5,09				
58620000	58	77,00	68,89	8,11	10,5	
58525000	58	1,40				
58530000	58	4,00				
58535000	58	5,41				

TABELA 2.8 - (continuação).

CÓDIGO	SUB-BACIA	Q95%	SOMA DAS VAZÕES DE MONTANTE	INCREMENTAL NEGATIVA ABSOLUTA	INCREMENTAL NEGATIVA %	OBSERVAÇÕES
58542000	58	3,77				
58549500	58	20,60	9,18	11,42	55,4	
58550001	58	20,20		-0,40	-2,0	
58560000	58	0,84				
58573000	58	1,57				
58578000	58	4,06	2,41	1,65	40,8	
58585000	58	29,40	24,26	5,14	17,5	
58590000	58	32,80				
58630002	58	149,04	149,75	-0,71	-0,5	
58645000	58	2,09				
58648001	58	4,28				
58652000	58	220,70	153,32	67,38	30,5	
58658000	58	1,76				
58670002	58	2,75				
58710000	58	7,48				
58720000	58	3,60				
58725000	58	4,87				
58730001	58	14,40	12,35	2,05	14,3	
58735000	58	17,60				
58736000	58	1,54				
58750000	58	4,92				
58755000	58	6,63				
58760000	58	1,17				Localização no mapa não confere com dados da estação
58765001	58	10,00				
58770000	58	36,30	29,14	7,16	19,7	
58790000	58	47,60				
58795000	58	233,00	272,81	-39,81	-17,1	No período a partir de 1978, considerado para cálculo da média, a estação 58652000 tem somente 3 anos que têm média anual alta.
58820000	58	1,44				
58825000	58	2,38				
58832000	58	1,56				
58827000	58	4,90	3,94	0,96	19,6	

TABELA 2.8 - (continuação).

CÓDIGO	SUB-BACIA	Q95%	SOMA DAS VAZÕES DE MONTANTE	INCREMENTAL NEGATIVA ABSOLUTA	INCREMENTAL NEGATIVA %	OBSERVAÇÕES
58837000	58	0,99				
58846000	58	9,90	5,89	4,01	40,5	
58850000	58	10,68				
58857000	58	1,81				
58861000	58	1,04				
58870000	58	3,23	2,85	0,38	11,7	
58874000	58	14,68	13,91	0,77	5,2	
58880001	58	238,00	247,68	-9,68	-4,1	
58910000	58	0,94				
58915000	58	7,08				
58916000	58	2,90				
58917000	58	4,99				
58916900	58	6,52				
58920000	58	12,70	12,07	0,63	5,0	
58930000	58	2,95				
58934000	58	5,16				
58940000	58	25,00	17,86	7,14	28,6	
58960000	58	21,30				
58974000	58	263,13	259,30	3,83	1,5	

TABELA 2.9 - Aproveitamentos existentes no curso principal.

APROVEITAMENTO	CÓDIGO - SIPOT	CURSO D'ÁGUA	PROPRIETÁRIO	ANO DE FECHAMENTO	INÍCIO DE OPERAÇÃO
PARAIBUNA / PARAÍTINGA	58087780	PARAIBUNA E PARAÍTINGA	CESP	01/01/1974	01/04/1978
SANTA BRANCA	58093080	PARAÍBA DO SUL	LIGHT	20/12/1959	01/12/1998
JAGUARI	58128180	JAGUARI	CESP	01/05/1972	01/05/1972
FUNIL	58240080	PARAÍBA DO SUL	FURNAS	dez-69	
SANTA CECÍLIA (RESERV.)	58318080	PARAÍBA DO SUL	LIGHT		16/03/1952

Fonte: SIPOT 2000 (Eletrobrás, 2000); obs: as datas em itálico tiveram como fonte o relatório de Furnas de 1990 (sem referência).

TABELA 2.10 - Resultado do teste de estacionariedade.

CÓDIGO	ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	PERÍODO NÃO ESTACIONÁRIO	INTERVENÇÃO	SÉRIES A SEREM DESCARTADAS
58542000	Não	Rejeita em sequência a partir de 1942/43 depois estável	Duas Pch a montante Uma tem data de operação (1959-Areal) próx. a rejeição	Não descartar
58934000	Não	Rejeita a partir de 1945	A montante Pch Tombos com entrada em Operação 1912	Não descartar
58075000	02345070	Rejeita a partir de 1954/55		Não descartar
58434000	Não	Rejeita uma sequência de série a partir 1970/71 até 1986/87		Não descartar
58065000	02345069	1940/41, depois uma única série 1945/46		Não descartar
58128000	02346148 (N)	Rejeita a partir de 1955/56 depois as séries estáveis	Embora esteja a montante da Uhe Jaguari coincide com a entrada a partir de 1955	Não descartar
58920000	Não	Rejeita a partir de 1949/50 depois fica estável		Não descartar
58940000	02141045 (N) / 02141004	Rejeita a partir de 1984/85	A montante Pch Comendador Venâncio com entrada em 1927	Não descartar
58960000	02141003	Rejeição a partir de 2000/01, nas duas últimas séries		Não descartar
58760000	Não	Rejeita quase todas as séries a partir de 1937/38 a 1946/77	Duas Pch a montante. A Pcv Maurício em 1908 e a Nova Maurício em 1956	Não descartar
58096000	02345106 (sem dado) 02345071	Rejeita três séries seguidas a partir de 1979/80	A data de rejeição coincide com a data da entrada da Uhe Paraibuna, depois as séries se tornam estáveis.	Descarta as séries antes de 1978
58099000	02345037 (sem dado) 02345071	Rejeita as duas últimas séries, 2000/2001 e 01/02	Está a jusante da Uhe Paraibuna, aparentemente na análise dos dados não sofre influência da Uhe.	Descarta as séries antes de 1978. SOBREPOTA
58105300	02346099	Rejeita uma série de 1967 e depois um conjunto de série que vai de 1969/70 a 1973/74	A montante existe duas Uhes: a Paraibuna (1978) e a Santa Branca (entrada em OP em 1998).	Descarta as séries antes de 1978. SOBREPOTA
58110000	02345204 (N)	Rejeita pequenas séries intercaladas a partir 1945/46		Descarta as séries antes de 1978
58152000	02345115 (N)	Rejeita uma única série 1965/69		Descarta as séries antes de 1978
58183000	02245049(N)	Rejeita 1974/75 a 1983/84 depois estável		Descarta as séries antes de 1978
58192000	Não	Rejeita duas séries 1980/81 e 1981/82		Descarta as séries antes de 1978
58230200	Não	Rejeita quase todas as séries de 1974/75 a 1981/82		Descarta as séries antes de 1978. SOBREPOTA
58235000	02244001	Rejeita 1966/67 a 70/71, depois 1988/89	Montante da Uhe Funil com entrada em O.P em 1969	Descarta as séries antes de 1978. SOBREPOTA
58235100	02244001	Rejeita 2 séries iniciais 1951-1955/ 1956-2006 e 1956/57	3 Uhe a montante, mas bem distante. São elas: Paraibuna, Santa Branca, Jaguari e uma Pch em um rio terciário.	Descarta as séries antes de 1978. SOBREPOTA
58250000	02244092 / 087 / 161	Rejeita as duas últimas séries a 1988/89/90		Descarta as séries antes de 1978
58262000	Não	Rejeita quase todas as séries a partir 1974/75 até		Descarta as séries antes de 1978
58305001	Não	Rejeita 3 série 1998/99 até 2000/2001	Fica a montante da Uhe S. Cecília em operação a partir de 1999 e a jusante da Uhe Funil	Descarta as séries antes de 1978. SOBREPOTA

TABELA 2.10 - (continuação).

CÓDIGO	ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	PERÍODO NÃO ESTACIONÁRIO	INTERVENÇÃO	SÉRIES A SEREM DESCARTADAS
58322000	02243225 (N)	Rejeita quase toda a série a 1928/29 até 1953/54	As duas séries finais coincide com o início em operação da Uhe S. Cecília.	Descartar as séries antes de 1978
58380001	02243003	Rejeita as últimas séries de 1996/97 até 2001/2002	A montante existe um reservatório Tocós criado em 1912	Descartar as séries antes de 1978
58630002	02242077 (N)	Só aceita duas série iniciasi dentro de dados que vai de 1931 a 2006	UHE Ilha dos Pombos início 1924 a jusante	Descartar as séries antes de 1978
58321000	02243002	Rejeira todas as séries. Os dados vai de 1922 a 1993.	3 Uhe a montante, mas bem distante, a Paraibuna, Santa Branca, e Jaguari. Uma Uhe bem próx. A Santa Cecília em operação a partir de 1952.	Descartar as séries antes de 1978
58652000	02142059 (N)	Rejeita quase todas as séries de 1926/27 até 1955/56	UHE Ilha dos Pombos início 1925 a montante	Descartar as séries antes de 1978
58795000	Não	Rejeita as 3 primeiras séries 1986/87 até 1988/89	Uhe de Pombos com entrada em operação em 1924	Descartar as séries antes de 1978.
58974000	02141022 (N)	Rejeita a partir de 1943/44. e várias outras intercaladas.		Descartar as séries antes de 1978
58060000	02345118	1ª Série 1966/67 depois 1986/87		Não descartar
58071000	02345093	Rejeita todas as séries a partir de 1926/27		Não descartar
58087300	Não	Rejeita três séries a partir de 1979/81	A data coincide com a entrada em operação da Uhe Paraibuna em 1978	Não descartar
58087600	02345102	Rejeita uma única série de 1951/52	Embora esteja a jusante da Uhe Paraibuna, não se pode falar que esse a influi. Só existe dados até 1954.	Não descartar
58470000	Não	Rejeita 1953/54 e depois outras séries a partir de 1965/66		Não descartar
58480000	02143056	Rejeita a a partir de 1950/51/53 depois estável	3 Pch (prox.) A jusante. A Pch Joasal coincide a operação em 1950 com rejeição .	Não descartar
58030000	02245055	Rejeita 4 séries intercaladas com início em 1945/46		Não descartar
58035000	02345006 (N)	Rejeita duas séries a 1963/64 e 1964/65		Não descartar
58040000	02345017 (N)	Rejeita a série 1996/97 e depois as séries 1998/99 até 2001/02		Não descartar.
58040100	02345017 / 02345104 (N)	Rejeita série intercalada a partir de 1942/43		Não descartar.
58045000	02345068	Rejeita as 4 primeiras séries a partir de 1955/57		Não descartar
58440000	02243015	Rejeita sequências intercaladas a partir de 1946/47	A jusante existe a Pch Piabanha (em operação desde 1908) e Fagundes e uma Uhe Areal.	Não descartar
58710000	02143000	Rejeita uma única série de 1991/92	Pch Ituerê em operação desde 1928, aparentemente sem influência	Não descartar
58730001	Não	Rejeita a partir de 1957/58 e depois 2000/01	Pch Ivan Botelho a jusante, partir de 2002. Sem influência	Não descartar
58735000	Não	Rejeita a partir de 1941/42	Pch Ivan Botelho a montante, partir de 2002. Sem influência	Não descartar
58770000	02142050 (N)	Rejeita em quase todas as séries a partir de 1943/44	Com várias Pch e Uhe, Piau, com entrada em operação em dois períodos: de 1910 a 1955 e a partir do ano 2000.	Não descartar

TABELA 2.10 - (continuação).

CÓDIGO	ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	PERÍODO NÃO ESTACIONÁRIO	INTERVENÇÃO	SÉRIES A SEREM DESCARTADAS
58790000	02142058	Rejeição intercalada a partir de 1950/53	Com várias Pch e Uhe, Piau, com entrada em operação em dois períodos: de 1910 a 1955 e a partir do ano 2000.	Não descartar
58530000	Não	Rejeita em séries intercaladas a partir de 1966/67	Nenhuma intervenção	Não descartar
58535000	Não	Rejeita em quase todas as séries a partir de 1931/32	Nenhuma intervenção	Não descartar
58550001	02243270	Rejeita a partir de 1984/85	Pch Paes Leme, Areal e a Cgh Dr. Henrique Portugal	Não descartar
58585000	Não	Rejeita a 1987/88 e 88/89	Pch Melo, reservatória Melo e Cgh Santa Rosa	Não descartar
58736000	Não	Rejeita a partir de 1998/99	Nenhuma intervenção	Não descartar

- Resolução n.º 098/2004 Agencia Nacional de Aguas – Altera as regras estabelecidas pela Resolução 211/2003.

- Resolução n.º 465/2004 – Revoga a Resolução 098/2004, retomando as regras estabelecidas pela Resolução 211/2003.

Além disso, foi realizada uma comparação da série média mensal e anual das vazões das estações com a da precipitação total mensal e anual de um posto pluviométrico que estivesse localizado próximo às bacias de contribuição às estações. Esses gráficos podem ser encontrados no **Anexo DVD D.2**. Na maioria das situações e principalmente relacionado aos afluentes, os traçados (vazão x chuva) são razoavelmente similares, inclusive naqueles períodos, a partir dos quais as séries de vazões foram rejeitadas quanto à sua “estacionariedade”. Assim, para o curso principal, todas as estações apresentaram períodos de não-estacionariedade, mas de um modo geral, foi possível relacioná-los aos grandes empreendimentos hidrelétricos instalados, anteriores a década de 80. Já para as estações localizadas nas sub-bacias dos afluentes principais as estacionariedades ocorridas não puderam ser justificadas de modo a possibilitar o descarte da série.

Com relação ao curso principal, assim como em 2002, para uniformizar o período de tratamento dos dados, foram consideradas na análise de regressão apenas o período das séries de vazão das estações do curso principal após o ano de 1978, assim, foram descartados os dados do período anterior. Pois foi verificada a forte influencia da transposição através do sistema formado pelo reservatório de Santa Cecília que teve uma regulamentação importante em 1978 (Decreto n.º 81.436/78). Além disso, também se constatou que o reservatório de Paraibuna-Paraitinga exercia grande influencia nas estações a montante de Santa Cecília, e esse Reservatório iniciou sua operação em 1978. O descarte do período de dados anterior a 1978 resultou na exclusão das estações que só tinham dados anteriores a 1978 e daquelas que ficaram com menos cinco anos de dados após o descarte.

A **Tabela 2.11** apresenta as estações que foram retiradas nesse processo.

Na **Tabela 2.12** e no **Anexo DVD C.10** são apresentados todos os aproveitamentos cadastrados no SIPOT – 2000-2007, existentes e em estudo.

**TABELA 2.11** - Estações do curso principal retiradas durante o processo de análise de estacionariedade.

CÓDIGO	NOME
58087800	BAIRRO ALFERES BENTO
58088000	ESTRADA DE PARAIBUNA
58105100	GUARAREMA
58140100	FAZENDA IGACABA
58141000	MONTEIRO LOBATO
58141800	BARRAGEM BUQUIRA
58152000	CAÇAPAVA
58152100	CAÇAPAVA
58158000	TREMEMBÉ
58206000	BAIRRO RIO COMPRIDO
58218100	CACHOEIRA PAULISTA
58322000	BARRA DO PIRÁÍ
58358000	BARRAGEM DE SANTANA
58632090	SUPLÍCIO - BARRAGEM
58972000	GUARUS

TABELA 2.12 - Levantamento dos Reservatórios

RESERVATÓRIO	CURSO D'ÁGUA	RESPONSÁVEL	LATITUDE	LONGITUDE	ÁREA DE DRENAGEM (KM <sup>2</sup> )	INÍCIO DA OPERAÇÃO	ANO DE FECHAMENTO	TIPO DE APROVEITAMENTO
Areal	Rio Preto	Quanta Geração S/A	-22,2333	-43,0833				
Funil	Paraíba do Sul	Furnas Centrais Elétricas S/A.	-22,5302	-44,5669	13530			
Glória	Glória	Valesul Alumínio S/A	-21,0358	-42,3316				
Ilha dos Pombos	Paraíba do Sul	Light Energia S/A	-21,8500	-42,5833	32516	01/12/1999		
Jaguari	Jaguari	Companhia Energética de São Paulo	-23,19500	-46,0277	1300	01/05/1972	01/05/1972	
Paraibuna	Paraibuna	Companhia Energética de São Paulo	-23,4100	-45,6005	4150	01/04/1978	01/04/1978	
Piau	Piau	CEMIG Geração e Transmissão S/A	-21,5047	-43,3725	329	0		UHE
Picada	do Peixe	Votorantim Metais Zinco S/A	-21,8848	-43,5408	1702	01/12/2006		
Santa Branca	Jaguari	Companhia Energética de São Paulo	-23,3755	-45,8761	5030	01/12/1978		
Santa Cecília (Elevatória)	Paraíba do Sul	Light Energia S/A	-22,4827	-43,8388	16694	16/03/1952		
Sobragi	Paraibuna	Siderúrgica Barra Mansa S/A	-21,9400	-43,3700	3675	01/11/1998		
Vigário (Elevatória)	Piraí	Light Energia S/A	-22,6300	-43,8958	30			
Avelar	Das Antas	Rigotex de Avelar Indústria Têxtil Ltda.	-22,2938	-43,4180				
Bocaina	Bravo	União Comercializadora de Energia Elétrica Ltda.	-22,7486	-44,9055		01/01/1912		
Divino	Carangola	Construtora Preart Ltda	-20,6350	-42,1308				
Dr. Henrique Portugal	Bananal	AES Minas PCH Ltda	-22,2544	-44,1250				
Fazenda São Luiz	Macuquinho	Magatec Serviços Ltda	-22,0636	-42,3980				
Lito Mendes	Frades	Agropecuária Itatiba dos Frades Ltda	-22,3312	-42,7501				
Maravilha	Macuco	Hydroen Energias	-21,9897	-42,2972				CGH
Miguel Pereira	Muriaé	Zona da Mata Geração S.A.	-21,18916	-42,5691				
Petropolitana	Piabanha	Companhia Metropolitana S/A	-22,4755	-43,1544				
Ponte Queimada - Usina 1	Casca	Sociedade Brasileira de Ferro Ligas Ltda	-22,2755	-42,6513				
Ponte Queimada - Usina 2	Casca	Sociedade Brasileira de Ferro Ligas Ltda	-22,2755	-42,6513				
Preto 3	Muriaé	Zona da Mata Geração S.A.	-21,0525	-42,5658				
Santa Cecília	Muriaé	Zona da Mata Geração S.A.	-21,1372	-42,6044	16694	16/03/1952		

TABELA 2.10 - (continuação).

RESERVATÓRIO	CURSO D'ÁGUA	RESPONSÁVEL	LATITUDE	LONGITUDE	ÁREA DE DRENAGEM (KM <sup>2</sup> )	INÍCIO DA OPERAÇÃO	ANO DE FECHAMENTO	TIPO DE APROVEITAMENTO
Santa Rosa	das Flores	Companhia Fiação e Tecidos Santa Rosa	-22,2166	-43,6972	3280			CGH
Serra	Macaco	Minerva S.A.	-22,5169	-43,6922				
Anna Maria	Pinho	Brascan Energética Minas Gerais S/A	-21,4858	-43,4539				PCH
Areal	Bananal	Rio Doce Manganês S/A	-22,1506	-44,0900				
Bonfante	Paraibuna	Bonfante Energética S/A	-22,0088	-43,2652	7180	01/09/2005		
Carangola	Carangola	Carangola Energia S/A	-20,7035	-42,0395	673	0		
Catete	Bengalas	Companhia de Eletricidade Nova Friburgo	-22,2169	-42,5014		01/06/1925		
Chave do Vaz	Negro	Quanta Geração S/A	-21,9333	-42,3167		01/06/1915		
Comendador Venâncio	Muriaé	Companhia Energética Paulista	-21,1854	-42,0989				
Coronel Domiciano	Fumaça	Zona da Mata Geração S/A	-21,0125	-42,4472	195	01/12/1910		
Ervália	dos Bagres	Zona da Mata Geração S/A	-21,9008	-42,6630				
Euclidelândia	Negro	Quanta Geração S/A	-21,9167	-42,2500				
Fagundes	Fagundes	Quanta Geração S/A	-22,2167	-43,1667				
Guary	Pinho	Brascan Energética Minas Gerais S/A	-21,4908	-43,4539				
Ituerê	Pomba	Valesul Alumínio S/A	-21,2986	-43,2053	787	01/06/1928		
Ivan Botelho I (Ex-Ponte)	Pomba	Centrais Hidrelétricas Grapon S/A	-21,3750	-42,9983				
Ivan Botelho II (Ex-Palestina)	Pomba	Rio Pomba Energética S/A	-21,3450	-42,9717				
Ivan Botelho III (Ex-Triunfo)	Pomba	Rio Pomba Energética S/A	-21,3050	-42,9117				
Joasal	Paraibuna	CEMIG Geração e Transmissão S/A	-21,8039	-43,3103				
Marmelos	Paraibuna	CEMIG Geração e Transmissão S/A	-21,7869	-43,3078		01/06/1915		
Maurício	Novo	Zona da Mata Geração S/A	-21,4689	-42,8361	1680	01/06/1908		
Mello	Santana	Valesul Alumínio S/A	-22,0500	-43,7500	160			
Monte Serrat	Paraibuna	Monte Serrat Energética S/A	-22,0222	-43,2994	7175	01/11/2005		
Nova Maurício	Novo	Valesul Alumínio S/A	-21,4750	-42,8458	1680	1955		
Ormeo Junqueira Botelho (Ex-Cachoeira Encoberta)	Glória	Rio Glória Energética S/A	-21,0861	-42,3417				
Paciência	Paraibuna	CEMIG Geração e Transmissão S/A	-21,8453	-43,3394		01/06/1930		
Paes Leme	Bananal	AES Minas PCH Ltda	-22,1844	-44,2669				
Piabanha	Piabanha	Quanta Geração S/A	-22,2000	-43,1333		01/06/1908		

TABELA 2.10 - (continuação).

RESERVATÓRIO	CURSO D'ÁGUA	RESPONSÁVEL	LATITUDE	LONGITUDE	ÁREA DE DRENAGEM (KM <sup>2</sup> )	INÍCIO DA OPERAÇÃO	ANO DE FECHAMENTO	TIPO DE APROVEITAMENTO
Rio Novo	Novo	Santa Cruz Geração de Energia S/A	-22,9580	-45,9783				
Santa Fé I	Paraibuna	Santa Fé Energética S/A	-22,0332	-43,1548	8576			
Santa Rosa II	Grande	Santa Rosa S/A	-22,0961	-42,2788	979			PCH
Tombo	Carangola	Quanta Geração S/A	-20,9167	-42,0333	1281	01/12/2008		
Xavier	Grande	Companhia de Eletricidade Nova Friburgo	-22,1908	-42,5264				

Obs1: Os reservatórios em Nerito tiveram seus dados retirados do SIPOT 2002

## PROJETOS DA SUB-BACIA DESENVOLVIDO NO PROGRAMA ARCGIS 10.1

No presente trabalho foi elaborado o projeto da Sub-Bacia 58 no programa ArcGis 10.1, no qual foram incluídas as informações de altimetria, hidrografia, limites de bacia, as estações fluviométricas e pluviométricas do inventário da ANA e aquelas

escolhidas para esse estudo, os mapas temáticos disponíveis, os limites estaduais e municipais, as regiões homogêneas, as isoietas totais anuais, dentre outras. A estrutura de organização dessas informações no projeto da sub-bacia no ArcGis 10.1 encontra-se no **Anexo H.1**, com os nomes originais dos arquivos shapes e os que estão apresentados na *view* do projeto, além da projeção, escala e referência bibliográfica.

# 3

## VARIÁVEIS EXPLICATIVAS E REGIONALIZADA



Rio Paraíba do Sul próximo a foz  
Município de Campos dos Goytacazes/RJ



## VARIÁVEIS EXPLICATIVAS: Características Físicas e Climáticas

As características fisiográficas quantificáveis, tais como área de drenagem, comprimento do rio principal, densidade de drenagem, declividade e etc. e a precipitação total anual média são grandezas que podem ser utilizadas como variáveis independentes ou explicativas na análise de regressão. Neste trabalho as grandezas calculadas foram área de drenagem e precipitação total anual média, através da utilização de aplicativos de geoprocessamento (ArcGis 10.1) com bases cartográficas digitais.

Com relação às bases cartográficas digitais, foi utilizada a altimetria, que já tinha sido vetorizada semi-automaticamente para o trabalho de 2002, a partir dos arquivos rasters originais do IBGE georreferenciados da carta topográfica 1:250.000, num total de onze folhas que compõem a bacia, incorporando-se a hidrografia do mapeamento digital da Fundação CIDE (produzida em mesa digitalizadora), cuja escala original foi 1:100.000. As estações se encontravam georreferenciadas em latitude e longitude no BD-Hidro, e foram assim incorporadas à base digital. Algumas tiveram suas coordenadas corrigidas quando necessário, para compatibilidade com a base cartográfica, com base nas fichas descritivas e em documentações oficiais.

## Áreas de Drenagem

Para o cálculo das áreas de drenagem foi utilizado o mapa digital georreferenciado, considerando a projeção continental *Albert Equal Conic Area*, e unidade de mapa em quilômetro, delimitando-se as sub-bacias de contribuição às estações diretamente da tela do computador, considerando-se as escalas originais de 1:250.000 para topografia, escala 1:100.000 para a drenagem e de 1:1.000.000 do contorno-limite da Bacia 58.

## Precipitações Médias

A precipitação média foi calculada com base na imagem raster de precipitação total anual (ano civil) do Brasil produzida pelo Projeto Atlas Pluviométrico - CPRM, 2010, com apoio de ferramentas do software ArcGis 10.1 (ArcToolBox/Spatial Analyst Tools/Zonal/Zonal Statistics).

A **Tabela 3.1** e o **Anexo DVD E.1** apresentam as duas grandezas calculadas para as sub-bacias das estações fluviométricas consideradas no estudo, além dos valores das áreas informadas no banco de dados Hidro/ANA e suas diferenças. Adotaram-se os valores calculados através de geoprocessamento, que para a grande maioria das estações não diferiu mais do que 10% dos valores Hidro/ANA. As estações para as quais as diferenças foram maiores estão assinaladas.

