



**RELATÓRIO FINAL  
VOLUME I**

**CONVÊNIO  
015/2000 ANEEL - 013/CPRM/2000**

**REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES  
DAS SUB-BACIAS 40 e 41  
Alto São Francisco**

**VOLUME I**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E  
ANÁLISE DOS DADOS BÁSICOS**

*Por:*  
*Eng<sup>o</sup> Civil - Mestre. Eber José de Andrade Pinto*  
*Eng<sup>a</sup> Civil - Margarida Maria Silva Alves*

**Belo Horizonte, dezembro de 2001**

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA  
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM**

**CONVÊNIO: 015/2000 ANEEL - 013/CPRM/2000**

**REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES  
SUB-BACIAS 40 e 41**

**RELATÓRIO FINAL  
VOLUME I**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E  
ANÁLISE DOS DADOS BÁSICOS**

**EXECUTADO PELO SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM  
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL - DHT  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE**



**2001**

# **REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES DAS SUB-BACIAS 40 E 41 VOLUME I**

## **CRÉDITOS**

### **CHEFE DO PROJETO**

Eber José de Andrade Pinto – Engenheiro Civil, Mestre

### **EQUIPE TÉCNICA**

Margarida Maria Silva Alves - Engenheira Civil  
Maurina Siqueira Soares de Freitas - Técnica em Hidrologia  
Alessandro José da Silva - Técnico  
José Geraldo Alves Franco - Técnico  
Graziela da Silva Rocha - Técnica

### **APOIO OPERACIONAL**

Maria Madalena Costa Ferreira - Bibliotecária  
Elizabeth de Almeida Cadête Costa – Técnica de Cartografia

### **GERÊNCIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL**

Maria Letícia Rabelo Alves Patrus – Engenheira Civil

### **COORDENAÇÃO GERAL**

Lígia Maria Nascimento de Araújo – Engenheira Civil, Mestre – Departamento de Hidrologia

### **CONSULTORES**

Prof. Carlos E. M. Tucci – Engenheiro Civil, PhD – Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH  
– Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

## **APRESENTAÇÃO**

Este relatório, composto de 5 volumes, apresenta os resultados finais da regionalização de vazões da bacia do Alto São Francisco, abrangendo as sub-bacias 40 e 41 conforme a divisão da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Estes estudos se referem à meta 7 do CONVÊNIO ANEEL/CPRM (Convênio ANEEL nº 15/2000 ou 013/CPRM/2000) assinado em 13 de outubro de 2000 e que vigorou até 31 de dezembro de 2001. Os volumes que compõem o relatório final estão organizados da seguinte forma:

VOLUME I – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E ANÁLISE DOS DADOS BÁSICOS

VOLUME II – REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES MÉDIAS

VOLUME III – REGIONALIZAÇÃO DAS CURVAS DE PERMANÊNCIA E DAS  
CURVAS DE REGULARIZAÇÃO

VOLUME IV – REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES MÁXIMAS

VOLUME V – REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES MÍNIMAS

## SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO</b> .....	01
<b>2 – LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO</b> .....	03
2.1 – LOCALIZAÇÃO E FIOGRAFIA .....	03
2.2 – GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA .....	05
2.3 – VEGETAÇÃO .....	08
2.4 – CLIMA.....	10
2.5 – CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS AQUÍFEROS .....	12
2.5.1 – Sistema Aquífero Granular.....	13
2.5.2 – Sistema Aquífero Cárstico .....	17
2.5.3 – Sistema Aquífero Fissurado-Cárstico .....	18
2.5.4 – Sistema Aquífero Fissurado.....	19
<b>3 – POPULAÇÃO</b> .....	23
<b>4 – COLETA E ANÁLISE DOS DADOS BÁSICOS</b> .....	24
4.1 – DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	24
4.2 – DADOS FLUVIOMÉTRICOS.....	24
<b>5 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E CLIMÁTICAS</b> .....	27
5.1 – ÁREAS DE DRENAGEM.....	27
5.2 – PERFIS LONGITUDINAIS.....	27
5.3 – COMPRIMENTOS DOS CURSOS D'ÁGUA .....	27
5.4 – DECLIVIDADE DOS CURSOS D'ÁGUA .....	27
5.4.1 – Método da Declividade Equivalente.....	27
5.5 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL.....	28
5.6 – DENSIDADE DE DRENAGEM.....	29
5.7 – ÍNDICES DE FORMA.....	29
<b>6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	32
<b>7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	35

## **ANEXOS**

**ANEXO A – RELAÇÃO DOS MUNICÍPIOS LOCALIZADOS NAS SUB-BACIAS 40 e 41 E SUAS POPULAÇÕES**

**ANEXO B – ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS**

**ANEXO C – AVALIAÇÃO DAS SÉRIES DE VAZÕES**

**ANEXO D – PERFIS LONGITUDINAIS DA SB-40**

**ANEXO E – PERFIS LONGITUDINAIS DA SB-41**

**ANEXO F – ÍNDICES DE FORMA**

**ANEXO G – AVALIAÇÃO DA DENSIDADE DA REDE FLUVIOMÉTRICA EM OPERAÇÃO**

**ANEXO DE MAPAS**

- **MAPA GEOLÓGICO**
- **MAPA GEOMORFOLÓGICO**
- **CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN**
- **MAPA DE SISTEMAS AQUÍFEROS**
- **LIMITE DE MUNICÍPIOS**
- **DENSIDADE DEMOGRÁFICA**
- **MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS**
- **DIAGRAMAS UNIFILARES DAS SUB-BACIAS 40 E 41**
- **POLÍGONOS DE THIESSEN**
- **ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS NA DELIMITAÇÃO DOS POLÍGONOS DE THIESSEN**

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 2.1 – Localização da sub-bacia 40 no Estado de Minas Gerais

Figura 2.2 – Localização da sub-bacia 41 no Estado de Minas Gerais

Figura 4.1 – Vazões específicas (l/s.km<sup>2</sup>)

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 2.5.1 – Sistemas aquíferos da Bacia do rio São Francisco

Tabela 2.5.2 – Sumário dos principais aspectos hidráulicos dos aquíferos

Tabela 5.1 – Características Físicas e Climáticas

Tabela 6.1 – Densidade da rede fluviométrica em operação

Tabela 6.2 – Estações fluviométricas nas quais devem ser instalados aparelhos registradores

Tabela 6.3 – Locais para instalação de novas estações fluviométricas registradoras

## 1- 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. Além disso, o NRC - U.S. National Research Council (1988), sugeriu o princípio de substituir o tempo por espaço, através de modelos de regionalização, com o objetivo de melhorar as estimativas de eventos extremos.

Segundo Tucci (2000) a regionalização é uma técnica que permite explorar as informações existentes e apresentará resultados mais confiáveis quanto maior for a disponibilidade de dados hidrológicos.

Na caracterização climatológica e fisiográfica da região são reunidas informações que auxiliam a compreensão dos processos hidrológicos e a identificação das regiões homogêneas.

De acordo com Tucci (1993), os métodos de regionalização são classificados em: (i) Métodos que regionalizam os parâmetros da distribuição de probabilidades, (ii) Métodos que regionalizam o evento com um determinado risco e (iii) Métodos que regionalizam uma curva adimensional de probabilidades, genericamente denominado de método da cheia-índice ou "index-flood".

Independente do método de regionalização, um dos pontos cruciais é a delimitação de regiões hidrológicas 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.

Um dos avanços dos estudos de regionalização, objetivando a diminuição da subjetividade das etapas necessárias ao desenvolvimento dos trabalhos, foi a apresentação por Wallis(1989), das técnicas de regionalização "index-flood" utilizando momentos-L e o posterior desenvolvimento por Hosking e Wallis (1993 e 1995), de três estatísticas-L para aplicação nas etapas de consistência de dados, identificação de regiões homogêneas e na definição da distribuição de frequência regional.



Este volume apresenta a caracterização física e análise dos dados básicos para o estudo de regionalização da bacia do alto São Francisco, que representa toda a bacia até a confluência do rio das Velhas, inclusive. Esta área abrange as sub-bacias denominadas pela ANEEL como sub-bacias 40 e 41.

Além dos dados fornecidos pela ANEEL, oriundos da rede de monitoramento do MME, e do acervo técnico da própria CPRM, empreendeu-se uma coleta extensiva de informações básicas junto às diversas entidades operadoras de rede e concessionárias de energia elétrica atuantes na bacia, além das informações disponíveis que caracterizam fisicamente a região.

## 2 – LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO

### 2.1 - LOCALIZAÇÃO E FIOGRAFIA

- SUB-BACIA 40

“A sub-bacia 40 situa-se na região central do Estado de Minas Gerais, numa área da ordem de 51.000km<sup>2</sup> compreendida entre as nascentes do rio São Francisco e a Barragem de Três Marias, correspondendo aproximadamente às latitudes 18°15’ e 20°40’ Sul e longitudes 43°50’ e 46°10’ Oeste.” (CPRM, 1995a)

“Essa sub-bacia engloba, além do alto rio São Francisco, todos os seus afluentes até a barragem de Três Marias, sendo os principais os rios Paraopeba, Pará, Indaiá e Borrachudo.” (CPRM, 1995a).

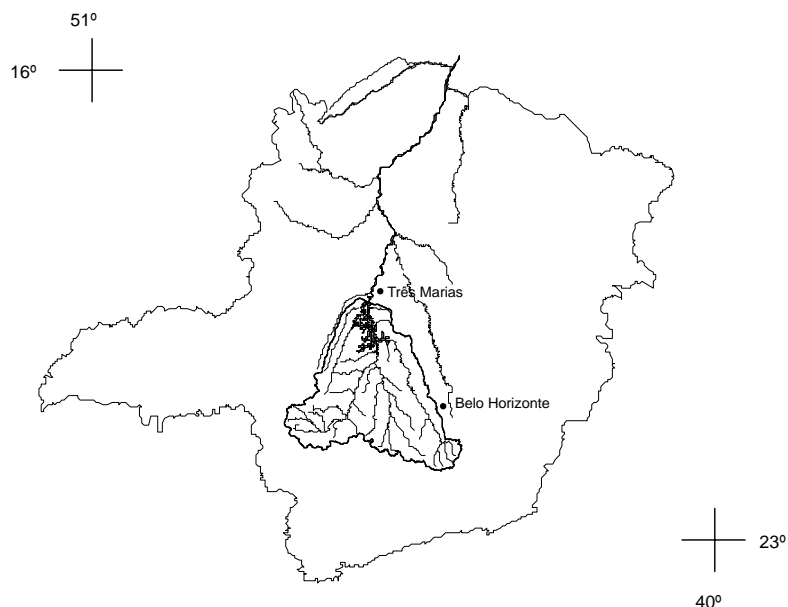


Figura 2.1 – Localização da sub-bacia 40 no Estado de Minas Gerais (CPRM, 1996)

“O rio São Francisco nasce na serra da Canastra, no município de São Roque de Minas, a uma cota altimétrica da ordem de 1.450m. Apresenta um desenvolvimento longitudinal de aproximadamente 300km até o reservatório de Três Marias, cuja altitude é de 585m. Possui no seu segmento inicial orientação E-W; a partir do sétimo quilômetro descreve um arco passando a correr na direção W-E até a localidade de Lagoa dos Martins. A partir daí toma a direção SW-NE até atingir o reservatório.” (CPRM, 1995a)

“O rio Paraopeba tem suas nascentes localizadas no município de Cristiano Ottoni, a uma altitude de cerca de 1.140m. Apresenta desenvolvimento longitudinal da ordem de 370 km no sentido predominante SE-NW até alcançar o reservatório de Três Marias. A área total da bacia é de 13.640 km<sup>2</sup>. Seus principais afluentes são os rios Maranhão, Camapuã, Macaúbas, Manso e Soledade.” (CPRM, 1995a)

“O rio Pará nasce nas vertentes das serras do Galba e da Cebola, próximo à localidade denominada Colônia, a uma altitude de 1.200m. Apresenta orientação predominante SE-NW até desaguar no rio São Francisco, à montante de Três Marias. Tem como principais tributários os rios Itapecerica, São João, Lambari, Peixes e Picão. Sua bacia possui área de drenagem da ordem de 12.230km<sup>2</sup>.” (CPRM, 1995a)

“O rio Indaiá tem uma extensão de aproximadamente 200km, desde suas nascentes, situadas próximo à localidade de Cachoeirinha numa altitude de 1.150m, até a represa de Três Marias. Possui orientação SW-NE, determinada pelas encostas da serras da Saudade e Palmital; apresenta área de drenagem de 3.340km<sup>2</sup>.” (CPRM, 1995a)

“O rio Borrachudo tem suas nascentes localizadas no município de São Gotardo, numa altitude de 1.150m. Drena uma área de 1362km<sup>2</sup>, apresentando uma extensão total da ordem de 160km no sentido SW-NE, até alcançar a represa de Três Marias.”(CPRM, 1995a)

- **SUB-BACIA 41**

“A sub-bacia 41, corresponde à parcela da bacia do rio São Francisco, com área aproximada de 39.000km<sup>2</sup>, compreendida entre a barragem de Três Marias exclusive e a barra do rio das Velhas inclusive. Está localizada no centro do estado de Minas Gerais, entre as latitudes 17° 20' e 20° 30' Sul e longitudes 43° 30' e 46° 20' Oeste. Apresenta forma irregular, abrangendo trecho relativamente curto do curso do rio São Francisco, cerca de 150km, sendo sua área mais expressiva, a bacia do rio das Velhas, o maior tributário do Alto São Francisco. O rio Abaeté é o segundo maior tributário do rio São Francisco nesta sub-bacia, seguindo-se outros bem menos expressivos, como o rio Formoso, afluente da margem esquerda e o rio de Janeiro, afluente da margem direita.”(CPRM, 1995b)

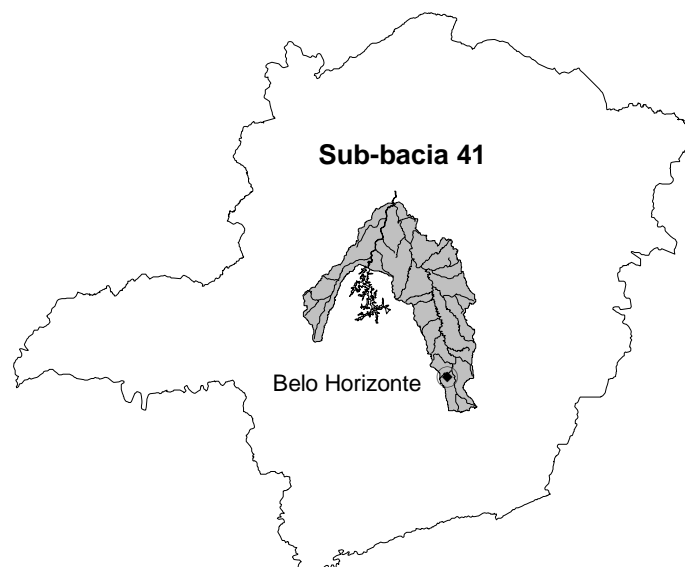


Figura 2.2 – Localização da Sub-bacia 41 no Estado de Minas Gerais

“O rio das Velhas, que drena uma área de 29.173km<sup>2</sup>, nasce na serra Geral, entre as serras de Ouro Preto e Antônio Pereira, no município de Ouro Preto, numa altitude de cerca de 1.300m. Depois de desenvolver um percurso de cerca de 500km, predominantemente no sentido SSE-

NNW, desemboca no rio São Francisco pela sua margem direita, próximo à cidade de Guaicuí. Seus principais afluentes da margem esquerda são os ribeirões Jequitibá e Picão e o rio Bicudo; da margem direita os rios Taquaraçú, Paraúna, Pardo e Curimataí.”(CPRM, 1995b)

“O rio Abaeté nasce próximo à localidade de Guardo dos Ferreiros, no município de São Gotardo, a uma altitude de cerca de 1.100m. Após um curso de cerca de 180km, predominantemente no sentido SSW-NNE, deságua na margem esquerda do rio São Francisco, cerca de 35km a jusante da barragem de Três Marias. A área de sua bacia hidrográfica é de aproximadamente 6.400km<sup>2</sup>. Seus principais afluentes da margem esquerda são o rio Confusão, o córrego dos Arrependidos e o ribeirão de Tiros; da margem direita o rio Areado, o ribeirão da Extrema, os córregos da Água Limpa e do Grotão.”(CPRM, 1995b)

## **2.2 – GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA**

### **• SUB-BACIA 40**

“A região em estudo estrutura-se essencialmente sobre rochas de idade precambriana, desde arqueadas até protozóicas superiores. Apenas uma pequena parcela drena unidades mesozóicas da serra Mata da Corda.” (CPRM, 1995a)

“A região sul da bacia, em seu divisor com a bacia do médio rio Grande, conforma-se, de leste para oeste, em rochas meta-vulcânicas do Supergrupo Rio das Velhas (Arqueano), em rochas graníticas e granulíticas (Arqueanas) do Complexo Perdões-Ribeirão Vermelho (Arqueano-Proterozóico Inferior), em rochas carbonáticas e pelítico carbonáticas do Grupo Bambuí (Proterozóico Superior) e psamíticas do Grupo Canastra (Proterozóico Médio)” (CPRM, 1995a)

“À noroeste, as sub-bacias dos rios Indaiá e Borrachudo drenam rochas pelito-psamíticas do grupo Bambuí (Formação Serra da Saudade) de idade Proterozóica Superior e sedimentares e vulcano-clásticas mesozóicas da Formação Mata da Corda.”(CPRM, 1995a)

“À nordeste, a região correspondente à sub-bacia do baixo rio Paraopeba drena terrenos conformados em rochas das Formações Paraopeba e Três Marias, do Grupo Três Marias (Proterozóico Superior).”(CPRM, 1995a)

“À leste e sudeste, a sub-bacia do médio e alto rio Paraopeba drena a região cárstica da Formação Sete Lagoas do Grupo Bambuí, as rochas granito-gnáissicas dos Complexos Belo Horizonte e Bonfim (Arqueanos) e as unidades dos Supergrupos Minas e Rio das Velhas (Proterozóico Superior e Arqueano, respectivamente).”(CPRM, 1995a)

“O relevo da sub-bacia40 é caracterizado por planaltos, depressões e áreas dissecadas resultantes predominantemente da alternância de atuação de processos morfoclimáticos associados ao condicionamento geológico. As unidades geomorfológicas existentes são as seguintes:

- Planalto Dissecado do Centro-Sul e Leste de Minas;
- Depressão São Franciscana;

- Planalto do São Francisco.” (CPRM, 1995a)

“O Planalto Dissecado do Centro-Sul e Leste de Minas corresponde à região das nascentes dos rios Paraopeba, Pará e Lambarí, delimitada à leste pela serra da Moeda e a oeste (longitude aproximada 45°30’) pela Depressão São Franciscana, apresentando uma descontinuidade na área compreendida entre as cidades de Divinópolis e Itaúna. Essa região é caracterizada por formas de relevo do tipo colinas e cristas com vales encaixados e/ou de fundo chato, decorrentes dos processos de dissecção fluvial nas rochas predominantemente granito-gnáissicas do embasamento Pré-Cambriano. As altitudes variam entre 1.000m nas cristas e 700m nos vales.” (CPRM, 1995a)

“A Depressão São Franciscana corresponde a cerca de 60% da região em estudo, englobando toda a área do rio São Francisco e o médio curso dos rios Pará e Paraopeba. Nesta região as formas aplainadas e superfícies onduladas decorrentes de processos de erosão areolar intercalam-se às formas fluviais de dissecção, ou seja, cristas e colinas com vales encaixados e/ou de fundo chato e vertentes ravinadas. As altitudes variam entre 600 e 800m.” (CPRM, 1995a)

“Na extremidade oeste da região em estudo encontra-se o Planalto do São Francisco, formado por superfícies tabulares, com coberturas sedimentares predominantemente arenosas, recobertas por vegetação do tipo cerrado e entrecortadas por cabeceiras de drenagem pouco aprofundadas, denominadas veredas. Nestas áreas as altitudes variam de 600 a 1.000m.” (CPRM, 1995a)

- SUB-BACIA 41

“O alto rio das Velhas, desde as suas nascentes até o norte de Belo Horizonte, quando adentra a Bacia Sedimentar Proterozóica Superior de Bambuí, drena rochas meta-vulcânicas, meta-vulcano-sedimentares e meta-vulcano-sedimentares arqueanas do Super-Grupo Rio das Velhas; rochas meta-sedimentares proterozóicas inferiores do Super-Grupo Minas e rochas granito-gnáissicas arqueanas e proterozóicas dos Complexos Bação e Belo Horizonte. A intensa ocupação pelo homem nesta região, causou uma erosão acelerada dos terrenos e, conseqüentemente, um grande volume de sedimentos inconsolidados que tem assoreado os cursos d’água da bacia do rio das Velhas.” (CPRM, 1995b)

“No médio curso do rio das Velhas, ou seja, desde a área ao norte de Belo Horizonte até a serra do Cabral, próximo a Várzea da Palma, o rio das Velhas corta rochas principalmente do Grupo Bambuí, sendo que as sub-bacias dos rios Cipó e Paraúna cortam em suas cabeceiras rochas dos Grupos Macaúbas e Espinhaço e do núcleo arqueano de Gouvêa.” (CPRM, 1995b)

“Logo ao norte de Belo Horizonte, o vale do rio das Velhas encaixa-se em sedimentos carbonáticos da Fm. Sete Lagoas/Gr. Bambuí. Desenvolve-se então um intenso regime de drenagem cárstica. Em seguida drena rochas pelíticas e carbonáticas intercaladas do Sub-Grupo Paraopeba/Gr. Bambuí, até a serra do Cabral, quando corta rochas da Fm. Jequitaí e Grupo Espinhaço. Seus afluentes da margem direita drenam, além das rochas já citadas, a seqüência carbonática da Fm. Lagoa do Jacaré/Gr. Bambuí, próximo a Santo Hipólito e Buenópolis, as seqüências arenosas e conglomeríticas (quartzitos e meta-conglomerado) dos Grupos Macaúbas e Espinhaço e os gnaisses e xistos verdes do núcleo de Gouvêa. (CPRM, 1995b)

“Da serra do Cabral até a Barra do Guaicuí, no baixo curso do rio das Velhas, o mesmo corre em uma peneplanície enquanto seus afluentes cortam as serras e chapadas laterais. O terreno do vale é formado por rochas do Sub-Grupo Paraopeba/Gr. Bambuí em seu eixo, por rochas do Grupo Espinhaço e Fm. Jequitaiá da serra do Cabral em sua vertente leste e por rochas da Fm. Três Marias/ Gr. Bambuí e de chapadas laterizadas (os Campos Gerais) em sua vertente oeste.” (CPRM, 1995b)

“As nascentes do rio Abaeté se situam em rochas da Fm. Mata da Corda do Cretáceo, constituídas de tufos, tufitos e níveis de rochas básicas alcalinas. O rio Abaeté corre em um vale bem encaixado, sobre rochas pelito-carbonáticas do Sub-Grupo Paraopeba/Gr. Bambuí, até poucos quilômetros a NE de São Gonçalo do Abaeté, quando passa a correr sobre rochas areníticas arcossianas da Fm. Três Marias/Gr. Bambuí. Os afluentes das duas margens drenam rochas das Fms. Areado (arenitos) e Mata da Corda.” (CPRM, 1995b)

“Entre a foz do rio Abaeté e a confluência do rio das Velhas, o rio São Francisco corre sobre rochas da Fm. Três Marias/Gr. Bambuí e drena a oeste, através de pequenos afluentes, rochas das Fms. Mata da Corda, Areado e Capacete (arenitos cineríticos), e a leste, também através de pequenos cursos d’água, rochas da Fm. Três Marias/Gr. Bambuí e das chapadas lateríticas do Terciário/Quartenário.” (CPRM, 1995b)

"O relevo da sub-bacia 41 é caracterizado por unidades morfoestruturais e por planaltos, depressões e áreas dissecadas resultantes de processos morfoclimáticos. As unidades presentes são:

- O Planalto do São Francisco
- A Depressão São Franciscana
- O Quadrilátero Ferrífero
- A Serra do Espinhaço” (CPRM, 1995b)

“O Planalto do São Francisco ocorre predominantemente na extremidade oeste e norte da sub-bacia em estudo, abrangendo toda a bacia do rio Abaeté e parte das bacias dos demais afluentes do rio São Francisco, sendo delimitado a leste pela serra do Espinhaço. Essa unidade apresenta descontinuidades, nas ocorrências da Depressão São Franciscana, desenvolvida ao longo da drenagem do rio São Francisco e de seus afluentes, a partir de altitudes inferiores a 600m. É formado por superfícies tabulares com coberturas sedimentares predominantemente arenosas, recobertas normalmente por cerrado, registrando-se também a ocorrência de veredas. As altitudes no Planalto de São Francisco variam entre 600 e 1.000m.” (CPRM, 1995b)

“A Depressão São Franciscana ocorre principalmente na bacia do rio das Velhas, sendo delimitado ao sul pelo Quadrilátero Ferrífero e a leste pela serra do Espinhaço. A mesma originou-se ao longo da drenagem do rio São Francisco, inicialmente nos vales dos grandes rios orientados por fraturas, alargando-se posteriormente por processos de aplainamento. Aí predominam portanto, as formas aplainadas, as superfícies onduladas e pedimentos ravinados. No contato com os escarpamentos ocidentais da serra do Espinhaço, predominam colinas e cristas com vertentes ravinadas e vales encaixados. Ao norte de Belo Horizonte, observa-se a ocorrência do carste coberto, caracterizado por verrugas, torres e escarpas isoladas, intercaladas com côncavo-convêxo. As altitudes variam entre 500 e 900m.” (CPRM, 1995b)

“As cabeceiras do rio das Velhas se encontram no chamado Quadrilátero Ferrífero, com características geomorfológicas peculiares no estado de Minas Gerais. O condicionamento estrutural desta unidade determinou a existência de formas de relevo invertido do tipo sinclinal suspenso, e anticlinal esvaziado. Nas rochas não controladas pela estrutura, predominam as cristas com vertentes ravinadas, vales encaixados e as colinas com vales de fundo chato. As altitudes variam entre 900 e 1.500m.” (CPRM, 1995b)

“A extremidade leste da sub-bacia é formada pela Serra do Espinhaço, de desenvolvimento longitudinal e cotas altimétricas entre 1.000 e 1.300m. A mesma é constituída de formas de dissecação em rochas do Super-Grupo Espinhaço e restos de antigas superfícies de aplainamento que se alternam em picos, cristas e escarpamentos orientados por fratura. Em sua borda ocidental verifica-se uma sucessão de escarpas de linha de falha. Nesta unidade encontram-se importantes aquíferos fraturados de onde originam numerosas fontes.” (CPRM, 1995b)

O Anexo de Mapas apresenta os mapas geomorfológico e geológico das sub-bacias 40 e 41.