**TABELA 3.1** - Características físicas e climáticas – variáveis explicativas.

CÓDIGO	ESTAÇÃO	RIO	OUTRA ESTAÇÃO NO MESMO LOCAL	PRECIPITAÇÃO ANUAL MÉDIA (MM)	ÁREA CALCULADA (km <sup>2</sup> )	ÁREA HIDRO/ ANEEL (km <sup>2</sup> )	DIFERENÇA DE ÁREA %
58030000	ESTRADA DO CUNHA	RIO PARAITINGA		1.503	758	796	-5
58035000	BAIRRO FAXINAL	RIBEIRÃO SAPÉ		1.320	44	47	-6
58033000	FAZENDA CUME	RIO JACUÍ		1.890	90	94,5	-5
58040000	SAO LUIS DO PARAITINGA - SLP	RIO PARAITINGA	58040100 / 58040200	1.458	1.974	1.950	1
58044800	OLARIA	RIO PARAITINGA		1.429	2.669	2.640	1
58044900	BAIRRO PARAITINGA	RIO PARAITINGA		1.424	2.731	2.690	2
58045000	PONTE DOS MINEIROS	RIO PARAITINGA		1.442	2.454	2.430	1
58060000	PONTE ALTA 1	RIO PARAÍBUNA		1.847	256	277	-8
58065000	PONTE ALTA 2	RIO IPIRANGA		2.141	18	23	-23
58068000	FAZENDA PALMEIRAS - FAP	RIO PARAÍBUNA		1.855	405	437	-7
58070000	BAIRRO ALTO	RIO PARAÍBUNA		1.830	530	585	-9
58071000	BAIRRO ALTO	RIO PARAÍBUNA		1.774	525	582	-10
58075000	NATIVIDADE DA SERRA 2	RIO DO PEIXE		1.494	142	141	1

TABELA 3.1 - (continuação).

CÓDIGO	ESTAÇÃO	RIO	OUTRA ESTAÇÃO NO MESMO LOCAL	PRECIPITAÇÃO ANUAL MÉDIA (MM)	ÁREA CALCULADA (km <sup>2</sup> )	ÁREA HIDRO/ ANEEL (km <sup>2</sup> )	DIFERENÇA DE ÁREA %
58078000	NATIVIDADE DA SERRA 1	RIO PARÁÍBUNA		1.703	805	708	14
58082000	VARGINHA	RIO LOURENÇO VELHO		1.515	393	414	-5
58086000	FAZENDA JOAQUIM ALVES	RIO PARÁÍBUNA		1.607	1.306	1.370	-5
58087000	BAIRRO DO CARACOL	RIO PARÁÍBUNA		1.589	1.396	1.480	-6
58087300	UHE PARAIBUNA - JUSANTE	RIO PARÁÍBUNA		1.604	1.316	4.150	-68
58087600	PARAIBUNA	RIO PARÁÍBUNA		1.572	1.490	1.580	-6
58099000	SANTA BRANCA	RIO PARÁÍBA DO SUL	58096000 / 58097000	1.454	4.887	4.940	-1
58105300	GUARAREMA	RIO PARÁÍBA DO SUL	58105000 / 58105200	1.447	5.141	5.210	-1
58107100	LUIZ CARLOS - REGUA VELHA	RIBEIRÃO GUARAREMA		1.380	43	46	-7
58110002	JACAREI - SAAE	RIO PARÁÍBA DO SUL	58110000	1.443	5.399	5.470	-1
58118000	IGARATA 2	RIO JAGUARI		1.474	586	481	22
58122000	USINA DO TURVO	RIO DO PEIXE		1.793	377	352	7
58126000	IGARATA 1	RIO DO PEIXE		1.793	728	692	5
58128000	FAZENDA SAO JOAO	RIO JAGUARI	58128200	1.593	1.412	1.270	11
58129000	FAZENDA BARBOSA	RIO JAGUARI		1.592	1.427	1.290	11
58138000	BAIRRO REMEDINHO	RIO PARATEI		1.382	384	367	5
58142200	BUQUIRINHA 2	RIO BUQUIRA OU FERRÃO	58142000	1.688	435	407	7
58148000	BAIRRO SANTA LUZIA	RIBEIRÃO DA DIVISA OU NS DA AJUDA		1.317	64	62	3
58155000	CERAMICA QUIRINO	RIBEIRÃO CACAPAVA VELHA		1.307	30	31	-1
58165000	FAZENDA KANEGAI	RIO PIRACUAMA		1.648	164	161	2
58165500	FAZENDA SANTA CLARA	CÓRREGO CRUZ DAS ALMAS		1.342	120	118	1
58170000	REMEDIOS	RIO UNA		1.333	357	357	0
58170100	BAIRRO DOS REMÉDIOS	RIO UNA		1.333	357	347	3
58177000	FAZENDA MODELO	RIO UNA		1.325	471	465	1
58183000	PINDAMONHANGABA	RIO PARÁÍBA DO SUL	58182500	1.462	9.645	9.600	0
58185000	PINDAMONHANGABA	RIBEIRÃO DO PINHÃO		1.267	80	80	0
58192000	VÁRZEA DO PARAÍBA	RIO PARÁÍBA DO SUL		1.458	9.860	9.770	1
58194000	FAZENDA SAPUCAIA	RIBEIRÃO TETEQUERA		1.619	126	117	8
58198000	PIRAPITINGUI	RIO PIRAPITINGUI		1.342	66	67	-1
58207000	PILOES	RIO PIAGUI		1.682	86	83	4
58211000	COLONIA PIAGUI	RIO PIAGUI		1.618	171	171	0
58215000	FAZENDA SANTA CATARINA	RIBEIRÃO DOS MACACOS		1.487	37	36	1

TABELA 3.1 - (continuação).

CÓDIGO	ESTAÇÃO	RIO	OUTRA ESTAÇÃO NO MESMO LOCAL	PRECIPITAÇÃO ANUAL MÉDIA (MM)	ÁREA CALCULADA (km <sup>2</sup> )	ÁREA HIDRO/ ANEEL (km <sup>2</sup> )	DIFERENÇA DE ÁREA %
58217500	RITEU	RIBEIRÃO PALMITAL		1.388	36	39	-9
58220000	FAZENDA SANTA CLARA	RIO BOCAINA		1.481	202	240	-16
58227000	EMBAU	RIBEIRÃO EMBAÚ		1.600	186	179	4
58228000	PASSA VINTE	RIBEIRÃO PASSA-VINTE		1.623	157	64	145
58230100	CRUZEIRO	RIO PARAÍBA DO SUL	58230000 / 58230200	1.459	12.277	12.200	1
58235100	QUELUZ	RIO PARAÍBA DO SUL	58235000	1.464	12.874	12.800	1
58242000	ITATIAIA	RIO PARAÍBA DO SUL	58240000	1.475	13.617	13.400	2
58250000	RESENDE	RIO PARAÍBA DO SUL		1.481	14.020	14.000	0
58256000	PEDRA SELADA	RIO JACUTINGA		2.001	48	47	3
58258000	PONTE NOVA	RIO PIRAPETINGA		1.972	174	190	-8
58262000	FLORIANO	RIO PARAÍBA DO SUL		1.493	14.828	14.700	1
58270000	GLICERIO	RIO TURVO		1.595	406	407	0
58287000	RIALTO	RIO BANANAL		1.594	344	342	1
58300000	BARRA MANSA	RIO PARAÍBA DO SUL	58300001	1.497	15.865	15.800	0
58305001	VOLTA REDONDA	RIO PARAÍBA DO SUL	58305000	1.496	16.109	16.000	1
58335000	LIDICE	RIO PIRÁÍ		1.762	97	108	-10
58338000	FAZENDA SANTANA	RIO DO BRAÇO		1.748	132	134	-2
58350000	FAZENDA BELA VISTA	RIO PIRÁÍ		1.632	617	648	-5
58352800	PIRAI - PONTE CIDADE	RIO PIRÁÍ		1.605	682	675	1
58359000	SANTANESIA	RIO PIRÁÍ		1.520	1.007	1.060	-5
58370000	BARRA DO PIRÁÍ-OFICIAL	RIO PARAÍBA DO SUL	58321000	1.491	1.7737	19.800	-10
58380001	PARAIBA DO SUL - RN	RIO PARAÍBA DO SUL		1.468	19.342	21.400	-10
58385000	TRES RIOS	RIO PARAÍBA DO SUL		1.466	19.460	21.600	-10
58400000	PETRÓPOLIS	RIO PIABANHA		1.877	52	43	20
58405000	PEDRO DO RIO	RIO PIABANHA		1.721	423	435	-3
58409000	AREAL - RN	RIO PIABANHA		1.635	523	514	2
58420000	FAZENDA SOBRADINHO	RIO PRETO		1.633	695	719	-3
58425000	MORELI (PARADA MORELI)	RIO PRETO		1.569	901	930	-3
58427000	TRISTAO CAMARA	RIO PRETO		1.540	1.004	1.030	-3
58434000	FAGUNDES	RIO FAGUNDES		1.353	270	275	-2
58440000	MOURA BRASIL	RIO PIABANHA	58442000	1.492	2.063	2.040	1
58470000	CHAPEU D'UVAS	RIO PARAÍBUNA		1.570	369	360	2
58480000	JUIZ DE FORA	RIO PARAÍBUNA		1.557	960	956	0

TABELA 3.1 - (continuação).

CÓDIGO	ESTAÇÃO	RIO	OUTRA ESTAÇÃO NO MESMO LOCAL	PRECIPITAÇÃO ANUAL MÉDIA (MM)	ÁREA CALCULADA (km <sup>2</sup> )	ÁREA HIDRO/ ANEEL (km <sup>2</sup> )	DIFERENÇA DE ÁREA %
58480500	JUIZ DE FORA - JUSANTE	RIO PARÁIBUNA		1.556	986	969	2
58500000	USINA BRUMADO	RIO BRUMADO		1.639	151	144	5
58512000	TORREIES	RIO DO PEIXE		1.640	1747	1.720	2
58514000	FAZENDA SAO JOSE	RIO DO PEIXE		1.621	2.123	2.090	2
58516000	FAZENDA SAO JOSE	RIO DO PEIXE		1.615	2.263	2.340	-3
58516500	FAZENDA SANTO ANTONIO	RIO DO PEIXE		1.615	2.271	2.240	1
58519000	COTEJIPE	RIO PARÁIBUNA		1.573	3.661	3.610	1
58520000	SOBRAJI	RIO PARÁIBUNA		1.571	3.681	3.640	1
58525000	VISCONDE DE MAUA	RIO PRETO		2.044	103	88	17
58530000	PONTE DO SOUZA	RIO PRETO		2.033	290	284	2
58535000	ZELINDA	RIO PRETO		2.024	417	418	0
58549500	RIO PRETO	RIO PRETO		1.839	1.763	1.740	1
58550001	RIO PRETO	RIO PRETO	58550000	1.830	1.816	1.800	1
58560000	VALENÃA	RIO DAS FLORES		1.296	176	173	2
58573000	PENTAGNA	RIO BONITO		1.448	250	256	-3
58578000	TRAVESSAO DO MEIO	RIO DAS FLORES		1.364	632	635	0
58585000	MANUEL DUARTE	RIO PRETO		1.664	3.133	3.110	1
58590000	AFONSO ARINOS	RIO PRETO		1.630	3.421	3.390	1
58610000	ESTEVAO PINTO	RIO CAGADO		1.279	782	783	0
58620000	SANTA FE	RIO PARÁIBUNA		1.540	8.615	8.560	1
58630002	ANTA (ANTA G)	RIO PARÁIBA DO SUL	58630000	1.483	30.676	32.700	-6
58645000	SUMIDOURO	RIO PAQUEQUER		1.402	290	294	-1
58648001	PAQUEQUER	RIO PAQUEQUER		1.369	757	762	-1
58652000	BARRAGEM ILHA DOS POMBOS	RIO PARÁIBA DO SUL		1.475	32.364	34.300	-6
58658000	VOLTA GRANDE	RIO ANGÚ		1.264	335	348	-4
58670002	FAZENDA DA BARRA (PIRAPETINGA)	RIO PIRAPETINGA		1.237	548	590	-7
58710000	USINA ITUERE	RIO POMBA		1.552	779	784	-1
58720000	TABULEIRO	RIO FORMOSO		1.575	315	322	-2
58725000	FAZENDA FERRAZ	RIO FORMOSO		1.572	349	387	-10
58730001	GUARANI	RIO POMBA	58730000	1.530	1.644	1.650	0
58735000	ASTOLFO DUTRA	RIO POMBA		1.495	2.335	2.350	-1
58736000	BARRA DO XOPOTO	RIO XOPOTÓ		1.389	1312	1.280	2
58750000	PIAU	RIO PIAU		1.569	492	490	0

TABELA 3.1 - (continuação).

CÓDIGO	ESTAÇÃO	RIO	OUTRA ESTAÇÃO NO MESMO LOCAL	PRECIPITAÇÃO ANUAL MÉDIA (MM)	ÁREA CALCULADA (km <sup>2</sup> )	ÁREA HIDRO/ ANEEL (km <sup>2</sup> )	DIFERENÇA DE ÁREA %
58755000	RIO NOVO	RIO NOVO		1.542	801	835	-4
58760000	ARACI	RIO NOVO		1.485	1.622	91	1.682
58765001	USINA MAURICIO	RIO NOVO	58765000	1.467	1.891	1.770	7
58770000	CATAGUASES	RIO POMBA		1.457	5.887	5.880	0
58790000	SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA	RIO POMBA	58790002	1.397	8273	8.210	1
58795000	TRES IRMAOS	RIO PARAÍBA DO SUL		1.444	43.238	45.300	-5
58820000	FAZENDA MENDES	RIO GRANDE		1.944	129	137	-6
58825000	PONTE ESTRADA DONA MARIANA	RIO GRANDE		1.732	235	234	0
58827000	BOM JARDIM	RIO GRANDE		1.674	562	553	2
58832000	CONSELHEIRO PAULINO	RIO BENGALA		1.839	180	170	6
58837000	CAMBUCAS	RIO SÃO JOSÉ		1.537	215	233	-8
58846000	MANUEL DE MORAIS	RIO GRANDE		1.521	1.375	1.370	
58850000	PIMENTEL	RIO GRANDE		1.461	1.814	1.810	0
58857000	ALDEIA - RV	RIO NEGRO	58857001	1.324	344	313	10
58861000	MACUCO	RIO MACUCO	58862000	1.281	104	139	-25
58870000	BARRA DO RIO NEGRO	RIO NEGRO	58868000	1.230	1.126	1.120	1
58874000	DOIS RIOS	RIO DOIS RIOS		1.358	3118	3.120	0
58880001	SAO FIDELIS	RIO PARAÍBA DO SUL		1.435	46.848	48.900	-4
58910000	FAZENDA UMBAS	RIO PRETO		1.434	151	151	0
58915000	MURIAE	RIO MURIAÉ		1.350	1083	1.080	0
58916000	BICUIBA	RIO GLÓRIA		1.397	399	393	2
58916900	FAZENDA CACHOEIRA	RIO GLÓRIA		1.349	1052	1.050	0
58917000	JUSSARA	RIO GLÓRIA		1.363	817	744	10
58920000	PATROCÍNIO DO MURIAÉ	RIO MURIAÉ		1.336	2.666	2.660	0
58930000	CARANGOLA	RIO CARANGOLA		1.309	772	773	0
58934000	PORCIUNCULA	RIO CARANGOLA		1.284	1.340	1.340	0
58940000	ITAPERUNA	RIO MURIAÉ		1.309	5.834	5.800	1
58960000	CARDOSO MOREIRA - RV	RIO MURIAÉ		1.270	7.285	7.210	1
58974000	CAMPOS - PONTE MUNICIPAL	RIO PARAÍBA DO SUL		1.402	55.576	55.700	0
58218000	PITEU	RIO PARAÍBA DO SUL	58218200	1.455	11.583	11.500	1
58204000	GUARATINGUETA	RIO PARAÍBA DO SUL	58204100	1.456	10.718	10.800	-1
58542000	SANTA RITA DO JACUTINGA	RIO BANANAL		1.871	364	355	3

## Regionalização da Q95% da Curva de Permanência

Este estudo aborda a vazão associada à permanência da Q95%, extraída da curva de permanências.

A curva de permanência é obtida da frequência de ocorrência das vazões em um determinado ponto do curso d'água. A curva retrata a parcela do tempo em que uma determinada vazão é igualada ou superada durante o período analisado.

A distribuição da vazão ao longo do tempo depende muito das características de regularização natural do rio. Normalmente a curva de permanência apresenta três partes: extremo superior; trecho médio; e extremo inferior. Geralmente nos extremos da curva existem inflexões marcantes, que retratam o comportamento da vazão máxima e das estiagens extremas, enquanto o trecho médio representa a faixa dominante de vazões no rio.

O comportamento da curva varia de acordo com as características de escoamento da bacia e a forma da curva de permanência depende mais do tamanho das bacias (área de drenagem) do que de outras características físicas que variem de uma bacia para outra. A observação da curva de permanência adimensionalizada pela área de drenagem ou pela vazão média de longo termo (conforme pode ser observado no capítulo 4) pode contribuir para definição de possíveis regiões homogêneas

Na regionalização da curva de permanência é preferível regionalizar-se as vazões correspondentes a dois pontos da curva, por exemplo, 50 e 95% de permanência (Q50 e Q95) e com eles ajustar-se uma equação empírica exponencial, que em geral reproduz bem o trecho de interesse, considerando as dificuldades de se identificar uma função que represente toda a amplitude de valores da curva.

O procedimento utilizado neste trabalho, cujo objetivo é apenas a regionalização da variável Q95, obedeceu à seguinte sequência:

- determinou-se a curva de permanência de cada estação fluviométrica, obtendo-se os valores das vazões correspondentes a 50 e 95% de permanência ( $Q_{50}$  e  $Q_{95}$ );
- com os valores  $Q_{50}$  e  $Q_{95}$  ajustaram-se, para cada estação, curvas exponenciais que foram comparadas

com as curvas de permanência dos valores observados, demonstrando, em geral, um ajuste satisfatório para a faixa de maior interesse, que é de 30 a 95%;

- fez-se a análise de regressão de  $Q_{95}$  com as características físicas das sub-bacias, definindo-se as regiões homogêneas para a variável  $Q_{95}$  e estabelecendo-se as equações regionais de regressão:  $Q_{95} = F(A, P)$  e/ou  $Q_{95} = F(A)$ .

## Curvas de Permanência das Vazões Diárias

As séries de vazões utilizadas para a curva de permanência são de valores diários e os seus tamanhos são de pelo menos cinco anos. As falhas de observação não foram preenchidas para evitar a introdução de tendenciosidade. O preenchimento empreendido foi o de consolidação de séries de estações que possuíam mesma localização com dados complementares como já apresentado anteriormente na **Tabela 2.7**.

Para determinação da curva de permanência foi utilizado o programa HIDROCAL (Marta V. Ottoni; Marlon G. L. Alvarez. [Brasília]: CPRM, 2011.). O procedimento realizado pelo programa consiste no ordenamento decrescente das vazões diárias das estações, sem estabelecimento de intervalos de classe, e acúmulo das frequências no sentido da maior vazão para a menor, para obtenção das abcissas da curva. A curva de permanência relaciona a vazão e a frequência com a qual os valores ocorreram ao longo do tempo, maiores ou iguais ao valor da ordenada. Os valores de 50% e 95% de permanência foram obtidos com a função *percentil* do Excel, aplicada às vazões ordenadas, também, através do programa Hidrocal.

No **Anexo DVD F.1** são apresentadas as curvas de permanência de dados diários do período disponível para todas as estações, agrupadas por sub-bacias. Faz-se necessário lembrar que as curvas das estações localizadas no curso principal foram elaboradas com dados a partir de 1978, devido aos resultados obtidos com os testes de estacionariedade, pois, o período da série de dados pode influenciar a tendência das curvas, principalmente nos seus extremos.

# 4

## CURVAS ADIMENSIONAIS DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES



Rio Paraíba do Sul

Entre o município Santo Antônio de Pádua e Campos de Goytacazes/RJ



## CURVA DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES ADIMENSIONALIZADA

Uma forma de identificação de regiões hidrologicamente homogêneas é o uso de curvas de permanência. Estas curvas podem ser adimensionalizadas por diversas variáveis, por exemplo: vazão média de longo termo, área de drenagem, etc.

Neste trabalho optou-se pela adimensionalização da curva de permanência pela vazão média de longo termo. Com o uso destas curvas foram identificadas 8 regiões nas bacias afluentes ao rio Paraíba do Sul e sete trechos neste rio principal.

### Região A

A região hidrologicamente homogênea denominada região A, corresponde basicamente a bacia do rio Paraitinga. A **Figura 4.1** apresenta as curvas de permanência das estações desta região, bem como a curva média. Analisando esta figura, verifica-se que a estação Pirapitingui (58198000), localizada no rio de mesmo nome, apresenta a curva de permanência com o mesmo comportamento das 6 estações localizadas na bacia do rio Paraitinga (58030000 a 58045000).

A curva da estação Pirapitingui não foi usada para definição da curva média de permanência da região A.

### Região B

A região B corresponde às bacias de alguns afluentes do rio Paraíba do Sul: rio Piracuama, rio Pirapetinga e rio Bananal; e à bacia das nascentes do rio Preto, afluente do rio Paraíba, a montante da confluência com o rio Bananal, conforme pode ser observado na **Figura 4.2**.

Analisando a **Figura 4.2**, verifica-se que as curvas das estações Bairro de Sta Luzia (58148000) e Luiz Carlos (58107100) têm um comportamento distinto da curva da região. Estas estações têm área de drenagem pequena e série de dados curta, o que deve ser a causa de tal comportamento da curva. Assim estas estações não foram usadas para a definição da curva média da região.

### Região C

A região C corresponde às bacias dos rios Paraíba paulista, rio Jaguari, grande parte da bacia do rio Paraíba mineiro e grande parte da bacia do rio Pomba, conforme apresentado na **Figura 4.3**.

A parte da bacia do rio Paraíba mineiro, inserida nesta região, corresponde a toda bacia, exceto a bacia do rio Preto, cujas nascentes pertencem à região B e o restante à região H.

A parte da bacia do rio Pomba, inserida na região C, corresponde a toda bacia até a confluência com o rio Xopotó; e a bacia do rio Novo, afluente do rio Pomba, a montante da UHE Maurício.

Analisando a **Figura 4.3**, verifica-se que as curvas de permanência de algumas estações localizadas na bacia do rio Paraíba paulista não seguem o comportamento da região, são elas:

- Ponte Alta 2 (58065000) no rio Ipiranga;
- Fazenda Palmeiras (58068000) no rio Paraíba;
- Varginha (58082000) no rio Lourenço Velho;
- Joaquim Alves (58086000), Bairro do Caracol (58087000) e UHE Paraíba Jusante (580873000) localizadas no rio Paraíba, sendo que entre as estações Joaquim Alves e UHE Paraíba Jusante existe uma Usina de mesmo nome;

A estação Ponte Alta possui uma série de dados de aproximadamente 20 anos de observação e área de drenagem de aproximadamente 30km<sup>2</sup>. Estas podem ser as causas deste comportamento diferenciado, série não muito extensa e não representativa e área de drenagem muito pequena com comportamento hidrológico distinto.

A estação Fazenda Palmeiras possui uma série de aproximadamente 40 anos de observação e área de drenagem da ordem de 450 km<sup>2</sup>, a curva de permanência se diferencia de forma mais significativa, maior do que 10%, para permanências menores do que 25%. Isto pode ser decorrente de alguma retirada significativa a montante da estação.

As estações Varginha, Joaquim Alves, Bairro Caracol e UHE Paraíba Jusante possuem séries de dados curtas, da ordem de 10 anos de observação, o que provavelmente é uma das causas da diferença de comportamento da curva de permanência, além da influência da usina hidrelétrica para as estações localizadas a jusante desta.

A curva de permanência da estação Barra do rio Xopotó (58736000), localizada no rio de mesmo nome, afluente do rio Pomba, também não segue o comportamento desta região, a série de dados desta estação é curta, com menos de 10 anos, e esta provavelmente é a causa deste comportamento.

Ressalta-se que as curvas de permanência destas estações não foram utilizadas para o estabelecimento da curva de permanência média da região C.

### Região D

A região D corresponde à bacia de afluentes do rio Paraíba do Sul, conforme apresentado na **Figura 4.4**. Os afluentes do rio Paraíba do Sul são: rio Una, rio Tetequera, rio Piaqui, ribeirão dos Macacos, ribeirão Palmital, rio Embaú, ribeirão Passa Vinte. Todos estes afluentes têm área de drenagem pequena, da ordem de centenas de quilômetros quadrados.

Analisando a **Figura 4.4** verifica-se que algumas curvas das estações localizadas nesta região, não seguem o mesmo comportamento hidrológico:

- Fazenda Sta Clara (58165500) no córrego Cruz das Almas afluente do rio Una, onde está a estação Remédios (58170000), ambas com série de dados curta, menor do que 10 anos;

- Fazenda Sapucaia no rio Tetequera com série de dados menor do que 10 anos.

As curvas de permanência destas estações não foram usadas para definição da curva de permanência média da região.

## Região E

A região E corresponde a várias bacias, a saber:

- Rio Negro a jusante confluência com o rio Bananal. O rio Negro é afluente rio Paraibuna mineiro. Rio Bananal, afluente do rio Negro;
- Rio Paquequer afluente do rio Paraíba do Sul;
- Rio Piabanha a montante dos reservatórios: CGH Petropolitana, Usina Areal – Morro Grande, PCH Fagundes;
- Rio Dois Rios.

Analisando a **Figura 4.5** verifica-se que as curvas das estações Aldeias RV (58857000) localizada no rio Negro e Cambucas (58837000) no rio São José não apresentam comportamento hidrológico similar ao da região, sendo que esta possui série histórica de menos de 10 anos de dados. Além disso, a curva da estação Moura Brasil (58440000), no rio Piabanha, também não segue o comportamento da região, pois está localizada a jusante de dois reservatórios: PCH Piabanha e PCH Fagundes. Portanto estas estações não foram usadas para definir a curva de permanência média da região.

## Região F

A região F corresponde a duas bacias, conforme apresentado na **Figura 4.6**, a saber:

- Rio Muriaé a montante da confluência com o rio da Glória inclusive;
- Rio Piabanha entre a CGH Petropolitana e PCH Piabanha.

As curvas de permanência das estações Pedro do Rio (58405000) e Areal-RN (58409000), no rio Piabanha, sofrem influência do reservatório CGH Petropolitana. A montante dos reservatórios grande parte da bacia do rio Piabanha está localizada na região E.