## **2.3 – VEGETAÇÃO**

- SUB-BACIA 40

“A vegetação nativa na região do alto São Francisco é constituída predominantemente pelo cerrado, que se estendia originalmente por quase toda a sub-bacia. Este tipo de vegetação é característico de regiões de clima semi-úmido, constituindo-se principalmente de gramíneas, arbustos e árvores de médio porte, tendo como principais características os troncos e galhos retorcidos e a folhas espessas e coriáceas.” (CPRM, 1995a)

“Nas áreas de solos mais ricos em água e sais minerais, o cerrado apresenta uma gradação denominada cerradão, o qual possui uma composição florística similar à do cerrado, apresentando entretanto uma vegetação mais densa e de maior porte. É composto por três estratos: o superior, arbóreo, constituído de indivíduos com altura média entre 8 e 12 metros, podendo alcançar até 20 metros; o intermediário, arbóreo-arbustivo, constituído de indivíduos similares aos do cerrado, com altura entre 1 e 8 metros; e o inferior, herbáceo, constituído de gramíneas, ciperáceas e bromeliáceas.” (CPRM, 1995a)

“Atualmente, principalmente nas regiões mais planas, grandes áreas de cerrado vem sendo substituídas por pastagens e áreas de cultivo mecanizado, ou mesmo devastadas para a exploração de lenha e carvão. Nas regiões de relevo mais acidentado, entretanto, o cerrado se encontra mais preservado.” (CPRM, 1995a)

“As áreas de florestas subcaducifólias, originalmente localizadas ao sul da bacia, já não existem na região em sua forma original, tendo sido totalmente substituídas por pastagens. Manchas de matas e capoeiras, entretanto, podem ser encontradas na região, principalmente próximo aos municípios de Pará de Minas, Pitangui e Bom Despacho. Florestas artificiais, geralmente de eucaliptus, foram implantadas nas regiões compreendidas entre os municípios de Paraopeba - Curvelo e Bom Despacho - Martinho Campos.” (CPRM, 1995a)

“As áreas de altitudes mais elevadas, normalmente acima de 900 - 1000 metros, como é o caso das serras da Canastra e Moeda, apresentam vegetação do tipo campos de altitude,

caracterizados por vegetação herbácea contínua com a ocorrência de pequenos arbustos de caráter esclerófilo. Esses campos naturais são em muitos casos utilizados como pastagens para pecuária em regime extensivo.” (CPRM, 1995a)

“Em algumas áreas, os campos são originados a partir das intervenções antrópicas que resultaram na degradação de áreas de cerrado pelo uso do fogo. Esses campos são encontrados à oeste da bacia e próximo à barragem de Três Marias.” (CPRM, 1995a)

- SUB-BACIA 41

“A vegetação nativa da sub-bacia 41 era constituída originalmente por formações características de climas semi-úmidos, com duas estações bem marcadas, uma chuvosa e outra seca. Estas formações seriam: a floresta subcaducifólica tropical, existente na parte leste das bacias do alto e médio rio das Velhas; os campos de altitude, característicos das altitudes superiores a 900m, aliados a solos rasos e topografia suave, predominantes na serra do Espinhaço; e o cerrado, presente nas demais áreas da sub-bacia em suas diversas gradações ou seja, o cerradão, o cerrado típico e o cerrado ralo. Esta vegetação original foi sendo gradativamente eliminada pela desordenada ocupação humana. As regiões com relevo suave, propícias à agricultura mecanizada e a criação extensiva de gado, bem como as regiões onde predominavam as matas, posteriormente depredadas para a extração da madeira, procura de novas terras para plantio, exploração de lenha e carvão, foram as mais atingidas, permanecendo mais preservada a vegetação das áreas de relevo mais acentuado.” (CPRM, 1995b)

“Na bacia do alto rio das Velhas, a vegetação original está praticamente desaparecida, devido a sua intensa ocupação, tendo sido substituída por vastas extensões de pastos e combinação de pastos e capoeiras nas regiões anteriormente ocupadas por matas. Na área que se estende desde as nascentes do rio das Velhas até aproximadamente a cidade de Caeté, pode ser observado, nas capoeiras (formação em fase de desenvolvimento originária de floresta cortada ou queimada), vestígios da floresta subcaducifólica outrora existente, caracterizada por dois estratos arbóreos constituídos de elementos com troncos esbeltos e folhas predominantemente decíduas.” (CPRM, 1995b)

“A partir da cidade de Belo Horizonte, em grande extensão ao longo da calha do rio das Velhas, até aproximadamente a cidade de Santana do Pirapama, a vegetação atual constitui-se de pastos, observando-se nas extremidades oeste e leste da bacia, respectivamente, o cerrado e os campos de altitude, que se estendem ao longo de toda a serra do Espinhaço, desde o município de Jaboticatubas até a serra do Cabral. Os campos de altitude existentes no Espinhaço, são caracterizados pelo agrupamento de algumas famílias botânicas e de espécies endêmicas. Predominam Eriocauláceas, Compostas e Ciperáceas, musgos e arbustos das famílias das Veloziáceas, Melastomatáceas, entre outros. Nesta área, verifica-se ainda a ocorrência de algumas manchas de florestas artificiais em monocultura de Eucaliptus.” (CPRM, 1995b)

“No médio curso do rio das Velhas, predomina a ocorrência alternada de cerrado e campo, este notadamente na região do Espinhaço, além de pequenas áreas de reflorestamento artificial.” (CPRM, 1995b)

“Já no baixo curso do rio das Velhas, volta a ocorrer a existência de pastos em faixa estreita ao longo do rio das Velhas, enquanto as áreas mais elevadas a oeste desta bacia, são ocupadas novamente por cerrado.” (CPRM, 1995b)



“Na extremidade oeste da sub-bacia em estudo, em toda a margem esquerda do rio São Francisco, região bem menos ocupada, a vegetação original está mais preservada, observando-se o cerrado típico do São Francisco, que possui fisionomia própria, com o estrato superior formado por árvores e arbustos de troncos menos retorcidos, espaçados de três a cinco metros, cujas copas raramente se tocam, e o estrato inferior formado por gramíneas dispostas em forma contínua ou de tufos. Nesta região ocorre também consideráveis extensões de reflorestamento artificial em monocultura de Pinus.” (CPRM, 1995b)

## **2.4 – CLIMA**

### **• SUB-BACIA 40**

“A região em estudo apresenta temperatura média anual variando entre 19 e 23°C, sendo que as menores temperaturas são encontradas ao sul da bacia devido à influência orográfica, ocorrendo um aumento gradativo a medida que se alcançam as latitudes mais baixas.” (CPRM, 1995a)

“Esses valores indicam a predominância de temperaturas medianas a elevadas na região durante quase todo o ano, principalmente na primavera e no verão. O mês mais quente, janeiro, apresenta média das máximas variando entre 28 e 30°C. Já no período outono-inverno ocorre um significativo decréscimo na temperatura, sendo que a média das mínimas do mês mais frio, julho, varia entre 8 e 10°C. A amplitude térmica anual é da ordem de 12 a 14°C.” (CPRM, 1995a)

“Com relação às precipitações, os totais pluviométricos anuais variam, de forma geral, entre 1700mm nas cabeceiras da bacia a 1150mm na região próxima à barragem de Três Marias. O regime pluviométrico é típico das regiões de clima tropical, com a ocorrência dos valores mensais máximos no período de verão e dos mínimos no inverno.” (CPRM, 1995a)

“O trimestre mais chuvoso contribui com cerca de 55 a 60% do total anual precipitado, correspondendo, para a quase totalidade da bacia, aos meses de novembro-dezembro-janeiro. A exceção ocorre na extremidade ocidental da bacia, onde os meses mais chuvosos são dezembro, janeiro e fevereiro. Já o trimestre mais seco, correspondente aos meses de junho, julho e agosto, contribui com menos de 5% da precipitação anual.” (CPRM, 1995a)

“São encontradas na região, três tipologias climáticas, de acordo com a classificação de Wladimir Köppen:

- Cwb - clima temperado brando com verão ameno (temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C) e inverno brando (temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C); a estação seca é coincidente com o inverno. Este tipo climático ocorre na faixa meridional da região em estudo (latitudes 20° 15' a 21°), junto às cabeceiras da bacia, onde as altitudes são mais elevadas, da ordem de 1000m.
- Cwa - clima temperado brando com verão quente (temperatura média do mês mais quente superior a 22°C) e inverno brando (temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C); a estação seca corresponde ao inverno. É o tipo climático característico da faixa central da região em estudo, correspondendo aproximadamente às latitudes entre 19 e 20°.

- Aw - clima tropical chuvoso, quente e úmido, com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média do mês mais frio é sempre superior a 18°C. Este tipo climático ocorre nas latitudes mais baixas da sub-bacia, entre 18 e 19°, nas proximidades da represa de Três Marias.” (CPRM, 1995a)

- SUB-BACIA 41

“As características climáticas mais importantes na região em estudo são a predominância de temperaturas medianas a elevadas durante todo o ano e a existência de duas estações bem marcadas: uma estação chuvosa no verão e outra seca no inverno.” (CPRM, 1995b)

“As temperaturas médias anuais variam entre 20° e 23°C, atingindo valores inferiores a 20°C apenas nas altitudes mais elevadas encontradas na serra do Espinhaço e nas cabeceiras dos rios Abaeté e das Velhas.” (CPRM, 1995b)

“Alguns autores apontam o mês de janeiro como o mês mais quente do ano. Entretanto, de acordo com a publicação “Normais Climatológicas (1961-1990)”, editado pelo Ministério da Agricultura e Reforma Agrária em 1992, o mês mais quente do ano na região é o mês de fevereiro, com médias variando de 22° a 24°C, com exceção apenas em reduzida área no alto da serra do Espinhaço, onde a média cai a 21°C . A máxima absoluta oscila entre 38° e 40° nas áreas da sub-bacia com altitudes inferiores a 700m.” (CPRM, 1995b)

“Julho, o mês mais frio do ano, registra temperaturas médias entre 16° e 20°C, com a média das mínimas variando entre 7° e 12°C. Nas cabeceiras dos rios das Velhas e Abaeté, as mínimas absolutas atingem valores próximos a 0°C. A amplitude térmica anual na sub-bacia 41 é da ordem de 14° a 19°C.” (CPRM, 1995b)

“O regime pluviométrico da sub-bacia 41 está predominantemente ligado ao equilíbrio dinâmico entre o sistema de circulação do anticiclone tropical do Atlântico Sul e o anticiclone polar, além do efeito das correntes perturbadas do oeste. Observa-se também, significativa influência orográfica, com o registro de precipitações mais elevadas nas encostas das montanhas situadas a barlavento. Os ventos predominantes são na direção NW-NE. O regime pluviométrico é típico dos climas tropicais, com estação chuvosa no verão e estação seca no inverno.” (CPRM, 1995b)

“Na bacia do rio das Velhas, as precipitações médias anuais variam de 1.700mm nas cabeceiras, decrescendo com as latitudes, até 1.000mm na confluência do mesmo com o rio São Francisco. A influência orográfica se faz notar, com registro de precipitações médias anuais mais significativas, em torno de 1500mm, nos contrafortes da serra do Espinhaço. Na bacia do rio Abaeté, a precipitação média anual varia entre 1500mm e 1300mm em seu alto e médio curso.” (CPRM, 1995b)

“O trimestre mais chuvoso ocorre nos meses de novembro a janeiro em toda a sub-bacia, contribuindo com 50 a 55% da precipitação ocorrida no ano e o trimestre mais seco ocorre nos meses de junho a agosto.” (CPRM, 1995b)

“São encontradas na região, três tipologias climáticas, de acordo com a classificação de Wladimir Köppen:

- Cwb - clima temperado brando com verão ameno (temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C) e inverno brando (temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C); a estação seca é coincidente com o inverno. Este tipo climático ocorre junto às cabeceiras da bacia do rio das Velhas e ao longo de toda a serra do Espinhaço, onde as altitudes são mais elevadas, entre 1.000 e 1.300m.
- Cwa - clima temperado brando com verão quente (temperatura média do mês mais quente superior a 22°C) e inverno brando (temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C); a estação seca corresponde ao inverno. É o tipo climático característico de faixa estreita que se estende a leste da sub-bacia, desde o alto curso rio das Velhas até a serra do Cabral, e da bacia do alto curso do rio Abaeté.
- Aw - clima tropical chuvoso, quente e úmido, com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média do mês mais frio é sempre superior a 18°C. Este tipo climático ocorre nas demais áreas da sub-bacia, que apresentam altitudes menos elevadas.” (CPRM, 1995b)

O mapa com a classificação climática das sub-bacias 40 e 41 consta do Anexo de Mapas.

## 2.5 - CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS AQUÍFEROS

Este item é uma transcrição de parte do capítulo XIV, Caracterização Hidrogeológica da Porção Mineira da Bacia Hidrográfica do São Francisco, da publicação “Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais”, organizada pela Sociedade Brasileira de Geologia, núcleo de Minas Gerais. O referido capítulo é de autoria dos Hidrogeólogos Maria Antonieta Alcântara Mourão, Waldemir Barbosa da Cruz e Ronaldo de Luca Fernandes Gonçalves. Salienta-se que as referências de tabelas e figuras estão em caracteres itálicos porque diferem da publicação original.

“A individualização dos sistemas aquíferos fundamentou-se nos aspectos litoestruturais e na natureza da permeabilidade das rochas. Litotipos com permeabilidade primária, que consiste no armazenamento de água nos espaços intergranulares, foram reunidos na categoria de Sistema Aquífero Granular. Tipos rochosos em que a permeabilidade depende, sobretudo, do desenvolvimento das cavidades e aberturas causadas pela dissolução dos carbonatos, foram agrupados no Sistema Aquífero Cárstico. Os pacotes rochosos em que se verifica a mistura ou alternância de frações argilo-siltosas e carbonáticas, foram classificados como Sistema Aquífero Fissurado-Cárstico. As rochas caracterizadas pela presença de água em fissuras, fraturas, falhas ou outros planos de descontinuidade foram integradas nos Sistema Aquífero Fissurado.

Os sistemas aquíferos foram subdivididos em unidades de modo a contemplar as diferenças litológicas, de comportamento hidrodinâmico e de aspectos morfo-estruturais. A discriminação dos sistemas aquíferos e das unidades a estes associados encontra-se apresentada na *Tabela 2.5.1*. As áreas de ocorrências destes encontram-se ilustradas *no mapa de Sistemas Aquíferos que consta do Anexo de Mapas*.

Os sistemas cárstico, fissurado-cárstico e fissurado inserem-se em compartimentos geotectônicos distintos associados ao neoproterozóico: o cráton do São Francisco e as faixas móveis Brasília e Araçuaí. Nas faixas móveis as rochas encontram-se deformadas e metamorfisadas enquanto na área cratônica mostram-se praticamente indeformadas com exceção das bordas e porções internas restritas. Parte expressiva das unidades inseridas nos

sistemas aquíferos granulares tiveram origem em reativações tectônicas ocorridas no Mesozóico e Cenozóico e ocorrem, irregularmente distribuídas na bacia, recobrando os demais sistemas.

A *Tabela 2.5.2* sintetiza os principais aspectos hidráulicos dos sistemas aquíferos presentes na Bacia do São Francisco.

### **2.5.1 - Sistema Aquífero Granular**

É representado pelos depósitos sedimentares ou coberturas detríticas formados a partir do período Cretáceo.

- **AQUÍFEROS EM SEDIMENTOS ALUVIAIS**

Os depósitos aluvionares despertam especial interesse quanto à exploração de água subterrânea pois mostram alguma primazia relativamente aos outros tipos aquíferos: são fáceis de escavar ou perfurar o que significa exploração rápida e barata; apresentam níveis potenciométricos rasos exigindo portanto recalque pequeno e têm, com frequência, porosidade eficaz e permeabilidade elevadas. A exploração é feita, geralmente, por meio de poços escavados de pequena profundidade o que explica a escassez de dados hidráulicos relativos ao aquífero.

As aluviões são geradas pela ação de rios ou demais formas de escoamento superficial sendo encontradas ao longo das drenagens, nos canais fluviais, nas planícies de inundação e nos terraços. Exibem grande variabilidade dimensional e litológica em decorrência da natureza e morfologia da área fonte, do relevo pretérito do substrato e da complexidade do sistema deposicional marcado por migração dos canais fluviais e conseqüente acresção vertical de depósitos distintos.

As ocorrências mais expressivas aparecem ao longo dos principais cursos d'água: rios São Francisco, Paracatu, Urucuaia e Velhas. Verifica-se que as maiores extensões superficiais desses depósitos relacionam-se aos afluentes da margem esquerda do rio São Francisco refletindo o contexto geológico com o predomínio de sedimentos clásticos do Grupo Bambuí (Formação Três Marias) e das unidades cretácicas. Nas áreas de afloramento de metapelitos e calcários, os depósitos são comumente pouco espessos e compostos por termos siltosos e argilosos. Níveis de calcrete (depósitos superficiais resultantes de precipitação) são frequentes nos domínios carbonáticos.

A espessura saturada média varia entre 5 e 10 metros, podendo alcançar 30 metros (RURALMINAS, 1999a). Valores de condutividade hidráulica variam de 0,28 a 23m/dia para os depósitos de granulometria entre areia fina a muito grossa e de 0,02 a 0,11m/dia para os níveis siltsosos, como revelado em ensaios realizados fora da bacia (vale do Jequitinhonha, CEMIG, 1992; *in* RURALMINAS, 1999a) mas que podem ser usados como referência dada à similaridade dos sedimentos. Depreende-se dos dados que pacotes espessos (acima de 10 metros) e constituídos por frações mais grossas podem fornecer vazões elevadas. O valor médio de capacidade específica, obtido de apenas 5 poços tubulares, é de 1,64m<sup>3</sup>/h.m.

A conexão hidráulica com as águas superficiais conduz a comportamento diferenciado nas variações sazonais. Recebem água dos rios nos períodos chuvosos e contribuem para a manutenção do fluxo de base nos períodos de baixa precipitação. Dependendo da diferença de

carga hidráulica com aquíferos subjacentes podem fornecer ou ter aporte de água. A evapotranspiração é um importante exutório em virtude da pequena profundidade do nível d'água, em geral não superior a 5-10 metros.

- **AQUÍFEROS COLÚVIO- ELUVIONARES**

Englobam as unidades aquíferas superficiais relacionadas ao manto de decomposição das rochas (saprolitos, elúvios e colúvios) e aos depósitos detríticos de cobertura do Terciário-Quaternário.

Os aquíferos associados ao manto de decomposição, apesar de não representados no mapa, são de ocorrência generalizada e mostram grande variabilidade de composição e de espessura ligada ao tipo litológico originário, condições paleoclimáticas e condicionamento morfo-tectônico. São aquíferos potencialmente fracos, mas importantes no processo de recarga dos aquíferos subjacentes através de infiltração vertical.

Tabela 2.5.1 – Sistemas Aquíferos da Bacia do São Francisco (modificado de RURALMINAS, 1999a)

<i>Unidades</i>	<i>Litologias ou unidades geológicas associadas</i>
<b>Sistema Aquífero Granular</b>	
Aquíferos em sedimentos aluviais:	Depósitos aluvionares e de terraços. Areias, siltes, argilas, e cascalhos
Aquíferos colúvio-eluvionares.	Coberturas detríticas encontradas sobre a superfície de aplainamento Sul-americana. Eluviões e coluviões, por vezes associados a sedimentos aluvionares de canais suspensos, laterizados ou não. Areias finas a médias, argila, cascalho e canga.
Aquíferos areníticos	Arenitos bem selecionados, arenitos cineríticos, conglomerados monomíticos, rochas piroclásticas e subordinadamente, derrames, siltitos, argilitos e folhelhos. Sequências sedimentares e vulcânicas da Bacia Cretácica Alto SanFranciscana, composta pela Formação Urucuia, Grupo Mata da Corda e Grupo Areado.
<b>Sistema Aquífero Cárstico</b>	
Aquíferos de rochas carbonáticas	Calcários e dolomitos proterozóicos associados às fácies carbonáticas do Subgrupo Paraopeba-Grupo Bambuí (Formações Sete Lagoas, Serra de Santa Helena e Lagoa do Jacaré), Grupo Paranoá, Formação Vazante e Supergrupo Minas (Grupo Itabira-Formação Gandarela e Grupo Piracicaba-Formação Fecho do Funil)
<b>Sistema Aquífero Fissurado-Cárstico</b>	
Aquíferos de rochas pelito-carbonáticas	Margas, siltitos, ardósias com intercalações de calcário associados às fácies pelito-carbonatadas do Subgrupo Paraopeba-Grupo Bambuí (Formações Serra da Saudade, Lagoa do Jacaré, Santa Helena e Sete Lagoas), Formação Vazante e Grupo Paranoá.

Cont. Tabela 2.5.1

<i>Unidades</i>	<i>Litologias ou unidades geológicas associadas</i>
<b>Sistema Aquífero Fissurado</b>	
Aquíferos de rochas metapelíticas e xistosas	Filitos, folhelhos, siltitos, argilitos associados ao Grupo Bambuí (Formação Três Marias e Subgrupo Paraopeba-Formações Serra de Santa Helena, Formação Serra da Saudade), Grupo Paranoá, Formação Paracatu e Formação Vazante. Tilitos e diamictitos de matriz pelítica da Formação Jequitaí. Metadiamictitos e metapelitos do Grupo Macaúbas (Formações Terra Branca, Carbonita e Salinas). Micaxistos dos Grupos Araxá e Canastra. Metassiltitos e filitos do Supergrupo Espinhaço (Grupo Conselheiro Mata – Formações Santa Rita, Córrego da Bandeira e Formação Rio Pardo Grande), do Supergrupo Minas (Grupo Caraça-Formações Moeda e Batatal, Grupo Piracicaba-Formações Fecho do Funil e Barreiro e Grupo Sabará). Metavulcânicas e metassedimentos pelíticos do Supergrupo Rio das Velhas (Grupo Maquiné e Grupo Nova Lima) e do <i>greenstone-belt</i> de Pium-hi.
Aquíferos de rochas quartzíticas	Quartzitos e metarenitos e metaconglomerados proterozóicos e arqueanos associados ao Grupo Bambuí (Formação Três Marias); ao Grupo Canastra, ao Grupo Paranoá, ao Supergrupo Espinhaço (Formações Córrego dos Borges, Córrego Pereira e Galho do Miguel), ao Supergrupo Minas (Grupo Caraça-Formação Moeda, Grupo Piracicaba-Formações Cercadinho e Barreiro), ao Grupo Itacolomi e ao Supergrupo Rio das Velhas (Grupo Maquiné)
Aquíferos de rochas itabiríticas	Itabiritos do Supergrupo Minas- Grupo Itabira-Formação Cauê.
Aquíferos de rochas ígneas e metamórficas de alto grau	Granitos, tonalitos, granitóides, gnaisses, gnaisses charnockíticos, anfibolitos, granulitos, migmatitos, metavulcânicas, máficas e ultramáficas, metamáficas e meta-ultramáficas associadas aos complexos Barbacena, Mantiqueira, Bação, Belo Horizonte, Guanhões, Porteirinha e Complexo Granulítico de Passa Tempo. Corpos de rochas ácidas a ultramáficas de idades diversas.

Fonte: Pinto et al., 2001

Os depósitos detríticos de cobertura relacionam-se aos diferentes ciclos geomorfológicos que atuaram a partir do Terciário Superior. Aparecem nos domínios rebaixados de relevo (Depressão SanFranciscana), em cotas de 400 a 600 metros ou em platôs e pediplanos de 800 a 1000 metros de altitude. No primeiro caso, ocorrem ao longo do alto curso do rio São Francisco e nos vales dos rios Paraopeba, Urucuia, Velhas, Paracatu, Bicudo, Gortuba, Pacuí, Verde Grande e Verde Pequeno, além de manchas pouco expressivas em drenagens menores. Nas faixas de depressão Sanfranciscana, possuem composição silto-argilosa dominante, podendo apresentar níveis arenosos, depósitos de cascalheiras e concreções ferruginosas basais. Nas áreas elevadas, destacam-se as ocorrências no Quadrilátero Ferrífero e nas Serras do Cabral e Canastra. Nestes locais, constituem-se basicamente de areias de granulação média a fina com significativa fração argilosa, por vezes laterizadas, e exibindo horizonte de canga na base.

Em geral, a espessura não ultrapassa 10 metros, mas localmente pode atingir mais de 100 metros, como verificado na região de Unaí. As maiores espessuras associam-se às áreas de platôs e pediplanos.

A recarga processa-se quase exclusivamente através da infiltração de águas pluviais. A capacidade de armazenamento é dada portanto, pela permeabilidade das camadas superficiais, pela espessura saturada do aquífero e pela natureza do substrato. As fontes de contato nos sopés das elevações representam o principal exutório e resultam do escoamento da água infiltrada na interface com o substrato impermeável. Quando este se mostra fraturado, como na Serra do Cabral, ocorre a alimentação de fendas, que condicionam o surgimento de fontes, em zonas de ruptura de relevo.

O potencial de produção de poços tubulares é pequeno devido às dimensões normalmente restritas da zona saturada. A heterogeneidade dos sedimentos denota grande variabilidade de valores de porosidade eficaz e transmissividade. Estimativas indicam valor médio de porosidade eficaz de 0,10 (CETEC, 1981) e de transmissividade de  $33\text{m}^2/\text{dia}$  (RURALMINAS, 1999a). A capacidade específica varia de 0,009 a  $4,2\text{m}^3/\text{h.m}$  com média de  $1,19\text{m}^3/\text{h.m}$ .

- **AQUÍFEROS ARENÍTICOS**

Os aquíferos areníticos envolvem os sedimentos cretácicos da Formação Urucuia e dos Grupos Mata da Corda e Areado, reunidos nessa unidade em vista da predominância de tipos rochosos com granulometria de areia. Geomorfologicamente, ocorrem como superfícies tabulares resultantes do processo de aplainamento ocorrido no Terciário.

A Formação Urucuia é composta por arenitos avermelhados e, de forma subordinada, por conglomerados. Aflora na extremidade nordeste da bacia no Chapadão das Gerais e Serra das Araras e em superfícies tabulares residuais na margem direita do rio São Francisco.

O Grupo Mata da Corda é constituído por rochas piroclásticas (brechas, lapilitos, tufos e cineritos), derrames alcalinos e arenitos cineríticos, localmente conglomeráticos. Apresenta menor distribuição superficial se comparada às outras unidades cretácicas.

O Grupo Areado é representado por uma sucessão sedimentar composta por conglomerados, arenitos, siltitos, argilitos, arenitos calcíferos, calcários e calcretas. Aflora na porção central da Bacia, margem esquerda do rio São Francisco.

Apesar da diferenciação composicional dos litotipos cretácicos, comportamento hidrogeológico único pode ser inferido devido ao predomínio de termos areníticos e semelhança na configuração geomorfológica.

Toda a sucessão litológica exhibe espessura média de 160 metros, atingindo no máximo 300 metros. A baixa densidade de drenagem reflete a alta permeabilidade e coeficientes elevados de infiltração, estimados entre 9 e 15% (CETEC, 1981). O nível estático apresenta profundidade média de 16,7 metros (COPASA/Hidrosistemas, 1995).

A porosidade eficaz está em torno de 0,10 e a transmissividade é variável de 7 a  $233\text{m}^2/\text{dia}$ , com valor médio de  $58\text{m}^2/\text{dia}$  (CETEC, 1981 e CETEC, 1984). A capacidade específica média é de  $2,09\text{m}^3/\text{h.m}$ , sendo a maior dentre os aquíferos granulares (RURALMINAS, 1999a). Os valores dos parâmetros hidráulicos indicam potencial hidrogeológico mediano.

A recarga se faz a partir da infiltração de água de chuva, nas regiões de afloramento ou através do aquífero sobrejacente (depósitos terciário-quadernários), por toda a superfície das chapadas. As áreas de descargas principais situam-se no sopé das elevações, junto ao contato com o substrato impermeável do Grupo Bambuí. Nesses locais formam-se as veredas que constituem feições geomorfológicas notáveis.

Cabe destacar o papel dos aquíferos cretácicos como reguladores do regime dos principais rios da região, contribuindo para a manutenção dos seus fluxos de base. Estimativas de infiltração e análise dos hidrogramas indicam que a contribuição total dos aquíferos cretácicos para os rios é da ordem de  $4,87 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$  (RURALMINAS, 1999a).

### **2.5.2 - Sistema Aquífero Cárstico**

Os aquíferos cársticos são representados pelas rochas carbonáticas pré-cambrianas pertencentes ao Subgrupo Paraopeba – Grupo Bambuí (Formações Lagoa do Jacaré, Santa Helena e Sete Lagoas), à Formação Vazante, ao Grupo Paranoá e ao Supergrupo Minas (Grupo Itabira-Formação Gandarela e Grupo Piracicaba-Formação Fecho do Funil).

Sistemas aquíferos desse tipo possuem porosidade secundária resultante do alargamento, por dissolução, de superfícies de descontinuidade tais como fraturas, planos de acamamento e falhas, gerando meio de circulação altamente anisotrópico e heterogêneo formado por uma rede intrincada de condutos. Essas feições de dissolução são mais desenvolvidas em locais onde as camadas de calcário ou dolomito exibem espessuras significativas.

Os calcários do Grupo Bambuí-Subgrupo Paraopeba se estendem por cerca de 1/3 da área na Bacia, ocorrendo comumente recobertos pelos sedimentos da Formação Três Marias e unidades cretácicas. Os afloramentos mais expressivos aparecem principalmente na porção oriental e na extremidade norte. Os dolomitos da Formação Vazante ocorrem no limite ocidental e são, em termos de distribuição areal, menos expressivos, constituindo camadas alongadas e descontínuas. As duas unidades exibem feições geomorfológicas indicativas de processo de carstificação tais como grutas, dolinas, uvalas, poljés, sumidouros, surgências, lapiás e rede de drenagem predominantemente endógena.

As rochas dolomíticas das Formações Gandarela e Fecho do Funil, presentes na região do Quadrilátero Ferrífero, mostram feições de dissolução pouco pronunciadas. No entanto, a identificação de dolinas e surgências e a interceptação de condutos em perfurações denotam a existência local de importantes zonas aquíferas.

As formações Vazante, Gandarela, Fecho do Funil e parte do Subgrupo Paraopeba estão localizadas nas faixas móveis desenvolvidas no evento Brasileiro e exibem grande diversidade de estruturas originadas da deformação. Na região cratônica, o Subgrupo Paraopeba apresenta-se indeformado ou localmente afetado por amplos dobramentos, estreitas zonas de cisalhamento e falhas normais.

A complexidade de fatores que envolvem o desenvolvimento de terrenos cársticos faz com que na Bacia do São Francisco as diferenças na densidade de estruturas tectônicas não representem o fator preponderante para a geração de feições de dissolução. Os locais de maior expressão do carste, e portanto de maior potencial hidrogeológico, encontram-se no interior do cráton, podendo-se citar as regiões de Curvelo, Santo Hipólito, Montes Claros, Montalvânia, Manga, Buenópolis, Luislândia, Arcos, Pains e Bambuí. Notáveis exceções



referem-se às regiões de Unaí e Vazante. Áreas com estruturas cársticas menos destacadas, que têm a água subterrânea como importante recurso, em especial para abastecimento público, correspondem a Sete Lagoas e Lagoa Santa.

As condições de recarga são mais efetivas em áreas de afloramento, em locais onde há drenança a partir dos aquíferos granulares sobrepostos e em pontos de aporte dos cursos d'água superficiais, nas zonas de absorção cárstica de águas subterrâneas, condicionadas pelas estruturas resultantes de dissolução (dolinas e sumidouros). Os níveis de base são, caracteristicamente, os grandes rios que mostram, em alguns trechos, significativas situações de efluência (restituição ao aquífero) ou influência (perda para o aquífero) como verificado no rio das Velhas entre Presidente Juscelino e Santo Hipólito; no rio São Francisco próximo a Pains e a jusante, na região de Januária e Itacarambi; no Ribeirão das Almas e no vale do rio Preto, afluentes do Paracatu; nos rios Pandeiro, Riacho da Cruz, Peruaçu e Calindó, afluentes do rio São Francisco; no rio Cochá, afluente do Carinhanha e ao longo do rio Verde Grande e alguns de seus afluentes na região de Montes Claros, Capitão Enéas, Varzelândia e Jaíba (RURALMINAS, 1999a).

Os aquíferos carbonáticos representam o sistema de maior capacidade de produção. As características hidráulicas exibem ampla variabilidade refletindo a heterogeneidade de comportamento dos aquíferos carbonáticos. A transmissividade mostra valores entre  $233\text{m}^2/\text{dia}$  a  $7700\text{m}^2/\text{dia}$  (CETEC, 1984). A capacidade específica média está em torno de  $12,74\text{m}^3/\text{h.m.}$  No entanto, valor extremamente baixo de armazenamento específico (66mm), foi obtido para as sub-bacias que drenam os sistemas carbonáticos na área considerada no Plano Diretor de Recursos Hídricos das Bacias de Afluentes do Rio São Francisco em Minas Gerais (RURALMINAS, 1999a). Como postulado por IGAM (2000) os valores reduzidos de capacidade de armazenamento podem não refletir diretamente a disponibilidade de água e as possibilidades de seu aproveitamento por meio de poços, em áreas com grande potencial de água subterrânea em maiores profundidades e com pequena contribuição ao escoamento superficial. As possíveis perdas por transferência do escoamento subterrâneo para bacias adjacentes devem também ser consideradas. No trabalho de cunho regional realizado por (COPASA/Hidrosistemas, 1995) o valor médio encontrado para o armazenamento específico foi de 458mm.

### **2.5.3 - Sistema Aquífero Fissurado-Cárstico**

Este sistema é o de maior expressão superficial na bacia e agrega as unidades constituídas por intercalações de rochas pelíticas e carbonáticas representadas por margas, siltitos e ardósias com níveis de calcário ou dolomito. Associa-se às fácies pelito-carbonatadas do Subgrupo Paraopeba-Grupo Bambuí (Formações Serra da Saudade, Lagoa do Jacaré, Santa Helena e Sete Lagoas), Formação Vazante e Grupo Paranoá.

Feições estruturais marcadas por falhamentos e dobramentos são observados nos sedimentos situados nas bordas do Cráton e nas faixas móveis. No restante da área mostram-se praticamente indeformados. Verifica-se maior potencial hidrogeológico nas porções tectonizadas e com ocorrência de camadas carbonáticas mais espessas.

Em decorrência da constituição litológica e da diferenciação estrutural exibem aspectos hidráulicos contrastantes e variáveis desde aquíferos fissurados a aquíferos cársticos, passando por características intermediárias aos dois sistemas.

As fontes de recarga correspondem à infiltração direta de água da chuva, em áreas de afloramento, ou de água superficial através de drenagens estruturalmente controladas e ainda à drenança dos sistemas granulares subjacentes. O aporte de água superficial nas planícies de inundação dos principais cursos d'água, em períodos de cheia, deve também ser considerado.

Os valores de transmissividade situam-se entre 2,3 a 506m<sup>2</sup>/dia, com média de 109m<sup>2</sup>/dia. A capacidade específica mostra média de 2,23m<sup>3</sup>/h.m. O armazenamento específico médio obtido na avaliação feita para o Plano Diretor de Bacias de Afluentes do Rio São Francisco em Minas Gerais é de 82,3mm, valor este superior aos dos aquíferos de rochas carbonáticas e de rochas metapelíticas e xistosas. Valor bem mais alto (385mm) foi determinado no estudo de caráter mais regional efetuado por COPASA/Hidrosistemas (1995). As questões levantadas para o aquífero cárstico devem ser, nesse caso, também consideradas.

#### **2.5.4 - Sistema Aquífero Fissurado**

O aquífero fissurado representa o sistema em que a porosidade está relacionada à presença de falhas, fraturas, juntas, diáclases e outras superfícies de descontinuidade, resultantes de esforço tectônico. Corresponde a meio altamente heterogêneo e anisotrópico em que a condutividade hidráulica é basicamente função de diversos aspectos relacionados ao fraturamento.

Associa-se às rochas metamórficas pré-cambrianas, aos corpos intrusivos e vulcânicos de idades diversas, aos terrenos de alto grau metamórfico e aos complexos gnáissico-granitóide e granito-*greenstone*. Dada a grande diversidade litológica, que implica em aspectos hidráulicos distintos, este sistema aquífero foi subdividido nas unidades de rochas metapelíticas e xistosas, quartzíticas, itabiríticas e ígneas e metamórficas de alto grau.

- **AQUÍFEROS DE ROCHAS METAPELÍTICAS E XISTOSAS**

São constituídos de metapelitos e xistos de origem diversa relacionados aos Grupos Bambuí, Paranoá, Vazante, Araxá, Canastra, Formação Paracatu, Supergrupo Espinhaço, Supergrupo Minas, Supergrupo Rio das Velhas e sequência metavulcano-sedimentar de Pium-hi. Tilitos e metadiamicititos de matriz pelítica da Formação Jequitai e Grupo Macaúbas também foram incluídos nessa unidade.

Os metassedimentos pelíticos do Grupo Bambuí ocupam cerca de 10% da área da Bacia e ocorrem na região cratônica e na faixa móvel a oeste. Em ordem de importância de extensão superficial, seguem os metapelitos pertencentes aos Grupos Paranoá, Canastra e Araxá e Vazante e à Formação Paracatu, aflorantes na porção ocidental e inseridos no cinturão de dobramentos e empurrões Brasília. Os litotipos associados ao Supergrupo Espinhaço aparecem na extremidade oriental, nas Serras do Espinhaço e do Cabral. Margeando estas serras ocorrem os sedimentos glaciais do Grupo Macaúbas. Na região do Quadrilátero Ferrífero identificam-se as rochas xistosas e filitos dos Supergrupos Minas (Grupos Caraça, Piracicaba e Sabará) e Rio das Velhas (Grupos Nova Lima e Maquiné).

A diferença no tamanho dos grãos das rochas, seja de origem primária ou metamórfica, e a distinção na densidade de feições estruturais, dada pela localização quanto ao compartimento geotectônico, conduzem a variações de comportamento hidrogeológico.

Os litotipos muito finos, representados por ardósias, siltitos e sericita-xistos, exibem planos de descontinuidade com aberturas muito estreitas que dificultam o fluxo e o armazenamento de água subterrânea. Este aspecto é agravado pela incipiente conexão das estruturas rúpteis (juntas, fraturas e clivagens). Já os micaxistos possuem uma certa permeabilidade em função da xistosidade, estrutura esta penetrativa e que os torna potencialmente mais favoráveis à exploração.

A recarga é feita principalmente através do fluxo vertical descendente advindo das unidades granulares superiores e de forma menos significativa, pela infiltração da água superficial, diretamente nas fendas e fraturas, em trechos estruturalmente controlados. As nascentes difusas, de ocorrência generalizada na porção meridional da bacia, têm importante papel na manutenção do escoamento de base dos rios.

A transmissividade hidráulica mostra valores variáveis de 0,17 a 864m<sup>2</sup>/dia (CETEC, 1984). O valor médio de capacidade específica média é baixo (0,85 m<sup>3</sup>/h.m), se comparado às demais unidades aquíferas, com exceção da unidade de rochas ígneas e metamórficas de alto grau. Curiosamente, o valor obtido por RURALMINAS (1999a), para o armazenamento específico médio (79,5mm), é inferior ao da unidade de rochas ígneas e metamórficas de alto grau o que em parte deve refletir as características do manto de alteração associado a esses litotipos.

#### • AQUÍFEROS DE ROCHAS QUARTZÍTICAS

Constituídos por quartzitos, metarenitos e metaconglomerados associados ao Grupo Bambuí (Formação Três Marias), ao Grupo Canastra, ao Grupo Paranoá, ao Supergrupo Espinhaço (Formações Córrego dos Borges, Córrego Pereira e Galho do Miguel), ao Supergrupo Minas (Grupo Caraça-Formação Moeda, Grupo Piracicaba-Formações Cercadinho e Barreiro), ao Grupo Itacolomi e ao Supergrupo Rio das Velhas (Grupo Maquiné).

As rochas quartzíticas geralmente destacam-se no relevo e sustentam as serras da Canastra, Espinhaço, Tombador, do Cabral, Serra Geral do Rio Preto e cristas de Unaí, Serra do Meio, Serra da Moeda e Serra das Cambotas. Os metarcóseos da Formação Três Marias (Grupo Bambuí) se configuram, geomorfologicamente, como superfícies tabulares ou como suaves ondulações.

A fisiografia do conjunto de terras altas é marcada predominantemente por planaltos, com pouca ou nenhuma cobertura detrítica, em que se destaca o aspecto densamente fraturado dos quartzitos, resultante de seu comportamento reológico diferenciado com relação às rochas circundantes.

A infiltração direta pelos sistemas de fraturas, a percolação através do manto de intemperismo e o aporte advindo dos sistemas granulares sobrepostos constituem os mecanismos de recarga. As nascentes difusas, de ocorrência generalizada, respondem pela manutenção das descargas de base dos rios que cruzam os terrenos quartzíticos.

Dados referentes à potencialidade desse sistema são escassos e restringem-se à região do Quadrilátero Ferrífero, especificamente às formações Moeda e Cercadinho. A Formação Moeda exhibe valores de transmissividade de 86 a 864m<sup>2</sup>/dia e coeficiente de armazenamento médio estimado em 0,10 (RURALMINAS, 1999a) e 0,02 (Silva et al., 1995). A espessura saturada média foi avaliada em 100 metros, com área de afloramento de 1.177km<sup>2</sup>. A

formação Cercadinho apresenta valor de transmissividade em torno de  $86\text{m}^2/\text{dia}$  e coeficiente de armazenamento de 0,05, possuindo espessura saturada de aproximadamente 200 metros e distribuição superficial de  $907\text{km}^2$ . A capacidade de produção desses aquíferos pode ser importante localmente, tendo sido verificado para quartzitos do Grupo Piracicaba, na região de Itabira (fora da área da Bacia), capacidade específica de até  $8,28\text{m}^3/\text{h.m.}$

- **AQUÍFEROS DE ROCHAS ITABIRÍTICAS**

As rochas itabiríticas correspondem às formações ferríferas bandadas da Formação Cauê (Grupo Itabira do Supergrupo Minas), presentes na região do Quadrilátero Ferrífero. O comportamento hidrogeológico deste litotipo é bastante variável e dependente da composição mineralógica e da intensidade de atuação do intemperismo. A forma de interação desses fatores faz com que os aquíferos demonstrem características hidráulicas de sistema fissural ou granular.

As porções friáveis resultam da dissolução da sílica e/ou carbonato da rocha e formação de um meio altamente poroso e enriquecido em ferro, constituindo o minério comumente explorado. O potencial hidrogeológico desse material é bastante elevado como revelado pelos estudos e procedimentos relacionados ao rebaixamento de nível d'água em áreas de mineração. Valores de transmissividade hidráulica variam de 52 a  $3.400\text{m}^2/\text{dia}$  e os de coeficiente de armazenamento de  $10^{-3}$  a  $10^{-1}$  (Silva et. al. 1995 e Cruz, 1995, 1996a e 1996b). O volume calculado por Silva et. al.(1995) para reserva explotável é de  $4,1 \times 10^9\text{m}^3$ . Ressalta-se o espesso manto de intemperismo que, normalmente, está associado a estas rochas, podendo atingir profundidade superior a 500 metros.

- **AQUÍFEROS DE ROCHAS ÍGNEAS E METAMÓRFICAS DE ALTO GRAU**

Estes aquíferos compreendem os granitos, tonalitos, gnaisses, granulitos, granitóides, gnaisses kinzigíticos, gnaisses charnockíticos e enderbíticos, migmatitos, metamáficas, metaultramáficas e intrusivas de natureza ácida, básica a ultrabásica. Grande parte desse conjunto de rochas está associada aos complexos Barbacena, Mantiqueira, Bação, Belo Horizonte, Guanhões, Porteirinha e ao Complexo Granulítico de Passa Tempo.

Afloram na porção sul e no limite oriental da Bacia como áreas deprimidas de relevo com morfologia de colinas medianamente suavizadas. Por englobar tipos rochosos bastante distintos, essa unidade apresenta grande variabilidade nos parâmetros hidráulicos como função direta da densidade de estruturas de descontinuidade e do grau de intemperismo. De modo geral, as rochas mais antigas, submetidas a sucessivos eventos tectono-metamórficos, exibem rede mais densa de estruturas e, portanto, maior potencial hidrogeológico. Rochas intrusivas tardi a pós-tectônicas, de idade cambriana ou superior, são as que exibem menor capacidade de produção de água e podem funcionar, localmente, como barreiras hidráulicas, em virtude da baixa permeabilidade.

O encaixamento de trechos de cursos d'água em sistemas de fraturas e a drenança a partir do manto de cobertura coluvio-eluvionar, que pode em determinados locais ser bastante espesso, promovem a recarga do aquífero. A descarga manifesta-se como fontes pontuais e difusas que brotam de fissuras ou estão condicionadas às zonas de contato do saprolito com a rocha fresca e atuam como reguladores do escoamento superficial.

Os valores médios de transmissividade e armazenamento específico são de 25m<sup>2</sup>/dia e 175,5mm, respectivamente. A capacidade específica varia de 0,0014 a 7,99m<sup>3</sup>/h.m, com média de 0,61m<sup>3</sup>/h.m (RURALMINAS, 1999a e Silva et. al.,1995).” (Pinto et al.,2001)

Tabela 2.5.2 - Sumário dos principais aspectos hidráulicos dos aquíferos (RURALMINAS, 1999a)

<i>Unidades Aquíferas</i>	<i>Capacidade específica média (m<sup>3</sup>/h.m)</i>	<i>Transmissividade (m<sup>2</sup>/dia)</i>	<i>Armazenamento específico médio (mm)</i>
<b>Sistema Aquífero Granular</b>			
Aquíferos em sedimentos aluviais	1,64 (5)	0,2 a 230	479* <sup>2</sup>
Aquíferos colúvio-eluvionares	1,19 (8)	33* <sup>1</sup>	113* <sup>2</sup>
Aquíferos areníticos	2,09 (21)	58* <sup>1</sup>	278,5 - 343* <sup>2</sup>
<b>Sistema Aquífero Cárstico</b>			
Aquíferos de rochas carbonáticas	12,74 (369)	354* <sup>1</sup>	66,0 – 458* <sup>2</sup>
<b>Sistema Aquífero Fissurado-Cárstico</b>			
Aquíferos de rochas pelito-carbonáticas	2,23 (366)	109* <sup>1</sup>	82,3 – 385* <sup>2</sup>
<b>Sistema Aquífero Fissurado</b>			
Aquíferos de rochas metapelíticas e xistosas	0,85 (22)	233* <sup>1</sup>	79,5 – 256* <sup>2</sup>
Aquíferos de rochas quartzíticas	1,0 (13)	86 a 864	333,5 – 118* <sup>2</sup>
Aquíferos de rochas itabiríticas	0,44 (3)	52 a 3.400	Sem informação
Aquíferos de rochas ígneas e metamórficas de alto grau	0,61 (315)	25* <sup>1</sup>	175,5 – 226* <sup>2</sup>

Valores entre parênteses representam o número de amostras usado para a obtenção da média

\*1 Valor médio

\*2 Valor extraído do trabalho de integração, feito por COPASA/Hidrosistemas (1995), para o estado de Minas Gerais.

Fonte: *Pinto et al.,2001*

### **3 – POPULAÇÃO**

A bacia do Alto Rio São Francisco tem uma área total de 90.634,16 Km<sup>2</sup> e abrange 170 municípios no Estado de Minas Gerais, abrigando uma população total de 6.774.302 habitantes. Destes, 6.275.599 (92,6%) são habitantes urbanos e 498.703 (7,4%) rurais, segundo a contagem do censo demográfico feita no ano 2000 pelo IBGE. O mapa com o limite dos municípios consta do Anexo de Mapas.

A densidade demográfica da maior parte desses 170 municípios encontra-se entre 10 e 50 habitantes por quilômetro quadrado. O mapa dessa distribuição na região, apresentado no Anexo de Mapas, indica que a população concentra-se próximo aos grandes centros. A Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), formada por 33 municípios, contribui grandemente para a forma irregular desta distribuição. Destes, 26 fazem parte da bacia do Alto Rio São Francisco. Em decorrência disto, 63% da população total da área em estudo concentra-se na RMBH.

A densidade demográfica de Belo Horizonte é de 6.725 habitantes por quilômetro quadrado. De Belo Horizonte em direção à Represa de Três Marias, os índices demográficos diminuem progressivamente. Uma grande faixa de escasso povoamento vai compondo-se, onde a densidade demográfica chega a atingir níveis inferiores a 10 habitantes por quilômetro quadrado.

Cidades como Divinópolis e Conselheiro Lafaiete (ambas com densidades demográficas acima de 250 habitantes por quilômetro quadrado) polarizam uma rede urbana formada por pequenas cidades. Sobre estas elas têm grande influência e formam Centros Regionais.

O Anexo A apresenta uma Tabela com os municípios que fazem parte da bacia do Alto São Francisco, informando as populações total, urbana e rural, além da densidade demográfica, da área total do município e da área do município que faz parte da região em estudo.

## **4 – COLETA E ANÁLISE DOS DADOS BÁSICOS**

### **4.1 – DADOS PLUVIOMÉTRICOS**

Uma das etapas realizadas foi a reunião dos dados pluviométricos consistidos das sub-bacias 40 e 41. As séries foram consistidas até o ano de 1992 para a sub-bacia 40 e até o ano de 1993 para a sub-bacia 41. O trabalho de consistência foi realizado pela CPRM em 1995 e um dos produtos do projeto de consistência dos dados pluviométricos da bacia do rio São Francisco foram os mapas de isoietas das médias anuais, do trimestre mais seco e do trimestre mais chuvoso que foram utilizados nos estudos de regionalização. O Anexo B apresenta a listagem das séries reunidas. O mapa de isoietas médias anuais consta do Anexo de Mapas.

### **4.2 – DADOS FLUVIOMÉTRICOS**

Para a realização dos estudos de regionalização foram reunidas as séries de vazões disponíveis na região em estudo. Inicialmente, foram selecionadas 109 séries da rede hidrométrica da ANEEL, que apresentavam cinco anos de dados completos, das quais 64 estavam localizadas na sub-bacia 40 e as demais na sub-bacia 41.

Em seguida, foi realizada a análise dos dados relativos a estas estações constantes no Banco de Dados Consistidos enviado pela ANEEL. Entretanto, constatou-se que no mesmo estavam inseridos dados inconsistentes, que haviam sido descartados dos anuários publicados pelo antigo Dnaee. Assim, foi necessária uma análise detalhada do banco, para selecionar os dados consistentes, que seriam utilizados nos estudos de regionalização.

Numa primeira fase foi realizada uma comparação dos dados constantes nos arquivos magnéticos com os dados publicados, tendo sido constatado nesta fase, que as vazões máximas pontuais haviam sido substituídas, em vários períodos e em várias estações, pelas máximas vazões médias diárias. Estas vazões foram corrigidas, sempre que possível, através dos dados publicados nos anuários, nos relatórios de consistência de dados e constantes de antigos arquivos existentes nesta Superintendência. Para algumas estações foram constatados valores de descarga, para o período entre 1938 a 1942, bastante diferentes dos valores constantes no Anuário Fluviométrico nº 6 de 1945 e inconsistentes com as medições de descarga e cotas observadas. Para estas estações foram digitados os valores constantes na publicação mencionada.

Foi realizada uma análise dos hidrogramas de todas as estações intervenientes, concomitantemente com as medições de descarga disponíveis para cada uma delas. Verificou-se a existência de dados de descargas para várias estações que não dispunham de medições de descarga que possibilitasse a determinação de curvas chaves em amplitude de cotas convenientes. Os dados destas estações e aqueles períodos gerados sem medições foram eliminados.

Foram verificadas também algumas inconsistências relativas às descargas máximas de algumas estações, que tiveram sua curva chave modificadas no ramo alto. Para estas estações as descargas foram geradas novamente.

Foram aproveitados vários períodos que não constavam nos boletins pluviométricos para os quais não foram identificadas inconsistências na análise dos hidrogramas e medições de

descarga. Durante estes estudos, para cada estação, levantou-se também a amplitude das extrapolações realizadas sobre as curvas chaves.

Para amostrar algumas áreas que não estavam monitoradas pela rede da ANEEL, foram selecionadas quatro estações da CEMIG, Porto Pará, código 40450001, São Joaquim de Bicas, código 40788000, Porto do Mesquita, código 40865001, e Porto Indaiá, código 40963000.

Os resultados da avaliação, segundo os critérios sugeridos por Tucci (2000), estão apresentados no Anexo C. O mapa de localização das estações utilizadas no estudo e os diagramas unifilares das sub-bacias 40 e 41 estão apresentados no Anexo de Mapas. Os principais reservatórios localizados na região em estudo também estão apresentados nos diagramas unifilares.

Após a análise das séries, a base de dados do estudo foi reduzida para as 90 estações listadas na Tabela 5.1. Para cada uma das estações foi calculada a vazão média de longo termo  $Q_{mlt}$  ( $m^3/s$ ), ou seja, a média aritmética de todas as vazões médias diárias de uma série. Também foi definida para cada série a vazão específica média de longo termo  $Q_{mlt\ esp}$  ( $l/s.km^2$ ), que é a relação entre a  $Q_{mlt}$  e a área de drenagem.

Apesar dos dados utilizados não serem de um mesmo período de observação, foi elaborada a Figura 4.1 com os valores das vazões específicas para visualizar a variação das disponibilidades hídricas da região em estudo.



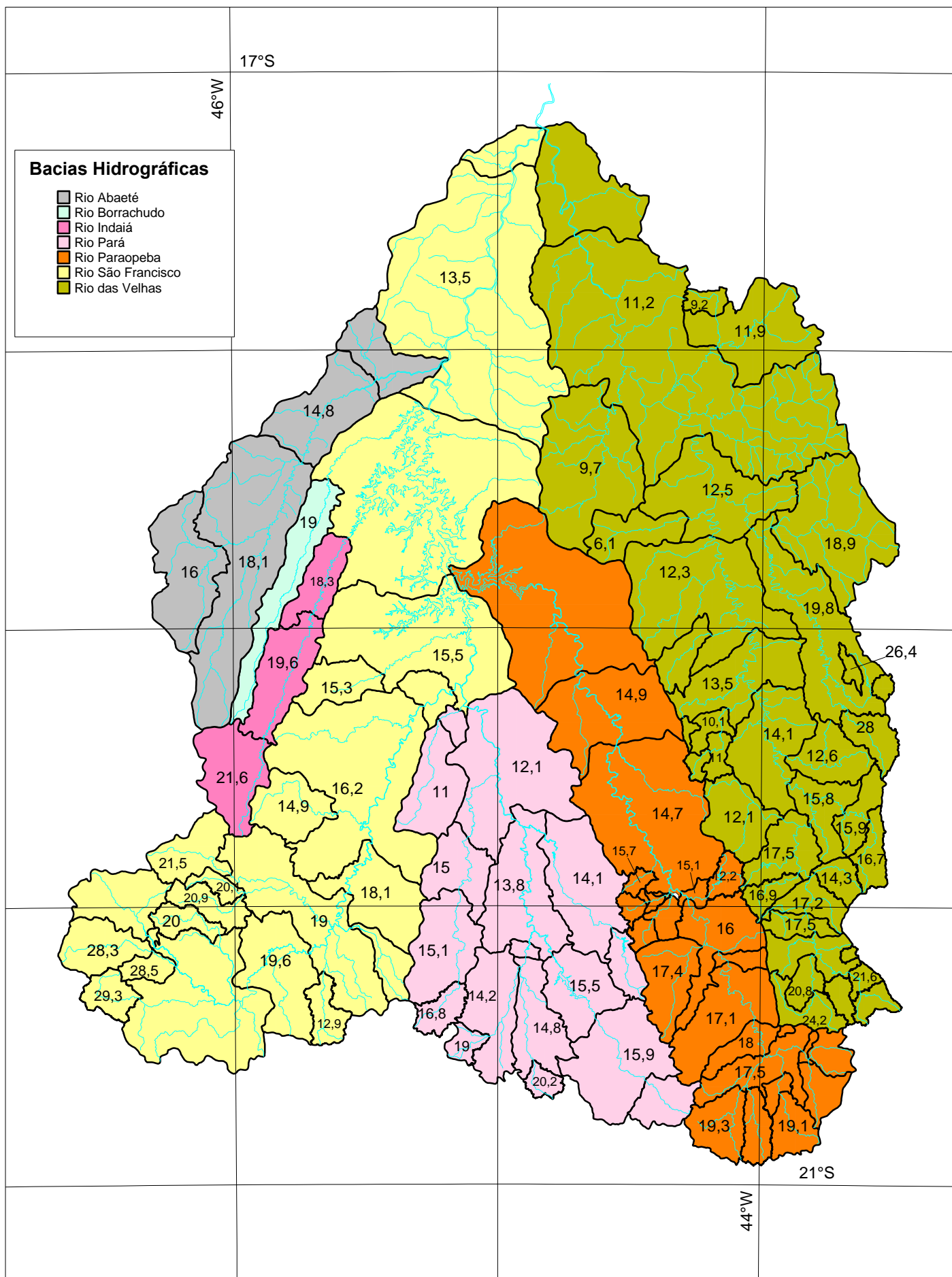


Figura 4.1 - Vazões Específicas (l/s.km<sup>2</sup>)

## **5 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E CLIMÁTICAS**

O conhecimento das características fisiográficas de uma bacia auxilia na descrição do seu comportamento hidrológico, tendo sido utilizado nos estudos de regionalização de vazões. As características fisiográficas levantadas para cada estação fluviométrica foram: a área de drenagem, o perfil longitudinal, o comprimento do talvegue, densidade de drenagem e a declividade do curso d'água.

### **5.1 - ÁREAS DE DRENAGEM**

As áreas de drenagem das estações fluviométricas foram obtidas através do inventário da ANEEL, dos Boletins Fluviométricos, também publicados pela ANEEL e do relatório do Projeto de Consistência de Dados Fluviométricos da Bacia do São Francisco, executado pela CPRM. As áreas de drenagem foram revisadas com a plotagem das estações e a respectiva delimitação das bacias em mapas na escala 1:250.000. As estações com áreas inferiores a 300km<sup>2</sup> foram delimitadas em cartas na escala 1:100 000 ou 1:50 000. A tabela 5.1 apresenta as áreas calculadas.

### **5.2 - PERFIS LONGITUDINAIS**

Foram levantados os perfis longitudinais dos cursos d'água da sub-bacia 40 e 41 que possuem ou possuíram estações fluviométricas. Os perfis foram levantados em mapas do IBGE em escalas 1:100.000 e 1:50.000, utilizando o curvímetro, de acordo com a disponibilidade das cartas na região. Os perfis longitudinais da sub-bacia 40 são originários da publicação CPRM, 1996.

Ao se levantar os perfis longitudinais dos rios indicou-se os principais afluentes, reservatórios e estações fluviométricas. As cotas de chegada dos afluentes nos rios foram estimadas através de interpolação linear.

Devido às dificuldades encontradas para a localização exata das estações das quais não se dispunha de fichas descritivas, indicou-se nos perfis longitudinais somente as estações cujos dados foram coletados e que serão utilizadas na regionalização.

Os perfis foram traçados em EXCEL e fazem parte dos Anexos D e E.

### **5.3 - COMPRIMENTOS DOS CURSOS D'ÁGUA**

Através do perfil longitudinal dos cursos d'água levantados determinou-se o comprimento do trecho entre nascente do rio e cada estação fluviométrica. Os resultados encontrados estão apresentados na Tabela 5.1.

### **5.4 - DECLIVIDADES DOS CURSOS D'ÁGUA**

O cálculo das declividades foi realizado através do método da declividade equivalente. A Tabela 5.1 apresenta as declividades calculadas para as sub-bacias 40 e 41.

#### **5.4.1 - Método da Declividade Equivalente**

Este método, tal como o método da declividade média, leva em conta, para o cálculo da

declividade, todo o perfil longitudinal do rio até o ponto desejado.

O método é baseado no conceito de declividade equivalente constante, ou seja, aquela declividade constante cujo tempo de translação, para o mesmo comprimento do curso d'água em planta, seria igual ao perfil acidentado natural (Silveira, 1993).

A declividade equivalente pode ser calculada através da fórmula:

$$I_{eq} = \left[ \frac{L}{\sum \left( \frac{l_j}{\sqrt{I_j}} \right)} \right]^2$$

onde L é o comprimento total do trecho  
l<sub>j</sub> e I<sub>j</sub> são o comprimento e a declividade de cada sub-trecho  
j - nº de ordem de sub-trechos.

A fórmula acima é baseada na fórmula de Chézy, para cálculo de velocidades em canais:

$$U = C\sqrt{R \cdot I}$$

onde U - Velocidade em m/s  
C - Coeficiente de Chézy  
R - Raio hidráulico em m  
I - Declividade em m/m

que aponta o tempo como função do inverso da raiz quadrada da declividade (Silveira, 1993).

Este método é usualmente empregado no dimensionamento de obras hidráulicas.

O método da declividade equivalente resulta em valores de declividades menores do que os calculados pelos outros métodos, porque baseia-se no conceito de tempo de translação, que atribui um peso maior para os trechos com baixa declividade e grande extensão.

## 5.5 - PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL

As precipitações médias anuais das estações intervenientes neste estudo foram calculadas pelo método de Thiessen, utilizando-se as médias pluviométricas anuais das estações selecionadas para a elaboração dos mapas de isoietas do Projeto de Consistência de Dados Pluviométricos da Bacia do Rio São Francisco, CPRM, 1997. Estas isoietas foram geradas para a área que abrange toda a área mineira desta bacia e se referem às médias dos anos hidrológicos do período de 1964 a 1991, tendo sido envolvidas 157 estações pluviométricas pertencentes a várias instituições. A precipitação média anual das estações estão apresentadas na Tabela 5.1. O Anexo de Mapas apresenta os polígonos de Thiessen delimitados e as estações pluviométricas utilizadas.

## 5.6 – DENSIDADE DE DRENAGEM

A densidade de drenagem é um indicador do relevo superficial e das características geológicas da bacia. Este parâmetro pode ser utilizado em estudos de regionalização de vazões e consiste no número de junções por quilômetro quadrado da bacia, sendo uma junção o encontro de dois rios quaisquer.

A densidade de drenagem varia de acordo com a escala na qual é levantada, portanto deve-se utilizar sempre a mesma escala. Para este trabalho as densidades de drenagem foram levantadas nos mapas do IBGE em escala 1:250.000 que cobrem toda a área do estudo. Os resultados estão apresentados na Tabela 5.1.

## 5.7 – ÍNDICES DE FORMA

A forma de uma bacia hidrográfica também tem um papel importante no seu comportamento hidrológico. Comparando-se bacias com características semelhantes observa-se que aquelas com forma mais circular apresentam um tendência para maiores cheias. A avaliação da forma de uma bacia é efetuada a partir do cálculo de índices que procuram relações com formas geométricas conhecidas. Neste trabalho foram calculados os índices que estão descritos a seguir.