As curvas de permanência das estações Muriaé (58915000) no rio de mesmo nome e Jussara (58917000) no rio da Glória, também estão localizadas a jusante de reservatórios: CGH Miguel Pereira e PCH Ormeo Junqueira Botelho, respectivamente.

## Região G

A região G corresponde ao baixo rio Muriaé, a jusante da confluência com o rio da Glória, conforme apresentado na **Figura 4.7**. Todas as estações desta região estão localizadas a jusante de reservatórios.

## Região H

A região H corresponde a dois pequenos afluentes do rio Paraíba do Sul: ribeirões Caçapava Velha e dos Pinhões

com área de drenagem inferior a 100km<sup>2</sup> nas estações de monitoramento, conforme apresentado na **Figura 4.8**.

## Região I

A região I corresponde à bacia do rio Pirai, nesta bacia não foi possível identificar um comportamento padrão da curva de permanência devido a grande alteração antrópica do fluxo das águas, conforme pode ser observado na **Figura 4.9**.

## Rio Paraíba do Sul

As estações do rio Paraíba do Sul foram agrupadas em 6 trechos diferentes, segundo a curva de permanência adimensionalizada, a saber.

- Trecho 1 - Rio Paraíba do Sul jusante de UHE Sta Branca até a confluência com rio Jaguari – **Figura 4.10**;
- Trecho 2 - Rio Paraíba do Sul da confluência com o rio Jaguari até a confluência com o rio dos Buenos – **Figura 4.11**;
- Trecho 3 - Rio Paraíba do Sul da confluência com o rio dos Buenos até a confluência com rio Bocaina – **Figura 4.12**;
- Trecho 4 - Rio Paraíba do Sul da confluência com o rio Bocaina até a UHE Funil – **Figura 4.13**;
- Trecho 5 - Rio Paraíba do Sul a jusante da UHE Funil até a UHE Sta Cecília – **Figura 4.14**;
- Trecho 6 – Rio Paraíba do Sul a jusante da UHE Sta Cecília até a confluência com o rio Paraibuna mineiro – **Figura 4.15**;
- Trecho 7 – Rio Paraíba do Sul da confluência do rio Paraibuna mineiro até a foz – **Figura 4.16**.

Esta divisão em diversos trechos foi necessária, pois o rio Paraíba do Sul possui em seu curso principal diversos reservatórios e afluentes.

A **Tabela 4.1** e as **Figuras 4.17** e **4.18** apresentam as curvas de permanência adimensionalizadas médias das regiões e trechos homogêneos identificados.

Analisando a **Tabela 4.1** e a **Figura 4.17** verifica-se que algumas curvas adimensionalizadas são bem semelhantes para algumas regiões, isto ocorre para Regiões B e F e Regiões D e G. Embora estas curvas sejam semelhantes, nas Regiões B e D foram agrupadas estações de afluentes do rio Paraíba do Sul com áreas de drenagem pequenas, já nas Regiões F e G foram agrupadas estações de afluentes com reservatórios.

Analisando a **Tabela 4.1** e a **Figura 4.18** verifica-se que algumas curvas adimensionalizadas são bem semelhantes para alguns trechos do rio Paraíba do Sul, isto ocorre para os Trechos 2, 4 e 5. Esta semelhança se dá principalmente para permanências menos elevadas, por exemplo: menor do que 60%, onde o efeito dos reservatórios na série de vazões é menor. Estes trechos são contíguos, entre eles se encontra o trecho 3, neste trecho estão as estações, Guaratinguetá (58204000) e Cachoeira Paulista (58211000) que possuem série de dados muito curtas.

REGIÃO A

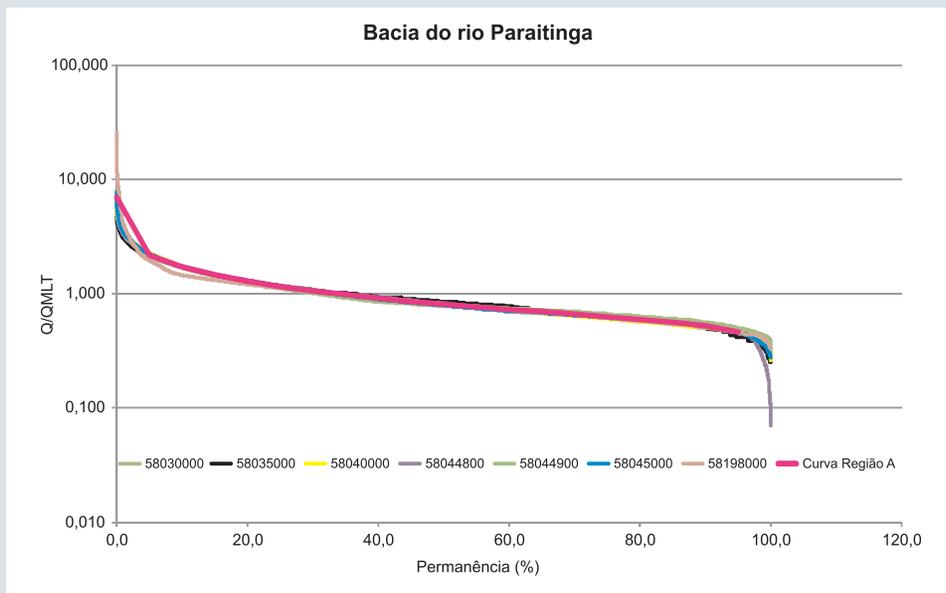


FIGURA 4.1 - Região A – Bacia do rio Paraitinga.

REGIÃO B

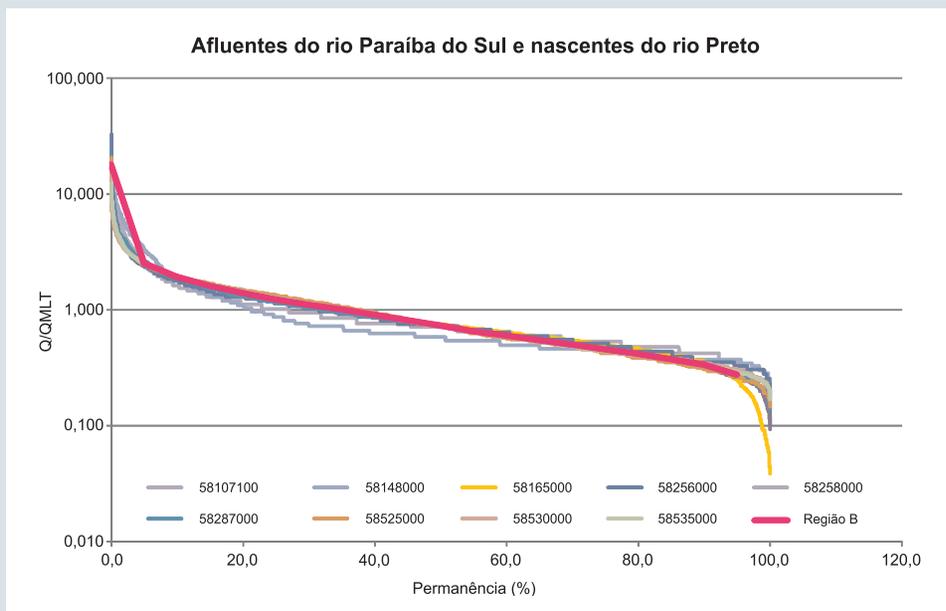


FIGURA 4.2 - Região B – Afluentes do Paraíba do Sul e nascentes do rio Preto.

REGIÃO C

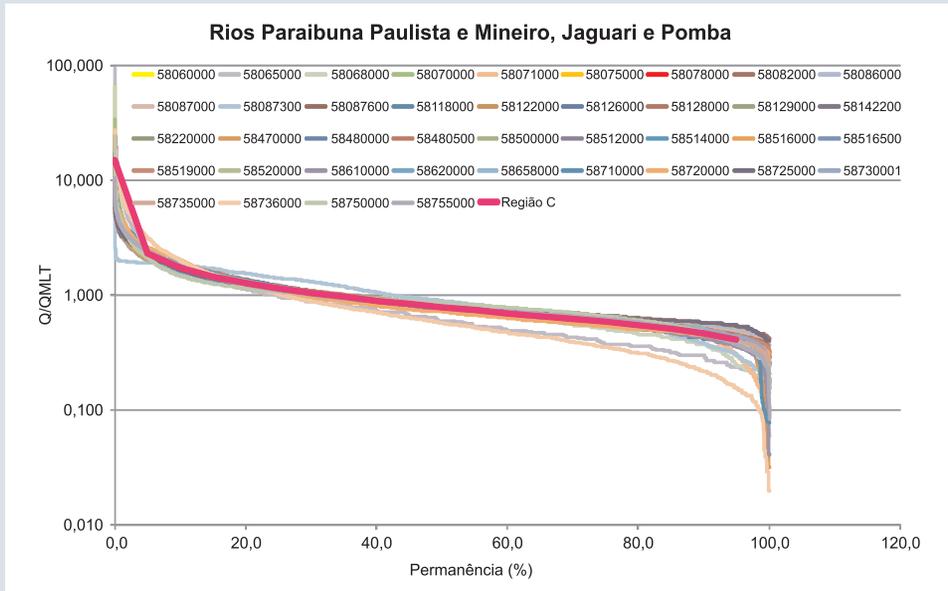


FIGURA 4.3 - Região C – Bacia dos rios Paraibuna mineiro e paulista, Jaguari e Pomba.

REGIÃO D

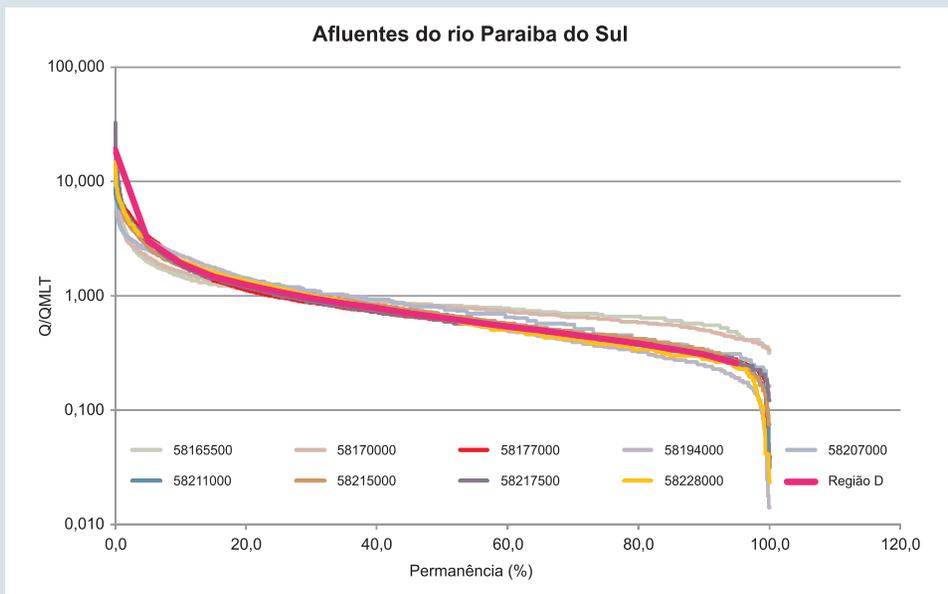


FIGURA 4.4 - Região D – Bacias de afluentes do rio Paraíba do Sul.

REGIÃO E

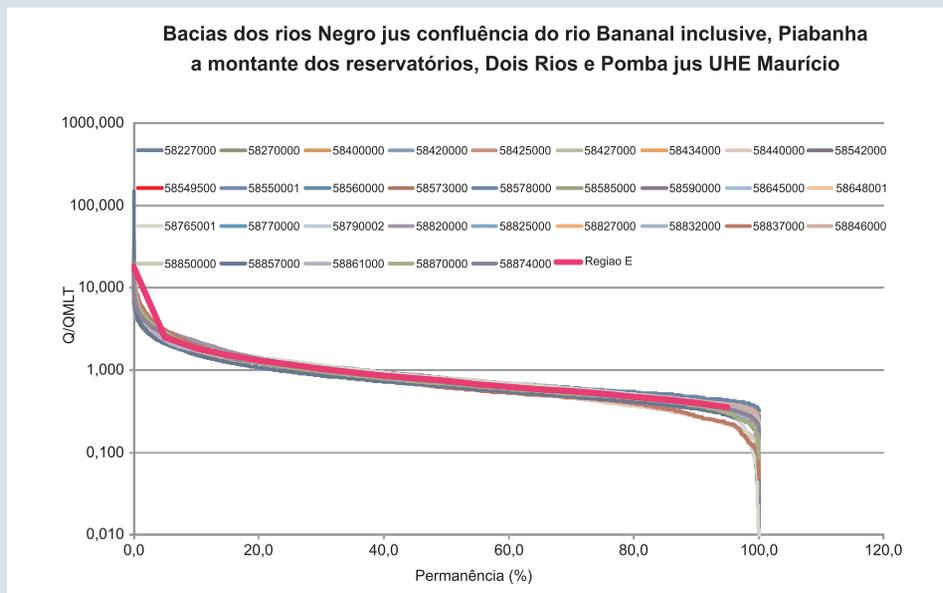


FIGURA 4.5 - Região E – Bacias dos rios Negro, a jusante da confluência com rio Bananal inclusive; Paquequer; Piabanha montante dos reservatórios e Dois Rios

REGIÃO F

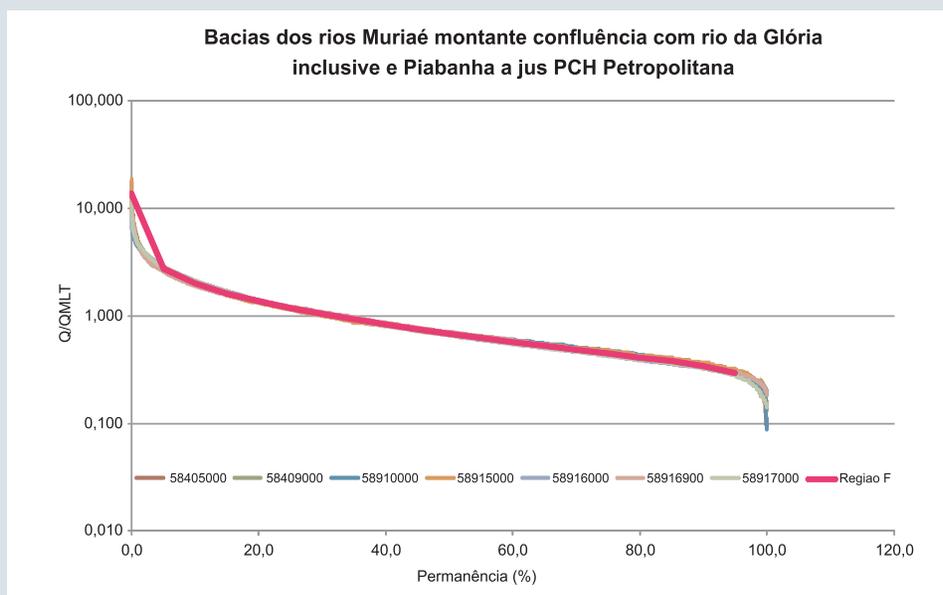


FIGURA 4.6 - Região F – Bacias dos rios Muriaé a montante da confluência com rio da Glória inclusive e Piabanha a jus da PCH Petropolitana.

REGIÃO G

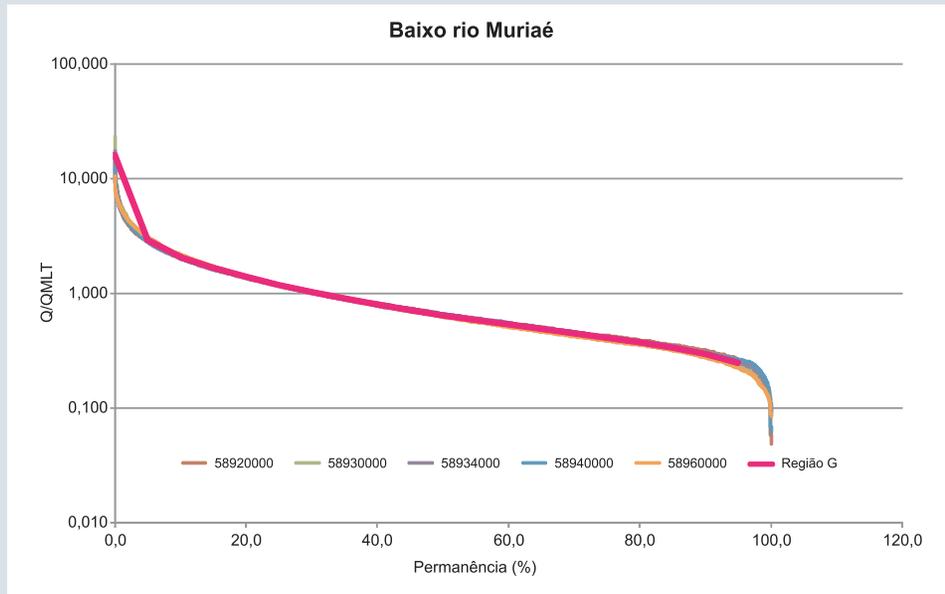


FIGURA 4.7 - Região G – Baixo rio Muriaé.

REGIÃO H

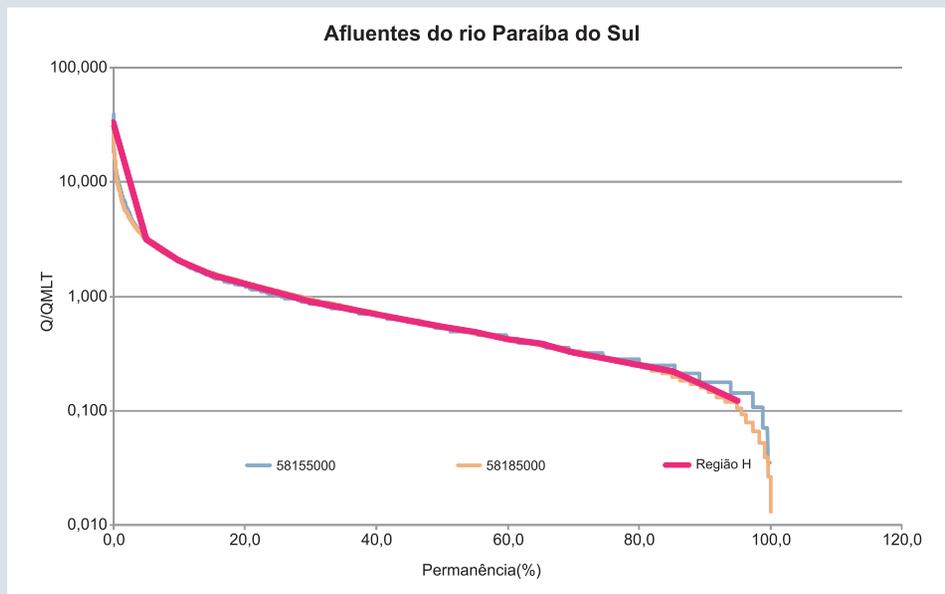


FIGURA 4.8 - Região H – Pequenos afluentes do rio Paraíba do Sul.

## REGIÃO I

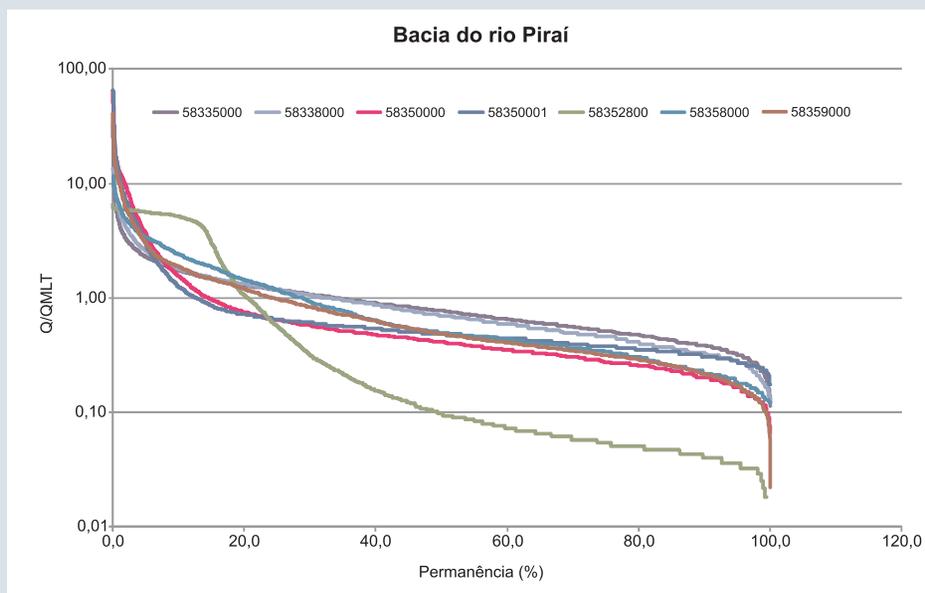


FIGURA 4.9 - Região I – Bacia do rio Pirai.

## TRECHO 1

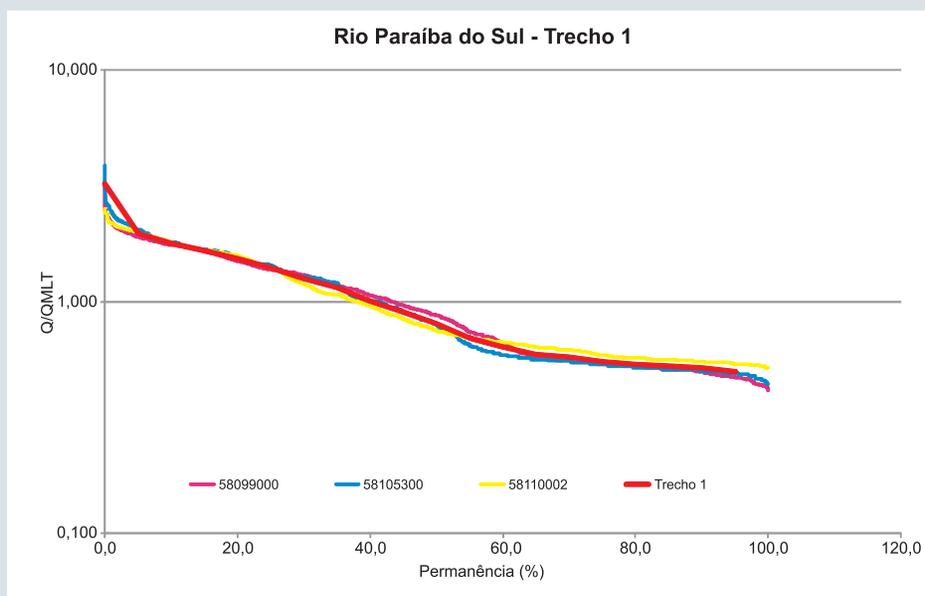


FIGURA 4.10 - Trecho 1 - Rio Paraíba do Sul jusante de UHE Sta Branca até a confluência com rio Jaguari.

TRECHO 2

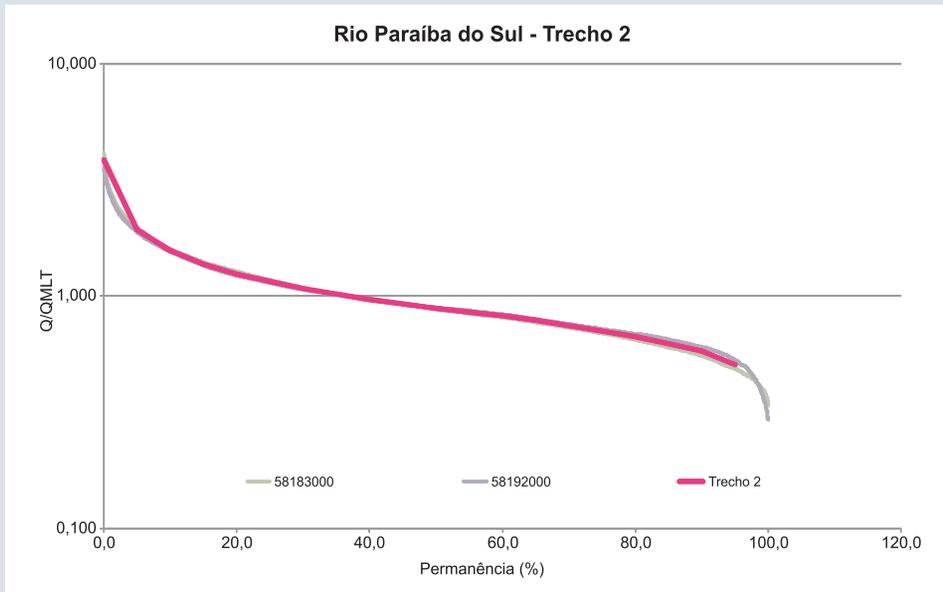


FIGURA 4.11 - Trecho 2 - Rio Paraíba do Sul da confluência com o rio Jaguari até a confluência com o rio dos Buenos.

TRECHO 3

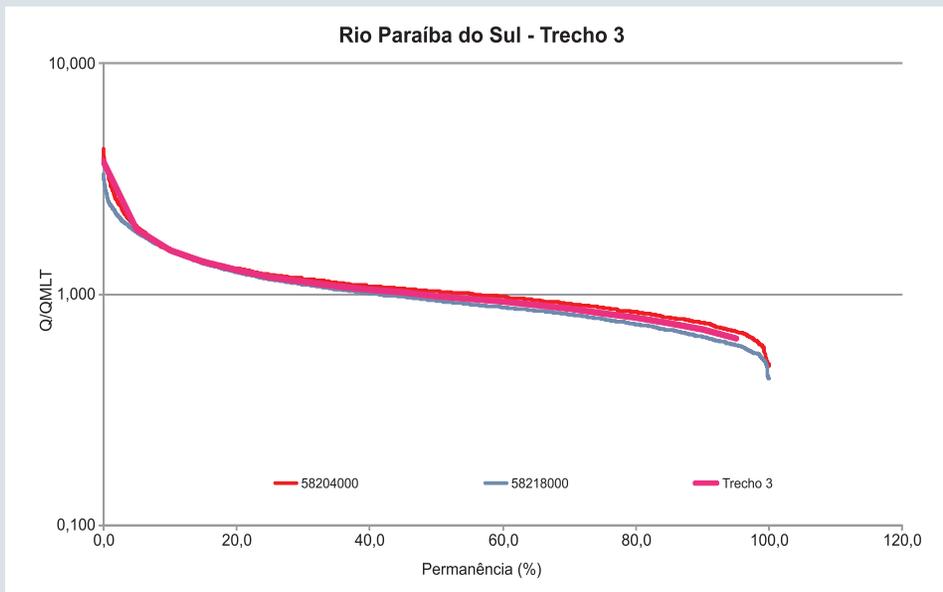
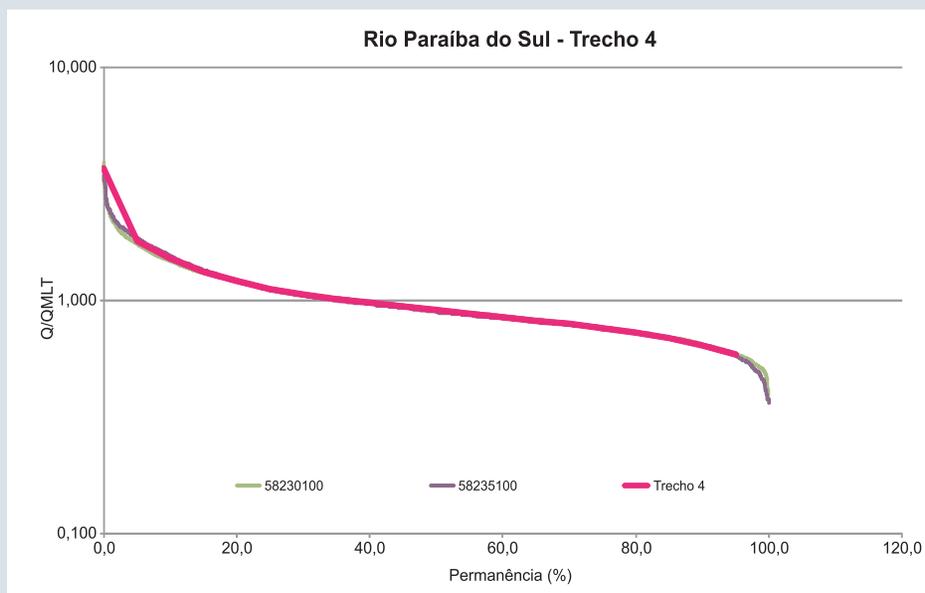


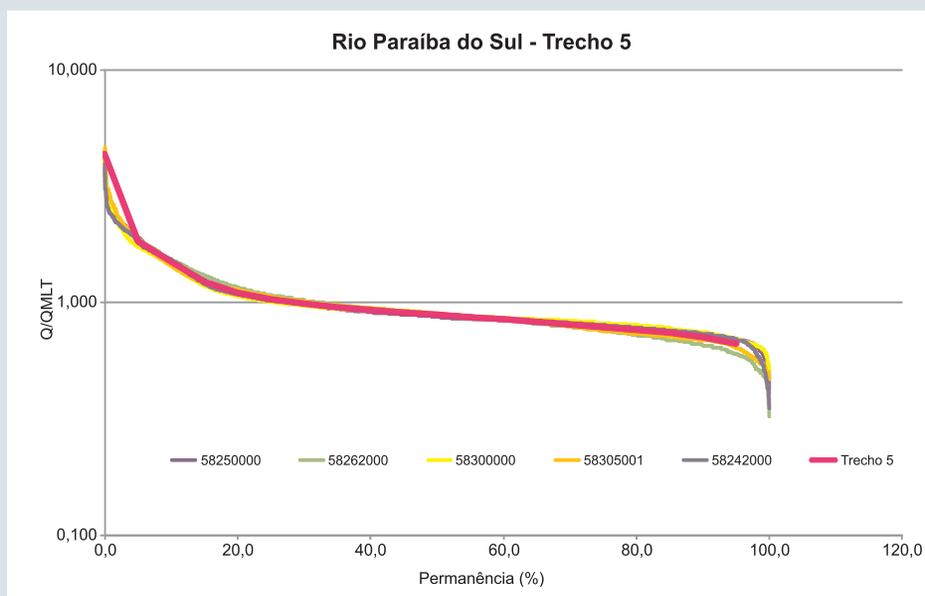
FIGURA 4.12 - Trecho 3 - Rio Paraíba do Sul da confluência com o rio dos Buenos até a confluência com rio Bocaina.

## TRECHO 4



**FIGURA 4.13** - Trecho 4 - Rio Paraíba do Sul da confluência com o rio Bocaina até a UHE Funil.

## TRECHO 5



**FIGURA 4.14** - Trecho 5 – Rio Paraíba do Sul a jusante da UHE Funil até a UHE Sta Cecília.

TRECHO 6

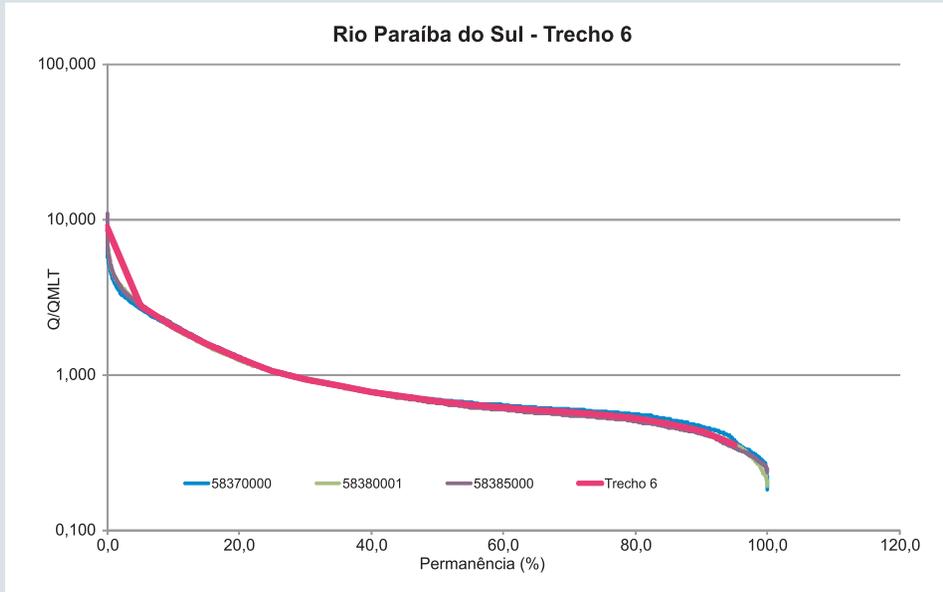


FIGURA 4.15 - Trecho 6 – Rio Paraíba do Sul a jusante da UHE Sta Cecília até a confluência com o rio Paraibuna mineiro.

TRECHO 7

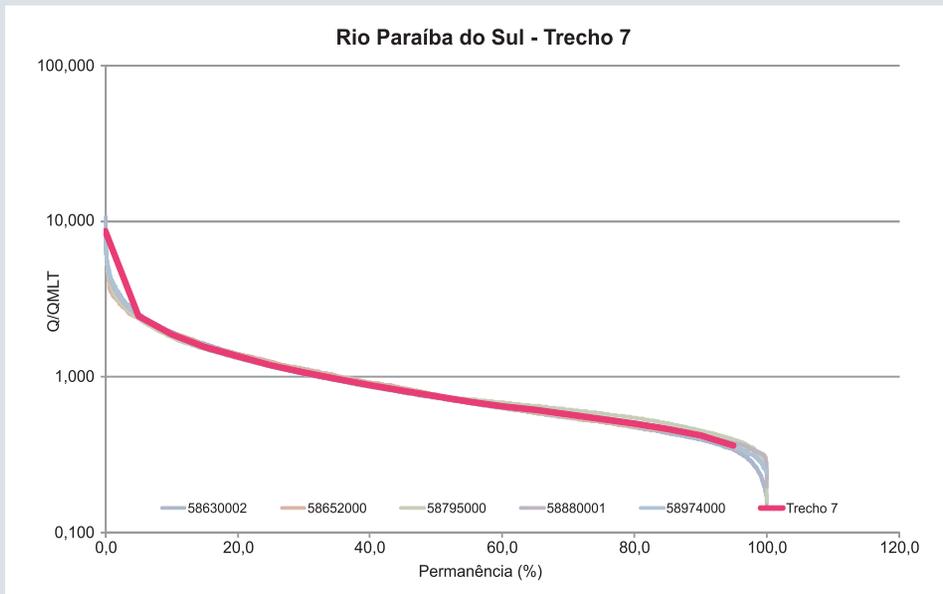


FIGURA 4.16 - Trecho 7 – Rio Paraíba do Sul da confluência do rio Paraibuna mineiro até a foz.

## REGIÕES HOMOGÊNEAS

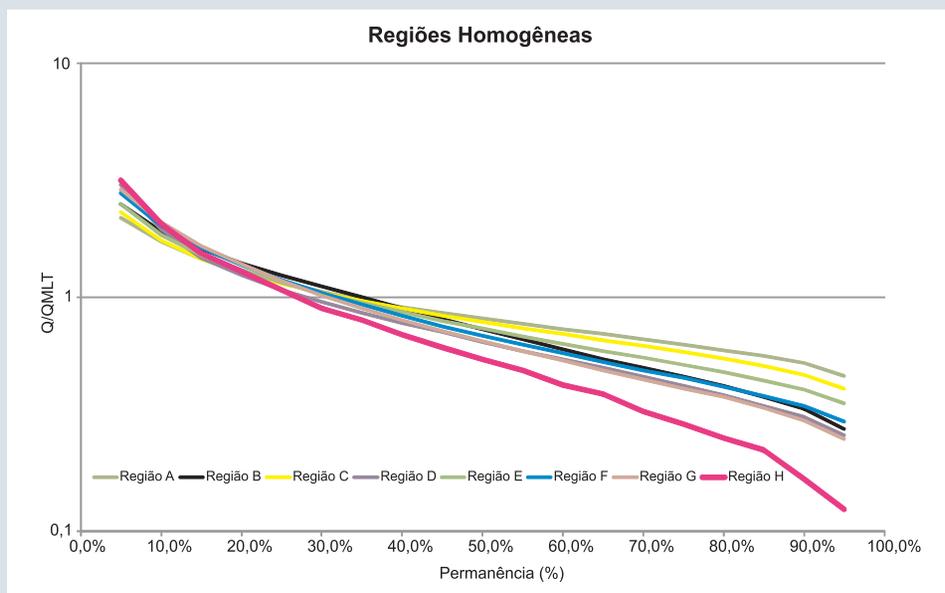


FIGURA 4.17 - Regiões Homogêneas segundo a curva de permanência adimensionalizada.

## TRECHOS HOMOGÊNEOS

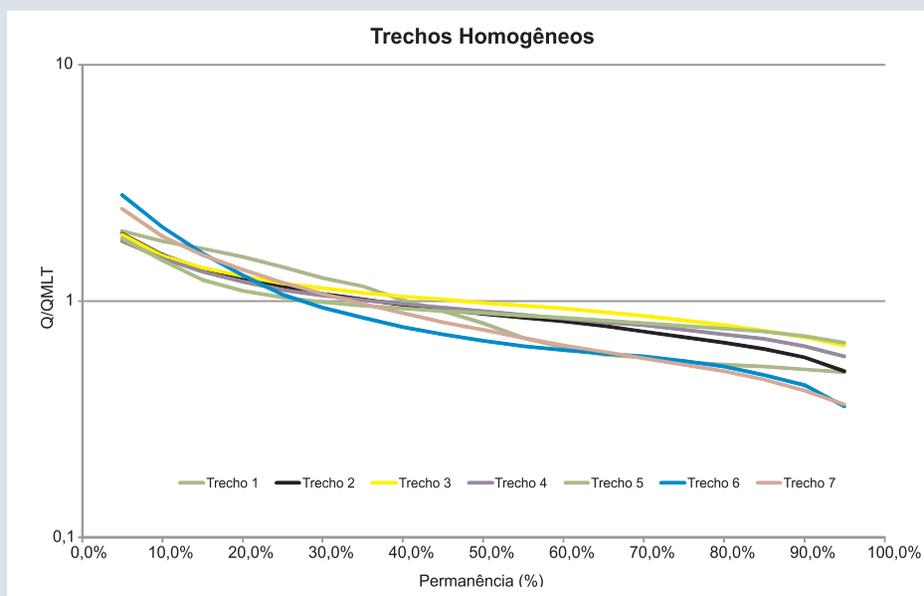


FIGURA 4.18 - Trechos Homogêneos do rio Paraíba do Sul segundo a curva de permanência adimensionalizada.

TABELA 4.1 - Curvas de permanência adimensionalizadas das regiões homogêneas.

PERMANÊNCIA	Q%/QMLT														
	RA	RB	RC	RD	RE	RF	RG	RH	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
95%	0,463	0,274	0,408	0,258	0,352	0,294	0,249	0,124	0,502	0,507	0,647	0,583	0,667	0,358	0,365
90%	0,523	0,335	0,468	0,309	0,402	0,342	0,297	0,168	0,516	0,578	0,706	0,643	0,710	0,440	0,420
85%	0,562	0,376	0,511	0,344	0,440	0,380	0,337	0,223	0,527	0,624	0,748	0,690	0,741	0,486	0,464
80%	0,592	0,418	0,549	0,383	0,477	0,413	0,374	0,250	0,538	0,668	0,790	0,726	0,764	0,527	0,504
75%	0,628	0,458	0,585	0,420	0,514	0,452	0,408	0,287	0,553	0,707	0,829	0,759	0,786	0,556	0,540
70%	0,662	0,503	0,620	0,459	0,552	0,488	0,447	0,325	0,576	0,745	0,864	0,790	0,808	0,581	0,574
65%	0,696	0,545	0,658	0,499	0,591	0,529	0,489	0,387	0,593	0,784	0,897	0,816	0,828	0,600	0,611
60%	0,731	0,597	0,697	0,541	0,634	0,576	0,536	0,424	0,637	0,819	0,927	0,845	0,849	0,622	0,652
55%	0,769	0,660	0,738	0,591	0,682	0,627	0,588	0,486	0,697	0,852	0,956	0,874	0,869	0,646	0,697
50%	0,811	0,730	0,785	0,645	0,736	0,685	0,647	0,544	0,806	0,885	0,985	0,905	0,888	0,679	0,754
45%	0,855	0,809	0,838	0,710	0,795	0,752	0,718	0,612	0,903	0,921	1,015	0,939	0,907	0,726	0,816
40%	0,908	0,899	0,897	0,780	0,863	0,834	0,802	0,694	1,010	0,966	1,045	0,972	0,931	0,778	0,886
35%	0,976	1,004	0,966	0,859	0,944	0,931	0,898	0,800	1,150	1,015	1,088	1,009	0,959	0,853	0,971
30%	1,057	1,112	1,047	0,952	1,038	1,046	1,019	0,901	1,254	1,074	1,133	1,054	0,993	0,938	1,071
25%	1,160	1,237	1,145	1,078	1,156	1,191	1,180	1,076	1,397	1,154	1,186	1,112	1,040	1,068	1,198
20%	1,281	1,393	1,275	1,241	1,304	1,367	1,384	1,282	1,533	1,246	1,269	1,206	1,105	1,283	1,362
15%	1,454	1,606	1,456	1,470	1,516	1,623	1,658	1,544	1,664	1,373	1,378	1,327	1,227	1,588	1,567
10%	1,723	1,917	1,743	1,940	1,845	2,022	2,084	2,049	1,790	1,568	1,549	1,513	1,491	2,056	1,878
5%	2,184	2,510	2,297	3,030	2,492	2,772	2,894	3,151	1,974	1,922	1,909	1,793	1,837	2,816	2,464

R – Região; T – Trecho

# 5

## REGIONALIZAÇÃO DA VAZÃO DE 95% DA CURVA DE PERMANÊNCIA



Rio Paraíba do Sul  
Três Rios / RJ



## METODOLOGIA

Os estudos de regionalização para a sub-bacia 58 basearam-se na metodologia consolidada pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, reunida e apresentada em *Tucci* (2000).

A metodologia foi aplicada apenas para a variável dependente Q95% que foi definida através de equações de regressão em função das variáveis dependentes precipitação e/ou área de drenagem com base em métricas estatísticas. As particularidades da metodologia encontram-se descritas nos itens a seguir.

Vale ressaltar que para o melhor ajuste das equações de regressão é recomendável utilizar a maior quantidade disponível de dados já consistidos, assim, foram coletados todos os dados possíveis e pré-selecionadas todas as estações com mais de cinco anos de vazão fluvial. Em seguida, os dados das estações foram avaliados quanto à sua qualidade, utilizando-se o critério de avaliação constante em *Tucci* (2000) e exposto no **Anexo DVD C.3**.

Na seleção das estações para a análise regional, ainda foram empreendidos testes de estacionariedade (t – Student para as médias e F – Fisher para as variâncias) das séries anuais de vazões médias e Q95%, utilizando o programa HIDROCAL, desenvolvido pela CPRM em 2011. (Marta V. Ottoni; Marlon G. L. Alvarez. [Brasília]: CPRM, 2011).

Na análise de regressão das variáveis de longo termo, utilizadas como fator de adimensionalização das distribuições de probabilidades, as variáveis independentes ou explicativas foram grandezas fisiográficas e meteorológicas (climáticas), facilmente quantificáveis, como a área de drenagem e a precipitação total anual média de cada estação.

Calcularam-se ainda indicadores hidrológicos regionais e características estatísticas para análise de sua variabilidade espacial, visando à definição das regiões hidrológica e estatisticamente homogêneas. As análises mais qualitativas de mapas temáticos auxiliaram a definição dos limites dessas regiões, especialmente o de hidrogeologia e delimitação das sub-bacias dos principais afluentes da sub-bacia analisada.

Primeiramente foi realizada a regressão para toda área da sub-bacia 58, constatando-se um melhor ajuste utilizando ambas as variáveis, Precipitação Média e Área de Drenagem, com base nas seguintes estatísticas: a raiz quadrada do erro relativo médio (RMS), R<sup>2</sup> e erro relativo linear para cada estação. Depois de ajustada a equação para as duas variáveis independentes retirou-se a precipitação média verificando se houve melhora no ajuste. A ferramenta utilizada para a análise das regiões homogêneas e cálculo das equações de regressão foi o programa EXCEL (versão 1997 e 2010). As equações de regressão estabelecidas foram lineares ou de potência, simples ou múltiplas, conforme apresentado a seguir:

$$Q_m = aA^b \dots\dots\dots$$

$$Q_m = aA^b P^c \dots\dots\dots$$

Q<sub>m</sub> – Vazão Mínima

a, b e c - Coeficientes

Área

P – Precipitação.

Os resultados detalhados das regressões são apresentados em forma de tabelas e figuras ao longo do texto, sendo o estabelecimento das equações regionais de regressão, realizada após a identificação das regiões hidrológicamente homogêneas.

## INDICADORES DA VARIABILIDADE REGIONAL – RELAÇÃO RCP95

Para uma primeira avaliação do conjunto dos dados da bacia, foram elaborados gráficos dos indicadores de coeficiente de escoamento e da curva de permanência rcp95 versus a área de drenagem, já que eles funcionam como um indicador regional que auxilia na identificação de possíveis agrupamentos de estações. Para uma melhor visualização esses gráficos foram construídos para os principais afluentes e para o curso principal. Na análise do gráfico do coeficiente de escoamento das estações versus a área de drenagem correspondente (C=Vazão/Precipitação), apresentado no **Anexo DVD E.2** e nas **Figuras 5.1** e **5.2**, percebe-se que os valores dos coeficientes de escoamento das estações fluviométricas variaram entre 0,09 a 1,29, sendo que a maioria das estações apresentaram valores inferiores a 0,5, valores esses consistentes para uma região úmida. O coeficiente de escoamento, ao ampliar o conhecimento sobre o comportamento hidrológico de uma bacia, permite observar as estações com comportamento semelhantes, sendo um indicativo de possíveis agrupamentos.

A relação entre a vazão de 95% da curva de permanência e a vazão média de longo período ( $rcp_{95} = Q_{95}/Q_{MLT}$ ) permite estimar a primeira em função da segunda, se o indicador regional for conhecido. Este índice pode apresentar pequena variação numa região, à medida que as características que determinam a sua proporcionalidade tenham pequena variabilidade de um local para outro. A vazão de 95% é um valor característico do comportamento de estiagem dos cursos d'água e a vazão média é a síntese de todas as vazões ao longo do tempo.

O **Anexo DVD E.3** apresenta a relação  $rcp_{95}$ , As **Figuras 5.3** e **5.4** relacionam esse índice com a área de drenagem ao longo dos cursos d'água da bacia 58, afluentes e curso principal em gráficos distintos para melhor visualização.

Na **Figura 5.3** Os valores de  $rcp_{95}$  para os principais afluentes variam de 0,20 a 0,55, os valores abaixo de 0,20 correspondem a quatro estações do Piraí, que têm dados inconsistentes devidos à transposição de vazões, e a uma do Pomba. No curso principal verifica-se, claramente, a influên-

cia da transposição de vazões existente na bacia através de Santa Cecília, no município de Barra do Piraí com a queda dos valores do indicador regional para menos de 0,40 nas estações localizadas a jusante da transposição.

### ANÁLISES DE REGRESSÃO

Para os cálculos envolvidos na análise de regressão foi utilizada a planilha eletrônica Excel – Office97 e Office 2010, com a função contida em Ferramentas - Análise de

dados – Regressão. O procedimento de análise consistiu na busca do melhor resultado em termos de incremento do coeficiente de determinação (R – quadrado), na diminuição dos resíduos individuais (erro médio quadrático), dos totais (raiz do somatório do erro médio quadrático) e do erro linear percentual, conforme **Anexo DVD G.1**. No ajuste das vazões, as equações não lineares do tipo potencial apresentaram melhores resultados do que as lineares. Elas foram obtidas através de regressão linear com o uso dos logaritmos das variáveis dependentes e independentes.

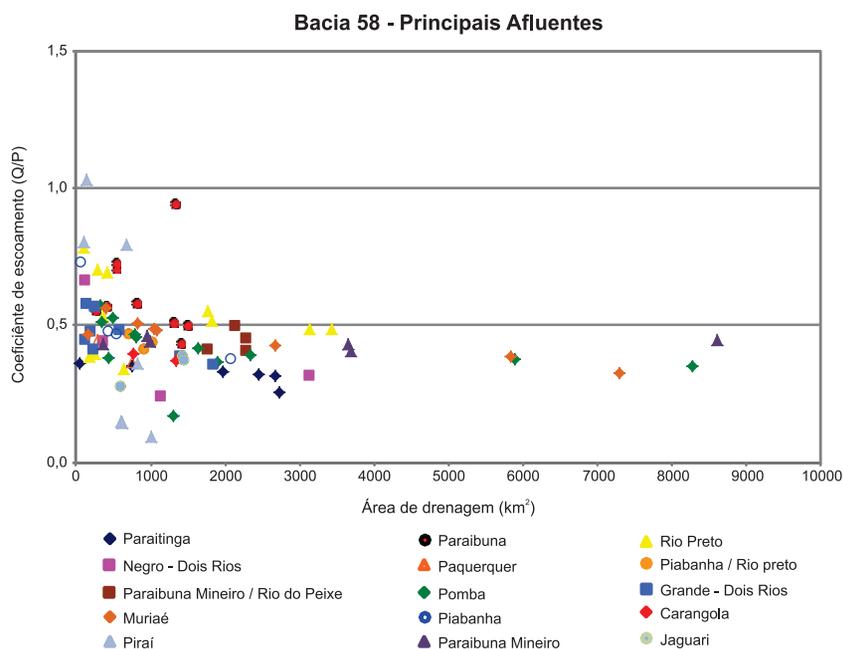


FIGURA 5.1 - Vazão específica x área de drenagem – principais afluentes.

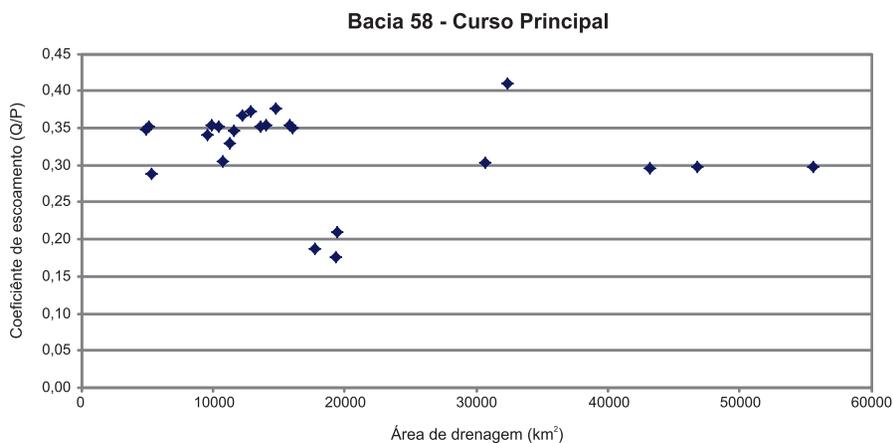


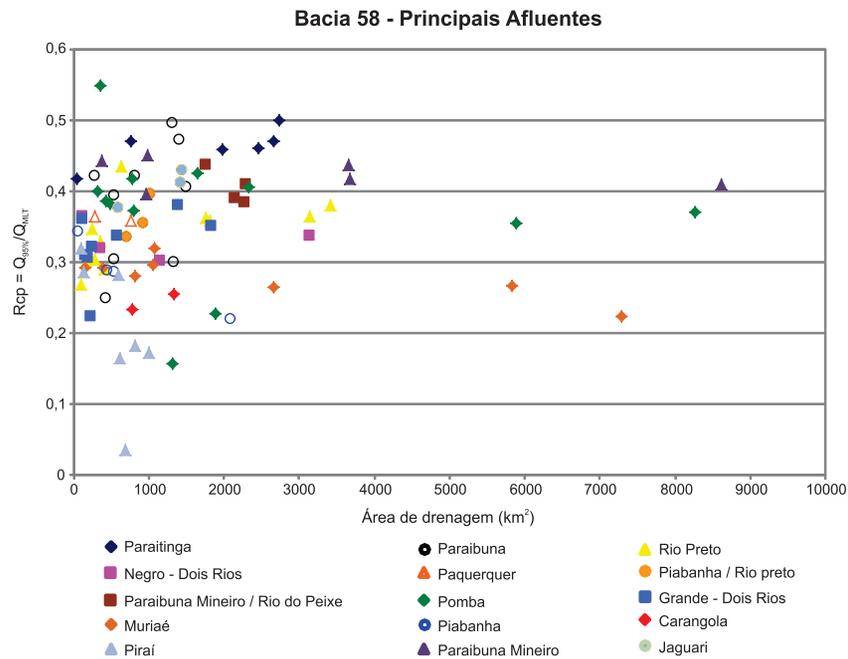
FIGURA 5.2 - Vazão específica x área de drenagem – curso principal.