- Coeficiente de forma ou índice de Gravelius,  $k_c$ , é a relação entre o perímetro da bacia hidrográfica e a circunferência de um círculo com a mesma área da bacia. O valor do coeficiente é igual a 1 para uma bacia circular e 1,128 para uma bacia quadrada, e quando for maior que 1,128 indica uma bacia comprida.

$$k_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}, \text{ onde } P \text{ é o perímetro da bacia (km) e } A \text{ é área de drenagem da bacia (km}^2\text{)}$$

- Razão de alongação de Schumm,  $R_e$ , é a relação entre o diâmetro de um círculo que possui a mesma área da bacia hidrográfica e o comprimento máximo da bacia. Este coeficiente varia entre 1 para as bacias planas e 0,6 para as bacias com o relevo pronunciado.

$$R_e = 1,128 \frac{\sqrt{A}}{L_m}, \text{ onde } L_m \text{ é o comprimento da bacia (km) e } A \text{ é área de drenagem da bacia (km}^2\text{)}$$

- A razão de circularidade,  $R_{ci}$ , é relação entre a área de uma bacia hidrográfica e a do círculo cuja a circunferência é igual ao perímetro da bacia. Seu valor é igual a 1 para bacia circular e 0,785 para bacia quadrada.

$$R_{ci} = \frac{4\pi A}{P^2}, \text{ onde } P \text{ é o perímetro da bacia (km) e } A \text{ é área de drenagem da bacia (km}^2\text{)}$$

Estes coeficientes foram calculados para as estações da Tabela 5.1. Também foram elaborados histogramas com a frequência dos valores dos coeficientes e gráficos que apresentam a variação destes coeficientes com a vazão média de longo termo. Os resultados obtidos estão apresentados no Anexo F.

Código	Estação	Q <sub>mlt</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>mlt esp</sub> (l/s.km <sup>2</sup> )	Área (Km <sup>2</sup> )	L (km)	I <sub>equiv</sub> (m/km)	P <sub>médio</sub> (m)	C <sub>esc</sub>	DD (Juncões/Km <sup>2</sup> )
40025000	Vargem Bonita	8,89	29,3	303	37,1	4,55	1,594	0,58	0,079
40032000	Fazenda Samburá	18,87	24,7	763	64,0	3,36	1,651	0,47	0,075
40035000	Fazenda Samburá	15,51	28,3	547	57,1	2,99	1,571	0,57	0,073
40037000	Fazenda da Barra	21,82	28,5	765	72,6	0,60	1,571	0,57	0,081
40040000	Fazenda Ajudas	5,17	20,0	259	30,3	2,73	1,508	0,42	0,112
40046000	Porto Sabino	76,12	17,3	4388	115,9	1,31	1,559	0,35	0,085
40050000	Iguatama	106,1	19,6	5426	196,0	0,36	1,539	0,40	0,083
40053000	Calciolândia	3,92	12,9	304	40,2	1,79	1,365	0,30	0,063
40056002	Fazenda Capoeirão	6,98	20,9	334	59,4	3,22	1,591	0,41	0,096
40056200	Montante do Bom Sucesso	7,26	21,7	334	59,6	3,23	1,590	0,43	0,125
40056500	Ponte Capoeirão	9,83	20,1	490	60,4	3,18	1,640	0,39	0,067
40060001	Tapiraí-Jusante	12	21,5	559	46,9	3,81	1,795	0,38	0,068
40067000	Ponte Olegário Maciel	170,59	19,0	8987	257,2	0,28	1,535	0,39	0,085
40070000	Ponte do Chumbo	179,45	18,1	9939	314,8	0,22	1,522	0,37	0,083
40080000	Taquaral	9,67	14,9	651	56,8	1,00	1,425	0,33	0,072
40100000	Porto das Andorinhas	224,23	16,2	13882	412,4	0,19	1,494	0,34	0,079
40102000	Porto da Barra	240,59	17,0	14180	433,0	0,20	1,491	0,36	0,079
40130000	Ponte do Vilela	27,4	15,9	1726	75,8	1,92	1,533	0,33	0,114
40150000	Carmo do Cajuru	38,81	15,5	2504	121,1	1,12	1,507	0,32	0,107
40160000	Lamounier	3,02	19,0	159	21,7	4,30	1,503	0,40	0,117
40170000	Mariilândia	14,95	14,2	1055	52,1	2,28	1,479	0,30	0,100
40180000	Carmo da Mata	2,91	20,2	144	23,6	5,93	1,433	0,44	0,188
40185000	Parí	28,66	14,8	1931	69,0	1,84	1,460	0,32	0,107
40190002	Divinópolis	31,71	15,9	2000	82,7	1,65	1,457	0,34	0,108
40300001	Jaguaruna Jusante	22	14,1	1558	119,1	1,82	1,432	0,31	0,099
40330000	Velho da Taipa	101,69	13,8	7378	219,4	0,75	1,456	0,30	0,036
40350000	Usina Camarão	4,53	16,8	269	40,6	3,16	1,502	0,35	0,130
40380000	Araújos	18,01	15,1	1196	109,6	0,98	1,445	0,33	0,103
40400000	Estação Álvaro da Silveira	26,99	15,0	1802	148,5	1,03	1,438	0,33	0,100
40450001	Porto Pará (CEMIG)	148,4	13,1	11302	293,1	0,46	1,431	0,29	0,054
40500000	Martinho Campos	8,49	11,0	770	56,2	1,04	1,393	0,25	0,071
40530000	Abaeté	7,34	15,3	481	52,7	2,00	1,438	0,33	0,073
40535000	Barra do Paraopeba	454,86	15,5	29366			1,454	0,34	0,120
40540000	Jurema	6,76	19,1	353	33,1	2,81	1,402	0,43	0,093
40549998	São Brás do Suaçuí Montante	7,78	16,9	461	52,0	2,69	1,400	0,38	0,098
40573000	Joaquim Murinho	4,08	14,0	291	32,7	3,94	1,462	0,30	0,079
40577000	Ponte Jubileu	3,7	15,2	244	18,3	7,20	1,466	0,33	0,119
40579995	Congonhas Linígrafo	9,63	16,6	579	41,6	3,18	1,464	0,36	0,102
40665000	Usina João Ribeiro	4,32	14,7	293	45,7	2,44	1,373	0,34	0,123
40680000	Entre Rios de Minas	9,38	19,3	486	47,3	1,25	1,369	0,44	0,136
40700002	Jeceaba	43,03	17,5	2465	88,9	1,81	1,409	0,39	0,121
40710000	Belo Vale	49,8	18,0	2760	118,9	1,59	1,408	0,40	0,137
40720002	Melo Franco	65,24	17,1	3810	178,9	1,20	1,472	0,37	0,134
40740000	Alberto Flores	61,91	15,7	3939	187,4	1,21	1,422	0,35	0,134
40770000	Conceição do Itaguá	11,72	17,4	675	53,8	2,96	1,485	0,37	0,142
40788000	São Joaquim de Bicas (CEMIG)	86,77	16,0	5414	218,2	1,08	1,448	0,35	0,018
40790000	Betim	2,29	12,2	188	26,4	3,10	1,460	0,26	0,276
40800001	Ponte Nova do Paraopeba	85,74	15,1	5680	236,3	1,00	1,449	0,33	0,141
40818000	Juatuba	4,24	15,5	273	40,0	4,52	1,531	0,32	0,064
40830000	Fazenda Escola Florestal	1,32	15,7	84	18,0	10,27	1,436	0,35	0,131
40850000	Ponte da Taquara	128,36	14,7	8734	346,3	0,66	1,434	0,32	0,143
40865001	Porto do Mesquita (CEMIG)	151,95	14,9	10192	419,8	0,60	1,414	0,33	0,133
40930000	Barra do Funchal	18,94	21,6	876	58,7	1,90	1,582	0,43	0,100
40960000	Fazenda Bom Jardim	34,24	19,6	1744	162,7	1,12	1,572	0,39	0,088
40963000	Porto Indaiaí (CEMIG)	40,93	18,3	2242	222,9	1,12	1,558	0,37	0,086
40975000	Fazenda São Félix	18,33	19,0	964	142,7	1,38	1,511	0,40	0,076
41050000	Major Porto	19,26	16,0	1207	60,0	2,29	1,475	0,34	0,031
41075001	Porto do Passarinho	74,95	18,1	4143	194,6	1,09	1,505	0,38	0,059
41090000	Canoeiros	77,47	14,8	5235	194,6	1,09	1,471	0,32	0,056
41135000	Pirapora-Barreiro	842,44	13,5	62334			1,414	0,30	0,071
41151000	Fazenda Água Limpa Jusante	3,26	18,7	175	26,2	8,59	1,498	0,39	0,115
41160000	Gulpiara	6,14	21,6	284	40,7	5,39	1,498	0,46	0,232
41180000	Itabirito Linígrafo	7,98	24,2	330	47,7	5,25	1,518	0,50	0,252
41190000	Aguiar Moreira	11,21	20,8	539	74,9	3,86	1,523	0,43	0,228

Tabela 5.1 Características Físicas e Climáticas

Código	Estação	Q <sub>mlt</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>mlt esp</sub> (l/s.km <sup>2</sup> )	Área (Km <sup>2</sup> )	L (km)	I <sub>equiv</sub> (m/km)	P <sub>médio</sub> (m)	C <sub>esc</sub>	DD (Junções/Km <sup>2</sup> )
41195000	Rio Acima	40,18	27,3	1472	83,3	2,93	1,525	0,56	0,218
41199998	Honório Bicalho-Montante	29,79	17,5	1698	90,3	2,56	1,535	0,36	0,212
41220000	Siderúrgica	3,33	14,3	232	35,0	7,82	1,446	0,31	0,284
41230000	Sabará	39,01	17,2	2273	116,3	2,12	1,529	0,35	0,217
41242100	General Carneiro	3,48	16,9	206	29,9	138,25	1,571	0,34	0,151
41250000	Vespasiano	8,17	12,1	676	55,7	2,35	1,329	0,29	0,181
41260000	Pinhões	65,31	17,5	3727	156,8	1,42	1,475	0,37	0,204
41295000	José de Melo	4,86	16,7	291	32,6	3,54	1,448	0,36	0,361
41300000	Taquaraçu	9,97	15,9	626	46,4	7,02	1,447	0,35	0,272
41340000	Ponte Raul Soares	77,22	15,8	4874	200,3	1,13	1,458	0,34	0,209
41380000	Ponte Preta	7	12,6	553	55,4	2,55	1,308	0,31	0,128
41410000	Jequitibá	92,72	14,1	6558	288,8	0,76	1,423	0,31	0,178
41440005	Represa Jusante	2,67	11,0	243	26,2	5,27	1,349	0,26	0,070
41539998	Faz. Contagem Montante	4,65	10,1	460	40,3	1,40	1,346	0,24	0,070
41600000	Pirapama	108,76	13,5	8086	360,8	0,61	1,406	0,30	0,158
41650002	Ponte do Licínio Jusante	131,35	12,3	10712	473,8	0,54	1,360	0,28	0,136
41685000	Ponte do Picão	3,32	6,1	547	53,3	1,16	1,117	0,17	0,033
41700001	Usina Paraúna	32,76	18,9	1733	80,4	2,75	1,266	0,47	0,100
41715000	Fazenda Cachoeira	2,24	26,4	85	24,3	8,55	1,520	0,55	0,059
41720000	Fazenda do Cipó	9,56	28,0	341	46,0	4,28	1,454	0,61	0,114
41780002	Presidente Juscelino	78,93	19,8	3996	100,4	2,48	1,345	0,46	0,096
41818000	Santo Hipólito	208,82	12,5	16722	566,3	0,47	1,330	0,30	0,115
41880000	Buenópolis	1,37	9,2	148	26,2	11,38	1,108	0,26	0,088
41890000	Estação de Curimatá	17,11	11,9	1435	75,7	1,02	1,108	0,34	0,131
41940000	Ponte do Bicudo	19,66	9,7	2023	111,5	1,07	1,216	0,25	0,043
41990000	Várzea da Palma	298,18	11,2	26553	707,3	0,44	1,271	0,28	0,098

Tabela 5.1 Características Físicas e Climáticas

## 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Durante a realização deste trabalho constatou-se alguns problemas em relação a base de dados de vazões, medições de descarga e cotas. Inicialmente, verificou-se que o banco de dados consistidos enviados pela ANEEL, na realidade, apresentava dados inconsistentes que haviam sido descartados dos anuários publicados pelo antigo DNAEE e que os dados de cotas disponibilizados não eram os consistidos. Esta situação exigiu uma análise detalhada do banco para selecionar os dados que seriam utilizados nos estudos. Além disso, não foi possível obter informações sobre o histórico das estações referente ao período anterior ao início da operação da rede hidrometeorológica pela CPRM. Também não foram disponibilizados os relatórios de consistência realizados por outras instituições. Assim, o trabalho de análise do banco de dados foi realizado tendo como base os dados publicados nos anuários do antigo DNAEE e as informações e dados dos relatórios de consistência elaborados pela CPRM.

Na análise do banco de dados, constatou-se que as vazões máximas pontuais haviam sido substituídas, em vários períodos e em várias estações, pelas máximas vazões médias diárias. Estas vazões foram corrigidas, sempre que possível, através dos dados publicados nos anuários, nos relatórios de consistência de dados e constantes de antigos arquivos existentes nesta Superintendência. Para algumas estações foram constatados valores de descarga, para o período entre 1938 a 1942, bastante diferentes dos valores constantes no Anuário Fluviométrico nº 6 de 1945 e inconsistentes com as medições de descarga e cotas observadas. Para estas estações foram digitados os valores constantes na publicação mencionada.

Também verificou-se, em um número razoável de estações, que as extrapolações do ramo superior das curvas-chaves são consideráveis.

O presente trabalho permitiu a avaliação da densidade (área por estação) da rede fluviométrica da ANEEL em operação nas sub-bacias analisadas. A análise foi realizada baseando-se nas recomendações da Organização Meteorológica Mundial apresentadas no Anexo G. A Tabela 6.1 apresenta os resultados obtidos relativos à densidade, considerando-se a área total, a área montanhosa e a área plana.

Tabela 6.1 – Densidade da rede fluviométrica em operação

Sub-bacia	Nº de estações F	Área Total (km <sup>2</sup> )	Densidade (2)	Área Montanhosa (km <sup>2</sup> )	Estações	Densidade (2)	Área Plana (km <sup>2</sup> )	Estações	Densidade (2)
40 <sup>(1)</sup>	34	50.691	1.491	11.515	5	2303	39.177	29	1351
41	23	39.671	1.725	12.492	5	2498	27.179	18	1510

(1) As estações localizadas na Bacia Representativa de Juatuba foram consideradas na análise de densidade da sub-bacia 40.

(2) - km<sup>2</sup> por estação

Considerando as recomendações da OMM para regiões planas de zonas temperadas, mediterrâneas e tropicais sob condições normais, até 2.500 km<sup>2</sup> por estação, verifica-se que as sub-bacias 40 e 41 atendem aos critérios estabelecidos. Entretanto, considerando as recomendações para regiões montanhosas sob condições normais, 300 a 1.000 Km<sup>2</sup> por

estação, verifica-se que nenhuma sub-bacia atende aos critérios estabelecidos. Contudo, considerando-se a densidade admitida sob condições adversas, ou seja, até 5.000 km<sup>2</sup> por estação, as sub-bacias apresentam a densidade mínima tolerada.

Analisando o Anexo F, que contém os histogramas de frequência dos índices de forma podemos verificar que as bacias hidrográficas das estações utilizadas no estudo são consideradas compridas de acordo com coeficiente de compacidade e a razão de circularidade. Este resultado indica que nestas bacias as cheias são menores e tendem a ter um tempo de permanência menor quando comparadas com bacias circulares com as mesmas características físicas. Além disso, considerando o raio de alongação de Schumm, observa-se que nenhuma bacia hidrográfica com exutório nas estações utilizadas pode ser definida como plana, e que 84% das bacias apresentam um relevo pronunciado e 16% estão na faixa de relevo pronunciado a plano. Os resultados dos índices de forma analisados em conjunto com as declividades indicam que nas bacias da região em estudo o escoamento tende a ter maiores velocidades e respostas mais rápidas aos eventos de chuva. Obviamente, esta análise indica apenas uma tendência, pois além dos índices de forma e das declividades é necessário avaliar outras variáveis, tais como, tipo de solo, cobertura vegetal, geologia etc. Assim, este comportamento não é verificado em toda a região em estudo, uma vez que esta apresenta geologia e outras características físicas heterogêneas. Entretanto, apesar desta diversidade, parte da região apresenta o comportamento mencionado, justificando a instalação de aparelhos registradores de níveis em áreas de drenagem inferiores a 500 km<sup>2</sup> como está recomendado nos próximos parágrafos.

Analisando a Figura 4.1, apesar das vazões específicas de longo termo terem sido calculadas para períodos diferentes, é possível fazer algumas inferências sobre as disponibilidades hídricas das sub-bacias 40 e 41. Observa-se que, nas nascentes do rio São Francisco na serra da Canastra, são registrados os maiores valores de vazão específica média de longo termo da região em estudo, em torno de 29,0 l/s.km<sup>2</sup> e, a medida que a área de drenagem aumenta, esses valores decrescem até 13,5 l/s.km<sup>2</sup> em Pirapora. As vazões específicas do rio Indaiá variam de 21,6 l/s.km<sup>2</sup> a 18,3 l/s.km<sup>2</sup> para áreas de drenagem de 876 km<sup>2</sup> a 2242 km<sup>2</sup>. No rio Borrachudo a vazão específica média de longo termo é de 19,0 l/s.km<sup>2</sup> na estação Fazenda São Félix, que possui uma área de drenagem de 964 km<sup>2</sup>. O rio Abaeté apresenta uma vazão específica da ordem de 14,8 l/s.km<sup>2</sup> em Canoeiros, com 5.235 km<sup>2</sup> de área de drenagem. Na bacia do rio Pará a vazão específica varia de valores próximos a 19,0 l/s.km<sup>2</sup> nas nascentes até 13,0 l/s.km<sup>2</sup> no exutório. Nas nascentes do rio Paraopeba a vazão específica é da ordem de 18 l/s.km<sup>2</sup> e na estação mais a jusante, Porto Mesquita (CEMIG), é de 14,9 l/s.km<sup>2</sup>. Na bacia do rio das Velhas a vazão específica varia de 22,0 l/s.km<sup>2</sup> nas nascentes até 11,2 l/s.km<sup>2</sup> em Várzea da Palma.

Para se evitar a ocorrência dos problemas descritos anteriormente e permitir um maior conhecimento do comportamento hidrológico da região em estudo são feitas as seguintes sugestões:

- A realização de uma revisão do banco de dados considerado consistido pela ANEEL, para remover tipos de inconsistências como as verificadas nesse estudo;
- Resgatar os estudos de consistência realizados e fornece-los em conjunto com os dados disponibilizados aos usuários;
- Adaptar a sistemática de operação da rede hidrometeorológica com o objetivo de aumentar o número de medições em cotas altas e baixas. Esta operação diferenciada poderia ser realizada a partir da formação de uma ou mais equipes de hidrotécnicos



preparadas para a medição de cheias no período chuvoso. Em condições normais estas equipes operariam os roteiros programados para o período de chuvas, e quando necessário, seriam deslocadas para os locais com possibilidade de ocorrência de cheias. A definição das estações com maior necessidade de medições em cotas altas seria realizada previamente. Durante o período chuvoso, o deslocamento das equipes seria realizado em função do acompanhamento das cotas recebidas por telemetria, das informações enviadas por observadores e também das condições meteorológicas registradas e previstas, de modo a atender as necessidades das estações definidas anteriormente. No caso das cotas baixas, um estudo preliminar levantaria as estações que apresentam problemas no ramo inferior da curva-chave e definiria a cota, a partir da qual, há necessidade da realização de medições de descarga. Os observadores seriam instruídos a entrar em contato com o escritório sempre que o nível do rio estivesse abaixo dessa cota limite. Este procedimento permitiria que fossem tomadas as providências para o deslocamento das equipes que realizariam as medições em cotas baixas.

- A instalação de aparelhos registradores em estações fluviométricas que apresentam área de drenagem inferior a 500 km<sup>2</sup>, o que permitirá a obtenção de informações mais detalhadas que poderão ampliar o conhecimento do comportamento das pequenas bacias hidrográficas. As estações da ANEEL em operação que encontram-se nessas condições estão relacionadas na Tabela 6.2.

<b>Código</b>	<b>Estação</b>	<b>Código</b>	<b>Estação</b>
40025000	Vargem Bonita	40680000	Entre Rios de Minas
40040000	Fazenda Ajudas	40822995	Mateus Leme (Aldeia)
40053000	Calciolândia	41151000	Fazenda Água Limpa
40269900	Itaúna	41440005	Represa Jusante
40530000	Abaeté	41539998	Fazenda da Contagem Montante
40549998	São Brás do Suaçuí Montante		

Tabela 6.2 – Estações fluviométricas nas quais devem ser instalados aparelhos registradores

- A instalação de novas estações fluviométricas registradoras nos rios apresentados na Tabela 6.3

<b>SB</b>	<b>Rio</b>	<b>SB</b>	<b>Rio</b>	<b>SB</b>	<b>Rio</b>
40	Bambuú	41	Cipó	41	Picão (Velhas)
40	Borrachudo	41	Rib. do Guará	41	Bicudo (Velhas)
40	São Miguel	41	Pardo		
40	Picão (Pará)	41	Rib. da Mata		

Tabela 6.3 – Locais para instalação de novas estações fluviométricas registradoras

## 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil) *Inventário das estações pluviométricas*. Brasília: ANEEL, 1996.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil) *Inventário das estações pluviométricas*. Brasília: ANEEL, 1996.
- CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. *Pesquisa e Avaliação dos Recursos Hídricos Subterrâneos em “karst”, por meio de sensores remotos. Relatório Final*. Belo Horizonte, CETEC/PARS, 2v., inclui mapas, inédito. 1981.
- CETEC. *Estudos Integrados de Recursos Naturais - Bacia do Alto São Francisco e Parte Central da Área Mineira da SUDENE*. Belo Horizonte, 274p., inclui mapas. 1984.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. (Brasil) *Projeto Análise de Consistência de Dados Pluviométricos – Bacia do Rio São Francisco. Sub-Bacias 40 a 44: Relatório Técnico Parcial. Sub-Bacia 40*. Belo Horizonte, DNAEE/CPRM, 1995a, 3v.
- \_\_\_\_\_. (Brasil) *Projeto Análise de Consistência de Dados Pluviométricos – Bacia do Rio São Francisco. Sub-Bacias 40 a 44: Relatório Técnico Parcial. Sub-Bacia 41*. Belo Horizonte, DNAEE/CPRM, 1995b, 3v.
- \_\_\_\_\_. (Brasil) Programa de Avaliação de Recursos Hídricos. *Caracterização Pluviométrica da Bacia do Alto São Francisco - Sub-Bacia 40 . Fase I*. Belo Horizonte, Dez., 1996.
- \_\_\_\_\_. (Brasil) Programa de Avaliação de Recursos Hídricos. *Rede Hidrometeorológica e Caracterização Física da Bacia do Alto São Francisco - Sub-Bacia 40. Delimitação de regiões homogêneas e a regionalização de precipitações máximas diárias*. Belo Horizonte, Abr., 2000.
- COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais/Hidrosistemas - Engenharia de Recursos Hídricos Ltda. *Disponibilidades Hídricas Subterrâneas no Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte, Sérgio Menin Teixeira de Souza (ed.), 525p. 1995.
- CRUZ, W.B. *Estudos Hidrogeológicos da mina de Pau Branco, município de Brumadinho, MG. Relatório Final e Relatório Complementar*. Belo Horizonte, Pedogeo Ltda, inédito. 1995.
- CRUZ, W.B. *Estudos Hidrogeológicos e elaboração de projeto de rebaixamento dos níveis de água subterrânea na Mina da Fábrica – Área da Pera, Ferteco Mineração S.A. Ouro Preto – MG. Relatórios Técnicos*. Belo Horizonte, Engesolo Engenharia S. A., inédito. 1996a.
- CRUZ, W. B. *Estudos Hidrogeológicos da mina do Córrego do Feijão, da Ferteco Mineração S. A., Brumadinho. Relatórios Técnicos*. Belo Horizonte, inédito. 1996b.

- DALRYMPLE, T. Flood-frequency analyses, *Manual of Hydrology:Part. 3. Flood-flow Techniques, Geological Survey Water Supply Paper 1543-A*, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 80p., 1960.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA.(Brasil) Comissão Brasileira para o Decênio Hidrológico Internacional. *Glossário de termos hidrológicos*. Brasília: DNAEE, 1976. 291p.
- GREENWOOD, J. A., LANDWEHR, J. M., MATALAS, N. C. e WALLIS, J. R. Probability weighted moments: definition and relation to parameters of several distributions expressible in inverse form. In: *Water Resources Research*, American Geophysical Union. V.15, n.5, p.1049-1054, Out., 1979.
- GUERRA, A. T. *Dicionário geológico e geomorfológico*. Rio de Janeiro: IBGE, 1980. 446p.
- HERAS, R. *Principios basicos en hidrologia*. Madri: Instituto de Hidrologia, 1972. p. 38-43. [Cap. Elementos de climatologia]
- HERSFIELD, D. M., KOHLER, M. A. An empirical appraisal of the Gumbel extreme-value procedure. In: *Journal of Geophysical Research*, v.65, n.6, p.1737-1746, Jun. 1960.
- HOSKING, J. R. The theory of probability weighted moments. In: *IBM Research Report*, New York, IBM Research Division, RC 12210, 160p., Out., 1986.
- HOSKING, J. R. M. Fortran routines for use with the method of L-moments - Version 2. In: *IBM Research Report*, New York, IBM Research Division, RC 17097, 117p., Ago., 1991.
- HOSKING, J. R. M., WALLIS, J. R. Regional flood frequency analisys using L-moments. In: *IBM Research Report*, New York, IBM Research Division, RC 15658, 12p., Mar., 1990.
- HOSKING, J. R. M., WALLIS, J. R. Some statistics useful in regional frequency analisys. In: *Water Resources Research*, American Geophysical Union. V.29, n.1, p.271-281, Fev., 1993.
- HOSKING, J. R. M., WALLIS, J. R. Correction to "Some statistics useful in regional frequency analisys". In: *Water Resources Research*, American Geophysical Union. V.31, n.1, p.251, Jan., 1995.
- HOSKING, J. R. M., WALLIS, J. R. *Regional Frequency Analysis - an approach based on L-moments*. Cambridge University Press, P.224, 1997.
- IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. *Estudo e inventário hidrogeológico como subsídio ao sistema de controle, monitoramento e gestão dos recursos hídricos da Bacia do Rio Verde Grande: relatório final*. Belo Horizonte, IGAM/FUNARBE – Viçosa, 50p., inédito. 2000.

- LANNA, A.E.: *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: UFRGS/ABRH/EDUSP, 1993. p.79-176. [Cap. Elementos de estatística e probabilidades ]
- LINSLEY, R.K.,J, KOHLER, M.A., PAULHUS, J.L.H. *Hydrology for engineers*. New York: McGraw Hill, 1982. 458 p.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA.E REFORMA AGRÁRIA.(Brasil) *Atlas climatológico do Brasil*. [s.n.t.].100 p.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. *Normais climatológicas (1961 - 1990)*. Brasília: [s.n.].1992. 84 p.
- MINISTÉRIO DO INTERIOR. *Reconhecimento dos recursos hidráulicos e de solo da bacia do rio São Francisco*. [s.l:s.n.] 1970. 308p.
- ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL. *Guia de practicas hidrometeorológicas*. Ginebra: OMM, 1967.
- NERC – NATURAL ENVIRONMENT RESEARCH COUNCIL. *Floods studies report*, London, V.1 2 V2, 1975.
- NRC - U.S. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Estimating probabilities of extreme floods*. Washington, D.C.: National Academy Press. 141p. 1988.
- PINHEIRO. M. M. G. *Estudo de chuvas intensas na região metropolitana de Belo Horizonte – RMBH*. Belo Horizonte: EE-UFMG. Dissertação de Mestrado, 216 p., 1997.
- PINTO, E. J. A.; NAGHETTINI, M. C. Definition of homogeneous regions and frequency analysis of annual maximum daily precipitation over the upper São Francisco river basin, in southeastern Brazil. In: *ASCE's 1999 International Water Resources Engineering Conference*, ASCE-American Society of Civil Engineer, Seattle, Aug., 1999.
- PINTO, E. J. A. e NAGHETTINI, M. C. *Caracterização pluviométrica da bacia do alto São Francisco – Sub-bacia 40: Definição de regiões homogêneas e a regionalização de precipitações máximas diárias* . Belo Horizonte, CPRM, 2000.
- PINTO, C. P.; MARTINS-NETO, M. A.. *Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais*. p. 350. SGB/MG, Belo Horizonte, 2001.
- PIRES, C. L. F. *Análise de Frequência - Revisão Metodológica*. In: *A Água em Revista*, n. 3. CPRM, Belo Horizonte, Out. , p. 13-22, 1994.
- RURALMINAS – Fundação Rural Mineira, Colonização e Desenvolvimento Agrário. *Hidrogeologia*. In: *Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia de Afluentes do Rio São Francisco, em Minas Gerais*. Belo Horizonte, MMA/SRH/SEAPA/RURALMINAS/SEMAD/IGAM – Consórcio Ecoplan/Magna/Cab, Tomo 8, v.1. 120p., inédito. 1999a.
- SCHMIDT, J.C.J. *Classificação climática de Wladimir Köppen*. [s.l.]: DNER, 1963.

- SILVA, A.B. da, CARVALHO, E. T.de, FANTINEL, L.M., et. al. Estudos Geológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos e Geoambientais integrados no município de Belo Horizonte. In: *Projeto Estudos Técnicos para o Levantamento da Carta Geológica do Município de Belo Horizonte: relatório final*. Belo Horizonte, Prefeitura Municipal de Belo Horizonte/Univ. Fed. de Minas Gerais, 150p., inclui anexos e mapas. 1995.
- SILVEIRA, André L. L. da. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: *Hidrologia Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: Edusp, 1993.
- TUCCI, C.E. Regionalização de vazões In: *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre, Ed. UFRGS/ABRH/EDUSP, p.573-611, 1993.
- TUCCI, C.E. *Regionalização de vazões*. Porto Alegre, ANEEL/UFRGS/IPH , 2000.
- VANDEMBERG, C.H., OLIVEIRA, E. *Programa de homogeneização de dados – PROHD: chuvas e vazões*. Brasília: DNAEE, 1980. 80 p.
- WALLIS, J. R. Regional frequency studies using L-moments. In: *IBM Research Report*, New York, IBM Research Division, RC 14597, p. 469-476, Mar., 1989.

## **ANEXO A**

### **RELAÇÃO DOS MUNICÍPIOS LOCALIZADOS NAS SUB-BACIAS 40 e 41 E SUAS POPULAÇÕES**

N	Municípios	Pop.	Pop.	Pop.	Área	Área no	Densidade
		Total (hab.)	Urb. (hab.)	Rural (hab.)	Total (Km <sup>2</sup> )	ASF (Km <sup>2</sup> )	(hab./Km <sup>2</sup> )
1	Abaeté	22330	18995	3335	1820,2	1820,2	12
2	Araçaí	2147	1760	387	186	186	12
3	Arapuá	2742	1714	1028	173,2	173,2	16
4	Araújos	6214	5077	1137	245,5	245,5	25
5	Arcos	32678	29334	3344	511,3	510,4	64
6	Augusto de Lima	5155	2458	2697	1254,2	1254,2	4
7	Baldim	8135	4810	3325	557,9	557,9	15
8	Bambuí	21682	17656	4026	1457,4	1457,4	15
9	Belo Horizonte *	2232747	2232747	0	332	332	6725
10	Belo Vale	7430	3135	4295	367,2	367,2	20
11	Betim *	306538	298116	8422	347,4	347,4	882
12	Biquinhas	2818	1644	1174	456,6	456,6	6
13	Bom Despacho	39926	37205	2721	1221,8	1221,8	33
14	Bonfim	6865	2554	4311	301,9	301,9	23
15	Brumadinho *	26607	19367	7240	641,4	641,4	41
16	Buenópolis	10364	7435	2929	1606,8	1296,3	6
17	Buritizeiro	25876	21773	4103	7253,3	2603,3	4
18	Cachoeira da Prata	3778	3547	231	60,5	60,5	62
19	Caetanópolis	8571	7400	1171	156	156	55
20	Caeté *	36278	31651	4627	544,1	543,2	67
21	Camacho	3533	1302	2231	222,9	2,2	16
22	Campos Altos	12815	11615	1200	711,1	106,1	18
23	Capim Branco	7897	7146	751	94,9	94,9	83
24	Capitólio	7736	5657	2079	522,3	38	15
25	Carmo da Mata	10401	7667	2734	357,7	336,7	29
26	Carmo do Cajuru	17151	14117	3034	457	457	38
27	Carmo do Paranaíba	29442	24261	5181	1311	875,2	22
28	Carmópolis de Minas	14304	9049	5255	401,4	399,8	36
29	Casa Grande	2259	1010	1249	157,9	144,8	14
30	Cedro do Abaeté	1285	1138	147	282,6	282,6	5
31	Cláudio	22520	17186	5334	632,2	632,2	36
32	Conceição do Mato Dentro	18599	10590	8009	1730,8	406,5	11
33	Conceição do Pará	4803	1733	3070	251,3	251,3	19
34	Confins *	4883	3130	1753	41,8	41,8	117
35	Congonhas *	41252	39454	1798	305,5	305,5	135
36	Congonhas do Norte	4941	2230	2711	400,8	348,5	12
37	Conselheiro Lafaiete	102667	99345	3322	371	362,7	277
38	Contagem	537806	533119	4687	195	195	2758
39	Cordisburgo	8520	5687	2833	825	825	10
40	Corinto	24506	21414	3092	2529,9	2529,9	10
41	Córrego Danta	3679	2160	1519	658,7	657,1	6
42	Córrego Fundo	5178	3352	1826	105,7	6,1	49
43	Cristiano Ottoni	4888	3611	1277	133,2	117,8	37
44	Crucilândia	4471	2251	2220	167,6	167,6	27
45	Curvelo	67141	58829	8312	3298,9	3298,9	20
46	Datas	5037	2619	2418	310,6	189,6	16
47	Desterro de Entre Rios	6807	3040	3767	378,7	378,7	18
48	Diamantina	44260	37784	6476	3892,4	988,5	11
49	Divinópolis	183764	177785	5979	710	710	259
50	Dores do Indaiá	14383	13299	1084	1119,2	1119,2	13
51	Doresópolis	1346	959	387	153,9	153,9	9
52	Entre Rios de Minas	13108	8388	4720	457,7	457,7	29
53	Esmeraldas *	47072	38179	8893	912,4	912,4	52
54	Estrela do Indaiá	3578	2832	746	638,8	638,8	6
55	Felixlândia	12780	9445	3335	1557,4	1557,4	8
56	Florestal *	5636	3831	1805	195,5	195,5	29
57	Formiga	62837	55537	7300	1505,2	87,2	42
58	Fortuna de Minas	2426	1504	922	200,6	200,6	12
59	Francisco Dumont	4474	2583	1891	1582,1	9,9	3

N	Municípios	Pop.	Pop.	Pop.	Área	Área no	Densidade
		Total (hab.)	Urb. (hab.)	Rural (hab.)	Total (Km <sup>2</sup> )	ASF (Km <sup>2</sup> )	(hab./Km <sup>2</sup> )
60	Funilândia	3277	1592	1685	201,3	201,3	16
61	Gouveia	11675	7731	3944	877,3	876,6	13
62	Ibiá	21054	17361	3693	2709,5	1,9	8
63	Ibirité *	132972	132262	710	73,9	73,9	1799
64	Igarapé *	24748	22891	1857	110,9	110,9	223
65	Igaratinga	7353	5415	1938	219,7	219,7	33
66	Iguatama	8269	6858	1411	629,6	629,6	13
67	Inhaúma	5193	3464	1729	246,5	246,5	21
68	Inimutaba	6086	4082	2004	535,9	535,9	11
69	Itabirito	37900	35243	2657	546,1	545,9	69
70	Itaguara	11297	7803	3494	412	412	27
71	Itapeçerica	21211	16194	5017	1044,8	822,1	20
72	Itatiaiuçu	8508	5018	3490	295,6	295,6	29
73	Itaúna	76783	71695	5088	496,3	496,3	155
74	Itaverava	6386	2417	3969	285,2	17,9	22
75	Jaboticatubas	13523	7114	6409	1120,2	1119,2	12
76	Japaraíba	3475	1932	1543	172,3	172,3	20
77	Jeceaba	6114	2825	3289	236,5	236,5	26
78	Jequitaiá	8746	5974	2772	1271,5	8,8	7
79	Jequitibá	5166	1634	3532	446,6	446,6	12
80	João Pinheiro	41351	32411	8940	10745,2	25,4	4
81	Joaquim Felício	3854	2316	1538	790,2	61	5
82	Juatuba *	16402	15942	460	97,1	97,1	169
83	Lagoa da Prata	38737	37890	847	443,2	443,2	87
84	Lagoa Dourada	11486	6054	5432	477,6	293	24
85	Lagoa Formosa	16300	10850	5450	842,4	236,7	19
86	Lagoa Santa *	37854	35376	2478	230,1	230,1	165
87	Lassance	6541	3261	3280	3216,9	3211,3	2
88	Leandro Ferreira	3222	1936	1286	355,1	355,1	9
89	Luz	16816	14537	2279	1172,8	1172,8	14
90	Maravilhas	6223	4102	2121	263	263	24
91	Mário Campos *	10525	7945	2580	35,2	35,2	299
92	Martinho Campos	11786	9278	2508	1053	1053	11
93	Mateus Leme *	24124	20382	3742	305,3	305,3	79
94	Matozinhos	30154	27657	2497	254,1	254,1	119
95	Matutina	3835	2755	1080	259,8	259,8	15
96	Medeiros	3038	1568	1470	948,2	938,9	3
97	Moeda	4465	1566	2899	154,9	154,9	29
98	Moema	6514	5820	694	203,5	203,5	32
99	Monjolos	2566	1413	1153	653,6	653,6	4
100	Morada Nova de Minas	7591	5701	1890	2088,1	2088,1	4
101	Morro da Garça	2971	1624	1347	414,5	414,5	7
102	Nova Lima *	64295	62951	1344	431,1	431,1	149
103	Nova Serrana	37429	35305	2124	283,5	283,5	132
104	Nova União	5428	1429	3999	172,3	170,9	32
105	Oliveira	37213	32181	5032	900	182,4	41
106	Onça de Pitangui	2985	923	2062	248,4	248,4	12
107	Ouro Branco	30366	26290	4076	259,2	152,3	117
108	Ouro Preto	66256	56284	9972	1249,3	697,9	53
109	Paineiras	4890	3415	1475	640,4	640,4	8
110	Pains	7784	5621	2163	418,9	416,4	19
111	Papagaios	12459	10201	2258	556,1	556,1	22
112	Pará de Minas	72937	67924	5013	551,2	551,2	132
113	Paraopeba	20378	17278	3100	626,3	626,3	33
114	Passa Tempo	8462	6117	2345	430,2	429,2	20
115	Patos de Minas	123708	111159	12549	3197,3	800,1	39
116	Pedra do Indaiá	3812	1819	1993	349,6	349,5	11
117	Pedro Leopoldo *	53902	43426	10476	294,2	294,2	183
118	Pequi	3712	2554	1158	205	205	18



N	Municípios	Pop.	Pop.	Pop.	Área	Área no	Densidade
		Total (hab.)	Urb. (hab.)	Rural (hab.)	Total (Km <sup>2</sup> )	ASF (Km <sup>2</sup> )	(hab./Km <sup>2</sup> )
119	Perdigão	5708	4429	1279	253,2	253,2	23
120	Piedade dos Gerais	4271	1581	2690	261,1	261,1	16
121	Pimenta	7823	6133	1690	417	76,7	19
122	Piracema	6508	2762	3746	281,1	281,1	23
123	Pirapora	50269	49348	921	551	551	91
124	Pitangui	22203	18566	3637	571,2	571,2	39
125	Piumhi	28757	25207	3550	905,6	902,3	32
126	Pompéu	26026	22232	3794	2560,8	2560,8	10
127	Pratinha	2882	1638	1244	622,6	35,1	5
128	Presidente Juscelino	4309	1724	2585	695,5	695,5	6
129	Presidente Kubitschek	2948	1737	1211	189,5	185,8	16
130	Presidente Olegário	17945	11274	6671	3529,4	10,4	5
131	Prudente de Moraes	8186	7819	367	125,1	125,1	65
132	Quartel Geral	3028	2374	654	559	559	5
133	Queluzito	1793	673	1120	154,1	154,1	12
134	Raposos *	14268	13434	834	72,8	72,8	196
135	Resende Costa	10334	7628	2706	619,4	235,2	17
136	Ribeirão das Neves *	246589	245143	1446	154,4	154,4	1597
137	Rio Acima *	7651	6567	1084	228,8	228,3	33
138	Rio Manso *	4644	2862	1782	232,7	232,7	20
139	Rio Paranaíba	11520	6195	5325	1356,2	105,1	8
140	Sabará *	115292	112630	2662	303,4	303,4	380
141	Santa Luzia *	184721	184026	695	235,3	235,3	785
142	Santa Rosa da Serra	3106	1865	1241	287,2	284,5	11
143	Santana de Pirapama	8583	2874	5709	1261,9	1261,9	7
144	Santana do Riacho	3735	1719	2016	679,1	674,5	5
145	Santo Antônio do Monte	23467	19037	4430	1130,3	1130,3	21
146	Santo Hipólito	3475	2114	1361	433,7	433,7	8
147	São Brás do Suaçuí	3278	2714	564	110,7	110,7	30
148	São Francisco de Paula	6533	4152	2381	317,8	21,1	21
149	São Gonçalo do Abaeté	5430	3897	1533	2703,9	2695	2
150	São Gonçalo do Pará	7972	6214	1758	265,8	265,8	30
151	São Gotardo	27618	25508	2110	870,5	862,3	32
152	São João Batista do Glória	6272	4820	1452	550,2	3,3	11
153	São Joaquim de Bicas *	18156	13720	4436	72,6	72,6	250
154	São José da Lapa *	15012	8899	6113	48,9	48,9	307
155	São José da Varginha	3224	1540	1684	205,6	205,6	16
156	São Roque de Minas	6326	3728	2598	2105,2	1495,4	3
157	São Sebastião do Oeste	4633	1610	3023	408,6	408,6	11
158	Sarzedo *	17298	14758	2540	62,5	62,5	277
159	Serra da Saudade	873	533	340	335,5	335,5	3
160	Serro	21004	11784	9220	1217,5	7,8	17
161	Sete Lagoas	184692	180613	4079	541,1	541,1	341
162	Tapira	3324	2213	1111	1185,3	2,8	3
163	Tapiraí	1887	1122	765	411	410,6	5
164	Taquaraçu de Minas	3486	1379	2107	330	330	11
165	Tiros	7562	4826	2736	2101	2101	4
166	Três Marias	23539	22486	1053	2688,2	2688,2	9
167	Vargem Bonita	2206	1176	1030	410,2	408,5	5
168	Varjão de Minas	4704	3490	1214	654,2	619,4	7
169	Várzea da Palma	31632	27624	4008	2225,9	2021,2	14
170	Vespasiano *	76427	75220	1207	71,1	71,1	1075
<b>TOTAL</b>		<b>6774302</b>	<b>6275599</b>	<b>498703</b>	<b>135587,6</b>	<b>90631,7</b>	<b>50</b>

\* Municípios que fazem parte da RMBH

## **ANEXO B**

### **ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS**

	<b>Código</b>	<b>Estação</b>	<b>Entidade</b>	<b>SB</b>	<b>Município</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude (m)</b>	<b>Obs</b>
1	01744009	VÁRZEA DA PALMA	ANEEL	41	Várzea da Palma	17°35'41" S	44°42'57" WG	498	Em Operação
2	01744010	LASSANCE	ANEEL	41	Lassance	17°53'24" S	44°34'36" WG	536	Em Operação
3	01744030	ESTAÇÃO DE CURIMATAI	ANEEL	41	Buenópolis	17°59'43" S	44°10'33" WG	516	Em Operação
4	01843000	USINA PARAÚNA	ANEEL	41	Presidente Juscelino	18°37'35" S	43°58'04" WG	648	Em Operação
5	01843002	GOUVÊA	ANEEL	41	Gouvêa	18°27'56" S	43°44'35" WG	1200	Em Operação
6	01844000	CURVELO	ANEEL	41	Curvelo	18°45'58" S	44°25'34" WG	608	Extinta
7	01844001	SANTO HIPÓLITO	ANEEL	41	Santo Hipólito	18°18'00" S	44°13'22" WG	510	Em Operação
8	01844009	PRESIDENTE JUSCELINO-JUS	ANEEL	41	Presidente Juscelino	18°38'38" S	44°02'53" WG	633	Em Operação
9	01844010	PONTE DO LICÍNIO (JUSANTE)	ANEEL	41	Presidente Juscelino	18°40'22" S	44°11'28" WG	560	Em Operação
10	01844017	CORINTO	ANEEL	41	Corinto	18°22'19" S	44°26'35" WG	640	Em Operação
11	01844018	PONTE DO BICUDO	ANEEL	41	Corinto	18°11'59" S	44°34'38" WG	520	Em Operação
12	01844019	MORRO DA GARÇA	ANEEL	41	Morro da Garça	18°32'35" S	44°36'03" WG	635	Em Operação
13	01845002	FAZENDA SÃO FÉLIX	ANEEL	40	São Gonçalo do Abaeté	18°27'52" S	45°38'48" WG	760	Em Operação
14	01845004	LAGOA DO GOUVEIA	ANEEL	40	Tiros	18°50'29" S	45°51'05" WG	1035	Em Operação
15	01845008	MORAVÂNIA	CEMIG	40	Morada Nova de Minas	18°40' S	45°21' WG	600	Em Operação
16	01845009	TRÊS MARIAS	CEMIG	40	Três Marias	18°10' S	45°18' WG	570	Em Operação
17	01845010	VILA CANASTRÃO	CEMIG	40	Tiros	18°34' S	45°43' WG	835	Em Operação
18	01845011	SÃO GONÇALO DO ABAETÉ	CEMIG	41	São Gonçalo do Abaeté	18°21' S	45°50' WG	800	Em Operação
19	01845012	ANDREQUICÉ	CEMIG	40	Três Marias	18°17' S	45°00' WG	830	Em Operação
20	01845013	S. GONÇALO DO ABAETÉ	ANEEL	41	São Gonçalo do Abaeté	18°20'37" S	45°50'12" WG	836	Em Operação
21	01845014	TIROS	ANEEL	41	Tiros	18°59'59" S	45°57'58" WG	1030	Em Operação
22	01845021	CANOEIROS	ANEEL	41	São Gonçalo do Abaeté	18°02'18" S	45°31'24" WG	760	Em Operação
23	01845026	FAZENDA DAS PEDRAS	CEMIG	41	Três Marias	18°00' S	45°06' WG	600	Em Operação
24	01845027	BARRA DO RIO DE JANEIRO	ANEEL	41	Três Marias	18°00'15" S	45°06'39" WG	510	Em Operação
25	01846003	MAJOR PORTO	ANEEL	41	Patos de Minas	18°42'25" S	46°02'13" WG	672	Em Operação
26	01943000	MIN. MORRO VELHO	ANEEL	41	Nova Lima	19°58'45" S	43°51'00" WG	770	Em Operação
27	01943004	JABOTICATUBAS	ANEEL	41	Jaboticatubas	19°31'11" S	43°44'43" WG	716	Em Operação
28	01943006	SABARÁ	ANEEL	41	Sabarará	19°53'35" S	43°48'54" WG	720	Em Operação
29	01943009	VESPASIANO	ANEEL	41	Vespasiano	19°41'14" S	43°55'15" WG	676	Em Operação
30	01943010	CAETÉ	ANEEL	41	Caeté	19°54'00" S	43°40'03" WG	840	Em Operação
31	01943011	INSTITUTO AGRONÔMICO	ANEEL	41	Belo Horizonte	19°55' S	43°54' WG	850	Extinta
32	01943012	LAGOA SANTA	ANEEL	41	Lagoa Santa	19°38' S	43°54' WG	777	Extinta
33	01943013	CARLOS PRATES	ANEEL	41	Belo Horizonte	19°54'43" S	43°57'28" WG	915	Extinta
34	01943022	CAIXA DE AREIA	ANEEL	41	Belo Horizonte	19°56'42" S	43°54'45" WG	950	Em Operação
35	01943023	TAQUARAÇU	ANEEL	41	Taquaraçu de Minas	19°39'50" S	43°41'17" WG	710	Em Operação
36	01943024	JOSÉ DE MELO	ANEEL	41	Nova União	19°41'23" S	43°35'08" WG	825	Em Operação
37	01943035	VAU DA LAGOA	ANEEL	41	Santana do Riacho	19°13'05" S	43°35'17" WG	1100	Em Operação
38	01943042	FAZENDA CARAÍBAS	ANEEL	41	Baldim	19°07'10" S	43°50'13" WG	800	Em Operação

Estações Pluviométricas

	<b>Código</b>	<b>Estação</b>	<b>Entidade</b>	<b>SB</b>	<b>Município</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude (m)</b>	<b>Obs</b>
39	01943049	PONTE RAUL SOARES	ANEEL	41	Lagoa Santa	19°33'47" S	43°55'00" WG	652	Em Operação
40	01943053	AVENIDA DO CONTORNO	ANEEL	41	Belo Horizonte	19°56'04" S	43°57'07" WG	915	Extinta
41	01944000	PRUDENTE DE MORAIS - A	ANEEL	41	Prudente de Moraes	19°29'01" S	44°10'14" WG	732	Extinta
42	01944003	MATEUS LEME	ANEEL	40	Mateus Leme	19°59'18" S	44°25'48" WG	836	Extinta
43	01944004	PONTE NOVA DO PARAPEBA	ANEEL	40	Juatuba	19°57'20" S	44°18'24" WG	721	Em Operação
44	01944005	BETIM	ANEEL	40	Betim	19°58'17" S	44°12'06" WG	832	Extinta
45	01944007	FAZENDA ESCOLA FLORESTAL	ANEEL	40	Florestal	19°52'47" S	44°25'18" WG	745	Em Operação
46	01944009	PEDRO LEOPOLDO	ANEEL	41	Pedro Leopoldo	19°38'04" S	44°03'12" WG	698	Em Operação
47	01944010	HORTO FLORESTAL (Paraopeba)	ANEEL	40	Paraopeba	19°16'05" S	44°24'06" WG	733	Em Operação
48	01944011	JAGUARUNA (Onça do Pitangui)	ANEEL	40	Onça de Pitangui	19°43'37" S	44°48'24" WG	685	Em Operação
49	01944016	SETE LAGOAS	ANEEL	41	Sete Lagoas	19°28'01" S	44°15'02" WG	780	Extinta
50	01944018	CAETANÓPOLIS	ANEEL	40	Caetanópolis	19°17'33" S	44°24'40" WG	738	Extinta
51	01944019	FÁBRICA TECIDOS S. ANTÔNIO	ANEEL	41	Sete Lagoas	19°28'03" S	44°14'14" WG	751	Extinta
52	01944020	PIRAPAMA	ANEEL	41	Santana do Pirapama	19°00'47" S	44°02'12" WG	635	Em Operação
53	01944021	VELHO DA TAIPA	ANEEL	40	Conceição do Pará	19°41'46" S	44°55'46" WG	585	Em Operação
54	01944023	COMPANHIA INDUSTRIAL B.H..	ANEEL	41	Pedro Leopoldo	19°36'53" S	44°02'31" WG	720	Extinta
55	01944024	FAZENDA VARGEM BONITA	ANEEL	41	Jequitibá	19°14'14" S	44°07'23" WG	636	Em Operação
56	01944027	JUATUBA	ANEEL	40	Mateus Leme	19°57'20" S	44°20'04" WG	728	Em Operação
57	01944031	PONTE DA TAQUARA	ANEEL	40	Paraopeba	19°25'23" S	44°32'54" WG	624	Em Operação
58	01944032	PITANGUI	ANEEL	40	Pitangui	19°41'04" S	44°52'44" WG	696	Em Operação
59	01944040	POMPÉU VELHO	CEMIG	40	Pompéu	19°16' S	44°49' WG	650	Em Operação
60	01944049	PAPAGAIOS	ANEEL	40	Papagaios	19°25'42" S	44°43'11" WG	703	Em Operação
61	01944060	PORTO MESQUITA	CEMIG	40	Pompéu	19°10' S	44°40' WG	670	Em Operação
62	01945000	ARAÚJOS	ANEEL	40	Araújos	19°56'54" S	45°10'01" WG	813	Extinta
63	01945002	BARRA DO FUNCHAL	ANEEL	40	Serra da Saudade	19°23'41" S	45°53'04" WG	720	Em Operação
64	01945004	ESTAÇÃO ÁLVARO DA SILVEIRA	ANEEL	40	Bom Despacho	19°45'06" S	45°07'01" WG	648	Em Operação
65	01945008	BOM DESPACHO	ANEEL	40	Bom Despacho	19°44'33" S	45°15'18" WG	750	Em Operação
66	01945013	MATUTINA	CEMIG	40	Matutina	19°14' S	45°58' WG	1100	Em Operação
67	01945014	ENGENHO RIBEIRO	CEMIG	40	Bom Despacho	19°41' S	45°23' WG	650	Em Operação
68	01945015	FAZENDA NOVO HORIZONTE	CEMIG	40	Córrego Danta	19°43' S	45°56' WG	1050	Em Operação
69	01945016	FAZENDA DA CURVA	CEMIG	40	Luz	19°58' S	45°35' WG	650	Em Operação
70	01945017	PORTO PARÁ	CEMIG	40	Pompéu	19°18' S	45°05' WG	600	Em Operação
71	01945019	DORES DO INDAIÁ	ANEEL	40	Dores do Indaiá	19°28'07" S	45°36'06" WG	692	Em Operação
72	01945035	ABAETÉ	ANEEL	40	Abaeté	19°09'47" S	45°26'33" WG	565	Em Operação
73	01946000	TAPIRAÍ	ANEEL	40	Tapiraí	19°52'46" S	46°01'58" WG	670	Em Operação
74	01946004	IBIÁ	ANEEL	60	Ibiá	19°28'32" S	46°32'33" WG	855	Em Operação
75	01946007	FAZENDA SÃO MATEUS	ANEEL	60	Ibiá	19°31'03" S	46°34'22" WG	870	Em Operação
76	01946009	SÃO GOTARDO	ANEEL	41	São Gotardo	19°18'55" S	46°02'40" WG	1100	Em Operação

Estações Pluviométricas

	<b>Código</b>	<b>Estação</b>	<b>Entidade</b>	<b>SB</b>	<b>Município</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude (m)</b>	<b>Obs</b>
77	01946010	PRATINHA	ANEEL	60	Pratinha	19°45'05" S	46°22'43" WG	1150	Em Operação
78	01946011	TAPIRA	ANEEL	60	Tapira	19°55'37" S	46°49'31" WG	1120	Em Operação
79	02043002	LAGOA GRANDE	ANEEL	41	Nova Lima	20°10'45" S	43°56'34" WG	1350	Em Operação
80	02043004	RIO DO PEIXE	ANEEL	41	Nova Lima	20°08'16" S	43°53'33" WG	1097	Em Operação
81	02043013	CONGONHAS	ANEEL	40	Congonhas	20°31'19" S	43°49'48" WG	871	Em Operação
82	02043016	RIO ACIMA	ANEEL	41	Rio Acima	20°05'15" S	43°47'16" WG	730	Extinta
83	02043018	CARANDAÍ	ANEEL	61	Carandaí	20°57'21" S	43°48'03" WG	1056	Em Operação
84	02043042	REPRESA DAS CODORNAS	ANEEL	41	Nova Lima	20°09'53" S	43°53'31" WG	1200	Em Operação
85	02043043	REPRESA DO MIGUELÃO	ANEEL	41	Nova Lima	20°17'34" S	43°57'01" WG	-	Em Operação
86	02043056	FAZENDA ÁGUA LIMPA	ANEEL	41	Ouro Preto	20°18'19" S	43°36'59" WG	965	Em Operação
87	02043060	ITABIRITO	ANEEL	41	Itabirito	20°18'04" S	43°47'53" WG	877	Em Operação
88	02044002	ITAÚNA	ANEEL	40	Itaúna	20°04'17" S	44°34'13" WG	859	Em Operação
89	02044003	CARMO CAJURU	ANEEL	40	Carmo do Cajuru	20°11'32" S	44°47'37" WG	746	Em Operação
90	02044005	CARMO DA MATA	ANEEL	40	Carmo da Mata	20°33'28" S	44°52'03" WG	846	Extinta
91	02044006	DIVINÓPOLIS	ANEEL	40	Divinópolis	20°08'13" S	44°53'31" WG	672	Em Operação
92	02044007	ENTRE RIOS DE MINAS	ANEEL	40	Entre Rios de Minas	20°39'40" S	44°04'14" WG	885	Em Operação
93	02044008	MELO FRANCO	ANEEL	40	Brumadinho	20°11'52" S	44°07'15" WG	761	Em Operação
94	02044009	FAZENDA CAMPO GRANDE	ANEEL	40	Passa Tempo	20°37'31" S	44°26'00" WG	915	Em Operação
95	02044012	IBIRITÉ	ANEEL	40	Ibirité	20°02'34" S	44°02'36" WG	1073	Em Operação
96	02044016	FAZENDA BENEDITO CHAVES	ANEEL	40	Itatiaiuçu	20°10'09" S	44°30'54" WG	944	Em Operação
97	02044019	FAZENDA VISTA ALEGRE	ANEEL	40	Mateus Leme	20°03'05" S	44°27'06" WG	913	Em Operação
98	02044021	ALTO DA BOA VISTA	ANEEL	40	Mateus Leme	20°06'20" S	44°24'04" WG	905	Extinta
99	02044024	FAZENDA CURRALINHO	ANEEL	40	Igarapé	20°00'27" S	44°19'52" WG	754	Extinta
100	02044026	FAZENDA COQUEIROS	ANEEL	40	Itaúna	20°07'47" S	44°28'28" WG	975	Em Operação
101	02044036	ITAGUARA	CEMIG	40	Itaguara	20°24' S	44°28' WG	840	Em Operação
102	02044040	USINA JOÃO RIBEIRO	ANEEL	40	Entre Rios de Minas	20°38'07" S	44°02'56" WG	850	Em Operação
103	02044046	BONFIM	CEMIG	40	Bonfim	20°20' S	44°15' WG	952	Em Operação
104	02045001	BAMBUÍ	ANEEL	40	BambuÍ	20°01'16" S	45°57'58" WG	654	Em Operação
105	02045002	IGUATAMA	ANEEL	40	Iguatama	20°10'44" S	45°42'01" WG	606	Em Operação
106	02045005	LAMOUNIER	ANEEL	40	Itapecerica	20°28'20" S	45°02'10" WG	738	Em Operação
107	02045010	ARCOS (COPASA)	ANEEL	40	Arcos	20°17'41" S	45°32'34" WG	791	Em Operação
108	02045011	LAGOA DA PRATA	ANEEL	40	Lagoa da Prata	20°02'12" S	45°32'07" WG	658	Em Operação
109	02045012	PIUMHI	ANEEL	40	Piumhi	20°27'31" S	45°56'38" WG	806	Em Operação
110	02045013	STº ANTÔNIO DO MONTE	ANEEL	40	Stº Antônio do Monte	20°05'04" S	45°17'48" WG	950	Em Operação
111	02045015	FAZENDA OLHOS D'ÁGUA	CEMIG	40	Pimenta	20°26' S	45°50' WG	810	Em Operação
112	02046007	FAZENDA AJUDAS	ANEEL	40	BambuÍ	20°06'06" S	46°03'18" WG	705	Em Operação
113	02046009	DELFINÓPOLIS	ANEEL	61	Delfinópolis	20°20'50" S	46°50'46" WG	680	Em Operação