Para iniciar a análise de regressão das vazões Q95, consideraram-se 143 estações selecionadas para o estudo, segundo o **Anexo DVD G.1** e que pode ser visualizado na **Tabela 5.1**. Nela foi analisada a regressão múltipla com as áreas de drenagem e as precipitações médias que apenas indicaram a necessidade de subdivisão em função dos desvios apresentados entre valores estimados e observados e que a relação não linear entre as variáveis foi a que gerou menores desvios.

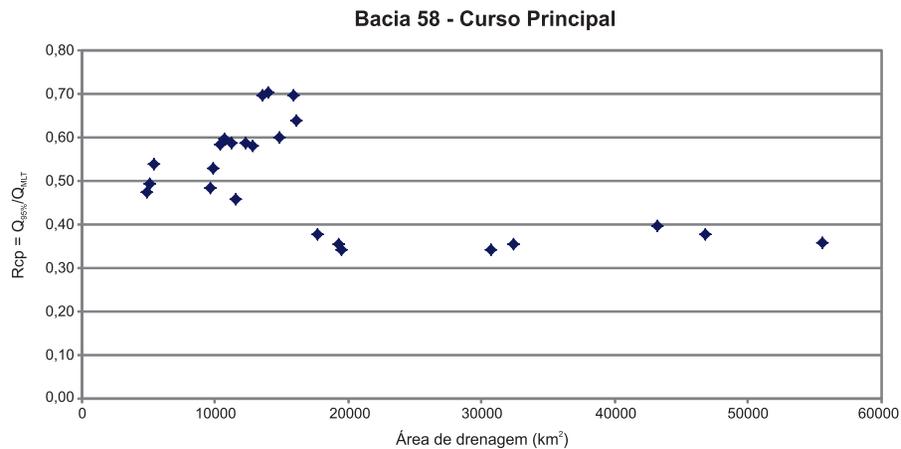
Correlacionando-se as vazões Q95 de cada estação, com as áreas de drenagem, e em seguida também com as

precipitações médias, notou-se que a regressão múltipla com a área e precipitação apresentavam melhor coeficiente de determinação e menores desvios relativos. Assim foi na grande maioria dos grupos demonstrando que a precipitação é determinante na diferenciação das regiões na bacia do Rio Paraíba do Sul.

A análise empreendida, baseada nos resultados estatísticos referentes a cada alteração proposta para agrupamentos de possíveis regiões homogêneas, gerou uma grande quantidade de resultados intermediários que não foram impressos,



**FIGURA 5.3** - Indicador regional  $rcp_{95}$  x área de drenagem – principais afluentes.



**FIGURA 5.4** - Indicador regional  $rcp_{95}$  x área de drenagem – curso principal.

TABELA 5.1 - Visualização da planilha base da regressão.

CODIGO	NOME DA ESTAÇÃO	ENTIDADE DO DADO	SUB-BACIA	ÁREA (km <sup>2</sup> )	MLT (m <sup>3</sup> /s)	P_MÉDIA (mm)	DESVPAD	CV	Q95 (m <sup>3</sup> /s)	Q50 (m <sup>3</sup> /s)	QESPECÍFICA (l/s km <sup>2</sup> )	C=Q/P	PRECIPITAÇÃO MÉDIA (M)	VOLUME (m <sup>3</sup> )	PRECIPIT (m <sup>3</sup> /s)	RCP95
58030000	ESTRADA DO CUNHA	ANA	58	758	12,57	1503	2,46	5,12	5,92	10,30	0,02	0,35	1,50	1.139.203.485,90	36,12	0,4710
58033000	FAZENDA CUME	FCTH/DAEE-SP	58	90	2,32	1890	0,37	6,26	0,97	1,81	0,03	0,43	1,89	170.846.720,67	5,42	0,4176
58035000	BAIRRO FAXINAL	FCTH/DAEE-SP	58	44	0,67	1320	0,13	5,13	0,28	0,57	0,02	0,36	1,32	58.538.312,20	1,86	0,4176
58040000	SAO LUIS DO PARAITINGA - SLP	ANA	58	1974	30,19	1458	5,49	5,50	13,40	24,40	0,02	0,33	1,46	2.877.630.095,35	91,25	0,4439
58044800	OLARIA	LIGHT	58	2669	38,13	1429	5,84	6,53	17,90	31,00	0,01	0,32	1,43	3.812.799.260,76	120,90	0,4695
58044900	BAIRRO PARAITINGA	LIGHT	58	2731	31,36	1424	3,98	7,87	15,70	24,50	0,01	0,25	1,42	3.888.405.090,84	123,30	0,5007
58045000	PONTE DOS MINEIROS	ANA	58	2454	36,01	1442	8,14	4,42	16,60	28,50	0,01	0,32	1,44	3.539.532.864,33	112,24	0,4610
58060000	PONTE ALTA 1	ANA	58	256	8,34	1847	1,40	5,97	3,53	6,57	0,03	0,56	1,85	472.383.774,22	14,98	0,4230
58065000	PONTE ALTA 2	ANA	58	18	1,54	2141	0,26	6,00	0,37	0,92	0,09	1,29	1,85	37.874.866,15	1,20	0,2396
58068000	FAZENDA PALMEIRAS - FAP	CESP	58	405	13,65	1855	2,22	6,14	3,42	10,00	0,03	0,57	2,14	752.063.383,04	23,85	0,2506
58070000	BAIRRO ALTO	ANA	58	530	21,81	1830	3,29	6,63	8,64	16,70	0,04	0,71	1,83	969.994.060,87	30,76	0,3961
58071000	BAIRRO ALTO	LIGHT	58	525	21,55	1774	4,31	5,00	6,60	17,20	0,04	0,73	1,77	932.111.283,40	29,56	0,3063
58075000	NATIVIDADE DA SERRA 2	ANA	58	142	2,06	1494	0,40	5,18	0,93	1,61	0,01	0,31	1,49	212.000.371,41	6,72	0,4495
58078000	NATIVIDADE DA SERRA 1	ANA	58	805	25,23	1703	3,88	6,49	10,70	18,90	0,03	0,58	1,70	1.370.702.278,73	43,46	0,4241
58082000	VARGINHA	ANA	58	393	7,79	1515	1,10	7,11	4,16	6,34	0,02	0,41	1,52	595.186.376,25	18,87	0,5338
58086000	FAZENDA JOAQUIM ALVES	LIGHT	58	1306	34,01	1607	4,43	7,67	16,90	28,25	0,03	0,51	1,61	2.099.505.320,58	66,57	0,4969
58087000	BAIRRO DO CARACOL	ANA	58	1396	30,77	1589	4,92	6,25	14,59	24,90	0,02	0,44	1,59	2.218.395.124,89	70,34	0,4743
58087300	UHE PARAIBUNA - JUSANTE	CESP	58	1316	63,24	1604	24,82	2,55	19,10	56,40	0,05	0,94	1,60	2.112.103.415,79	66,97	0,3020
58087600	PARAIBUNA	LIGHT	58	1490	37,11	1572	5,42	6,85	15,10	29,30	0,02	0,50	1,57	2.343.526.028,83	74,31	0,4069
58099000	SANTA BRANCA	ANA	58	4887	78,50	1454	21,16	3,71	37,10	68,40	0,02	0,35	1,45	7.103.180.212,84	225,24	0,4726
58105300	GUARAREMA	ANA	58	5141	83,03	1447	19,16	4,33	40,90	66,10	0,02	0,35	1,45	7.440.696.808,22	235,94	0,4926
58107100	LUIZ CARLOS - REGUA VELHA	ANA	58	43	0,55	1380	0,08	6,90	0,20	0,39	0,01	0,29	1,38	59.078.599,58	1,87	0,3637
58110002	JACAREI - SAAE	ANA	58	5399	70,99	1443	16,12	4,40	38,19	53,31	0,01	0,29	1,44	7.789.986.435,23	247,02	0,5380
58118000	IGARATA 2	ANA	58	586	7,71	1474	1,55	4,96	2,91	5,98	0,01	0,28	1,47	863.819.080,50	27,39	0,3776
58122000	USINA DO TURVO	ANA	58	377	13,57	1793	2,24	6,07	5,34	10,50	0,04	0,63	1,79	676.242.422,35	21,44	0,3935
58126000	IGARATA 1	ANA	58	728	18,88	1793	2,93	6,43	8,23	15,20	0,03	0,46	1,79	1.305.230.523,03	41,39	0,4359
58128000	FAZENDA SAO JOAO	ANA	58	1412	27,99	1593	4,38	6,40	11,60	21,90	0,02	0,39	1,59	2.250.090.567,03	71,35	0,4144
58129000	FAZENDA BARBOSA	ANA	58	1427	26,93	1592	4,34	6,20	11,60	22,20	0,02	0,37	1,59	2.271.472.718,90	72,03	0,4307

TABELA 5.1 - (continuação).

CODIGO	NOME DA ESTAÇÃO	ENTIDADE DO DADO	SUB-BACIA	ÁREA (km <sup>2</sup> )	MLT (m <sup>3</sup> /s)	P_MÉDIA (mm)	DESV-PAD	CV	Q95 (m <sup>3</sup> /s)	Q50 (m <sup>3</sup> /s)	QESPECIFICA (l/s km <sup>2</sup> )	C=Q/P	PRECIPITAÇÃO MÉDIA (M)	VOLUME (m <sup>3</sup> )	PRECIPIT(m <sup>3</sup> /s)	RCP95
58138000	BAIRRO REMEDINHO	FCTH/DAEE-SP	58	384	3,43	1382	0,67	5,08	0,98	2,17	0,01	0,20	1,38	531.374.274,90	16,85	0,2861
58142200	BUQUIRNHA 2	ANA	58	435	9,66	1688	1,81	5,33	4,21	7,92	0,02	0,41	1,69	734.348.966,73	23,29	0,4358
58148000	BAIRRO SANTA LUZIA	FCTH/DAEE-SP	58	64	0,67	1317	0,06	10,97	0,25	0,39	0,01	0,25	1,32	84.412.431,46	2,68	0,3740
58155000	CERAMICA QUIRINO	FCTH/DAEE-SP	58	30	0,28	1307	0,07	3,90	0,04	0,15	0,01	0,22	1,31	39.442.151,42	1,25	0,1422
58165000	FAZENDA KANEGAI	FCTH/DAEE-SP	58	164	3,37	1648	0,85	3,94	0,84	2,52	0,02	0,39	1,65	270.202.336,71	8,57	0,2496
58165500	FAZENDA SANTA CLARA	FCTH/DAEE-SP	58	120	1,75	1342	0,27	6,59	0,81	1,44	0,01	0,34	1,34	160.666.716,61	5,09	0,4630
58170000	REMEDIOS	ANA	58	357	3,56	1333	0,65	5,45	1,51	2,88	0,01	0,24	1,33	475.572.960,91	15,08	0,4247
58170100	BAIRRO DOS REMEDIOS	FCTH/DAEE-SP	58	357	3,74	1333	1,35	2,78	1,22	2,42		0,25	1,52	475.572.960,91	15,08	0,3270
58177000	FAZENDA MODELO	FCTH/DAEE-SP	58	471	5,82	1325	1,04	5,59	1,61	3,57	0,01	0,29	1,32	623.875.113,21	19,78	0,2765
58183000	PINDAMO-NHANGABA	ANA	58	9645	152,70	1462	27,57	5,54	92,60	134,00	0,02	0,34	1,46	14.101.239.076,02	447,15	0,6064
58185000	PINDAMO-NHANGABA	FCTH/DAEE-SP	58	80	0,76	1267	0,22	3,52	0,08	0,42	0,01	0,24	1,27	101.146.435,84	3,21	0,1055
58192000	VARZEA DO PARAIBA	FCTH/DAEE-SP	58	9860	161,56	1458	26,62	6,07	85,39	144,26	0,02	0,35	1,46	14.373.572.434,21	455,78	0,5285
58194000	FAZENDA SAPUCAIA	FCTH/DAEE-SP	58	126	2,82	1619	0,52	5,40	0,54	1,74	0,02	0,43	1,62	204.813.237,24	6,49	0,1917
58198000	PIRAPITINGUI	FCTH/DAEE-SP	58	66	0,87	1342	0,22	4,01	0,40	0,71	0,01	0,31	1,34	88.468.364,20	2,81	0,4623
58204000	GUARATINGUETA	LIGHT	58	10718	150,53	1456	24,90	6,04	104,00	138,00		0,30	1,46	15.601.470.795,27	494,72	0,6909
58207000	PILOES	ANA	58	86	3,35	1682	0,57	5,85	1,04	2,64	0,04	0,73	1,68	145.009.392,41	4,60	0,3104
58211000	COLONIA PIAGUI	FCTH/DAEE-SP	58	171	4,80	1618	0,70	6,87	1,17	3,27	0,03	0,55	1,62	276.883.756,17	8,78	0,2440
58215000	FAZENDA SANTA CATARINA	FCTH/DAEE-SP	58	37	0,67	1487	0,13	5,04	0,18	0,46	0,02	0,39	1,49	54.579.424,07	1,73	0,2698
58217500	PITEU	FCTH/DAEE-SP	58	36	0,49	1388	0,09	5,62	0,13	0,30	0,01	0,31	1,39	49.940.422,90	1,58	0,2669
58218000	CACHOEIRA PAULISTA	ANA	58	11583	184,97	1455	29,57	6,26	112,13	156,00	0,02	0,35	1,46	16.856.455.248,43	534,51	0,6062
58220000	FAZENDA SANTA CLARA	ANA	58	202	3,55	1481	0,71	4,98	1,33	2,68	0,02	0,38	1,48	298.498.865,05	9,47	0,3744
58227000	EMBAU	FCTH/DAEE-SP	58	186	3,92	1600	0,68	5,77	1,45	3,06	0,02	0,42	1,60	296.968.647,29	9,42	0,3702
58228000	PASSA VINTE	FCTH/DAEE-SP	58	157	3,83	1623	0,73	5,25	0,90	2,39	0,02	0,48	1,62	254.535.272,18	8,07	0,2348
58230100	CRUZEIRO	FCTH/DAEE-SP	58	12277	208,03	1459	27,80	7,48	126,21	190,63		0,37	1,46	17.916.559.288,62	568,13	0,6067
58235100	QUELUZ	ANA	58	12874	222,30	1464	36,60	6,07	129,00	198,51	0,02	0,37	1,46	18.847.928.875,72	597,66	0,5803
58242000	ITATIAIA	FURNAS	58	13617	224,26	1475	28,00	8,01	151,00	200,00	0,02	0,35	1,48	20.088.469.096,43	637,00	0,6733
58250000	RESENDE	ANA	58	14020	233,37	1481	35,89	6,50	164,00	203,00	0,02	0,35	1,48	20.762.580.410,26	658,38	0,7027
58256000	PEDRA SELADA	ANA	58	48	1,59	2001	0,26	6,06	0,52	1,14	0,03	0,52	2,00	96.685.853,84	3,07	0,3292
58258000	PONTE NOVA	ANA	58	174	6,55	1972	1,25	5,26	1,72	4,83	0,04	0,60	1,97	343.283.344,63	10,89	0,2625
58262000	FLORIANO	LIGHT	58	14828	264,52	1493	46,92	5,64	159,00	236,00	0,02	0,38	1,49	22.130.168.667,72	701,74	0,6011

TABELA 5.1 - (continuação).

CODIGO	NOME DA ESTAÇÃO	ENTIDADE DO DADO	SUB-BACIA	ÁREA (km <sup>2</sup> )	MLT (m <sup>3</sup> /s)	P_MÉDIA (mm)	DESV-PAD	CV	Q95 (m <sup>3</sup> /s)	Q50 (m <sup>3</sup> /s)	QESPECÍFICA (l/s km <sup>2</sup> )	C=Q/P	PRECIPITAÇÃO MÉDIA (M)	VOLUME (m <sup>3</sup> )	PRECIPIT(m <sup>3</sup> /s)	RCP95
58270000	GLICERIO	ANA	58	406	8,57	1595	1,93	4,43	3,10	6,75	0,02	0,42	1,59	647.843.046,11	20,54	0,3616
58287000	RIALTO	ANA	58	344	5,07	1594	1,22	4,17	1,38	3,68	0,01	0,29	1,59	548.917.358,47	17,41	0,2718
58300000	BARRA MANSA	ANA	58	15865	266,93	1497	36,89	7,24	197,00	237,09	0,02	0,35	1,50	23.757.045.098,70	753,33	0,7380
58305001	VOLTA REDONDA	ANA	58	16109	268,11	1496	40,51	6,62	171,00	241,30	0,02	0,35	1,50	24.100.447.498,53	764,22	0,6378
58335000	LIDICE	ANA	58	97	4,36	1762	0,65	6,73	1,39	3,38	0,05	0,81	1,76	170.640.900,23	5,41	0,3188
58338000	FAZENDA SANTANA	ANA	58	132	7,53	1748	1,48	5,09	2,15	5,26	0,06	1,03	1,75	230.586.408,49	7,31	0,2855
58350000	FAZENDA BELA VISTA	LIGHT	58	617	4,66	1632	0,97	4,81	0,77	1,93	0,01	0,15	1,63	1.007.436.605,61	31,95	0,1649
58352800	PIRAI - PONTE CIDADE	LIGHT	58	682	27,60	1605	55,90	0,49	1,00	2,70	0,04	0,80	1,60	1.094.586.194,17	34,71	0,0362
58359000	SANTANESIA	LIGHT	58	1007	4,52	1520	2,00	2,26	0,78	2,20	0,00	0,09	1,52	1.531.326.297,41	48,56	0,1725
58370000	BARRA DO PIRAI-OFFICIAL	LIGHT	58	17737	157,33	1491	65,32	2,41	59,50	109,00	0,01	0,19	1,49	26.439.927.773,27	838,40	0,3782
58380001	PARAIBA DO SUL - RN	ANA	58	19342	157,93	1468	41,18	3,84	56,05	108,00	0,01	0,18	1,47	28.388.211.887,20	900,18	0,3549
58385000	TRES RIOS	LIGHT	58	19460	189,07	1466	48,32	3,91	64,60	125,00	0,01	0,21	1,47	28.522.874.811,30	904,45	0,3417
58400000	PETRÉPOLIS	ANA	58	52	2,26	1877	0,43	5,27	0,78	1,67	0,04	0,73	1,88	97.327.881,32	3,09	0,3451
58405000	PEDRO DO RIO	ANA	58	423	11,10	1721	1,70	6,53	3,22	7,82	0,03	0,48	1,72	728.772.695,37	23,11	0,2900
58409000	AREAL - RN	ANA	58	523	12,81	1635	3,70	3,46	3,69	8,70	0,02	0,47	1,63	855.086.729,75	27,11	0,2881
58420000	FAZENDA SOBRADINHO	ANA	58	695	16,97	1633	2,85	5,96	5,71	12,10	0,02	0,47	1,63	1.135.228.830,09	36,00	0,3365
58425000	MORELI (PARADA MORELI)	ANA	58	901	18,59	1569	3,58	5,19	6,64	13,70	0,02	0,41	1,57	1.414.651.492,44	44,86	0,3572
58427000	TRISTAO CAMARA	ANA	58	1004	21,74	1540	3,37	6,45	8,66	17,30	0,02	0,44	1,54	1.546.433.193,09	49,04	0,3984
58434000	FAGUNDES	ANA	58	270	4,01	1353	0,70	5,68	1,36	2,83	0,01	0,35	1,35	364.542.140,27	11,56	0,3394
58440000	MOURA BRASIL	ANA	58	2063	36,90	1492	7,65	4,82	8,15	24,79	0,02	0,38	1,49	3.078.093.880,37	97,61	0,2208
58470000	CHAPEU D'UVAS	ANA	58	369	7,87	1570	1,90	4,14	3,48	6,51	0,02	0,43	1,57	578.891.540,59	18,36	0,4425
58480000	JUIZ DE FORA	ANA	58	960	21,90	1557	3,84	5,70	8,66	16,80	0,02	0,46	1,56	1.495.172.224,56	47,41	0,3954
58480500	JUIZ DE FORA - JUSANTE	ANA	58	986	21,36	1556	3,75	5,70	9,62	16,97	0,02	0,44	1,56	1.533.818.300,15	48,64	0,4504
58500000	USINA BRUMADO	ANA	58	151	3,01	1639	0,63	4,78	1,34	2,36	0,02	0,38	1,64	248.246.554,54	7,87	0,4455
58512000	TORREÍES	ANA	58	1747	37,55	1640	6,96	5,39	16,50	29,50	0,02	0,41	1,64	2.864.747.474,15	90,84	0,4394
58514000	FAZENDA SÃO JOSE	CEMIG	58	2123	54,84	1621	12,60	4,35	21,50	42,10	0,03	0,50	1,62	3.442.515.531,54	109,16	0,3920
58516000	FAZENDA SÃO JOSE	ANA	58	2263	52,82	1615	9,85	5,36	20,40	41,20	0,02	0,46	1,62	3.656.051.478,66	115,93	0,3862
58516500	FAZENDA SANTO ANTONIO	ANA	58	2271	47,59	1615	10,87	4,38	19,60	36,10	0,02	0,41	1,61	3.667.411.820,72	116,29	0,4118
58519000	COTEIPE	ANA	58	3661	79,09	1573	10,16	7,79	34,60	61,80	0,02	0,43	1,57	5.757.381.773,24	182,57	0,4375
58520000	SOBRAJI	ANA	58	3681	74,16	1571	14,74	5,03	31,00	58,40	0,02	0,40	1,57	5.782.969.769,15	183,38	0,4180

TABELA 5.1 - (continuação).

CODIGO	NOME DA ESTAÇÃO	ENTIDADE DO DADO	SUB-BÁCIA	ÁREA (km <sup>2</sup> )	MLT (m <sup>3</sup> /s)	P_MÉDIA (mm)	DESV-PAD	CV	Q95 (m <sup>3</sup> /s)	Q50 (m <sup>3</sup> /s)	QESPECÍFICA (l/s km <sup>2</sup> )	C=Q/P	PRECIPITAÇÃO MÉDIA (M)	VOLUME (m <sup>3</sup> )	PRECIPIT(m <sup>3</sup> /s)	RCP95
58525000	VISCONDE DE MAUA	ANA	58 103	5,22	2044	1,05	4,97	1,40	3,75	0,05	0,79	2,04	209.721.539,23	6,65	0,2679	
58530000	PONTE DO SOUZA	ANA	58 290	13,17	2033	1,87	7,05	4,00	9,68	0,05	0,70	2,03	589.294.316,70	18,69	0,3038	
58535000	ZELINDA	ANA	58 417	18,60	2024	7,31	2,55	5,41	13,30	0,04	0,69	2,02	844.384.675,30	26,78	0,2909	
58542000	SANTA RITA DO JACUTINGA	ANA	58 364	11,45	1871	7,31	1,57	3,77	8,82	0,03	0,53	1,87	681.827.538,18	21,62	0,3293	
58549500	RIO PRETO	CEMIG	58 1763	56,87	1839	7,86	7,23	20,6	40,4	0,03	0,55	1,84	3.241.374.062,17	102,78	0,3622	
58550001	RIO PRETO	ANA	58 1816	54,37	1830	10,79	5,04	19,50	42,41	0,03	0,52	1,83	3.324.046.216,61	105,40	0,3587	
58560000	VALENÃA	ANA	58 176	2,78	1296	0,54	5,13	0,84	1,79	0,02	0,38	1,30	228.465.705,39	7,24	0,3010	
58573000	PENTAGNA	ANA	58 250	4,51	1448	0,94	4,79	1,57	3,36	0,02	0,39	1,45	361.371.763,97	11,46	0,3478	
58578000	TRAVESSAO DO MEIO	ANA	58 632	9,33	1364	1,41	6,60	4,06	7,15	0,01	0,34	1,36	862.357.502,35	27,35	0,4352	
58585000	MANUEL DUARTE	ANA	58 3133	80,56	1664	14,20	5,67	29,40	62,33	0,03	0,49	1,66	5.213.013.297,57	165,30	0,3649	
58590000	AFONSO ARINOS	ANA	58 3421	86,11	1630	11,02	7,82	32,80	68,80	0,03	0,49	1,63	5.576.998.007,29	176,85	0,3809	
58610000	ESTEVAO PINTO	ANA	58 782	14,26	1279	3,11	4,58	5,09	10,80	0,02	0,45	1,28	1.000.169.059,04	31,72	0,3569	
58620000	SANTA FE	LIGHT	58 8615	188,22	1540	37,14	5,07	77,00	145,00	0,02	0,45	1,54	13.266.979.168,07	420,69	0,4091	
58630002	ANTA (ANTA G)	ANA	58 30676	437,90	1483	104,48	4,19	173,00	322,00	0,01	0,30	1,48	45.505.022.105,04	1442,95	0,3951	
58645000	SUMIDOURO	ANA	58 290	5,72	1402	1,55	3,70	2,09	4,32	0,02	0,44	1,40	407.106.308,59	12,91	0,3651	
58648001	PAQUEQUER	ANA	58 757	11,95	1369	2,70	4,43	4,28	9,20	0,02	0,36	1,37	1.037.092.356,72	32,89	0,3580	
58652000	BARRAGEM ILHA DOS POMBOS	LIGHT	58 32364	621,28	1475	133,91	4,64	220,70	480,00	0,02	0,41	1,48	47.747.279.090,98	1514,06	0,3552	
58658000	VOLTA GRANDE	ANA	58 335	4,39	1264	1,05	4,18	1,76	3,65	0,01	0,33	1,26	423.865.770,90	13,44	0,4006	
58670002	FAZENDA DA BARRA (PIRAPETINGA)	ANA	58 548	7,26	1237	1,67	4,34	2,75	4,72	0,01	0,34	1,24	677.710.918,90	21,49	0,3790	
58710000	USINA ITUERE	ANA	58 779	17,91	1552	10,39	1,72	7,48	13,85	0,02	0,47	1,55	1.208.364.301,54	38,32	0,4175	
58720000	TABULEIRO	ANA	58 315	8,99	1575	2,70	3,33	3,60	6,46	0,03	0,57	1,57	496.605.567,19	15,75	0,4006	
58725000	FAZENDA FERRAZ	ANA	58 349	8,89	1572	1,24	7,16	4,87	7,08	0,03	0,51	1,57	548.460.621,17	17,39	0,5478	
58730001	GUARANI	ANA	58 1644	33,18	1530	6,36	5,22	14,40	26,00	0,02	0,42	1,53	2.515.718.814,73	79,77	0,4340	
58735000	ASTOLFO DUTRA	ANA	58 2335	43,43	1495	8,39	5,18	17,60	33,99	0,02	0,39	1,50	3.491.630.717,25	110,72	0,4053	
58736000	BARRA DO XOPOTO	ANA	58 1312	9,82	1389	2,16	4,55	1,54	5,60	0,01	0,17	1,39	1.821.485.414,46	57,76	0,1573	
58750000	PIAU	ANA	58 492	12,89	1569	2,60	4,96	4,92	11,00	0,03	0,53	1,57	772.569.097,38	24,50	0,3816	
58755000	RIO NOVO	ANA	58 801	17,82	1542	3,13	5,69	6,63	14,10	0,02	0,45	1,54	1.235.984.397,53	39,19	0,3720	
58760000	ARACI	DAEE-MG	58 1622	10,14	1485	9,83	1,03	1,17	2,64	0,01	0,13	1,49	2.409.359.244,97	76,40	0,1153	
58765001	USINA MAURICIO	ANA	58 1891	32,21	1467	7,63	4,22	9,99	23,04	0,02	0,37	1,47	2.774.510.488,94	87,98	0,3102	

TABELA 5.1 - (continuação).