Estações Pluviométricas

## **ANEXO C**

### **AVALIAÇÃO DAS SÉRIES DE VAZÕES**

Avaliação das Séries de Vazão

Código	Estação	Nome do Curso d'água	Período disponível	C <sub>MaxO</sub> Cota Máxima Observada	C <sub>MaxM</sub> Cota Máxima Medida	C= C <sub>MaxO</sub> /C <sub>MaxM</sub>	Mudança de zero	V <sub>MaxO</sub> Vazão Máxima Observada	V <sub>MaxM</sub> Vazão Máxima Medida	H= V <sub>MaxO</sub> /V <sub>MaxM</sub>	C <sub>MinO</sub> Cota Mínima Observada	C <sub>MinM</sub> Cota Mínima Medida
40025000	Vargem Bonita	São Francisco	1939-2000	900	241	3.73	sim	295	38.6	7.64	80	89
40032000	Fazenda Samburá	Samburá	1964-1995	672	372	1.81		246	62.6	3.93	42	70
40035000	Fazenda Samburá	Santo Antônio	1939 - 1946	740	172	4.30		157	17.5	8.97	60	73
40037000	Fazenda da Barra	Santo Antônio	1964-1999	923	448	2.06		529	170	3.11	87	90
40040000	Fazenda Ajudas	Ajudas	1943-1999	730	464	1.57	sim	98.5	30.5	3.23	64	81
40046000	Porto Sabino	São Francisco	1939-1956	1408	565	2.49	?	682	248	2.75	20	48
40050000	Iguatama	São Francisco	1935- 1999	1420	1089	1.30	sim	1682	657	2.56	70	78
40053000	Calciolândia	São Miguel	1966-1999	500	289	1.73		86.7	32.4	2.68	38	50
40056002	Fazenda Capoeirão	BambuÍ	1939-1965	680	168	4.05		52.9	8.84	5.98	22	63
40056200	Mont. Bom Sucesso	BambuÍ	1974-1991	866	460	1.88	?	72.0	48.5	1.48	28	45
40056500	Ponte Capoeirão	BambuÍ	1943-1970	700	459	1.53	?	89.8	45.7	1.96	47 (17)	50
40060000	TapiraÍ	Perdição	1939-	425	326	1.30		94.0	37.5	2.51	70	82
40060001	TapiraÍ - Jusante	Perdição	-1999	488	339	1.44		65.1	34.8	1.87	78	85
40066000	Ponte Santana	Santana	1939-1945	350	124	2.82		56.2	9.45	5.95	82	104
40067000	Ponte Olegário Maciel	São Francisco	1939-1965	1386	581	2.39	sim	1250	384	3.26	0	24
40070000	Ponte do Chumbo	São Francisco	1965-1999	1347	1122	1.20	sim	2069	915	2.26	8	22
40080000	Taquaral	Jorge Grande	1965-1999	878	730	1.20	sim	171	101	1.69	57	72
40100000	Porto das Andorinhas	São Francisco	1958-1999	897	735	1.22		2814	1431	1.97	126	146
40102000	Porto da Barra	São Francisco	1939-1966	608	335	1.81		1767	684	2.58	44	81
40105000	Faz. Campo Grande	Pará	1939-1979									
40130000	Ponte do Vilela	Pará	1938-1979	540	269	2.01	sim	280	91.6	3.06	40 (1)	43 (8)
40150000	Carmo do Cajuru	Pará	1936-1999	264	128	2.06		688	165	4.17	0 (?)	6
40160000	Lamounier	Gama	1938-1965	278	251	1.11	sim	47.3	38.6	1.23	27	41
40170000	Marilândia	Itapecerica	1967-1999	300	185	1.62	sim	340	110	3.10	34	54
40180000	Carmo da Mata	Boa Vista	1938-1980	406	317	1.28	sim	55.5	34.1	1.63	79 (?)	53 (?)
40185000	Pari	Itapecerica	1973-1999	500	391	1.28		560	178	3.14	55	75
40190002	Divinópolis	Itapecerica	1936-1977	470	342	1.37	sim	310	201	1.55	34	42
40300000	Jaguaruna	São João	1938-	460	103	4.47		409	27.7	14.77	0 ?	9
40300001	Jaguaruna - Jusante	São João	-1999	598	353	1.69	sim	377	151	2.50	1	3
40330000	Velho da Taipa	Pará	1938-1999	983	590	1.67	sim	1213	478	2.54	6	14
40350000	Usina Camarão	Lambari	1938-1989	586	362	1.62	sim	135	25.1	5.38	66	94
40380000	Araújos	Lambari	1939-1981	382				154	20.5	7.51	0	
40400000	Est. Álvaro da Silveira	Lambari	1935-1999	600	486	1.23		300	215	1.40	72	85
40450000	Porto Pará	Pará	1940-1964	720	255	2.82		1296	246	5.28	68	84
40500000	Martinho Campos	Picão	1966-1999	638	535	1.19		139	69.4	2.00	86	105
40505000	Abaixo Usina Pari	Picão	1944-1965	500	180	2.78		642	7.45	86.17	112	121
40530000	Abaeté	Marmelada	1965-1999	780	676	1.15		91.8	52.5	1.75	100	114
40535000	Barra do Paraopeba	São Francisco	1943-1959	1080	458	2.36		>3841	1083	3.55	96	16
40540000	Jurema	Paraopeba	1938-1951	499				73.7	7.42	9.93	19	
40549998	S. Brás do SuaçuÍ Montante	Paraopeba	1956-	512	274	1.87		187	35.3	5.30	44	47
40550000	S. Brás do SuaçuÍ	Paraopeba	-1999	430	208	2.07		112	39.1	2.86	40	42
40573000	Joaquim Murinho	Bananeiras	1945-1965	380	88	4.32		153	10.2	15.07	10	14
40577000	Ponte Jubileu	Soledade	1942-1965	230	92	2.50		44.8	10.1	4.44	11	15
40579995	Congonhas - Linigrafo	Maranhão	1938-	1622	311	5.22		157	44.7	3.51	142	145
40579998	Congonhas - Montante	Maranhão	-	500				132			140	
40580000	Congonhas	Maranhão	-1999	470	264	1.78		206	31.4	6.56	86	94
40585000	Cachoeira Sto Antônio	Santo Antônio	1942-1945									
40665000	Usina João Ribeiro	Camapuã	1938-1985	450	326	1.38		52.0	22.9	2.27	6	6
40680000	Entre Rios de Minas	Brumado	1938-1999	600	356	1.69	sim (06/81)	434	50.0	8.68	-14	6
40700002	Jeceaba	Paraopeba	1943-1956	650	172	3.78		420	149	2.82	12	18
40710000	Belo Vale	Paraopeba	1965-1999	530	407	1.30		785	516	1.52	0	2
40720002	Melo Franco	Paraopeba	1935-1965	650	199	3.27		459	98.9	4.64	56	56

Avaliação das Séries de Vazão

Código	Estação	Nome do Curso d'água	D= C <sub>MinM</sub> -C <sub>MinO</sub>	V <sub>MinO</sub> Vazão Mínima Observada	V <sub>MinM</sub> Vazão Mínima Medida	Características da seção (leito móvel, se é encaixada etc)	Tipo de Controle	Cota de extravasamento da seção
40025000	Vargem Bonita	São Francisco	9	0.799	1.80	Leito móvel	canal	8,00 m
40032000	Fazenda Samburá	Samburá	28	4.20	6.56	Mobilidade baixa; seção encaixada	canal	6,40 m
40035000	Fazenda Samburá	Santo Antônio	13	0.481	3.51	Sem informação		
40037000	Fazenda da Barra	Santo Antônio	3	3.63	3.74	Estável , rocha; seção encaixada	corredeira	13,0 m
40040000	Fazenda Ajudas	Ajudas	17	0.770	0,74	Estável, rocha , seção encaixada	canal	5,5 m
40046000	Porto Sabino	São Francisco	28	14.4	19.57	Areia, cascalho ; margens c/ inclinação média	?	11,0 m
40050000	Iguatama	São Francisco	8	16.5	19.6	Estável ; seção encaixada	ponte	9,5 m
40053000	Calciolândia	São Miguel	12	0.052	0.310	Rochoso, estável; seção regular, inclinação média	estreitamento natural	6,8 m
40056002	Fazenda Capoeirão	Bambuú	41	0.458	1.76	? - Grande dispersão na curva de medições	?	6,04 m
40056200	Mont. Bom Sucesso	Bambuú	17	1.08	1.64	Instável - seção irregular; grande dispersão na curva de medições	ponte	6,0 m (alargamento na cota 3.80m)
40056500	Ponte Capoeirão	Bambuú	3	1,92 (0,50)	2.14	? Grande dispersão na curva de medições	?	5,44 m
40060000	Tapiraí	Perdição	12	2.68	3.75	Areia; margem de terra , c/ inclinação média	?	3,40 m
40060001	Tapiraí - Jusante	Perdição	7	3.88	4.30	Areia, com grande mobilidade; Grande dispersão na curva-chave	canal	3,50 m
40066000	Ponte Santana	Santana	22	1.70	1.49	Medições muito dispersas		
40067000	Ponte Olegário Maciel	São Francisco	24	24.8	33.2	Sem informação		
40070000	Ponte do Chumbo	São Francisco	14	27.2	30.8	Estável, pedra; margem com forte inclinação	canal	9,00 m
40080000	Taquaral	Jorge Grande	15	0.519	0.810	Estável , argila; seção encaixada	canal	6,5 m
40100000	Porto das Andorinhas	São Francisco	20	30.6	44.9	Sem informação	corredeira	7,2 m
40102000	Porto da Barra	São Francisco	37	24.5	60.5	Sem informação		?
40105000	Faz. Campo Grande	Pará						
40130000	Ponte do Vilela	Pará	3	4.29	5.10	Sem informação		3,67 m
40150000	Carmo do Cajuru	Pará	6	6.90	12.7	Até 87 gde instabilidade; após, média instabilidade	estreitamento - ponte	2,20 m
40160000	Lamounier	Gama	14	0,442 (0,28)	0.510	Sem informação	?	?
40170000	Marilândia	Itapecerica	20	1.13	2.13	Sem informação	corredeira	2,8 m
40180000	Carmo da Mata	Boa Vista		0.524	0.760	Areia	canal	3,20 m
40185000	Pari	Itapecerica	20	4.20	5.95	Estável ( pequena mobilidade )	corredeira	6.4 (alargamento da seção na cota 4,00m)
40190002	Divinópolis	Itapecerica	8	4.30	5.52	Areia , margem com pequena inclinação		> 4,00 m
40300000	Jaguaruna	São João	9	1.95	3.38	?	?	?
40300001	Jaguaruna - Jusante	São João	2	1.80	3,83	Leito estável	estreitamento-ponte	4,30 m
40330000	Velho da Taipa	Pará	8	17.5	17.9	Estável, em pedra e areia; seção encaixada	?	8,75 m
40350000	Usina Camarão	Lambari	28	0.760	0.840	Grande mobilidade	?	5,00 m
40380000	Araújos	Lambari		2.35	2.78			2,62 m
40400000	Est. Álvaro da Silveira	Lambari	13	1.86	4.24	Leito móvel ; pouca dispersão nas medições de descarga	estreitamento - ponte jus	7,00 m
40450000	Porto Pará	Pará	16	29.9	29.2	Curva razoavelmente estável	?	?
40500000	Martinho Campos	Picão	19	0.981	1.07	Arenoso; instável para cotas baixas	?	5,70 m
40505000	Abaixo Usina Pari	Picão	9	0.419	0.520	?	?	?
40530000	Abaeté	Marmelada	14	0.091	0.100	Muito instável; seção com inclinação média	?	6,00 m
40535000	Barra do Paraopeba	São Francisco	-80	57.4	70.46			
40540000	Jurema	Paraopeba		1.78	2.19			4,25m
40549998	S. Brás do Suaçuí Montante	Paraopeba	3	1.49	1.82	Razoavelmente instável	canal	4,00 m
40550000	S. Brás do Suaçuí	Paraopeba	2	1.59	2.34	?	?	?
40573000	Joaquim Murtinho	Bananeiras	4	1.01	1.06	Grande instabilidade na curva-chave	?	?
40577000	Ponte Jubileu	Soledade	4	0.817	1.12	Grande instabilidade na curva-chave; seção encaixada	?	?
40579995	Congonhas - Linígrafo	Maranhão	3	1.21	2.14	Leito arenoso, instável; margens com grande inclinação		
40579998	Congonhas - Montante	Maranhão		2.00		Sem informação		
40580000	Congonhas	Maranhão	8	1.47	2.47	Cascalho e areia; margens com pequena inclinação		
40585000	Cachoeira Sto Antônio	Santo Antônio						
40665000	Usina João Ribeiro	Camapuã	0	0.520	1.02	Enorme instabilidade	canal	4,40 m
40680000	Entre Rios de Minas	Brumado	20	1.00	1.92	Areia, instável; margens com inclinação suave		
40700002	Jeceaba	Paraopeba	6	7.28	11.1	Seção fortemente encaixada	?	?>4,00m (avaliação seção transversal)
40710000	Belo Vale	Paraopeba	2	8.20	12.7	Instável	ponte	>5,50m
40720002	Melo Franco	Paraopeba	0	14.6	20.96	Leito areia; seção encaixada	canal (?)	6,00 m



Avaliação das Séries de Vazão

Código	Estação	Nome do Curso d'agua	Observações	Período Excluído	Motivo
40025000	Vargem Bonita	São Francisco		1939 -1952	Dados inconsistentes
40032000	Fazenda Samburá	Samburá	Período 91 - 99 com muitas falhas		
40035000	Fazenda Samburá	Santo Antônio			
40037000	Fazenda da Barra	Santo Antônio			
40040000	Fazenda Ajudas	Ajudas	Muitas falhas no período		
40046000	Porto Sabino	São Francisco	Grande instabilidade na relação cota -descarga		
40050000	Iguatama	São Francisco	Modificado o ramo superior da curva de descarga		
40053000	Calciolândia	São Miguel			
40056002	Fazenda Capoeirão	Bambuí	Muitas falhas no período		
40056200	Mont. Bom Sucesso	Bambuí			
40056500	Ponte Capoeirão	Bambuí	Muitas falhas no período; mínima entre parêntese em ano descartado de publicação		
40060000	Tapiraí	Perdição			
40060001	Tapiraí - Jusante	Perdição	Captação a montante		
40066000	Ponte Santana	Santana	Vazões duvidosas	eliminada	Dados inconsistentes
40067000	Ponte Olegário Maciel	São Francisco	Muitas falhas no período; dados não publicados e duvidosos	1954 a 1957	Dados inconsistentes
40070000	Ponte do Chumbo	São Francisco	Ano da mínima incompleto; H <sub>max</sub> corresponde à marca de cheia	1965	Dados inconsistentes
40080000	Taquaral	Jorge Grande	Q <sub>máxima</sub> estimada; h <sub>máxima</sub> = marca de cheia		
40100000	Porto das Andorinhas	São Francisco	H <sub>max</sub> avaliada, amplitude da leitura da régua até 8,00m		
40102000	Porto da Barra	São Francisco	Período 61 - 65 sem medições de descarga; >Q <sub>observ</sub> em 1945, >H <sub>observ</sub> em 1946 (?)	1954 - 1955	Dados inconsistentes
40105000	Faz. Campo Grande	Pará	Grande dispersão, medições e vazões duvidosas	eliminada	Dados inconsistentes
40130000	Ponte do Vilela	Pará	Muitas falhas no período, cotas entre parênteses correspondem a mínimas de outra curva		
40150000	Carmo do Cajuru	Pará	Provavelmente ocorreram cotas negativas não anotadas		
40160000	Lamounier	Gama	Vazão mínima = 0,28 em ano não publicado		
40170000	Marilândia	Itapecerica			
40180000	Carmo da Mata	Boa Vista	Cotas possivelmente alteradas com acréscimo de valor fixo que não foi determinado	50 a 57;59;67 a 72;76 a 80	Dados inconsistentes
40185000	Pari	Itapecerica			
40190002	Divinópolis	Itapecerica	Muitas falhas no período	1954 a 1965	Dados inconsistentes
40300000	Jaguaruna	São João	Provavelmente existem cotas negativas não anotadas; estação concatenada com 40300000	1954 a 1965	Dados inconsistentes
40300001	Jaguaruna - Jusante	São João	Medição de descarga em 21/09/78: Q = 1.28m <sup>3</sup> /s; não havia leitura de régua neste mês		
40330000	Velho da Taipa	Pará	Jusante da Usina Camarão; > extrapolação de mínima na curva até 1954	1951 a 1954	Dados inconsistentes
40350000	Usina Camarão	Lambari		1943 a 1970	Dados inconsistentes
40380000	Araújos	Lambari	Arquivo de medições com problemas	39 a 42; 45; 46; 50; 56;62 a 72	Dados inconsistentes
40400000	Est. Álvaro da Silveira	Lambari			
40450000	Porto Pará	Pará	Muitas falhas no período	eliminada	Dados inconsistentes
40500000	Martinho Campos	Picão	Jusante Usina Pari	1971	Dados inconsistentes
40505000	Abaixo Usina Pari	Picão	Ordem de grandeza de Q, principalmente máx. incompatível c/ Martinho Campos	eliminada	Dados inconsistentes
40530000	Abaeté	Marmelada	Consta medição em 11/97, com descarga nula, desconsiderada	1965 a 1972	Dados inconsistentes
40535000	Barra do Paraopeba	São Francisco	Cotas possivelmente alteradas com acréscimo de valor fixo que não foi determinado	1955 a 1959	Dados inconsistentes
40540000	Jurema	Paraopeba	Sem arquivo de medições.		
40549998	S. Brás do Suaçuí Montante	Paraopeba	Modificada a curva-chave; concatenada com 40550000		
40550000	S. Brás do Suaçuí	Paraopeba	Funcionou de 1956 a 1972 e 1979 a 1982 como 40550002; Modificada curva-chave		
40573000	Joaquim Murtinho	Bananeiras	Não utilizar para o estudo de máximas	1948	Dados inconsistentes
40577000	Ponte Jubileu	Soledade		eliminada	Reprovada no teste de de estacionaridade
40579995	Congonhas - Linígrafo	Maranhão	Período de funcionamento: 1987 a 1992; barragem a montante	1954 a 1955	Dados inconsistentes
40579998	Congonhas - Montante	Maranhão	Período de funcionamento: 1978 a 1986; sem arquivo de medições	1954 a 1955	Dados inconsistentes
40580000	Congonhas	Maranhão	Período de funcionamento : 1938 a 1978; Concatenadas: 40579995, 40579998, 40580000	1954 a 1955	Dados inconsistentes
40585000	Cachoeira Sto Antônio	Santo Antônio	Sem arquivo de medição de descarga	eliminada	Dados inconsistentes
40665000	Usina João Ribeiro	Camapuã		1958; 1960; 1961; 1963	Dados inconsistentes
40680000	Entre Rios de Minas	Brumado	Grande extrapolação	1957	Dados inconsistentes
40700002	Jeceaba	Paraopeba			
40710000	Belo Vale	Paraopeba			
40720002	Melo Franco	Paraopeba		1993 a 1999	Dados inconsistentes

Avaliação das Séries de Vazão

Código	Estação	Nome do Curso d'água	Período disponível	C <sub>MaxO</sub> Cota Máxima Observada	C <sub>MaxM</sub> Cota Máxima Medida	C= C <sub>MaxO</sub> /C <sub>MaxM</sub>	Mudança de zero	V <sub>MaxO</sub> Vazão Máxima Observada	V <sub>MaxM</sub> Vazão Máxima Medida	H= V <sub>MaxO</sub> /V <sub>MaxM</sub>	C <sub>MinO</sub> Cota Mínima Observada	C <sub>MinM</sub> Cota Mínima Medida
40740000	Alberto Flores	Paraopeba	1963-1999	1175	354	3.32		1133	156	7.26	138	148
40770000	Conceição do Itaguaú	Manso	1965-1989	480	224	2.14		145	28.3	5.12	85	99
40790000	Betim	Betim	1938-1965	490	125	3.92		79.5	18.1	4.39	5	7
40800000	Ponte Nova do Paraopeba	Paraopeba	1938-	810	369	2.20	sim	822	271	3.03	91	101
40800001	Ponte Nova do Paraopeba	Paraopeba	-1999	832	566	1.47		832	523	1.59	85	102
40818000	Juatuba	Serra Azul	1942-1965	300	120	2.50	sim	52.0	9.10	5.71	4	6
40830000	Fazenda Escola Florestal	Florestal	1942-1965	230	74	3.11		17.4	4.89	3.56	91	97
40850000	Ponte Taquara	Paraopeba	1967-1999	788	619	1.27		2549	850	3.00	103	103
40865002	Porto Mesquita	Paraopeba	1939-1946									
40930000	Barra do Funchal	Indaiá	1939-1999	900	511	1.76	sim	436	175	2.49	135	138
40960000	Fazenda Bom Jardim	Indaiá	1972-1993	815	316	2.58		835	239	3.49	45	50
40975000	Faz. São Felix	Borrachudo	1968-1999	730	312	2.34		819	184	4.45	23	27
41050000	Major Porto	Areado	1968-1999	1064	646	1.65		503	256.7	1.96	32	38
41075001	Porto Passarinho	Abaeté	1976-1999	880	306	2.88		1988	357	5.57	40	48
41090000	Canoeiros	Abaeté	1966-1975	550	208	2.64		1522	171	8.90	99	100
41350000	Pirapora-Barreiro	São Francisco	1943-	449	334	1.34		5098	3274	1.56	120	124
41135003	Buritizeiro	São Francisco	-1999	873				3984	1063	3.75	0	
41150000	Fazenda Água Limpa	Velhas	1956-	404	118	3.42		66.2	7.28	9.09	40	48
41150001	Fazenda Água Limpa Jusante	Velhas	-1994	403	87	4.63		54.4	4.63	11.75	40	43
41160000	Gulpiara	Velhas	1930-1965	410	234	1.75		71.2	34.25	2.08	107	126
41170000	Gravetos	Velhas	1942-1954	422	159	2.65		124	8.42	14.73	115	118
41180000	Itabirito-Linagrafo	Sardinha	1956-1999	550	258	2.13		187	43.9	4.26	72	75
41190000	Aguiar Moreira	Itabirito	1926-1947	375				146			0	
41195000	Rio Acima	Velhas	1926-1945									
41199998	Honório Bicalho Montante	Velhas	1971-1999	537	330	1.63		575	141.9	4.05	153	162
41200000	Honório Bicalho	Velhas	1963-1971									
41220000	Siderúrgica	Sabará	1941-1965	240				145			11	
41230000	Sabará	Velhas	1937-1965	600				1350			64	
41242100	General Carneiro	Arrudas	1939-1955	450				40.1			10	
41250000	Vespasiano	da Mata	1938-1999	584	472	1.24	sim	236	124.9	1.89	0	1
41260000	Pinhões	Velhas	1975-1999	751	446	1.68	sim	895	266.7	3.36	37	43
41295000	José de Melo	Vermelho	1940-1965	550				85.9	6.46	13.30	22	
41300000	Taquaraçu	Taquaraçu	1941-1999	498	251	1.98		403	124.13	3.25	14	19
41340000	Ponte Raul Soares	Velhas	1938-	1089	727	1.50		1515	780	1.94	41	56
41340005	Ponte Raul Soares Jusante	Velhas	-1999	700	559	1.25		943	515	1.83	66	73
41380000	Ponte Preta	Jaboticatubas	1943-1999	791	381	2.08	sim	261	93.7	2.79	32	33
41410000	Jequitibá	Velhas	1966-1999	904	535	1.69		1208	481	2.51	37	37
41440000	Represa	Jequitibá	1967-1980	548	68	8.06		47.7	3.24	14.72	0	18
41440005	Represa Jusante	Jequitibá	1979-1999	338	174	1.94	sim	37.5	17.16	2.19	9	11
41500000	Fazenda Santa Lúcia	do Paiol	1967-1987	500	71	7.04		90.7	2.77	32.74	14	16
41539998	Fazenda Contagem Montante	Jequitibá	1965-	530	412	1.29		40	26.3	1.52	41	47
41540000	Fazenda Contagem	Jequitibá	-1999	540	324	1.67		42.9	15.99	2.68	10	22
41600000	Pirapama	Velhas	1956-1999	794	485	1.64		1250	500	2.50	15	15
41650000	Ponte do Licínio	Velhas	1942-	842	384	2.19		1803	369.4	4.88	31	31
41650002	Ponte do Licínio Jusante	Velhas	-1999	988	620	1.59		1772	701	2.53	136	140
41685000	Ponte do Picão	Picão	1965-1999	515	432	1.19		142	36.5	3.89	42	44
41700001	Usina Paraúna	Paraúna	1941-1990	666	624	1.07	sim	627	515	1.22	2	2
41708000	Cachoeira da Capivara	Capivara	1941-1965									
41715000	Fazenda Cachoeira	Riachinho	1942-1965	410				148			0	
41720000	Fazenda Cipó	Cipó	1938-1965	998				164	25.6	6.41	46	
41780000	Presidente Juscelino	Paraúna	1964-	581	268	2.17		1612	261	6.18	41	43
41780002	Presidente Juscelino Jusante	Paraúna	-1999	566	236	2.40		1780	437	4.07	38	49
41818000	Santo Hipólito	Velhas	1943-1999	850	706	1.20		2111 (2253*)	1418	1.49	44	46
41880000	Buenópolis	Pedras	1944-1965	225				56.7	7.32	7.75	1	4
41890000	Estação Curimataí	Curimataí	1965-1999	840	419	2.00		417	151	2.76	60	71
41940000	Ponte do Bicudo	Bicudo	1973-1999	900	639	1.41		313	180	1.74	70	74
41990000	Várzea da Palma	Velhas	1938-1999	1023	851	1.20		3637	2546	1.43	45	55

Avaliação das Séries de Vazão

Código	Estação	Nome do Curso d'água	D= C <sub>MinM</sub> -C <sub>MinO</sub>	V <sub>MinO</sub> Vazão Mínima Observada	V <sub>MinM</sub> Vazão Mínima Medida	Características da seção (leito móvel, se é encaixada etc)	Tipo de Controle	Cota de extravasamento da seção
40740000	Alberto Flores	Paraopeba	10	10,6	13,74	Pequena instabilidade; seção encaixada.	corredeira	6,40 m
40770000	Conceição do Itaguaú	Manso	14	0,102	3,26	Leito arenoso, instável; margens com inclinação média	canal	> 4,00 m
40790000	Betim	Betim	2	0,025	0,08	Leito arenoso; margens com inclinação suave	canal (?)	3,00 m
40800000	Ponte Nova do Paraopeba	Paraopeba	10	12,8	21,9	Arenoso, estável; seção encaixada	canal (?)	cerca de 8,00m (seção transversal)
40800001	Ponte Nova do Paraopeba	Paraopeba	17	11,8	24,5	Um pouco instável; margens com inclinação média	corredeira	
40818000	Juatuba	Serra Azul	2	0,808	0,93	Arenoso, instável; margens com forte inclinação	canal (?)	3,40 m
40830000	Fazenda Escola Florestal	Florestal	6	0,249	0,3	Arenoso	canal (?)	?
40850000	Ponte Taquara	Paraopeba	0	16,0	15,7	Instável	estreitamento por ponte	6,90 m
40865002	Porto Mesquita	Paraopeba						
40930000	Barra do Funchal	Indaiá	3	0,728	1,81	Estável; margens com inclinação média	corredeira	
40960000	Fazenda Bom Jardim	Indaiá	5	3,64	4,34	Estável; margens com inclinação média	canal (?)	6,62 m
40975000	Faz. São Felix	Borrachudo	4	0,257 (1999)	1,23	Leito arenoso, um pouco instável - ME barranco, MD rochoso	Grande inclinação	7,00 m
41050000	Major Porto	Areado	6	1,32	2,76	Arenoso, instável; margens com inclinação forte	Corredeira	7,60 m
41075001	Porto Passarinho	Abaeté	8	5,24	8,39	Areia e pedra; margens com inclinação média.	Canal	7,00 m
41090000	Canoeiros	Abaeté	1	3,50	5,29	Instável; seção encaixada na margem esquerda	Corredeira	?
41350000	Pirapora-Barreiro	São Francisco	4	136	153	Leito rochoso; margens com inclinação suave	corredeira	3,48 m
41135003	Buritzeiro	São Francisco		119	148	Leito rochoso; margens com inclinação suave	Canal?	5,50 m
41150000	Fazenda Água Limpa	Velhas	8	0,978	1,28	Leito areia; margens com inclinação média	Canal?	6,35 m
41150001	Fazenda Água Limpa Jusante	Velhas	3	0,900	1,06	Leito areia; margens com inclinação média	Ponte	6,35 m
41160000	Gulpiara	Velhas	19	0,410	2,33	?	?	?
41170000	Gravetos	Velhas	3	2,11	2,01	Muito instável		
41180000	Itabirito-Linígrafo	Sardinha	3	2,42	3,42	Areia cascalho; margens com inclinação suave	corredeira	5,4 m
41190000	Aguiar Moreira	Itabirito		4,33			?	?
41195000	Rio Acima	Velhas						
41199998	Honório Bicalho Montante	Velhas	9	8,28	8,38	Cascalho e areia com pequena mobilidade; margens c/ inclinação suave	Canal	5,70 m
41200000	Honório Bicalho	Velhas						
41220000	Siderúrgica	Sabará		0,460				
41230000	Sabará	Velhas		10,0				
41242100	General Carneiro	Arrudas		0,469				
41250000	Vespasiano	da Mata	1	0,722	0,83	Grande mobilidade; margens com inclinação suave	Ponte	6,5 m
41260000	Pinhões	Velhas	6	9,30	16,05	Grande mobilidade; margens com forte inclinação	Canal	5,7 m
41295000	José de Melo	Vermelho		0,618	0,873			3,1 m
41300000	Taquaraçu	Taquaraçu	5	0,890	1,21	Rocha, pouca mobilidade; margens com inclinação suave	Canal	3,45 m
41340000	Ponte Raul Soares	Velhas	15	14,8	17,3	Pequena mobilidade; margens com forte inclinação	Canal	9,00 m
41340005	Ponte Raul Soares Jusante	Velhas	7	22,0	22,6	Pequena mobilidade; margens com forte inclinação	Canal	9,00 m
41380000	Ponte Preta	Jaboticatubas	1	0,261	0,890	Grande mobilidade; md. inclinação média e me inclinação alta	Canal	3,90 m
41410000	Jequitibá	Velhas	0	18,5	17,6	Pequena mobilidade; MD. Inclinação alta e ME inclinação suave	Canal	6,81 m
41440000	Represa	Jequitibá	18	0,023	0,310	Muita mobilidade	Canal	8,30 m
41440005	Represa Jusante	Jequitibá	2	0,650	0,830	Média mobilidade	Canal	2,51 m
41500000	Fazenda Santa Lúcia	do Paiol	2	0,019	0,070	Grande mobilidade; margens com inclinação média	Canal	3,54 m
41539998	Fazenda Contagem Montante	Jequitibá	6	0,938	1,38	Pequena mobilidade; margens com inclinação suave	Canal	4,20 m
41540000	Fazenda Contagem	Jequitibá	12	0,578	0,660	Cascalho e areia com pequena mobilidade	?	4,10 m
41600000	Pirapama	Velhas	0	23,7	20,2	Pouca mobilidade; margens com inclinação suave	Canal	6,20 m
41650000	Ponte do Licínio	Velhas	0	26,6	21,3	Pouca mobilidade; margens com forte inclinação	Canal	8,00 m
41650002	Ponte do Licínio Jusante	Velhas	4	29,1	35,1	Estável; margens com forte inclinação	Canal	8,00 m
41685000	Ponte do Picão	Picão	2	0,058	0,080	Pequena mobilidade; margens com forte inclinação	Canal	3,65 m
41700001	Usina Paraúna	Paraúna	0	1,14	2,28	Grande mobilidade	Canal	3,70 m
41708000	Cachoeira da Capivara	Capivara						
41715000	Fazenda Cachoeira	Riachinho		0,100			?	?
41720000	Fazenda Cipó	Cipó		0,600	0,632	Leito cascalho	?	6,28 m
41780000	Presidente Juscelino	Paraúna	2	5,91	9,58	Grande mobilidade, margens com forte inclinação	?	6,22 m
41780002	Presidente Juscelino Jusante	Paraúna	11	5,51	7,83	Grande mobilidade, margens com forte inclinação	Corredeira	6,22 m
41818000	Santo Hipólito	Velhas	2	28,5	28,0	Pequena mobilidade; margens com forte inclinação	Ponte jusante	7,62 m
41880000	Buenópolis	Pedras	3	0,052	0,060	Lajedo, cascalho; margens com forte inclinação	Canal?	?
41890000	Estação Curimatai	Curimatai	11	0,220	0,990	Pequena mobilidade; margens com forte inclinação	Canal	5,58 m
41940000	Ponte do Bicudo	Bicudo	4	0,178	0,500	Média mobilidade; margens com forte inclinação	Canal+corred.	5,25 m
41990000	Várzea da Palma	Velhas	10	38,2	37,0	Pedra, areia, pouca mobilidade; margens rochosas, com forte inclinação		8,8 m

Avaliação das Séries de Vazão

Código	Estação	Nome do Curso d'água	Observações	Período Excluído	Motivo
40740000	Alberto Flores	Paraopeba	Máxima observada em ano incompleto	eliminada	Dados inconsistentes
40770000	Conceição do Itaguaá	Manso	Mínima da série duvidosa		
40790000	Betim	Betim			
40800000	Ponte Nova do Paraopeba	Paraopeba			
40800001	Ponte Nova do Paraopeba	Paraopeba	Concatenadas 40800000 e 40800001		
40818000	Juatuba	Serra Azul			
40830000	Fazenda Escola Florestal	Florestal	Máx. e mínima ocorrem com zeros diferentes, daí aparente inconsistência	1942 a 1944; 1948; 1964	Dados inconsistentes
40850000	Ponte Taquara	Paraopeba		1993	Dados inconsistentes
40865002	Porto Mesquita	Paraopeba	apenas duas medições de descarga, uma em 1939 e outra em 1965	eliminada	Dados inconsistentes
40930000	Barra do Funchal	Indaiá	Mínima e máxima ocorrem em curva após 1960	1954 a 1964	Dados inconsistentes
40960000	Fazenda Bom Jardim	Indaiá			
40975000	Faz. São Felix	Borrachudo			
41050000	Major Porto	Areado			
41075001	Porto Passarinho	Abaeté			
41090000	Canoeiros	Abaeté	Grande extrapolação no ramo superior da curva-chave		
41350000	Pirapora-Barreiro	São Francisco	$Q_{max} = Q$ média diária máxima; concatenada c/ 41350003 para estudo de médias	1949	Dados inconsistentes
41135003	Buritzeiro	São Francisco	Alargamento seção 3,5 m; sem arquivo rms		
41150000	Fazenda Água Limpa	Velhas			
41150001	Fazenda Água Limpa Jusante	Velhas	Concatenada com 41150000		
41160000	Gulpiara	Velhas	Falha nas observações de 1948 a 1955.	1942 a 1947; 1956 a 1965	Dados inconsistentes
41170000	Gravetos	Velhas		eliminada	Dados inconsistentes
41180000	Itabirito-Linígrafo	Sardinha		1956 a 1966	Dados inconsistentes
41190000	Aguiar Moreira	Itabirito	Sem arquivo de medições.		
41195000	Rio Acima	Velhas	Sem arquivo de medições.	eliminada	Dados inconsistentes
41199998	Honório Bicalho Montante	Velhas			
41200000	Honório Bicalho	Velhas		eliminada	Dados inconsistentes
41220000	Siderúrgica	Sabará	muitas falhas no período; máx. série em ano incompleto; sem arquivo rms.		
41230000	Sabará	Velhas	Sem arquivo rms.	1949	Dados inconsistentes
41242100	General Carneiro	Arrudas	Sem arquivo rms.	1945 a 1947	Dados inconsistentes
41250000	Vespasiano	da Mata		1971	Dados inconsistentes
41260000	Pinhões	Velhas		1976 a 1978	Dados inconsistentes
41295000	José de Melo	Vermelho	Sem arquivo rms; dados de boa qualidade		
41300000	Taquaraçu	Taquaraçu	Desconsiderada cota max = 700 em 1949, na geração de vazões		
41340000	Ponte Raul Soares	Velhas		1949	Dados inconsistentes
41340005	Ponte Raul Soares Jusante	Velhas	Concatenada com 41340000		
41380000	Ponte Preta	Jaboticatubas		1949	Dados inconsistentes
41410000	Jequitibá	Velhas	Mínima medida no dia da mínima da série, por isso mínima medida < mínima observada.		
41440000	Represa	Jequitibá	Grande extrapolação	eliminada	Reprovada no teste de de estacionaridade
41440005	Represa Jusante	Jequitibá	Concatenada com 41440000	eliminada	Reprovada no teste de de estacionaridade
41500000	Fazenda Santa Lúcia	do Paiol		eliminada	Dados inconsistentes
41539998	Fazenda Contagem Montante	Jequitibá	Não consta a máx. de 1997 (cota) que gerou a máx. da série que foi estimada		
41540000	Fazenda Contagem	Jequitibá	Não consta a máx. de 1979 (cota) que gerou a máx. da série que foi estimada		
41600000	Pirapama	Velhas		1958 a 1965	Dados inconsistentes
41650000	Ponte do Licínio	Velhas	Mínima medida = 21,3 em 08/71 (sem dados diários, não foram geradas as descargas)	1958 a 1965	Dados inconsistentes
41650002	Ponte do Licínio Jusante	Velhas	Máx. é média diária inferida (1997), concatenada com 41650000	1952 a 1964; 1970; 1971	Dados inconsistentes
41685000	Ponte do Picão	Picão	Máxima da série inferida (1997)		
41700001	Usina Paraúna	Paraúna	Máxima da série se repete várias vezes: influência da usina	1941 a 1958; 1963	Dados inconsistentes
41708000	Cachoeira da Capivara	Capivara	Dados muito duvidosos; sem arquivo rms;	eliminada	Dados inconsistentes
41715000	Fazenda Cachoeira	Riachinho	sem arquivo rms; aproveitada parcialmente	1944 a 1949; 1952 a 1955	Dados inconsistentes
41720000	Fazenda Cipó	Cipó			
41780000	Presidente Juscelino	Paraúna	mínima relativa ao ano 67 < min. Usina Paraúna; grande extrapolação ramo alto da cchave		
41780002	Presidente Juscelino Jusante	Paraúna	Concatenadas 40780000 e 40780002	1964 a 1974	Dados inconsistentes
41818000	Santo Hipólito	Velhas	2253 max em 1961 duvidosa; realizada medição no dia da mínima absoluta da série		
41880000	Buenópolis	Pedras	Sem arquivo rms		
41890000	Estação Curimatai	Curimatai			
41940000	Ponte do Bicudo	Bicudo	Mínima da série observada na curva 1996 - 1999	1998	Dados inconsistentes
41990000	Várzea da Palma	Velhas			

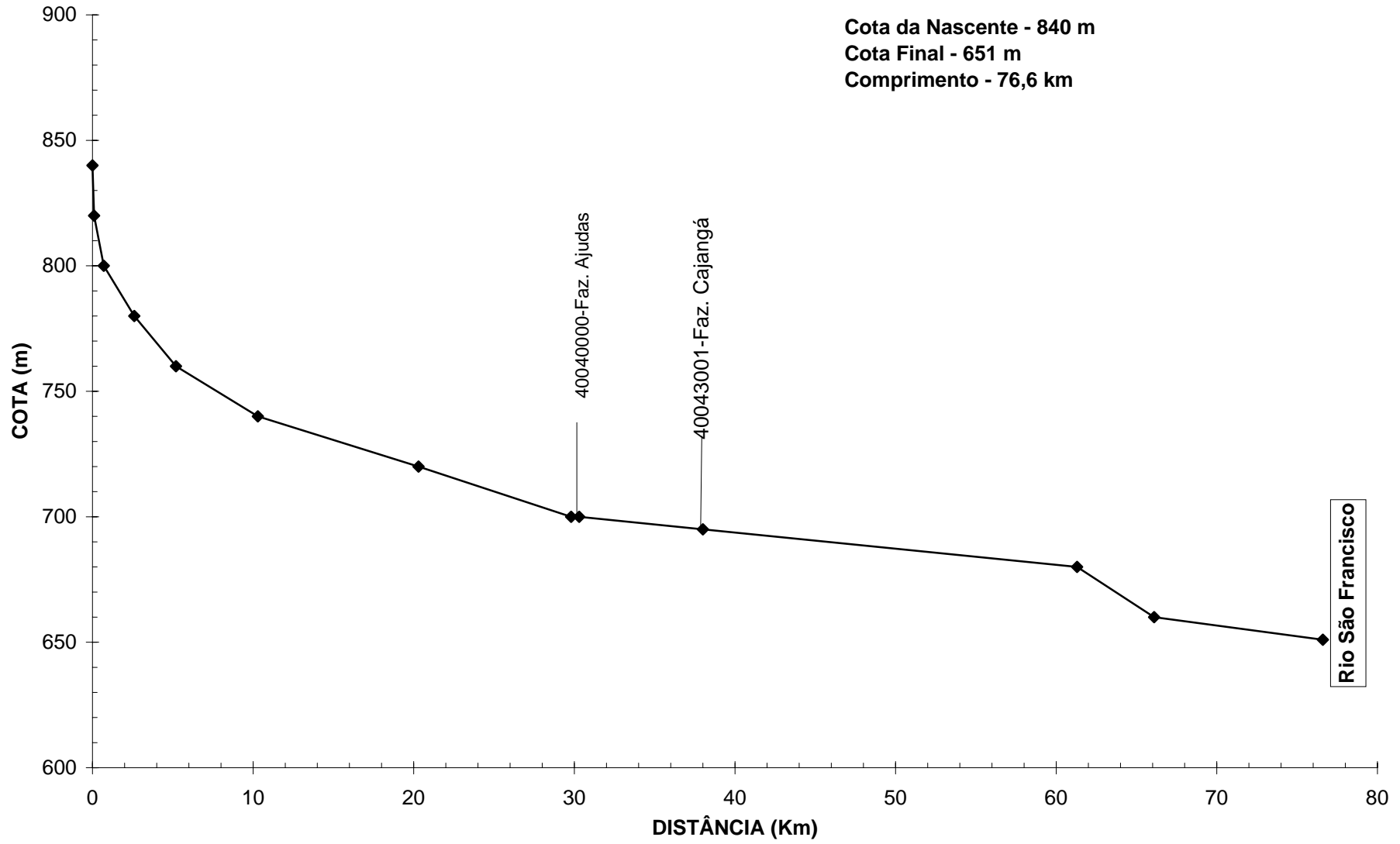
## **ANEXO D**

### **PERFIS LONGITUDINAIS DA SUB-BACIA 40**

<b>Rio Ajudas</b>	<b>Rio Manso</b>
<b>Rio Bambuí</b>	<b>Rio Maranhão</b>
<b>Rio Betim</b>	<b>Rio Marmelada</b>
<b>Ribeirão Boa Vista</b>	<b>Ribeirão Mateus Leme</b>
<b>Rio Borrachudo</b>	<b>Córrego Mato Frio</b>
<b>Rio Brumado</b>	<b>Ribeirão Paciência</b>
<b>Córrego Brumado</b>	<b>Rio Pará</b>
<b>Córrego da Cachoeira</b>	<b>Rio Paraopeba</b>
<b>Rio Camapuã</b>	<b>Córrego da Pedreira</b>
<b>Córrego Curralinho</b>	<b>Rio da Perdição</b>
<b>Ribeirão Curralinho</b>	<b>Ribeirão do Picão</b>
<b>Ribeirão do Diogo</b>	<b>Córrego do Potreiro</b>
<b>Ribeirão da Estiva</b>	<b>Córrego do Rola Moça</b>
<b>Ribeirão da Extrema</b>	<b>Rio Samburá</b>
<b>Ribeirão Florestal</b>	<b>Rio Santo Antônio</b>
<b>Ribeirão dos Guardas</b>	<b>Rio São Francisco</b>
<b>Ribeirão Ibité</b>	<b>Rio São João</b>
<b>Rio Indaiá</b>	<b>Rio São Miguel</b>
<b>Rio Itapecerica</b>	<b>Ribeirão Sarzedo</b>
<b>Córrego do Jacu</b>	<b>Ribeirão Sesmaria</b>
<b>Ribeirão Jorge Grande</b>	<b>Rio Soledade</b>
<b>Ribeirão Juatuba</b>	<b>Córrego Tabuões</b>
<b>Rio Lambari</b>	

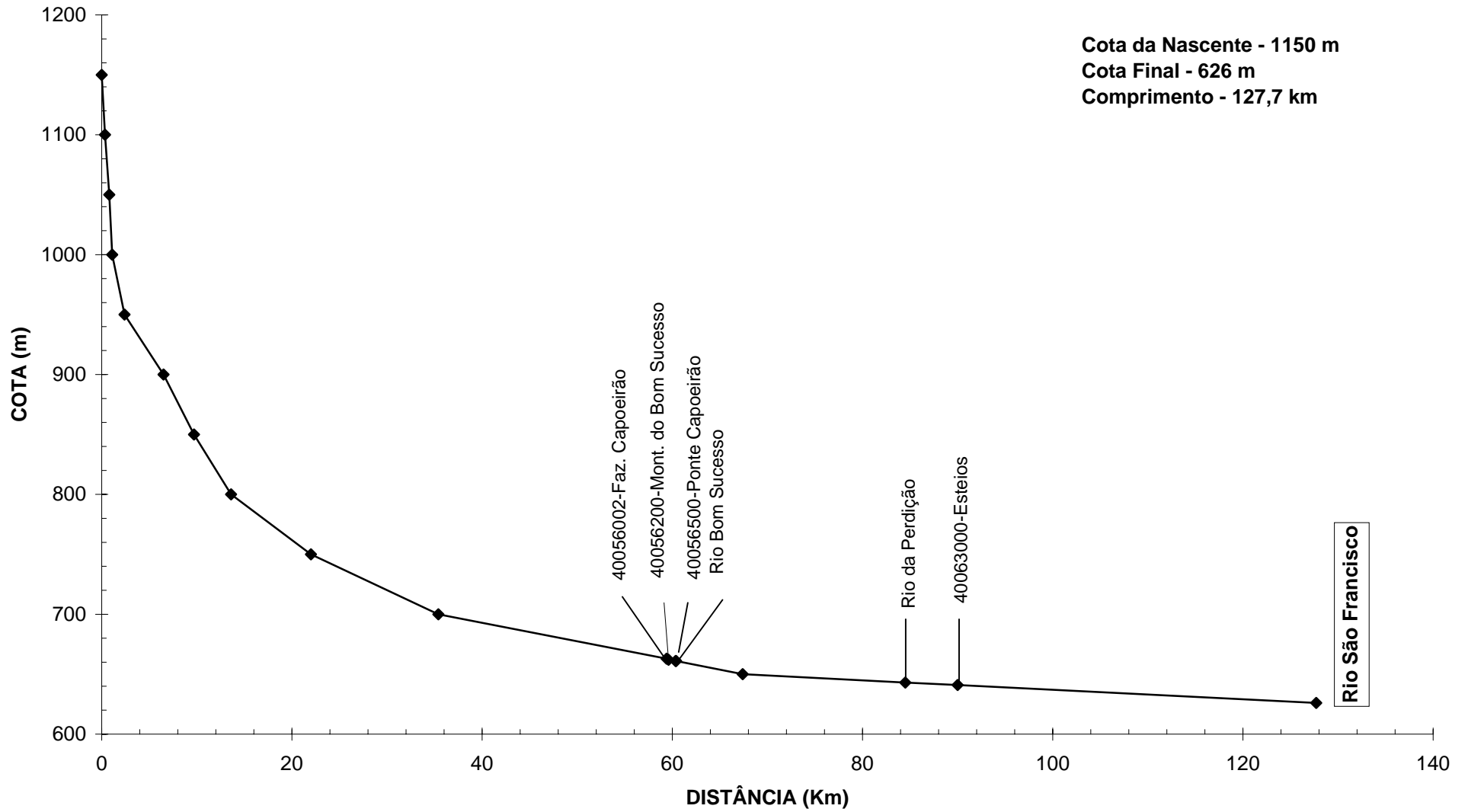
### PERFIL LONGITUDINAL DO RIO AJUDAS

Cota da Nascente - 840 m  
Cota Final - 651 m  
Comprimento - 76,6 km



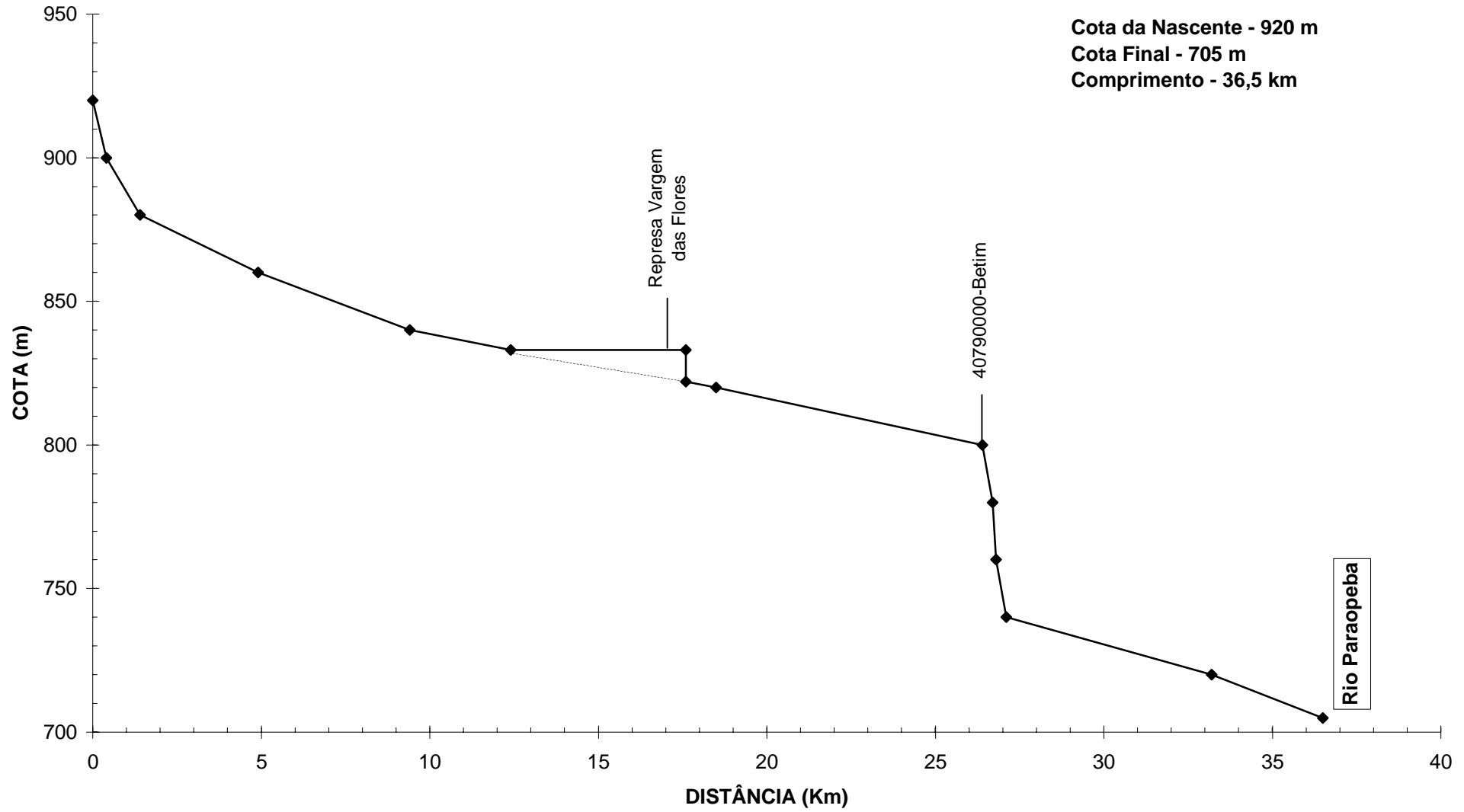
# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO BAMBUÍ

Cota da Nascente - 1150 m  
Cota Final - 626 m  
Comprimento - 127,7 km



# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO BETIM

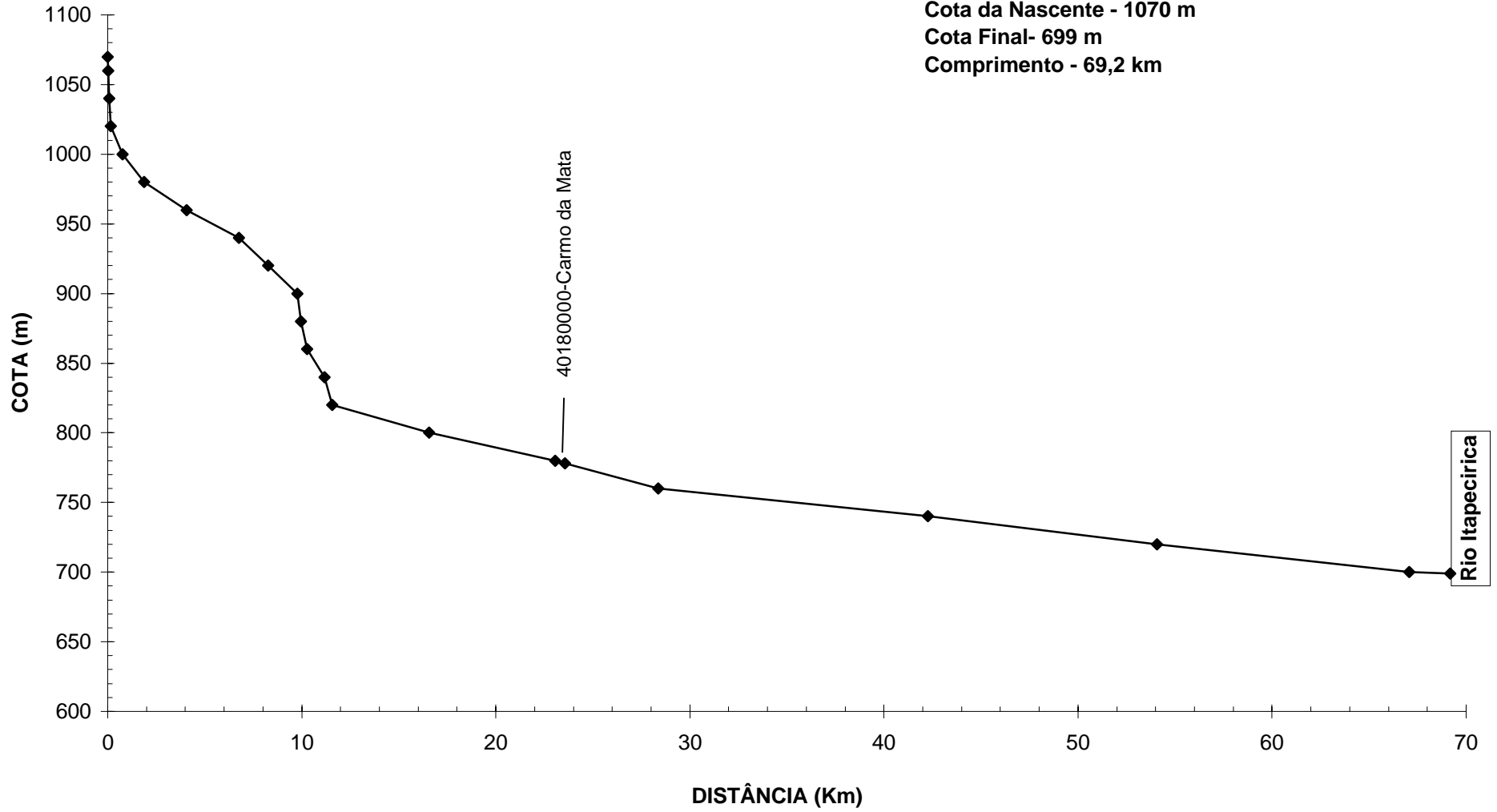
Cota da Nascente - 920 m  
Cota Final - 705 m  
Comprimento - 36,5 km