CODIGO	NOME DA ESTAÇÃO	ENTIDADE DO DADO	SUB-BACIA	ÁREA (km <sup>2</sup> )	MLT (m <sup>3</sup> /s)	P_MÉDIA (mm)	DESV-PAD	CV	Q95 (m <sup>3</sup> /s)	Q50 (m <sup>3</sup> /s)	QESPECIFICA (l/s km <sup>2</sup> )	C=Q/P	PRECIPITAÇÃO MÉDIA (M)	VOLUME (m <sup>3</sup> )	PRECIPIT(m <sup>3</sup> /s)	RCP95
58770000	CATAGUASES	ANA	58	5887	102,19	1457	20,32	5,03	36,30	73,20	0,02	0,38	1,46	8.573.895.451,07	271,88	0,3552
58790002		ANA	58	8273	128,19	1397	27,93	4,59	45,86	91,70		0,35	1,40	11.559.031.224,80	366,53	0,3578
58795000	TRES IRMAOS	ANA	58	43238	586,36	1444	111,78	5,25	233,00	446,00	0,01	0,30	1,44	62.425.808.447,25	1979,51	0,3974
58820000	FAZENDA MENDES	ANA	58	129	4,61	1944	0,70	6,57	1,44	3,04	0,04	0,58	1,94	251.080.658,45	7,96	0,3121
58825000	PONTE ESTRADA DONA MARIANA	ANA	58	235	7,34	1732	1,25	5,89	2,38	5,20	0,03	0,57	1,73	406.471.952,01	12,89	0,3242
58827000	BOM JARDIM	ANA	58	562	14,47	1674	2,26	6,41	4,90	10,40	0,03	0,48	1,67	940.994.588,12	29,84	0,3387
58832000	CONSELHEIRO PAULINO	ANA	58	180	5,07	1839	1,18	4,29	1,56	3,72	0,03	0,48	1,84	331.835.790,80	10,52	0,3080
58837000	CAMBUCAS	ANA	58	215	4,38	1537	1,62	2,70	0,99	2,67	0,02	0,42	1,54	330.313.941,00	10,47	0,2253
58846000	MANUEL DE MORAIS	ANA	58	1375	25,85	1521	4,81	5,38	9,90	18,88	0,02	0,39	1,52	2.090.291.492,19	66,28	0,3830
58850000	PIMENTEL	ANA	58	1814	30,36	1461	5,67	5,35	10,68	21,90	0,02	0,36	1,46	2.650.190.020,16	84,04	0,3519
58857000	ALDEIA - RV	ANA	58	344	6,43	1324	1,24	5,20	1,81	4,04	0,02	0,45	1,32	454.938.098,96	14,43	0,2815
58861000	MACUCO	ANA	58	104	2,84	1281	0,73	3,87	1,04	2,08	0,03	0,67	1,28	133.630.917,54	4,24	0,3665
58870000	BARRA DO RIO NEGRO	ANA	58	1126	10,63	1230	2,62	4,05	3,14	7,20	0,01	0,24	1,23	1.384.363.020,31	43,90	0,2955
58874000	DOIS RIOS	ANA	58	3118	43,17	1358	8,57	5,04	14,68	30,69	0,01	0,32	1,36	4.233.827.113,26	134,25	0,3400
58880001	SAO FIDELIS	ANA	58	46848	632,93	1435	131,71	4,81	238,00	476,00	0,01	0,30	1,43	67.208.191.569,65	2131,16	0,3760
58910000	FAZENDA UMBALBAS	ANA	58	151	3,21	1434	0,58	5,55	0,94	2,26	0,02	0,47	1,43	216.598.357,39	6,87	0,2926
58915000	MURIAE	ANA	58	1083	22,21	1350	4,18	5,31	7,08	15,10	0,02	0,48	1,35	1.461.403.305,01	46,34	0,3187
58916000	BICUIBA	ANA	58	399	9,95	1397	1,76	5,66	2,90	6,57	0,02	0,56	1,40	557.413.165,63	17,68	0,2914
58916900	FAZENDA CACHOEIRA	DAEE-MG	58	1052	21,97	1349	4,91	4,47	6,52	15,60	0,02	0,49	1,35	1.418.772.604,16	44,99	0,2968
58917000	JUSSARA	ANA	58	817	17,82	1363	3,39	5,26	4,99	11,70	0,02	0,50	1,36	1.112.831.569,58	35,29	0,2801
58920000	PATROCÍNIO DO MURIAÉ	ANA	58	2666	47,81	1336	8,97	5,33	12,70	31,70	0,02	0,42	1,34	3.560.889.434,19	112,92	0,2656
58930000	CARANGOLA	ANA	58	772	12,63	1309	3,40	3,71	2,95	7,97	0,02	0,39	1,31	1.010.032.225,25	32,03	0,2336
58934000	PORCIUNCULA	ANA	58	1340	20,25	1284	4,25	4,77	5,16	13,30	0,02	0,37	1,28	1.720.820.384,56	54,57	0,2548
58940000	ITAPERUNA	ANA	58	5834	93,88	1309	25,71	3,65	25,00	61,96	0,02	0,39	1,31	7.638.384.203,25	242,21	0,2663
58960000	CARDOSO MOREIRA - RV	ANA	58	7285	95,15	1270	21,63	4,40	21,30	59,50	0,01	0,32	1,27	9.254.763.307,22	293,47	0,2238
58974000	CAMPOS - PONTE MUNICIPAL	ANA	58	55576	734,86	1402	162,35	4,53	263,13	550,00	0,01	0,30	1,40	77.920.418.809,04	2470,84	0,3581

eles apenas orientaram as decisões de novas divisões ou exclusão de estações.

Abaixo se encontra um resumo do procedimento adotado para a definição das regiões homogêneas para a  $Q_{95}$ :

1. Organização de uma tabela base com todas as variáveis que poderiam ser utilizadas na regressão e com as 143 estações selecionadas.
2. Aplicação da ferramenta regressão linear, utilizando todas as estações selecionadas com as variáveis originais (relação linear) e transformadas utilizando “logaritmo natural” (relação não linear). A regressão foi realizada com base somente na precipitação média, somente área de drenagem e, por último, na área de drenagem e precipitação média.
3. Os melhores resultados foram obtidos utilizando as variáveis transformadas pelo logaritmo (o que demonstra que a relação entre a  $Q_{95}$  e as variáveis independentes é não linear) e com a combinação das duas variáveis independentes, Precipitação Média e Área de Drenagem.
4. A partir da análise dos resíduos e da localização das estações, principalmente em relação às sub-bacias principais, as estações foram agrupadas em diversas combinações. Os Mapas Temáticos, especialmente, o Mapa de Hidrogeologia foram importantes na definição das regiões. Durante esse processo foram detectados problemas no ajuste de algumas estações em relação às outras. Nesse caso poder-se-ia proceder de duas formas:
  - 1- retirar a estação da análise e deixar a área de drenagem correspondente fora da regionalização, ou seja, não compatível com nenhuma outra por ter um comportamento muito diferente. Dessa forma essa região ficaria sem equação de regionalização, sendo considerada uma “região indefinida”;
  - 2- retirar a estação da análise por considerar que seus dados não eram confiáveis e podiam estar com erros. Sendo assim, a área dessa estação, no caso de pertencer à outra estação mais a jusante, continuaria na regionalização. Nesse caso, deveriam ser consideradas as notas atribuídas à estação na

etapa de análise e consistência dos dados apresentadas no **Anexo DVD C.7** e na **Tabela 2.6**, bem como, a análise de estacionariedade (**Anexo DVD D.1** e na **Tabela 2.10**).

As estações que foram retiradas na análise (**Tabela 5.2**) por problemas no ajuste se enquadram na opção 2. Elas apresentaram, em sua maioria, notas baixas e possuíam muitas falhas na planilha de disponibilidade de dados. Com a retirada dessas estações a planilha base ficou com 139 estações.

Para a avaliação e comparação de cada agrupamento, bem como a decisão pela inclusão ou exclusão de alguma estação no mesmo, foram utilizados alguns critérios, sobretudo, nas seguintes métricas estatísticas:

- Coeficiente de determinação Ajustado ( $R^2_{aj}$ ) para comparação entre agrupamentos e Coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para avaliação do ajuste. Quanto melhor o ajuste, mais próximo de “1” estaria o coeficiente.
- Erro médio quadrático para cada estação – auxiliar na decisão da inclusão ou exclusão da estação do agrupamento. Deveria ser o menor possível.
- Raiz do somatório do erro médio quadrático – avaliação do erro médio do agrupamento, deveria ser o menor possível (essa métrica possui a mesma unidade da variável independente, no caso  $m^3/s$ , assim facilita a avaliação).
- Erro linear percentual por estação (Desvio) – o limite que deveria ser observado era 25%. Critério excludente de estações.
- Erro Médio Relativo percentual (EMR) - média do módulo dos erros lineares percentuais para cada região.

## REGIÕES HOMOGÊNEAS E FUNÇÕES REGIONAIS

Os resultados, da análise de regressão, definiram para  $Q_{95}$  vinte regiões homogêneas e uma região indefinida, que abrange a região da sub-bacia do Piraí, bastante regulado pela presença de estação elevatória e por vários reservatórios, apresentando, conseqüentemente dados inconsistentes. Essa

**TABELA 5.2** - Estações retiradas na regressão.

ESTAÇÕES	BACIA	RIO	OPERADORA	SITUAÇÃO	MOTIVO
58170100	MÉDIO SUP_PARAÍBA	UNA	FCTH/DAEE-SP	Desativada	Nota C (disponibilidade) e sem nota (curva-chave)
58760000	POMBA	RIO NOVO	IGAM-MG	Operação	Nota C (disponibilidade) e sem nota (curva-chave) - coordenada parece errada
58033000	ALTO_PARAÍBA	JAÇUÍ	FCTH/DAEE-SP	Desativada	Nota C (disponibilidade) e sem nota (curva-chave)
58138000	MÉDIO SUP_PARAÍBA	PARATEI	FCTH/DAEE-SP	Desativada	Nota C (disponibilidade) e sem nota (curva-chave) - só dados brutos

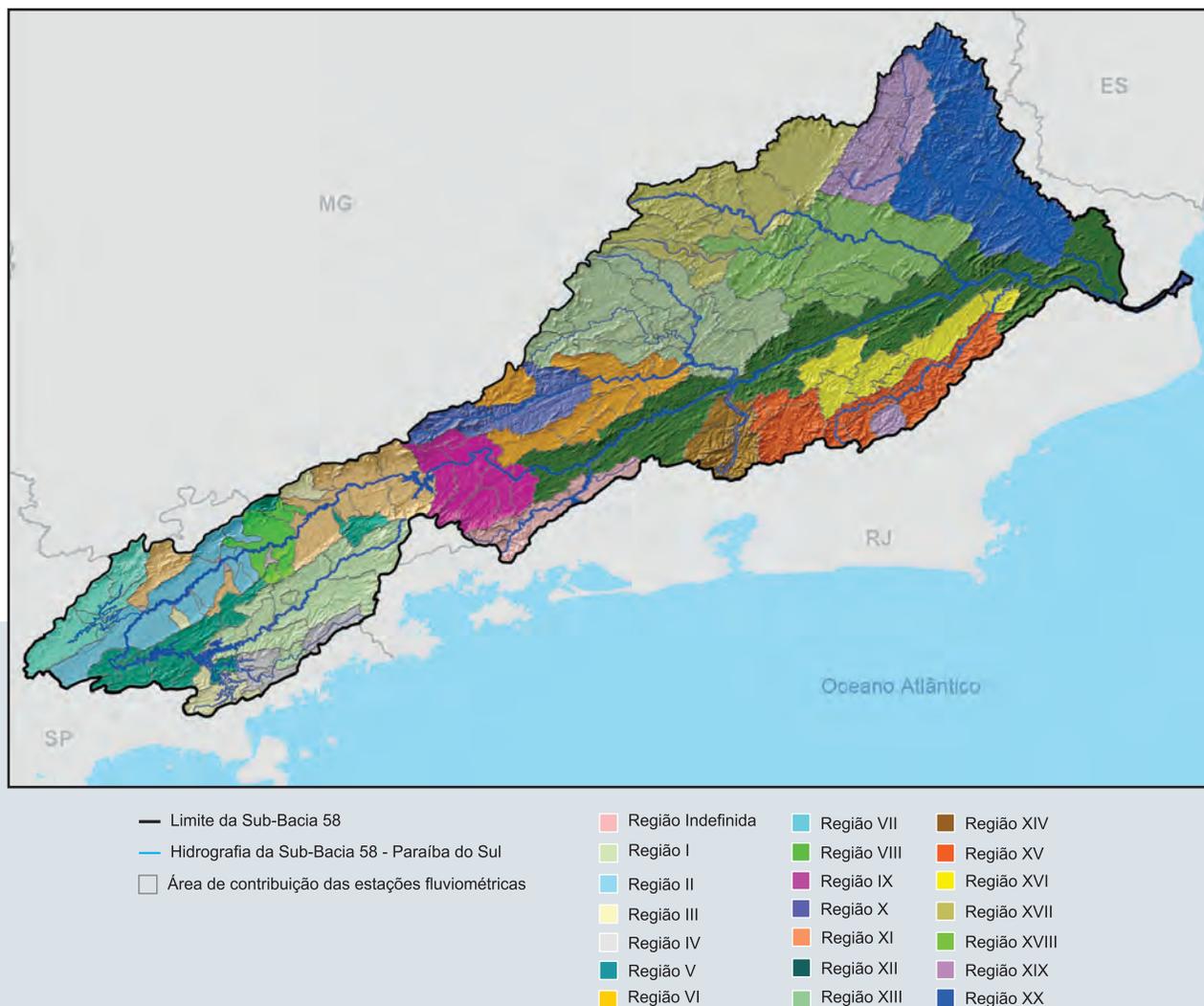
região indefinida é composta pelas áreas de contribuição das estações 58335000, 58338000, 58350000, 58352800, 58359000. Esta última possui coordenada errada, pois ela deveria estar no Paraíba do Sul ao invés do Pirai, justificando a sua retirada da planilha base. Sua área de drenagem foi incorporada a estação 58370000, entretanto pelo fato desta área não possuir mais comportamento natural ela foi agrupada a região indefinida.

Os resultados aceitos, na análise de regressão, encontram-se no **Anexo DVD G.2**, com a regressão baseada na Q95% com a área de drenagem e com a precipitação. Em algumas regiões, a variável área de drenagem já era o suficiente para defini-la. Na **Figura 5.5** encontram-se as regiões homogêneas definidas para a bacia do Rio Paraíba do Sul, bem como, a região indefinida.

Após a definição das regiões homogêneas foram ajustadas as equações regionais para cada uma das regiões bem

como definidos os limites de validade para a área de drenagem. Para isso foram realizados testes utilizando somente a área de drenagem e depois em conjunto com a precipitação. As duas possibilidades foram selecionadas quando se atingiu um bom ajuste para ambas as combinações. As equações de regressão regionais para as vazões de 95% de permanência Q95 da sub-bacia 58 são apresentadas na **Tabela 5.3**, que também informa os valores de  $R^2$  ajustado e limites de validade para área de drenagem.

As regiões homogêneas definidas no presente estudo foram diferentes daquelas definidas no estudo realizado em 2002. Foram estabelecidas vinte regiões no trabalho atual, enquanto que em 2002 foram selecionadas apenas treze. O curso principal é muito regularizado devido aos diversos aproveitamentos hidrelétricos. Foram testadas diversas combinações com a inclusão e a exclusão das estações localizadas no curso principal, e a sua participação possibilitou



**FIGURA 5.5** - Mapa das regiões homogêneas da Sub-Bacia 58 (CPRM, 2013).

um melhor ajuste das equações regionais. Vale acrescentar, que de um modo geral, o ajuste realizado nesse estudo foi ligeiramente superior ao anterior com base nas métricas estatísticas. O que se justifica pelo fato da maior quantidade de dados do estudo atual, em razão do aumento da série histórica das estações em operação e, ainda, pela inclusão de estações que não participaram do estudo anterior por não existirem ou por terem menos de 5 anos de dados na época.

Além da aplicação das métricas estatísticas, a análise de mapas temáticos e a delimitação das sub-bacias dos principais afluentes, contribuíram para definição das regiões homogêneas. Principalmente quando uma estação apresentava dados hidrológicos que distorciam do grupo das estações

adjacentes, orientando a inclusão ou exclusão das estações em grupos espacialmente distribuídos.

Para algumas regiões foi possível o uso das equações somente com área, é o caso da região I, X, XIX e XX, que apresentaram valor de  $R^2$  ajustado e o somatório dos erros quadráticos maior na regressão múltipla. Outra região é a XVIII, com o ajuste do  $R^2$  mais preciso usando somente uma das variáveis.

As estações consideradas na definição das equações regionais de regressão estão nas **Figuras 5.5 a 5.25**, que apresentam também os valores de  $Q_{95\%}$  observados e calculados e seus desvios relativos. Para se obter os valores de  $Q_{95\%}$  calculados e desvios foram usadas as equações de regressão

**TABELA 5.3** - Equações regionais para as regiões homogêneas da Bacia-58.

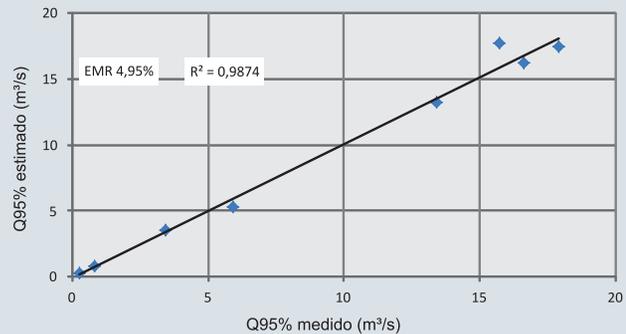
REGIÃO HOMOGÊNEA	EQUAÇÃO REGIONAL SENDO: Q(m <sup>3</sup> /s), A (km <sup>2</sup> ) E P (m)	R <sup>2</sup> AJUSTADO	VALIDADE ÁREA (km <sup>2</sup> )
I	Q95% = $10^{-2,2610} \times A^{0,9795} \times P^{0,9450}$ Q95% = $10^{-2,1423} \times A^{0,9934}$	0,9974 0,9933	44 a 2.731
II	Q95% = $10^{-3,9393} \times A^{1,2873} \times P^{4,6965}$	0,9974	30 a 9.860
III	Q95% = $10^{-3,0827} \times A^{1,2270} \times P^{2,3806}$	0,9837	64 a 1396
IV	Q95% = $10^{-3,0144} \times A^{1,0873} \times P^{3,6731}$	0,9955	18 a 805
V	Q95% = $10^{-3,2421} \times A^{1,0779} \times P^{5,2049}$	0,9984	36 a 5.399
VI	Q95% = $10^{-3,5733} \times A^{1,2187} \times P^{4,1909}$	0,9993	157 a 13.617
VII	Q95% = $10^{-3,1868} \times A^{1,0469} \times P^{4,6100}$	0,9418	377 a 1.427
VIII	Q95% = $10^{-2,4447} \times A^{1,1076} \times P^{-0,0172}$	0,9994	37 a 11.583
IX	Q95% = $10^{-4,4494} \times A^{1,3799} \times P^{5,3951}$	0,9979	174 a 16.109
X	Q95% = $10^{-3,0150} \times A^{1,0767} \times P^{3,1103}$ Q95% = $10^{-1,8791} \times A^{0,9876}$	0,9983 0,9936	48 a 1.816
XI	Q95% = $10^{-2,6831} \times A^{1,0790} \times P^{1,7961}$	0,9989	176 a 3.421
XII	Q95% = $10^{-9,7936} \times A^{2,0754} \times P^{16,0225}$	0,9769	17.737 a 55.576
XIII	Q95% = $10^{-2,3424} \times A^{1,0055} \times P^{1,4222}$	0,9965	151 a 8.615
XIV	Q95% = $10^{-2,0485} \times A^{0,7786} \times P^{2,2228}$	0,9974	52 a 2.063
XV	Q95% = $10^{-1,7270} \times A^{0,8509} \times P^{0,2547}$	0,9864	104 a 1.814
XVI	Q95% = $10^{-2,7613} \times A^{0,8899} \times P^{6,1243}$	0,9982	290 a 3.118
XVII	Q95% = $10^{-6,5717} \times A^{1,2406} \times P^{20,3908}$	0,9564	315 a 2335
XVIII	Q95% = $10^{-2,3964} \times A^{1,0314} \times P^{0,2252}$ Q95% = $10^{-2,3964} \times A^{1,0416}$	0,9976 0,9983	335 a 8.273
XIX	Q95% = $10^{-1,1924} \times A^{0,8557} \times P^{-4,3180}$ Q95% = $10^{-2,3964} \times A^{1,0678}$	0,9906 0,9701	151 a 1.083
XX	Q95% = $10^{-3,3308} \times A^{0,9899} \times P^{8,3356}$ Q95% = $10^{-2,2389} \times A^{0,9495}$	0,9861 0,9517	772 a 7.285

múltipla, com área e precipitação. A comparação dos valores estimados de  $Q_{95\%}$  para cada um dos ajustes, com os observados correspondentes, foi realizada por meio do gráfico de dispersão com a inserção de uma linha de tendência linear,

informando também os erros relativos médios. O gráfico da **Figura 5.26** complementa a informação apresentando os pares  $Q_{95}$  observados e calculados e a faixa de tolerância de 25% para os desvios.

### REGIÃO HOMOGÊNEA I

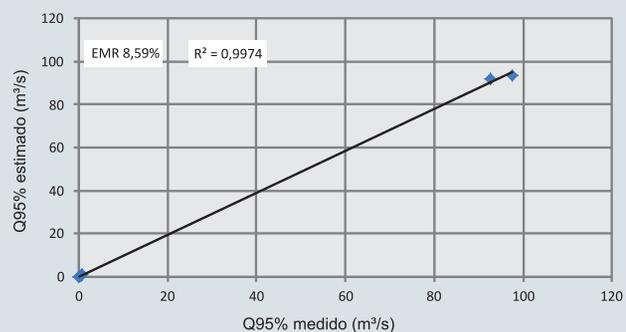
NOME	CÓDIGO	ÁREA (km <sup>2</sup> )	P	Q95 (m <sup>3</sup> /s)	Q95 (m <sup>3</sup> /s) CALCULADA	DESVIO %
ESTRADA DO CUNHA	58030000	758	1503	5,92	5,33	9,97
BAIRRO FAXINAL	58035000	44	1320	0,28	0,29	-4,37
SAO LUIS DO PARAITINGA - SLP	58040000	1974	1458	13,40	13,23	1,27
OLARIA	58044800	2669	1429	17,90	17,44	2,57
BAIRRO PARAITINGA	58044900	2731	1424	15,70	17,78	-13,25
PONTE DOS MINEIROS	58045000	2454	1442	16,60	16,21	2,35
FAZENDA PALMEIRAS - FAP	58068000	405	1855	3,42	3,52	-2,92
FAZENDA SANTA CLARA	58165500	120	1342	0,81	0,79	2,88



**FIGURA 5.6** - Estações utilizadas nas regressões da curva de permanência, associada a comparação dos valores observados e estimados da Q95%.

### REGIÃO HOMOGÊNEA II

NOME	CÓDIGO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	P	Q95 (M <sup>3</sup> /S)	Q95 (M <sup>3</sup> /S) CALCULADA	DESVIO %
CERAMICA QUIRINO	58155000	30	1307	0,04	0,03	18,84
FAZENDA KANEGAI	58165000	164	1648	0,84	0,85	-1,40
PINDAMONHAN-GABA	58183000	9645	1462	92,60	92,11	0,52
PINDAMONHAN-GABA	58185000	80	1267	0,08	0,10	-22,57
VARZEA DO PARAIBA	58192000	9860	1458	97,56	93,48	4,19
FAZENDA SAPUCAIA	58194000	126	1619	0,54	0,56	-4,02



**FIGURA 5.7** - Estações utilizadas nas regressões da curva de permanência, associada a comparação dos valores observados e estimados da Q95%.

## REGIÃO HOMOGÊNEA III

NOME	CÓDIGO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	P	Q95 (M <sup>3</sup> /S)	Q95 (M <sup>3</sup> /S) CALCULADA	DESVIO %
VARGINHA	58082000	393	1515	4,16	3,39	18,58
BAIRRO DO CARACOL	58087000	1396	1589	14,59	17,97	-23,15
UHE PARAIBUNA - JUSANTE	58087300	1316	1604	19,10	17,12	10,38
BAIRRO SANTA LUZIA	58148000	64	1317	0,25	0,26	-4,97
EMBAÚ	58227000	186	1600	1,45	1,54	-6,01

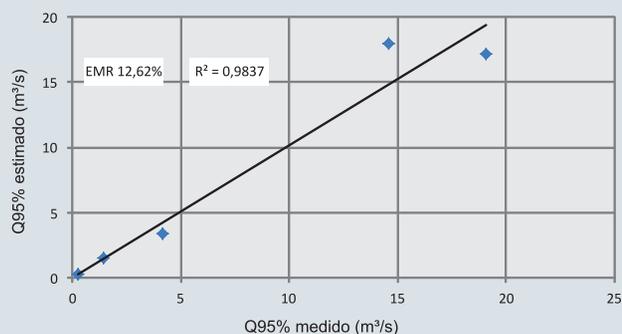


FIGURA 5.8 - Estações utilizadas nas regressões da curva de permanência, associada a comparação dos valores observados e estimados da Q95%.

## REGIÃO HOMOGÊNEA IV

NOME	CÓDIGO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	P	Q95 (M <sup>3</sup> /S)	Q95 (M <sup>3</sup> /S) CALCULADA	DESVIO %
PONTE ALTA 1	58060000	256	1847	3,53	3,82	-8,22
PONTE ALTA 2	58065000	18	2141	0,37	0,36	2,63
BAIRRO ALTO	58070000	530	1830	8,64	8,16	5,61
BAIRRO ALTO	58071000	525	1774	6,60	7,21	-9,25
NATIVIDADE DA SERRA 2	58075000	142	1494	0,93	0,92	0,15
NATIVIDADE DA SERRA 1	58078000	805	1703	10,70	9,86	7,84

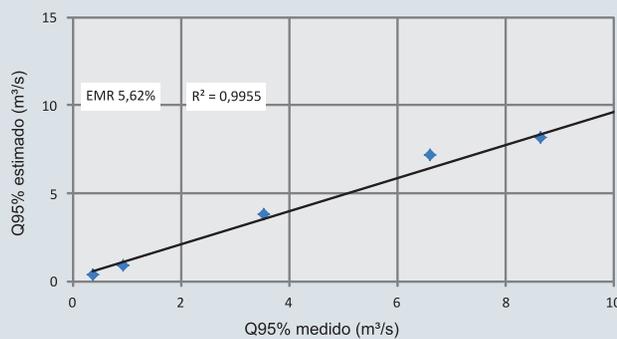


FIGURA 5.9 - Estações utilizadas nas regressões da curva de permanência, associada a comparação dos valores observados e estimados da Q95%.

## REGIÃO HOMOGÊNEA V

NOME	CÓDIGO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	P	Q95 (M <sup>3</sup> /S)	Q95 (M <sup>3</sup> /S) CALCULADA	DESVIO %
FAZENDA JOAQUIM ALVES	58086000	1306	1607	16,90	15,47	8,43
PARAIBUNA	58087600	1490	1572	15,10	15,90	-5,34
SANTA BRANCA	58099000	4887	1454	37,21	37,99	-2,16
GUARAREMA	58105300	5141	1447	40,90	39,22	4,03
LUIZ CARLOS - RÉGUA VELHA	58107100	43	1380	0,20	0,18	11,82
JACARÉI - SAAE	58110002	5399	1443	38,19	40,69	-6,61
REMÉDIOS	58170000	357	1333	1,51	1,44	4,46
PILOES	58207000	86	1682	1,04	1,05	-0,66
PITEU	58217500	36	1388	0,13	0,15	-15,49
FAZENDA SANTA CLARA	58220000	202	1481	1,33	1,35	-1,25

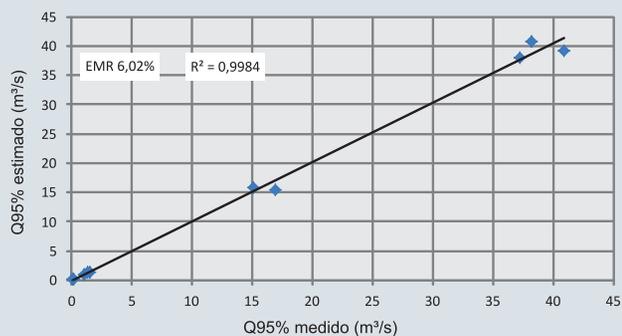


FIGURA 5.10 - Estações utilizadas nas regressões da curva de permanência, associada a comparação dos valores observados e estimados da Q95%.

## REGIÃO HOMOGÊNEA VI

NOME	CÓDIGO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	P	Q95 (M <sup>3</sup> /S)	Q95 (M <sup>3</sup> /S) CALCULADA	DESVIO %
BUQUIRINHA 2	58142200	435	1688	4,21	3,79	10,01
FAZENDA MODELO	58177000	471	1325	1,61	1,46	9,06
PASSA VINTE	58228000	157	1623	0,90	0,90	0,00
CRUZEIRO	58230100	12277	1459	126,21	127,82	-1,28
QUELUZ	58235100	12874	1464	129,00	137,48	-6,58
ITATIAIA	58242000	13617	1475	151,00	152,35	-0,89

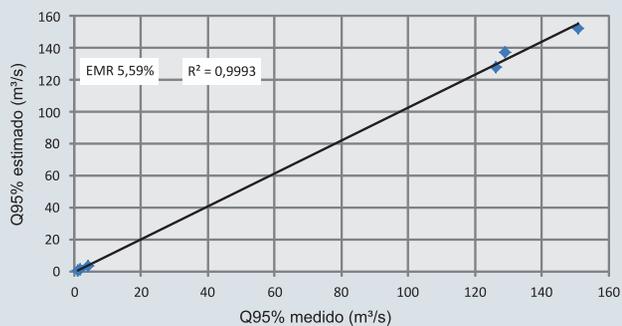


FIGURA 5.11 - Estações utilizadas nas regressões da curva de permanência, associada a comparação dos valores observados e estimados da Q95%.

## REGIÃO HOMOGÊNEA VII

NOME	CÓDIGO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	P	Q95 (M <sup>3</sup> /S)	Q95 (M <sup>3</sup> /S) CALCULADA	DESVIO %
IGARATA 2	58118000	586	1474	2,91	3,07	-5,59
USINA DO TURVO	58122000	377	1793	5,34	4,79	10,37
IGARATA 1	58126000	728	1793	8,23	9,52	-15,65
FAZENDA SÃO JOAO	58128000	1412	1593	11,60	11,06	4,70
FAZENDA BARBOSA	58129000	1427	1592	11,60	11,12	4,13

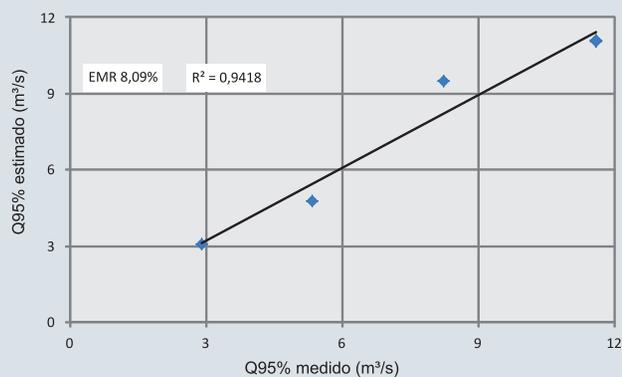


FIGURA 5.12 - Estações utilizadas nas regressões da curva de permanência, associada a comparação dos valores observados e estimados da Q95%.

## REGIÃO HOMOGÊNEA VIII

NOME	CÓDIGO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	P	Q95 (M <sup>3</sup> /S)	Q95 (M <sup>3</sup> /S) CALCULADA	DESVIO %
PIRAPITINGUI	58198000	66	1342	0,40	0,37	7,57
GUARATINGUETÁ	58204000	10718	1456	104,00	103,84	0,15
COLÔNIA PIAGUI	58211000	171	1618	1,17	1,17	-0,14
FAZENDA SANTA CATARINA	58215000	37	1487	0,18	0,19	-7,23
PITEU	58218000	11583	1455	112,13	113,16	-0,92

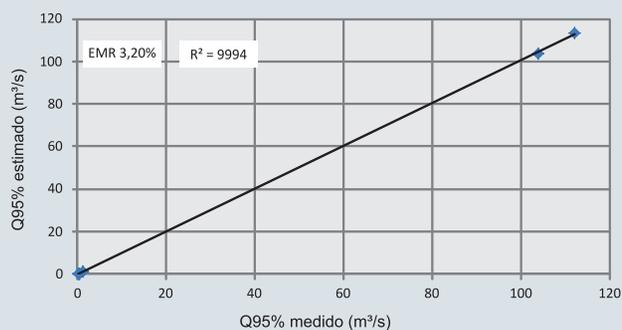


FIGURA 5.13 - Estações utilizadas nas regressões da curva de permanência, associada a comparação dos valores observados e estimados da Q95%.

## REGIÃO HOMOGÊNEA IX

NOME	CÓDIGO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	P	Q95 (M <sup>3</sup> /S)	Q95 (M <sup>3</sup> /S) CALCULADA	DESVIO %
RESENDE	58250000	14020	1481	164,00	155,88	4,95
PONTE NOVA	58258000	174	1972	1,72	1,71	0,51
FLORIANO	58262000	14828	1493	195,00	175,63	9,93
RIALTO	58287000	344	1594	1,38	1,39	-1,02
BARRA MANSA	58300000	15865	1497	197,00	196,26	0,37
VOLTA REDONDA	58305001	16109	1496	171,00	199,50	-16,67

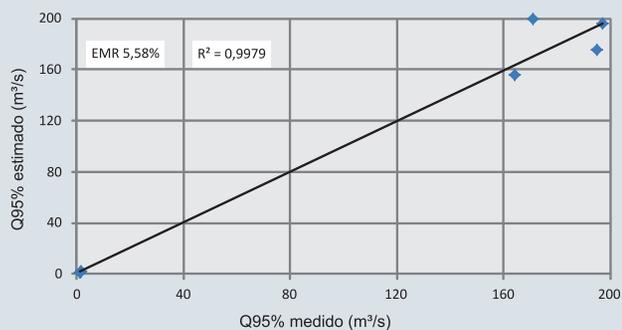


FIGURA 5.14 - Estações utilizadas nas regressões da curva de permanência, associada a comparação dos valores observados e estimados da Q95%.

## REGIÃO HOMOGÊNEA X

NOME	CÓDIGO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	P	Q95 (M <sup>3</sup> /S)	Q95 (M <sup>3</sup> /S) CALCULADA	DESVIO %
PEDRA SELADA	58256000	48	2001	0,52	0,54	-3,85
VISCONDE DE MAUA	58525000	103	2044	1,40	1,31	6,44
PONTE DO SOUZA	58530000	290	2033	4,00	3,93	1,70
ZELINDA	58535000	417	2024	5,41	5,74	-6,08
RIO PRETO	58549500	1763	1839	20,60	20,09	2,47
RIO PRETO	58550001	1816	1830	20,20	20,45	-1,24

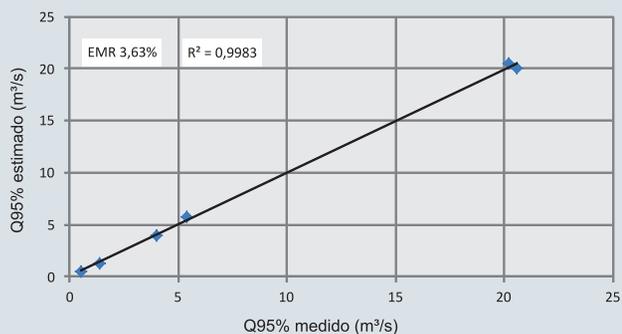


FIGURA 5.15 - Estações utilizadas nas regressões da curva de permanência, associada a comparação dos valores observados e estimados da Q95%.

## REGIÃO HOMOGÊNEA XI

NOME	CÓDIGO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	P	Q95 (M <sup>3</sup> /S)	Q95 (M <sup>3</sup> /S) CALCULADA	DESVIO %
GLICÉRIO	58270000	406	1595	3,10	3,13	-1,01
SANTA RITA DO JACUTINGA	58542000	364	1871	3,77	3,71	1,58
VALENÃA	58560000	176	1296	0,84	0,88	-4,73
PENTAGNA	58573000	250	1448	1,57	1,56	0,75
TRAVESSÃO DO MEIO	58578000	632	1364	4,06	3,81	6,13
MANUEL DUARTE	58585000	3133	1664	29,40	30,63	-4,17
AFONSO ARINOS	58590000	3421	1630	32,80	32,46	1,04

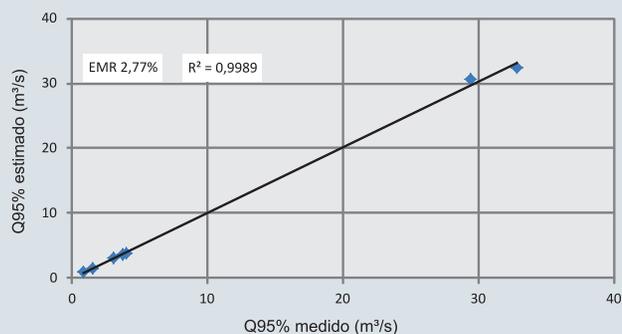


FIGURA 5.16 - Estações utilizadas nas regressões da curva de permanência, associada a comparação dos valores observados e estimados da Q95%.

## REGIÃO HOMOGÊNEA XII

NOME	CÓDIGO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	P	Q95 (M <sup>3</sup> /S)	Q95 (M <sup>3</sup> /S) CALCULADA	DESVIO %
BARRA DO PIRÁÍ-OFICIAL	58370000	17737	1491	59,50	63,49	-6,71
PARAIBA DO SUL - RN	58380001	19342	1468	56,05	59,25	-5,72
TRES RIOS	58385000	19460	1466	64,60	58,71	9,12
ANTA (ANTA G)	58630002	30676	1483	173,00	182,95	-5,75
BARRAGEM ILHA DOS POMBOS	58652000	32364	1475	220,70	187,35	15,11
TRES IRMAOS	58795000	43238	1444	233,00	241,71	-3,74
SAO FIDELIS	58880001	46848	1435	238,00	257,82	-8,33
CAMPOS - PONTE MUNICIPAL	58974000	55576	1402	263,13	254,42	3,31

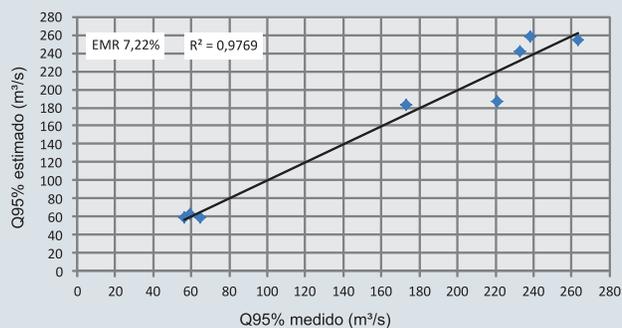
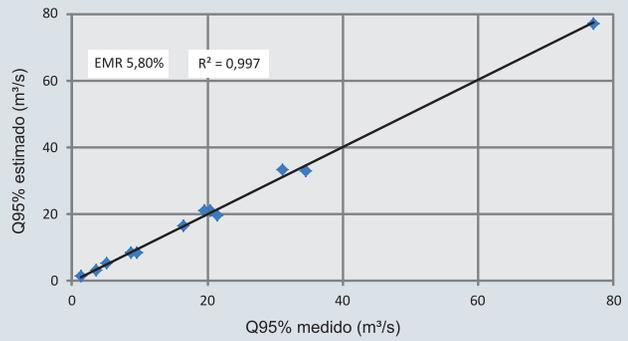


FIGURA 5.17 - Estações utilizadas nas regressões da curva de permanência, associada a comparação dos valores observados e estimados da Q95%.

**REGIÃO HOMOGÊNEA XIII**

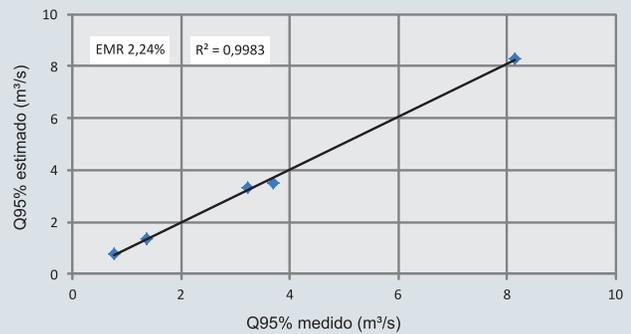
NOME	CÓDIGO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	P	Q95 (M <sup>3</sup> /S)	Q95 (M <sup>3</sup> /S) CALCULADA	DESVIO %
CHAPÉU D'UVAS	58470000	369	1570	3,48	3,17	8,90
JUIZ DE FORA	58480000	960	1557	8,66	8,33	3,76
JUIZ DE FORA - JUSANTE	58480500	986	1556	9,62	8,55	11,11
USINA BRUMADO	58500000	151	1639	1,34	1,36	-0,93
TORREÕES	58512000	1747	1640	16,50	16,49	0,05
FAZENDA SÃO JOSE	58514000	2123	1621	21,50	19,82	7,83
FAZENDA SÃO JOSE	58516000	2263	1615	20,40	21,05	-3,17
FAZENDA SANTO ANTÔNIO	58516500	2271	1615	19,60	21,11	-7,70
COTEJIPE	58519000	3661	1573	34,60	33,15	4,18
SOBRAJI	58520000	3681	1571	31,00	33,29	-7,39
ESTEVIÃO PINTO	58610000	782	1279	5,09	5,16	-1,28
SANTA FE	58620000	8615	1540	77,00	77,20	-0,27



**FIGURA 5.18** - Estações utilizadas nas regressões da curva de permanência, associada a comparação dos valores observados e estimados da Q95%.

**REGIÃO HOMOGÊNEA XIV**

NOME	CÓDIGO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	P	Q95 (M <sup>3</sup> /S)	Q95 (M <sup>3</sup> /S) CALCULADA	DESVIO %
PETRÓPOLIS	58400000	52	1877	0,78	0,78	-0,58
PEDRO DO RIO	58405000	423	1721	3,22	3,32	-3,02
AREAL - RN	58409000	523	1635	3,69	3,49	5,49
FAGUNDES	58434000	270	1353	1,36	1,37	-0,44
MOURA BRASIL	58440000	2063	1492	8,15	8,28	-1,66



**FIGURA 5.19** - Estações utilizadas nas regressões da curva de permanência, associada a comparação dos valores observados e estimados da Q95%.

## REGIÃO HOMOGÊNEA XV

NOME	CÓDIGO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	P	Q95 (M <sup>3</sup> /S)	Q95 (M <sup>3</sup> /S) CALCULADA	DESVIO %
FAZENDA SOBRADINHO	58420000	695	1633	5,71	5,55	2,84
MORELI (PARADA MORELI)	58425000	901	1569	6,64	6,88	-3,57
TRISTÃO CÂMARA	58427000	1004	1540	8,66	7,51	13,24
FAZENDA MENDES	58820000	129	1944	1,44	1,36	5,57
PONTE ESTRADA DONA MARIANA	58825000	235	1732	2,38	2,22	6,87
BOM JARDIM	58827000	562	1674	4,90	4,65	5,12
CONSELHEIRO PAULINO	58832000	180	1839	1,56	1,79	-14,81
MANUEL DE MORAIS	58846000	1375	1521	9,90	9,81	0,94
PIMENTEL	58850000	1814	1461	10,68	12,34	-15,49
MACUCO	58861000	104	1281	1,04	1,05	-0,54

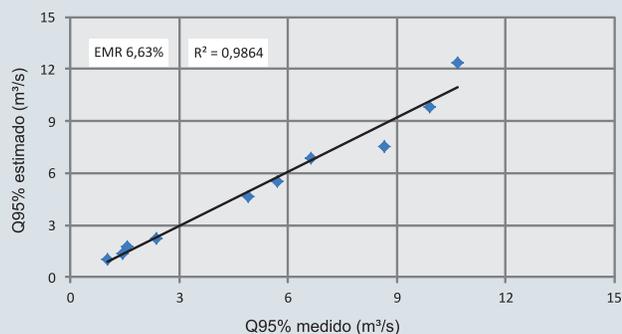


FIGURA 5.20 - Estações utilizadas nas regressões da curva de permanência, associada a comparação dos valores observados e estimados da Q95%.

## REGIÃO HOMOGÊNEA XVI

NOME	CÓDIGO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	P	Q95 (M <sup>3</sup> /S)	Q95 (M <sup>3</sup> /S) CALCULADA	DESVIO %
SUMIDOURO	58645000	290	1402	2,09	2,20	-5,31
PAQUEQUER	58648001	757	1369	4,28	4,52	-5,65
ALDEIA - RV	58857000	344	1324	1,81	1,79	13,31
BARRA DO RIO NEGRO	58870000	1126	1230	3,14	3,32	-2,74
DOIS RIOS	58874000	3118	1358	14,68	15,37	-4,72

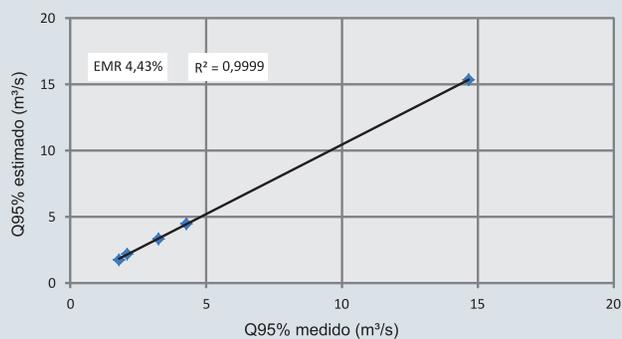


FIGURA 5.21 - Estações utilizadas nas regressões da curva de permanência, associada a comparação dos valores observados e estimados da Q95%.

## REGIÃO HOMOGÊNEA XVII

NOME	CÓDIGO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	P	Q95 (M <sup>3</sup> /S)	Q95 (M <sup>3</sup> /S) CALCULADA	DESVIO %
USINA ITUERE	58710000	779	1552	7,48	8,09	-8,24
TABULEIRO	58720000	315	1575	3,60	3,55	1,29
FAZENDA FERRAZ	58725000	349	1572	4,87	3,86	20,65
GUARANI	58730001	1644	1530	14,10	15,27	-6,07
ASTOLFO DUTRA	58735000	2335	1495	17,60	14,73	16,30
BARRA DO XOPOTÓ	58736000	1312	1389	1,54	1,60	-3,31
PIAU	58750000	492	1569	4,92	5,71	-15,99
RIO NOVO	58755000	801	1542	6,63	7,37	-11,13

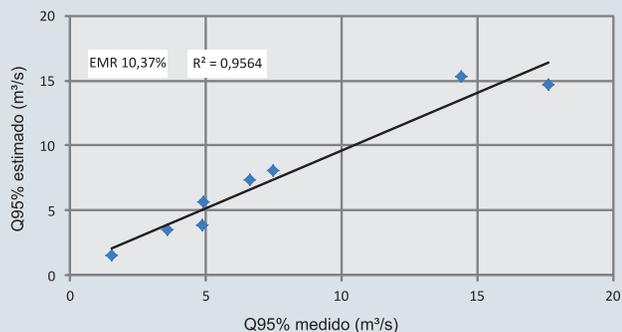


FIGURA 5.22 - Estações utilizadas nas regressões da curva de permanência, associada a comparação dos valores observados e estimados da Q95%.

## REGIÃO HOMOGÊNEA XVIII

NOME	CÓDIGO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	P	Q95 (M <sup>3</sup> /S)	Q95 (M <sup>3</sup> /S) CALCULADA	DESVIO %
VOLTA GRANDE	58658000	335	1264	1,76	1,70	3,25
FAZENDA DA BARRA (PIRAPETINGA)	58670002	548	1237	2,75	2,81	-2,21
USINA MAURICIO	58765001	1891	1467	9,99	10,48	-4,95
CATAGUASES	58770000	5887	1457	36,30	33,76	6,99
SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA	58790002	8273	1397	45,86	47,51	-3,60

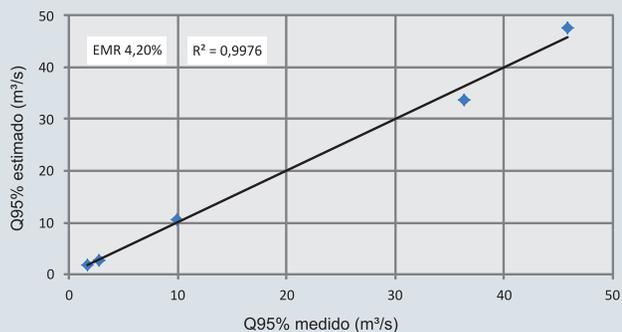


FIGURA 5.23 - Estações utilizadas nas regressões da curva de permanência, associada a comparação dos valores observados e estimados da Q95%.

## REGIÃO HOMOGÊNEA XIX

NOME	CÓDIGO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	P	Q95 (M <sup>3</sup> /S)	Q95 (M <sup>3</sup> /S) CALCULADA	DESVIO %
CAMBUCAS	58837000	215	1537	0,99	0,99	-0,28
FAZENDA UMBAÚBAS	58910000	151	1434	0,94	0,94	-0,35
MURIAÉ	58915000	1083	1350	7,08	6,95	2,73
BICUIBA	58916000	399	1397	2,90	2,55	12,02
FAZENDA CACHOEIRA	58916900	1052	1349	6,52	6,79	-4,13
JUSSARA	58917000	817	1363	4,99	5,24	-4,92

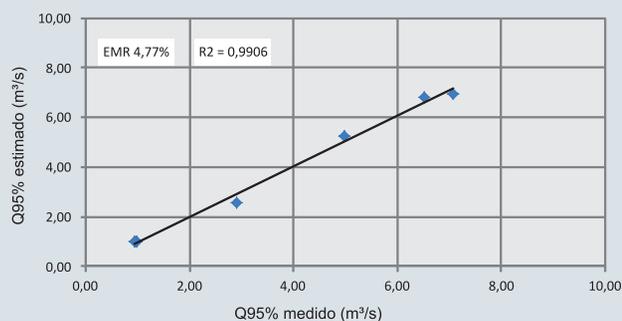


FIGURA 5.24 - Estações utilizadas nas regressões da curva de permanência, associada a comparação dos valores observados e estimados da Q95%.

## REGIÃO HOMOGÊNEA XX

NOME	CÓDIGO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	P	Q95 (M <sup>3</sup> /S)	Q95 (M <sup>3</sup> /S) CALCULADA	DESVIO %
PATROCÍNIO DO MURIAÉ	58920000	2666	1336	12,70	12,84	-1,14
CARANGOLA	58930000	772	1309	2,95	3,18	-7,82
PORCIUNCULA	58934000	1340	1284	5,16	4,68	9,36
ITAPERUNA	58940000	5834	1309	25,00	23,60	5,61
CARDOSO MOREIRA - RV	58960000	7285	1270	21,30	22,84	-7,25

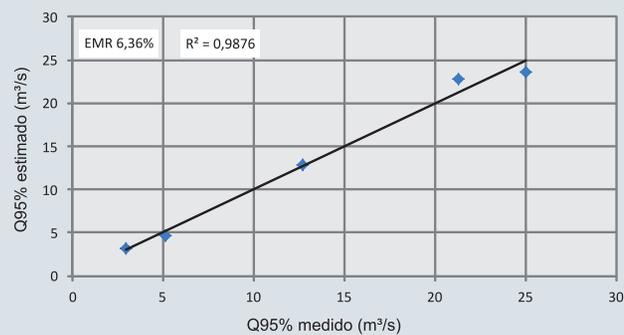
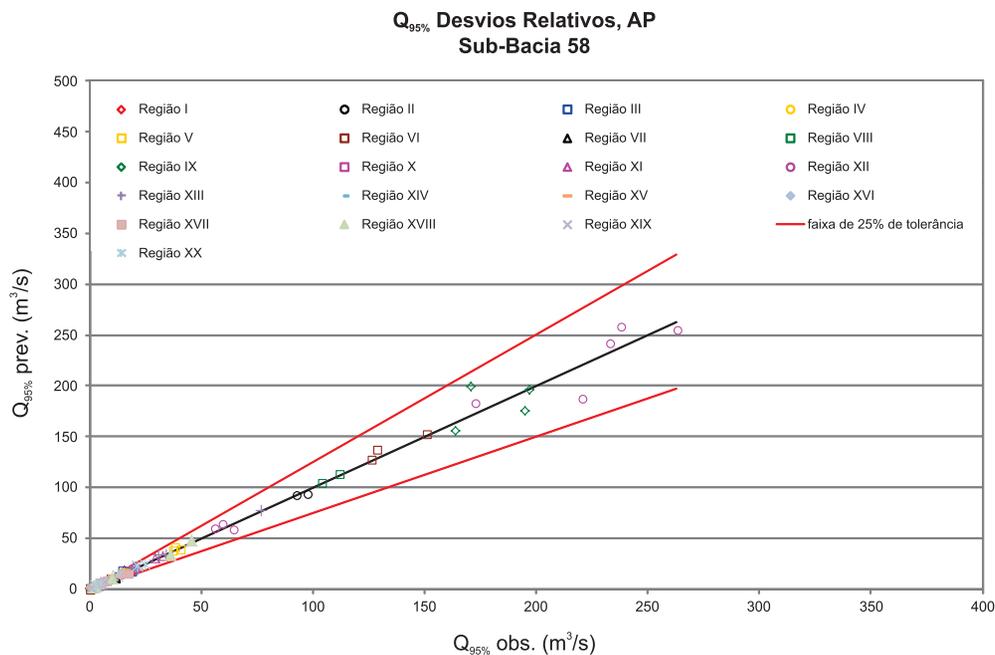


FIGURA 5.25 - Estações utilizadas nas regressões da curva de permanência, associada a comparação dos valores observados e estimados da Q95%.



**FIGURA 5.26** - Vazão de 95% de permanência calculada x observada associada com a linha de tolerância de 25% para os desvios.

Os desvios relativos das estações respeitaram os valores de 25%, e o ERM das equações para as regiões homogêneas foram inferiores a 14%, o que indica um razoável ajuste para o fim proposto, que foi estimar a Q95%. Em conformidade com essa conclusão, os valores de  $R^2$  ajustado para as estações foram altos, em média 0,9904. Assim, conclui-se que os resultados estatísticos dos modelos selecionados para estimativa da Q95% foram, de modo geral, satisfatórios.

Algumas estações não foram regionalizadas, a exemplo das estações localizadas na bacia do Pirai. Observa-se na **Tabela 5.4** que em uma das tentativas de agrupamento, essas estações apresentaram desvios bem superiores aos aceitáveis. A dificuldade de ajuste de uma equação de regressão para essas estações pode ser justificada pela presença de reservatórios e dos bombeamentos que promovem a transposição de vazões neste local, modificando completamente

**TABELA 5.4** - Estações utilizadas nas regressões da curva de permanência – região indefinida.

**REGIÃO INDEFINIDA**

NOME	CÓDIGO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	P	Q95 (M <sup>3</sup> /S)	Q95 (M <sup>3</sup> /S) CALCULADA	DESVIO %
LIDICE	58335000	97	1.762	1,39	5,46	-293,12
FAZENDA SANTANA	58338000	132	1.748	2,15	5,63	-161,93
SANTANESIA	58359000	1007	1.520	0,78	10,09	-1193,25
FAZENDA BELA VISTA	58350000	617	1.632	0,77	8,12	-956,46
PIRAI - PONTE CIDADE	58352800	682	1.605	1,00	8,43	-743,17

a bacia fazendo com que as vazões da região sejam pouco influenciadas pelas variáveis independentes aqui estudadas, precipitação e área.

## Aplicações dos Resultados

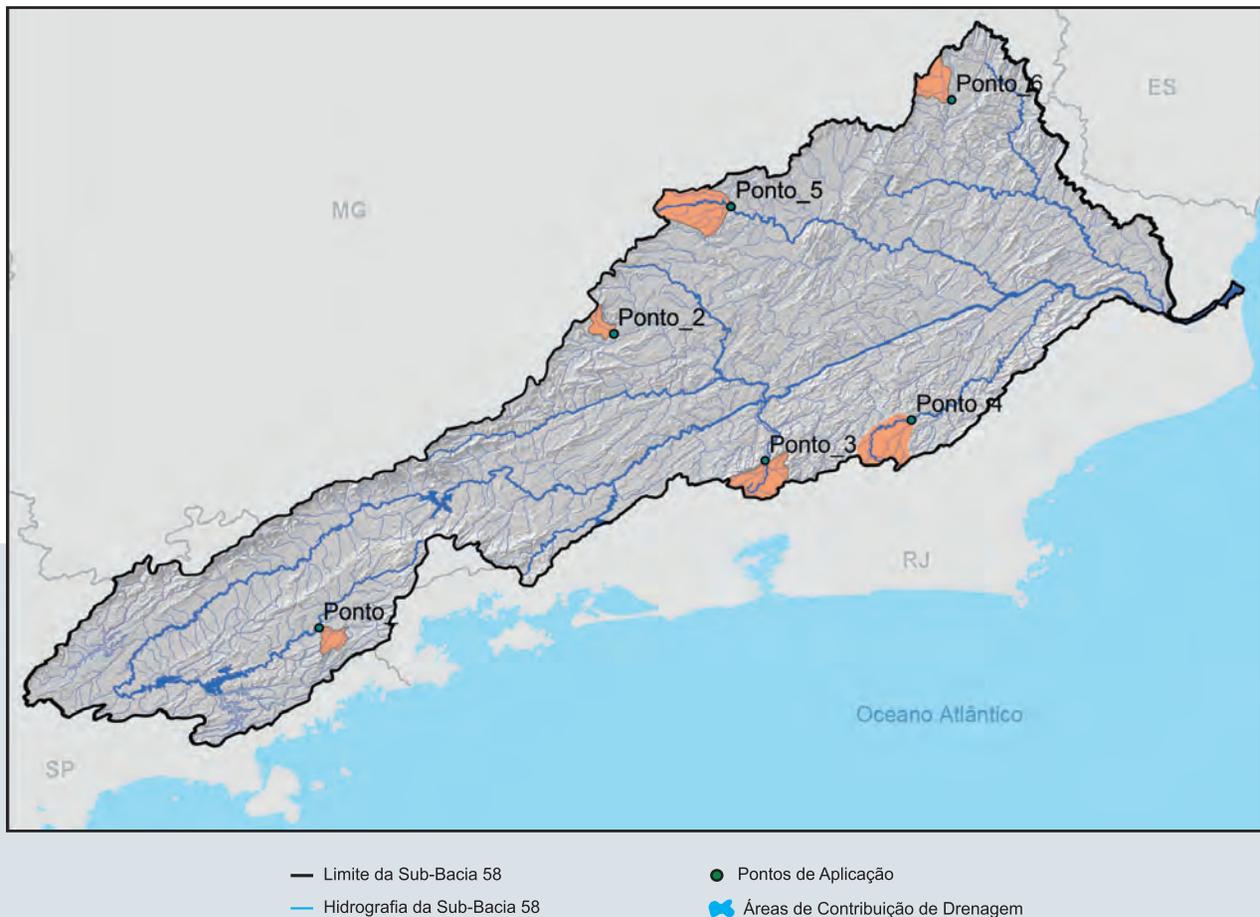
A partir do ponto no curso d'água onde se deseja conhecer a disponibilidade hídrica, no mapa da bacia de regiões homogêneas (**Anexo DVD G.2**) com as isoietas e com auxílio da altimetria da carta topográfica, delimita-se a bacia de contribuição determinando-se a área de drenagem **A** correspondente e a precipitação anual média **P**.

Com as variáveis A (área de drenagem) e P (precipitação total anual média) definidas para o ponto desejado e conhecendo-se a região homogênea a que pertence, entra-se na equação de regressão correspondente à região em questão para determinar o valor da vazão Q95%. Salienta-se que os valores da área de drenagem e da precipitação total anual média, definidos para o referido ponto em avaliação devem estar compreendidos entre os limites de validade

correspondentes estabelecidos para a equação regional da Q95% utilizada e que esse método para a estimativa da Q95% pode ser aplicado para regiões que não requeiram muita precisão.

Para exemplificar a aplicação das equações regionais da Q95% da Sub-Bacia 58, foram selecionados seis pontos em locais distintos na bacia, compreendendo seis regiões homogêneas. Com o apoio das bases cartográficas disponibilizadas nesse estudo foram delimitadas suas áreas de drenagem e as precipitações médias. Na **Figura 5.27** são apresentados os limites dessas áreas e as sua localizações.

Para o cálculo das áreas de drenagem foi utilizado o mapa digital georreferenciado, considerando a projeção continental Albert Equal Conic Area e unidade de mapa em quilômetro. Para a precipitação média foram utilizados os dados do Projeto Atlas Pluviométrico da CPRM (CPRM, 2010), e a ferramenta : Arctoolbox do ArcGis, através do aplicativo *Spatial Analysis Tools/Zonal/Zonal Statistics*. Os valores da área de drenagem e da precipitação total anual média nas bacias correspondentes aos pontos escolhidos para o estudo foram:



**FIGURA 5.27** - Mapa de exemplificação das equações regionais.

**TABELA 5.5** - Pontos para aplicação das regiões homogêneas.

REGIÃO HOMOGÊNEA	PONTOS	ÁREA KM <sup>2</sup>	PRECIPITAÇÃO (MM)
REGIÃO I	Ponto 1	123	1.438
REGIÃO XIII	Ponto 2	106	1.602
REGIÃO XIV	Ponto 3	354	1.699
REGIÃO XV	Ponto 4	459	1.695
REGIÃO XVII	Ponto 5	550	1.567
REGIÃO XIX	Ponto 6	239	1.472

Os Pontos 2,3,4 e 5 encontram-se em regiões homogêneas onde as equações regionais dessas regiões foram ajustadas para a área de drenagem e precipitação total anual média. Já os pontos 1 e 6, além de ter equações ajustadas para essas duas variáveis, podem ser aplicados utilizando-se somente a área de drenagem, de acordo com a **Tabela 5.6**. Na **Tabela 5.3** é apresentada a metodologia de cálculo da Q95% para os pontos definidos acima.

Há pontos na Bacia 58 para as quais nenhuma equação é válida, essa região encontra-se no mapa da **Figura 5.5** e também na **Tabela 5.4**.

Vale acrescentar, que antes da aplicação das equações regionais recomenda-se a consulta à **Tabela 5.3** para verificar os limites de validade da equação para a variável Área de Drenagem e, ainda, para verificar se a região possui a alternativa de equação só para a Área quando esse for o caso.

**TABELA 5.6** - Aplicação das equações regionais.

PONTOS	EQUAÇÃO REGIONAL - A (KM <sup>2</sup> ) E P (M)	Q(M <sup>3</sup> /S)
PONTO 1	$Q = 10^{-2,2610} \times 122,64^{0,9795} \times 1,43767^{0,9450}$	0,86
PONTO 1 - A	$Q = 10^{-2,1423} \times 122,64^{0,9934}$	0,86
PONTO 2	$Q = 10^{-2,3424} \times 105,74^{1,0055} \times 1,60165^{1,4222}$	0,96
PONTO 3	$Q = 10^{-2,0485} \times 354,26^{0,7786} \times 1,69861^{2,2228}$	2,80
PONTO 4	$Q = 10^{-1,7270} \times 458,94^{0,8509} \times 1,69516^{0,2547}$	3,95
PONTO 5	$Q = 10^{-6,5717} \times 549,66^{1,2406} \times 1,56665^{20,3908}$	6,36
PONTO 6	$Q = 10^{-1,1924} \times 238,5^{0,8557} \times 1,47234^{-4,3180}$	1,31
PONTO 6 - A	$Q = 10^{-2,3964} \times 238,5^{1,0678}$	1,39

---

---

# 6

## CONSIDERAÇÕES FINAIS



Rio Paraíba do Sul  
Município de Sapucaia - Rio de Janeiro



## CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A regionalização da variável Q95% para a bacia do rio Paraíba do Sul, sub-bacia 58, proporcionou a delimitação de vinte regiões homogêneas. A maioria das equações regionais apresentou um melhor ajuste quando definidas a partir da área de drenagem e da precipitação média anual de forma conjunta. Apenas, em cinco regiões foi possível a definição da Q95% somente a partir da definição de uma variável, a área de drenagem.

Em geral os ajustes foram bons, com uma região indefinida, localizada na bacia do Piraí, que pode ser justificada em virtude dos reservatórios e dos bombeamentos que promovem a transposição de vazões e descaracterizaram completamente a bacia. Por isso, vale salientar que não se deve utilizar a regionalização nas áreas de influência dos diversos reservatórios existentes na bacia como um todo. As regiões apresentaram um  $R^2$  ajustado médio de 0,9880 e todos os desvios foram menores que o limite de 25%. A região que apresentou o melhor ajuste foi com base no valor de  $R^2$  foi à região VIII, e o pior ajuste foi à região VII, ambas localizadas na bacia do Médio Superior Paraíba.

Como em todo estudo de regionalização é necessário que as limitações de uso das equações e curvas adimensionais sejam respeitadas, em especial quanto à faixa de validade das áreas de drenagem que acompanha as equações. O item de aplicação dos resultados, além de auxiliar o usuário na obtenção de seus próprios resultados, reforçam as limitações impostas à metodologia, e por isso devem ser lidos com atenção.

As principais recomendações, quanto à melhoria da rede meteorológica, com relação às estações pluviométricas são as seguintes: uma melhor integração entre as entidades operadoras de redes para que haja uma melhor disponibilização e confiabilidade dos dados; e ainda, um estudo mais aprofundado com acesso aos dados originais para que sejam revisadas as séries com problemas em períodos anteriores à consistência feita pela CPRM, dos quais não se conhecem as curvas-chaves adotadas. Vale ressaltar, que durante o processo de ajuste das equações regionais foram retiradas quatro estações que não se ajustaram a nenhuma região e possuíam dados não confiáveis.

Outra recomendação seria a conferência dos dados das estações que apresentam conflito de informações em relação a seus dados na ficha descritiva e suas coordenadas. Fato esse ocorrido com algumas estações, dentre as quais a 58760000, que embora os dados informem que ela se encontra no Rio Novo, a sua localização espacial é em um afluente desse rio. Tal observação é relevante por gerar erros relativos ao cálculo das áreas de drenagens, análise de continuidade e, conseqüentemente, na regressão.

Além disso, recomenda-se a instalação de estações pluviométricas para monitoramento dos afluentes de pequeno porte. Pois, o aumento do monitoramento da bacia 58,

permitirá definir regiões homogêneas de forma mais precisa e ajustar equações regionais de variáveis hidrológicas com maior acurácia e faixa de validade.

Aconselhasse-se, ainda, alterar a sistemática de operação da rede hidrometeorológica, com o objetivo de aumentar o número de medições em cotas altas e baixas. Esta operação diferenciada pode ser realizada a partir da formação de uma ou mais equipes de hidrotécnicos preparadas para a medição de cheias no período chuvoso. Estas equipes podem ou não operar os roteiros previamente programados para o período de chuvas, mas quando necessário, devem ser deslocadas para os locais com possibilidade de ocorrência de cheias. A definição das estações a serem medidas deve ser realizada a partir de estudos prévios selecionando as estações com maior necessidade de medições em cotas altas. Durante o período chuvoso, a decisão sobre os locais de deslocamento das equipes deve ser baseada no acompanhamento das informações recebidas por telemetria e enviadas pelos observadores, e também pelas condições meteorológicas registradas e previstas. No caso das cotas baixas, seria um pouco mais simples, pois a partir de um estudo preliminar definindo as estações que apresentam problemas no ramo inferior da curva-chave e a faixa de cotas que necessita de medições, podem ser definidas cotas limites. Os observadores devem ser instruídos a entrar em contato com o escritório quando o nível do rio estiver abaixo dessa cota limite. Este procedimento permite que sejam tomadas as providências para o deslocamento das equipes que realizarão as medições em cotas baixas.

A efetivação das sugestões ora apresentadas melhorará a qualidade da informação hidrológica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANEEL - *Aplicativo Banco de Dados Hidro*, Brasília, 1999.
- BRANDÃO, A. M. P. M.; SILVEIRA JUNIOR, D. R.; TAVARES, J. C. & DANTAS, M. E. - *Mapa de Isoietas do Estado do Rio de Janeiro. Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro, Brasília, CPRM-DEGET, mapa (2000).*
- CPRM - *Projeto Análise de Consistência de Dados Pluviométricos da ANEEL e da SERLA - Bacias Litorâneas do Rio de Janeiro e São Paulo - Relatório Técnico - Sub-bacia 59. período histórico até 1995. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Superintendência de São Paulo, 1999.*
- \_\_\_ - *Projeto Análise de Consolidação de Dados Pluviométricos da ANEEL - Bacias Litorâneas do Rio de Janeiro e São Paulo - Relatório Técnico - Sub-bacia 59. período: 1996 a 1999. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Superintendência de São Paulo, 2000.*
- \_\_\_ - *Projeto Análise de Consistência de Dados Pluviométricos da ANEEL - Bacias Litorâneas do Rio de Janeiro e São Paulo - Relatório Técnico - Sub-bacia 59. período: 1979 a 1993. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Superintendência de São Paulo, 1997.*

- \_\_\_ - *Projeto Análise de Consolidação de Dados Fluviométricos da ANEEL - Bacias Litorâneas do Rio de Janeiro e São Paulo - Relatório Técnico - Sub-bacia 59*. período: 1994 a 1999. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Superintendência de São Paulo, 2000.
- \_\_\_ - *Regionalização de Vazões das Sub-Bacia 58 Paraíba do Sul (Convênio: 015/2000 Aneel – 013/CPRM/00)* Tomo I. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2002.
- \_\_\_ - CPRM, 2010. Regionalização Da Q95% Na Sub-Bacia 24.
- \_\_\_ - *CPRM, 2004*. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, CPRM.
- \_\_\_ CPRM, 2008. Mapa de Domínios/Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil. Escala 1:2.500.000.
- \_\_\_ CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. HIDROCAL: cálculo de variáveis hidrológicas e determinação de testes estatísticos para um estudo de regionalização de vazões. Versão 1.0. Desenvolvedores: Marta V. Ottoni; Marlon G. L. Alvarez. [Brasília]: CPRM, 2011.
- DANTAS, M.E.; SHINZATO, E.; MEDINA, A.I.M.; SILVA, C.R.; PIMENTEL, J.; LUMBRERAS, J.F.; CALDERANO, S.B.; CARVALHO FILHO, A.; MANSUR, K. & FERREIRA, C.E.O. (2001) *Diagnóstico Geoambiental*. Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro, Brasília, CPRM-DEGET, 38pp.
- DNAEE – *Boletim Fluviométrico F-5.02*, Bacia do Rio Paraíba do Sul. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - Brasília, 1983.
- ANA - Inventário das Estações Pluviométricas. Agência Nacional de Águas – [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br), 2009.
- ANA - Inventário das Estações Fluviométricas. Agência Nacional de Águas – [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br), 2009.
- DNMET - *Normais Climatológicas (1961-1990)*. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia-DNMET. 1992, 83p.
- ELETOBRÁS - *Sistema de Informação do Potencial Hidrelétrico Brasileiro* – SIPOT – 2000.
- IBGE, 1978. Mapa de Clima do Brasil. Escala Original: 1:5.000.000. 3ª edição. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE
- IBGE, 2004. Mapa de Vegetação do Brasil. Escala Original: 1:5.000.000. 3ª edição. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE
- EMBRAPA, 2011. Mapa de Solos do Brasil. Escala Original: 1:5.000.000. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA.
- LABHID/COPPE - Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica-PQA, CD-ROM, ANEEL. Brasília.1999.
- LABHID/COPPE - *Diagnóstico e Prognóstico do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul* – PGRH-RE-09-R0, Rio de Janeiro, dezembro de 2001.
- NRC - U.S. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Estimating probabilities of extreme floods*. Washington, D.C.: National Academy Press. 141p. 1988.
- PIRES, C. L. F. Análise de Freqüência - Revisão Metodológica. In: A Água em Revista, n. 3. CPRM, Belo Horizonte, Out. , p. 13-22, 1994.
- PROJETO RADAMBRASIL (1983). - *Levantamento de Recursos Naturais do Brasil*, folhas SF.23/24, Rio de Janeiro/Vitória, vol. 32. 775p.
- PROJETO RADAMBRASIL (1983). Mapa Geomorfológico do Brasil. Escala 1:1.000.000.
- TUCCI, C. E. M.- *Regionalização das Vazões* - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - IPH – UFRGS. Porto alegre, 2000.
- TUCCI, C. E. M. - *Hidrologia, Ciência e Aplicação* - ABRH, Editora da Universidade - UFRGS. Porto alegre, 1993.
- TUCCI, C. E. M., 2002. Regionalização de Vazões, 1ª Edição, UFRGS, Brasil.



## LISTA DE ABREVIações

---

- A** – Área de Drenagem
- ANA** – Agência Nacional de Águas;
- ANEEL** – Agência Nacional de Energia Elétrica
- CEMAT** – Centrais Elétricas do Mato Grosso
- CGH** – Central Geradora Hidrelétrica
- CPRM** – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
- DAEE** - Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo
- DNAEE** – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
- DSG** – Diretoria de Serviço Geográfico do Exército
- ELETRONORTE** – Centrais Elétricas do Norte S.A
- EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- ERM** – Erro Relativo Médio
- INMET** – Instituto Nacional de Meteorologia
- IPH** – Instituto de Pesquisas Hidráulicas
- Kc** – Coeficiente de Compacidade
- Kf** – Coeficiente de Forma
- OMM** – Organização Mundial de Meteorologia
- P** – Precipitação Total Anual Média
- PCH** – Pequena Central Hidrelétrica
- Q50%** – Vazão de 50% da curva de permanência
- Q95%** – Vazão de 95% da curva de permanência
- QMLT** – Vazão Média de Longo Termo
- NRC** – National Research Council



# REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS BRASILEIRAS

ISBN  
978-85-7499-361-4

## PROJETO DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO BRASIL LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

O conhecimento da disponibilidade de água doce de uma bacia hidrográfica é o principal instrumento de gestão de recursos hídricos, com base no qual pode ser concedido de forma adequada e sustentável o direito de uso deste bem, seja para fins energéticos, de irrigação, de abastecimento e outros. Além disto, é uma informação útil para o planejamento nos setores elétrico, agrícola e na adoção de políticas públicas.

A importância desses estudos de regionalização de vazões não se deve apenas ao fato de serem capazes de espacializar as informações hidrológicas, mas também por identificar aquelas áreas que necessitam de melhoria da rede hidrometeorológica, seja pela instalação de novas ou relocação de estações existentes.

Além disso, podem fornecer um diagnóstico da qualidade dos dados das estações, funcionando como ferramenta de auxílio à análise de consistência dos dados. Seus resultados auxiliam a estimativa de vazões disponíveis para projetos de irrigação, de pequenas centrais hidrelétricas, além de subsidiar a outorga do uso da água, sendo também informações fundamentais aos estudos da Geodiversidade do Brasil\*.

\* Geodiversidade é o estudo do meio físico constituído por ambientes diversos e rochas variadas que, submetidos a fenômenos naturais e processos geológicos, dão origem às paisagens, ao relevo, outras rochas e minerais, águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico, parâmetros necessários à preservação responsável e ao desenvolvimento sustentável.



### SEDE

Setor Bancário Norte - SBN - Quadra 02, Asa Norte  
Bloco H - 5º andar - Edifício Central Brasília  
Brasília - DF • 70040-904  
Fone: 61 2108-8400

### Escritório Rio de Janeiro - ERJ

Av. Pasteur, 404 - Urca  
Rio de Janeiro - RJ • 22290-255  
Fone: 21 2295-5337 • 21 2295-5382

### Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

Fone: 21 2295-8248 • 61 2108.8454

### Departamento de Hidrologia

Fone: 21 2295-6147

### Divisão de Hidrologia Aplicada

Fone: 21 2546-0306

### Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Fone: 21 2295-8248 • 61 2108.8457

### Assessoria de Comunicação

Fone: 61 2108-8400 • 21 2295-4641  
asscomdf@cprm.gov.br

### Divisão de Marketing e Divulgação

Fone: 31 3878-0372  
marketing@cprm.gov.br

### Ouvidoria

Fone: 21 2295-4697 • Fax: 21 2295-0495  
ouvidoria@cprm.gov.br

### Serviço de Atendimento ao Usuário - SEUS

Fone: 21 2295-5997 • Fax: 21 2295-5897  
seus@cprm.gov.br

[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)

2017