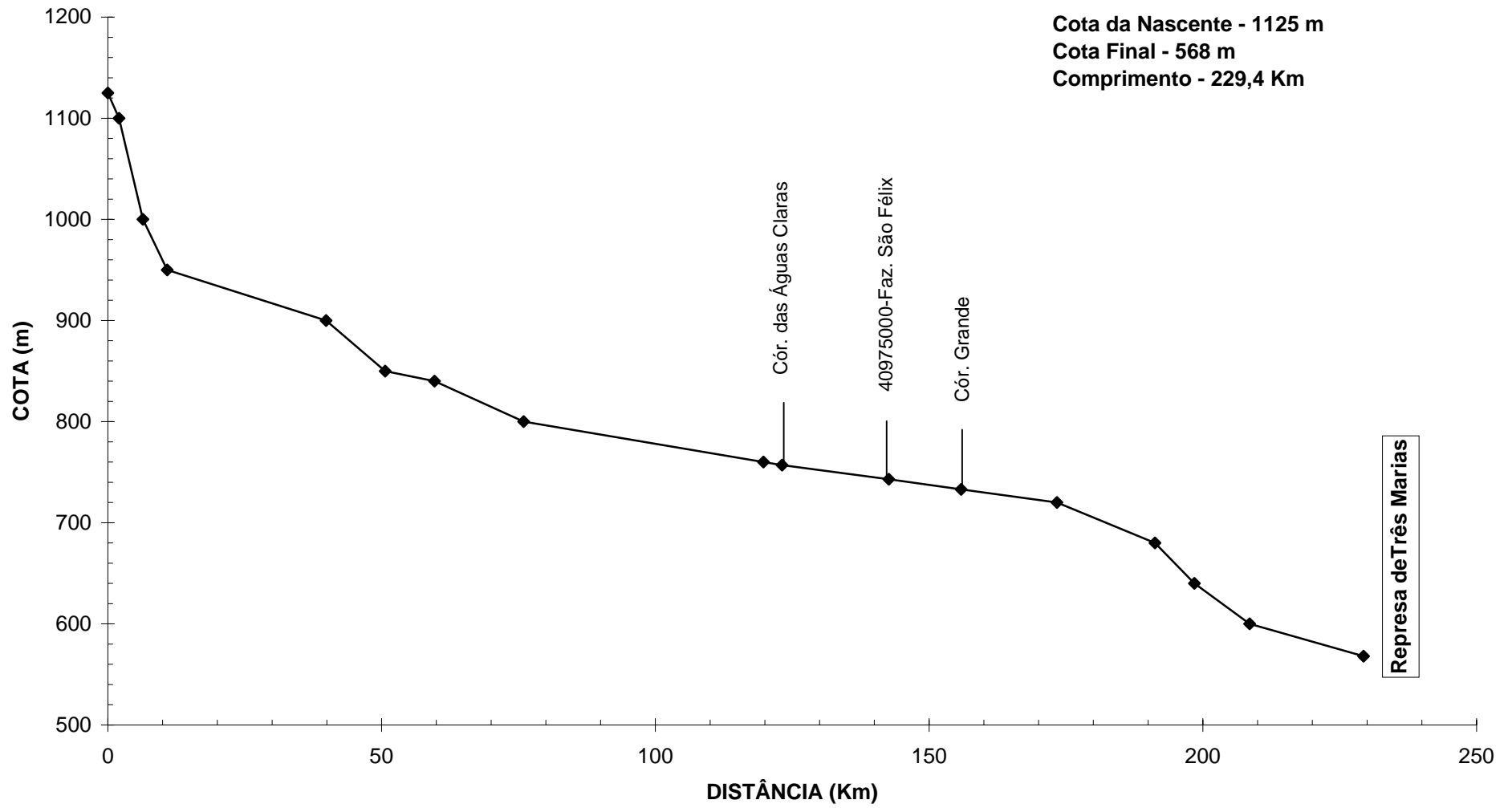


# PERFIL LONGITUDINAL DO RIBEIRÃO BOA VISTA

Cota da Nascente - 1070 m  
Cota Final- 699 m  
Comprimento - 69,2 km

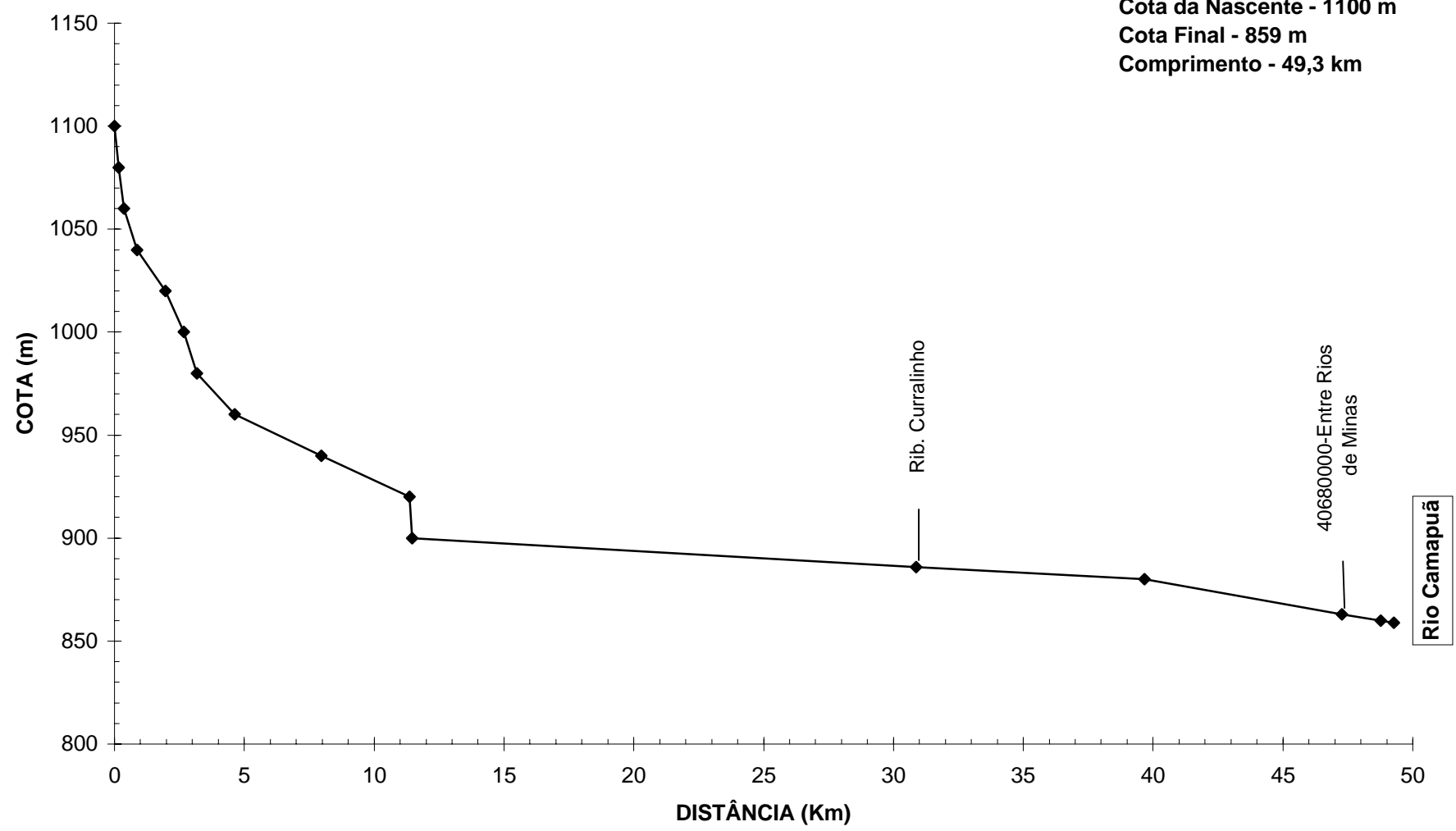


# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO BORRACHUDO

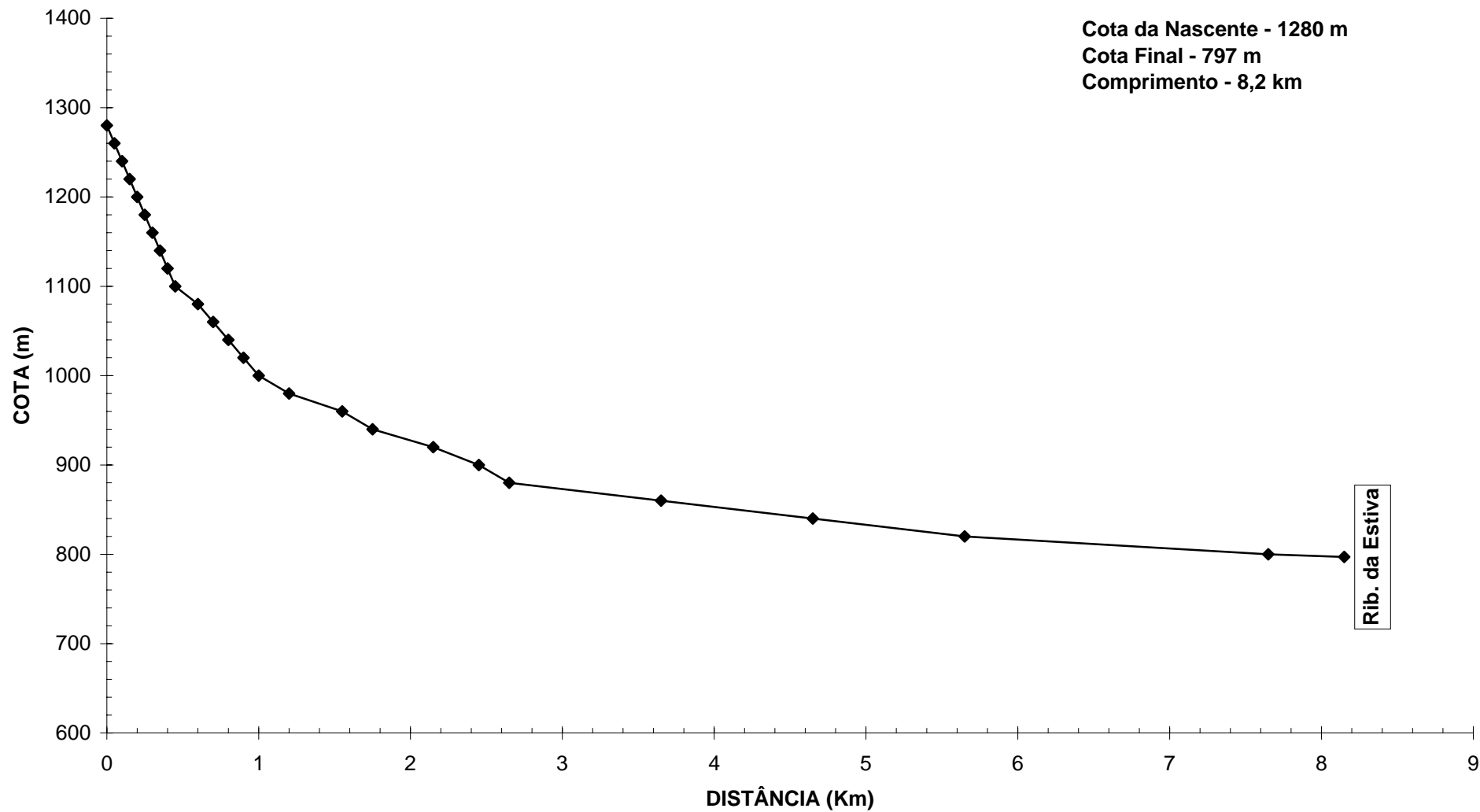


# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO BRUMADO

Cota da Nascente - 1100 m  
Cota Final - 859 m  
Comprimento - 49,3 km

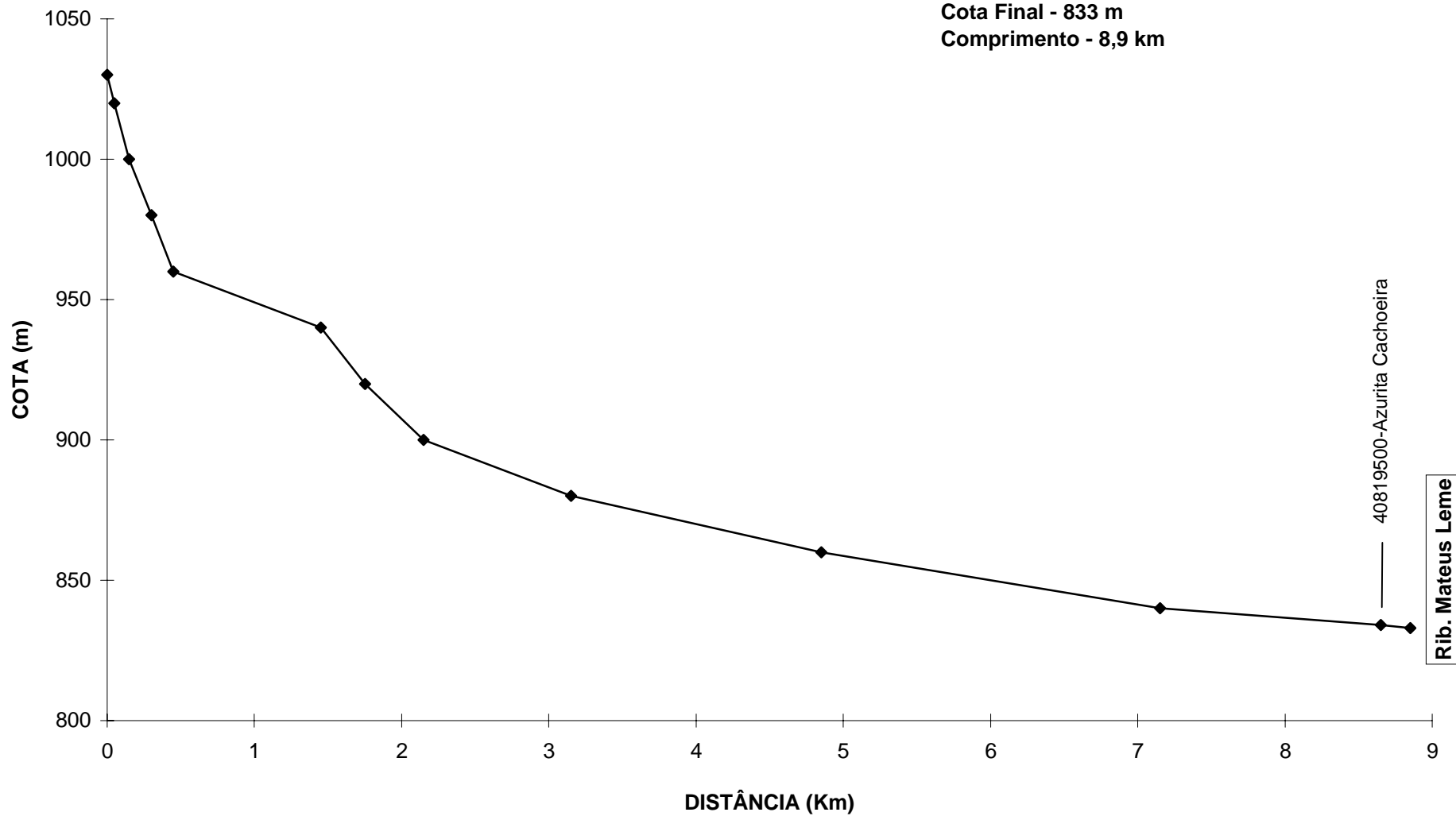


### PERFIL LONGITUDINAL DO CÓRREGO BRUMADO

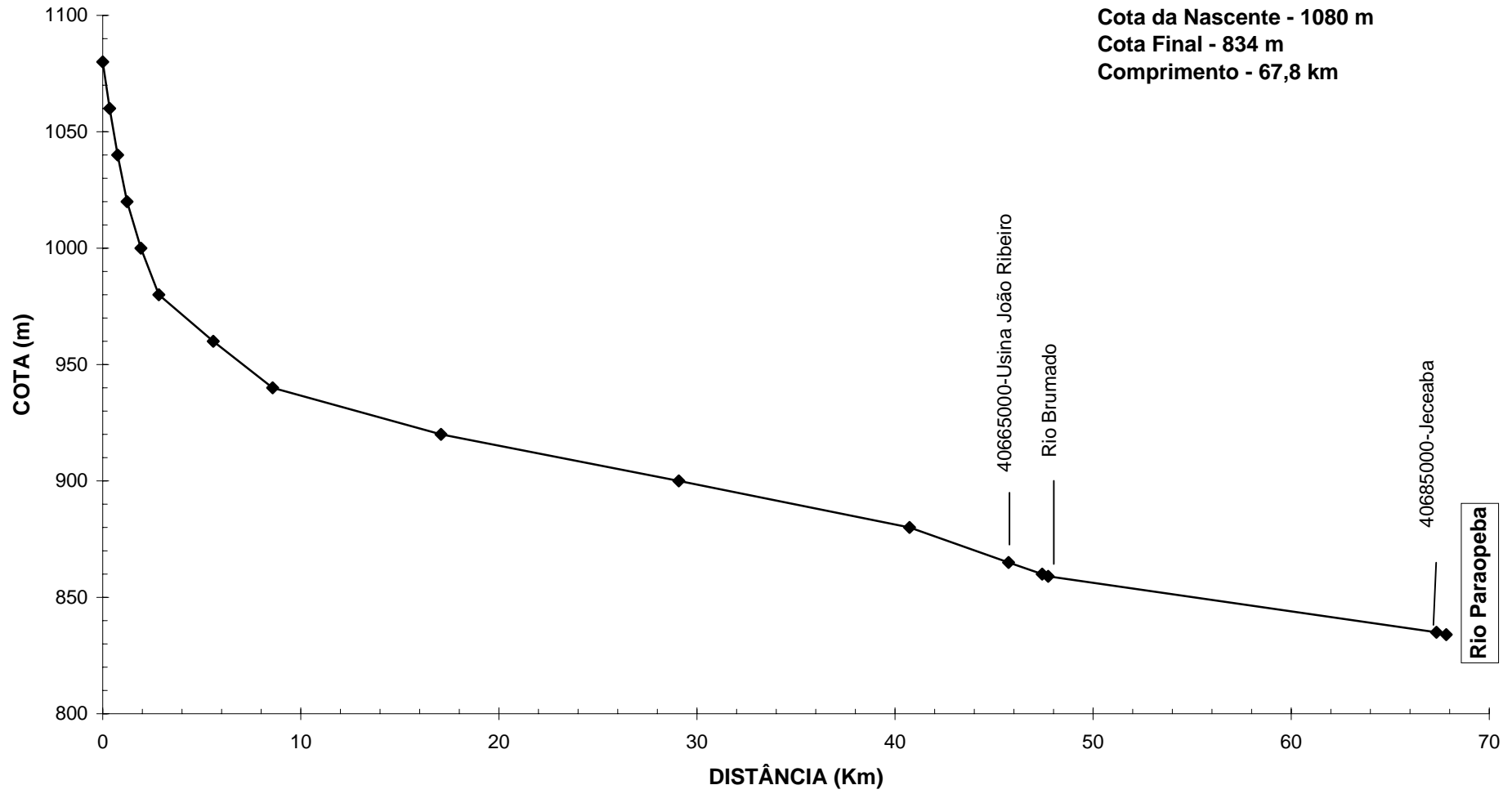


# PERFIL LONGITUDINAL CÓRREGO DA CACHOEIRA

Cota da Nascente - 1030 m  
Cota Final - 833 m  
Comprimento - 8,9 km

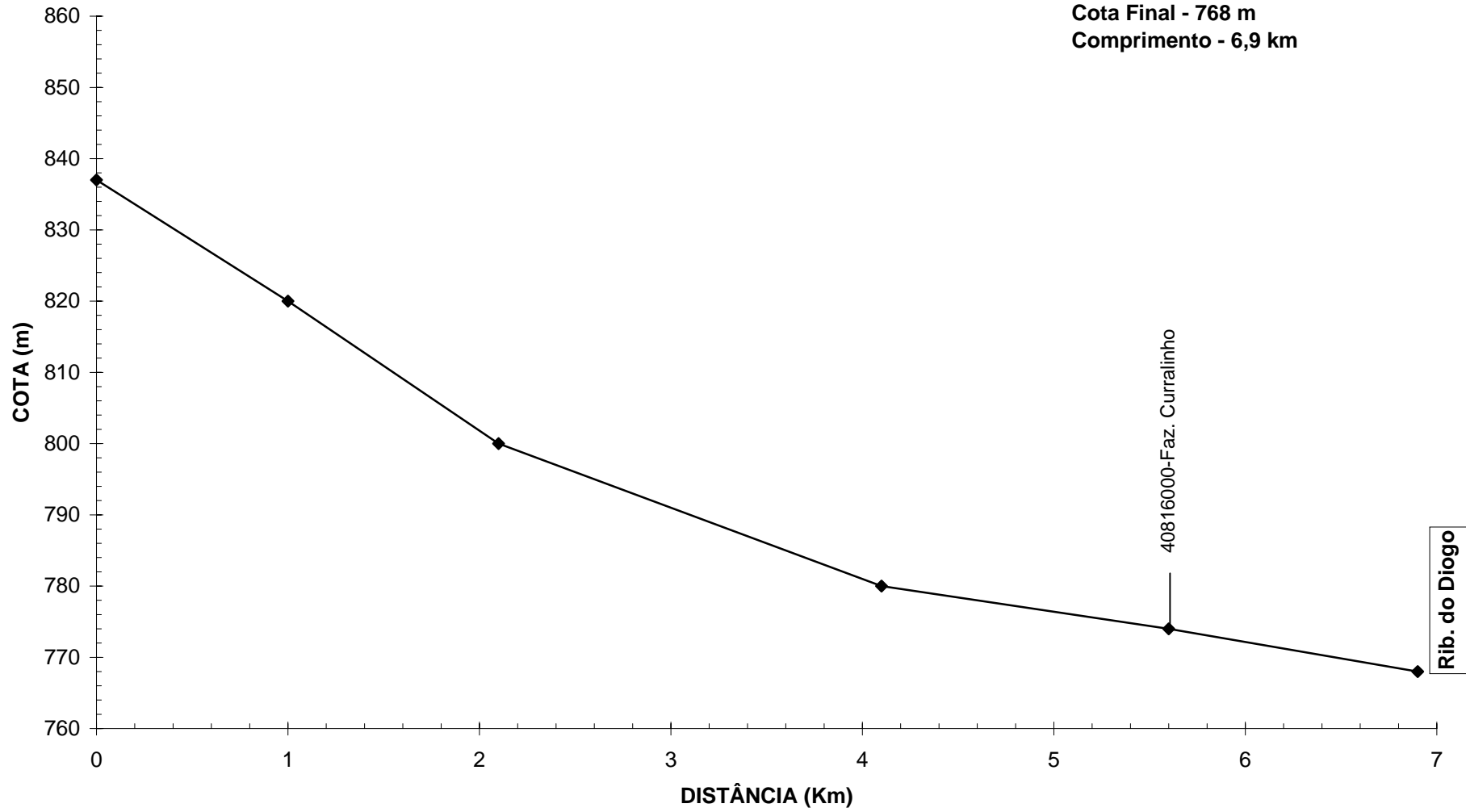


# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO CAMAPUÃ



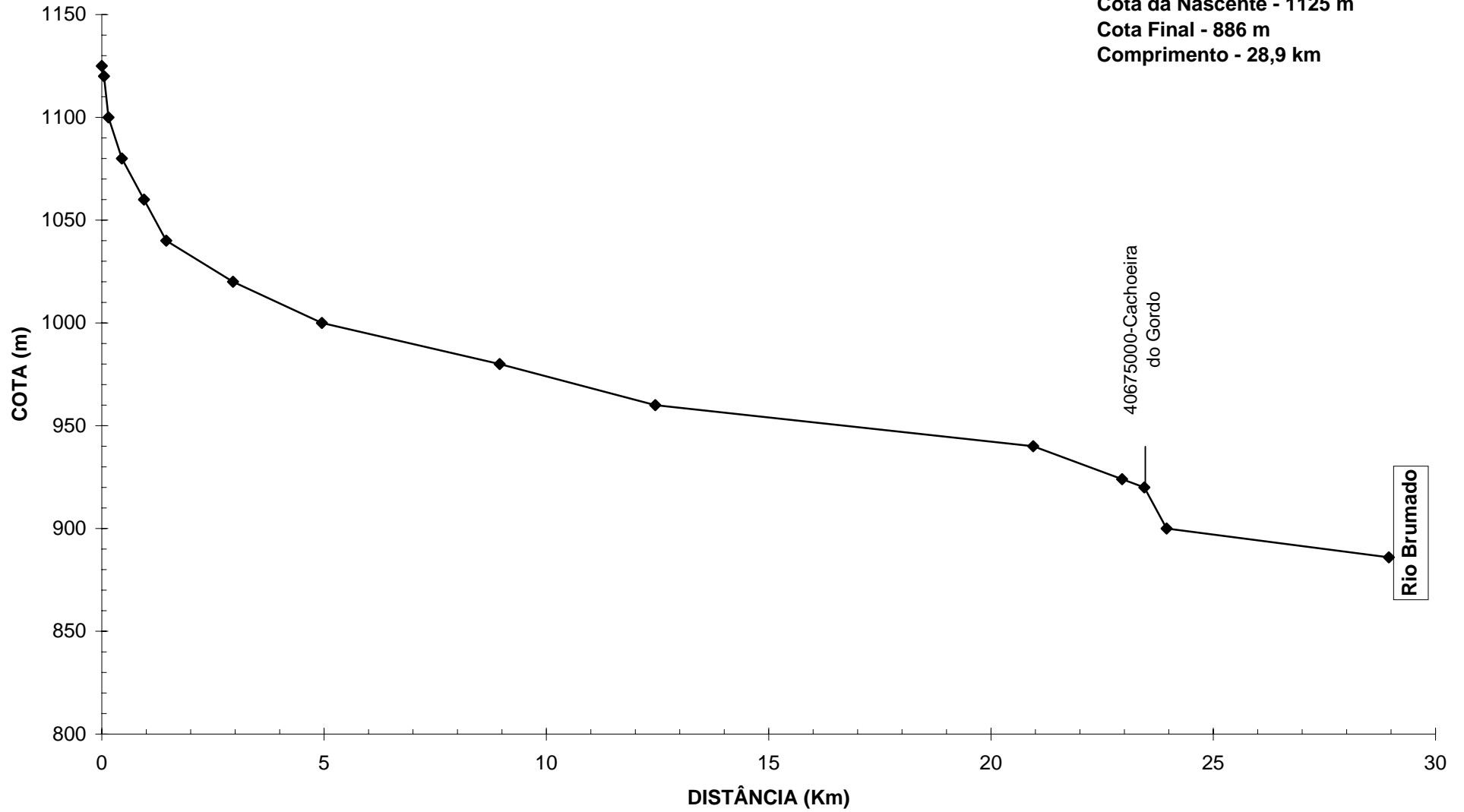
# PERFIL LONGITUDINAL DO CÓRREGO CURRALINHO

Cota da Nascente - 837 m  
Cota Final - 768 m  
Comprimento - 6,9 km



# PERFIL LONGITUDINAL DO RIBEIRÃO CURRALINHO

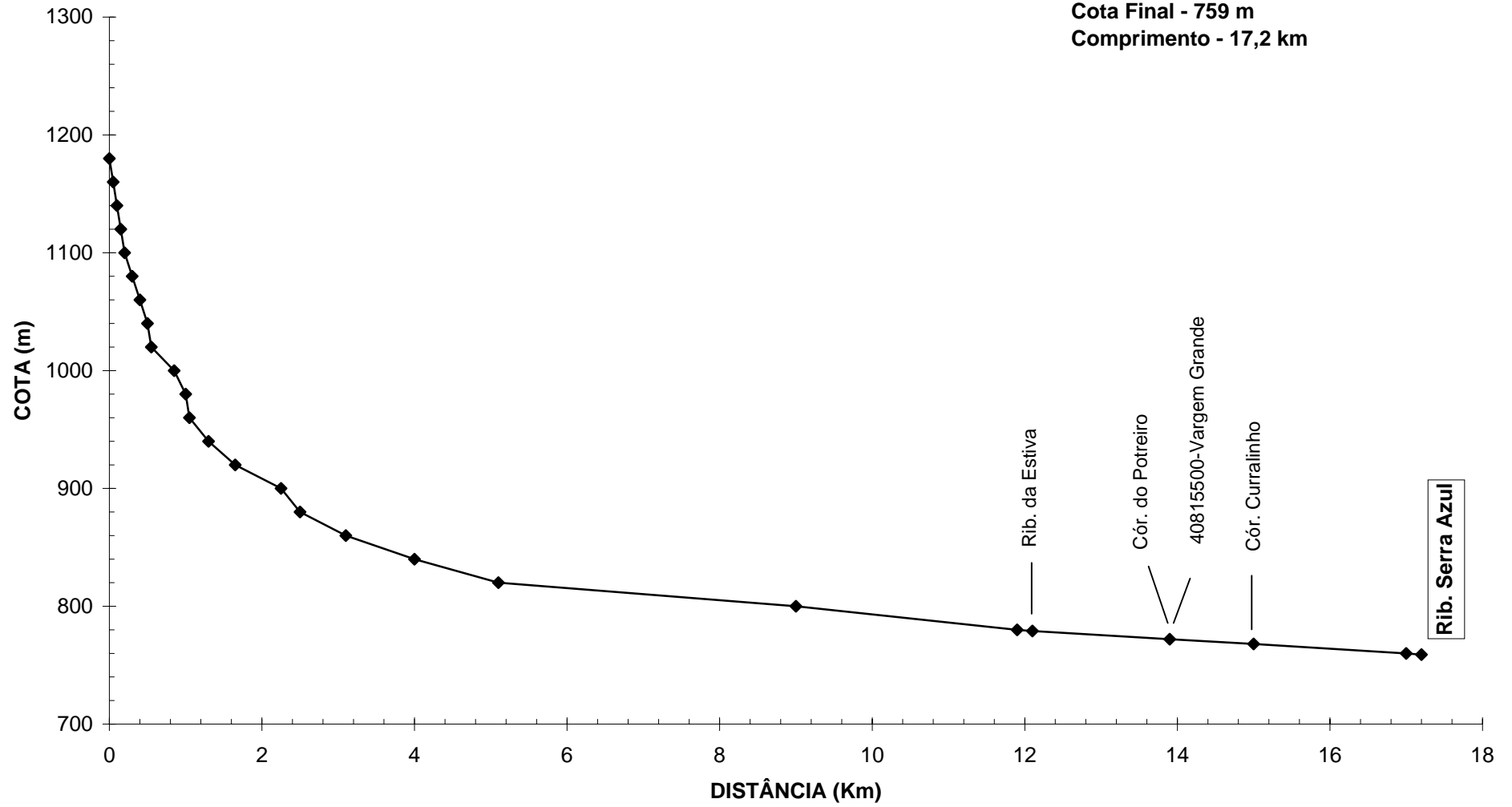
Cota da Nascente - 1125 m  
Cota Final - 886 m  
Comprimento - 28,9 km





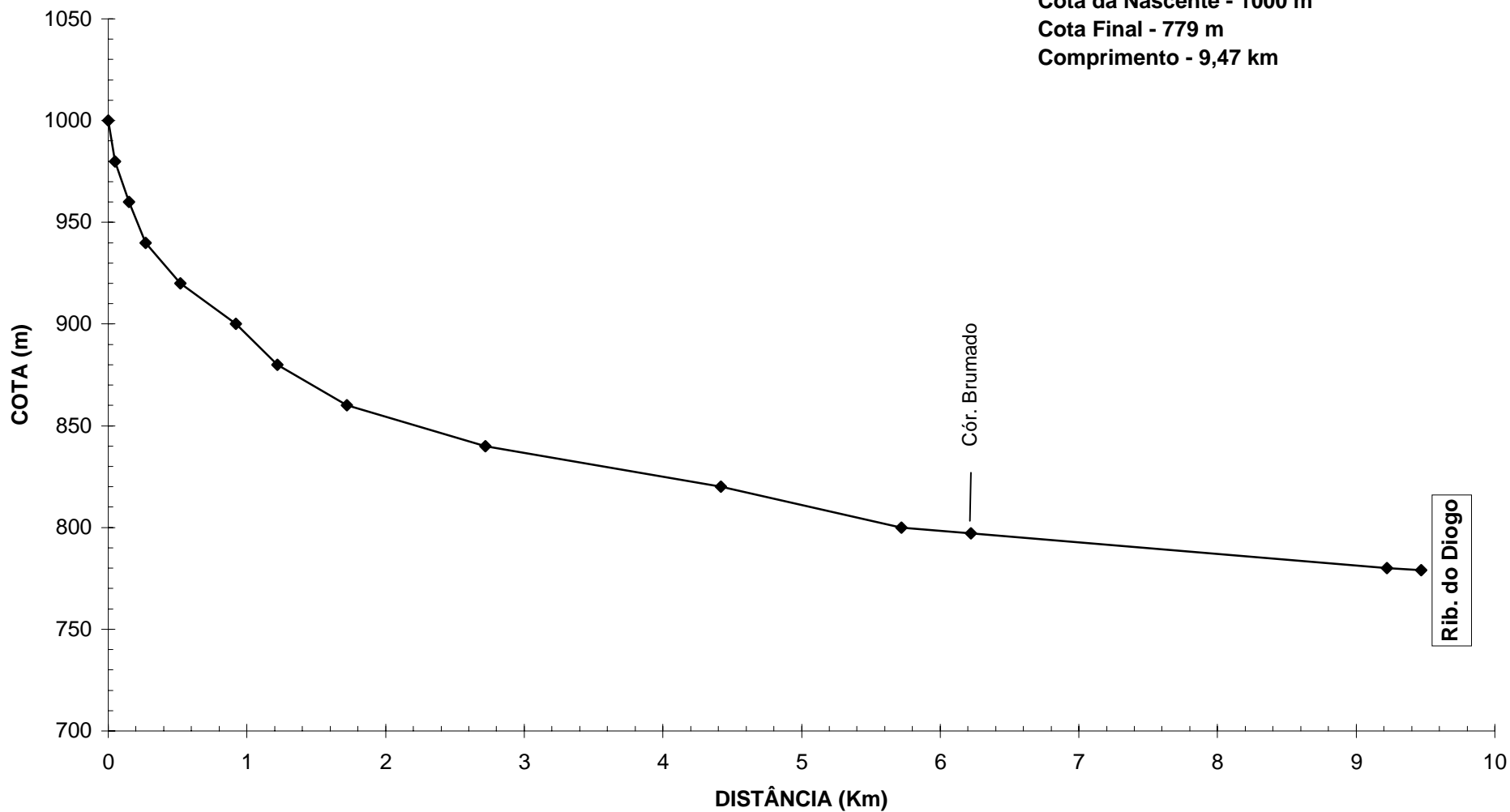
# PERFIL LONGITUDINAL DO RIBEIRÃO DO DIOGO

Cota da Nascente - 1180 m  
Cota Final - 759 m  
Comprimento - 17,2 km

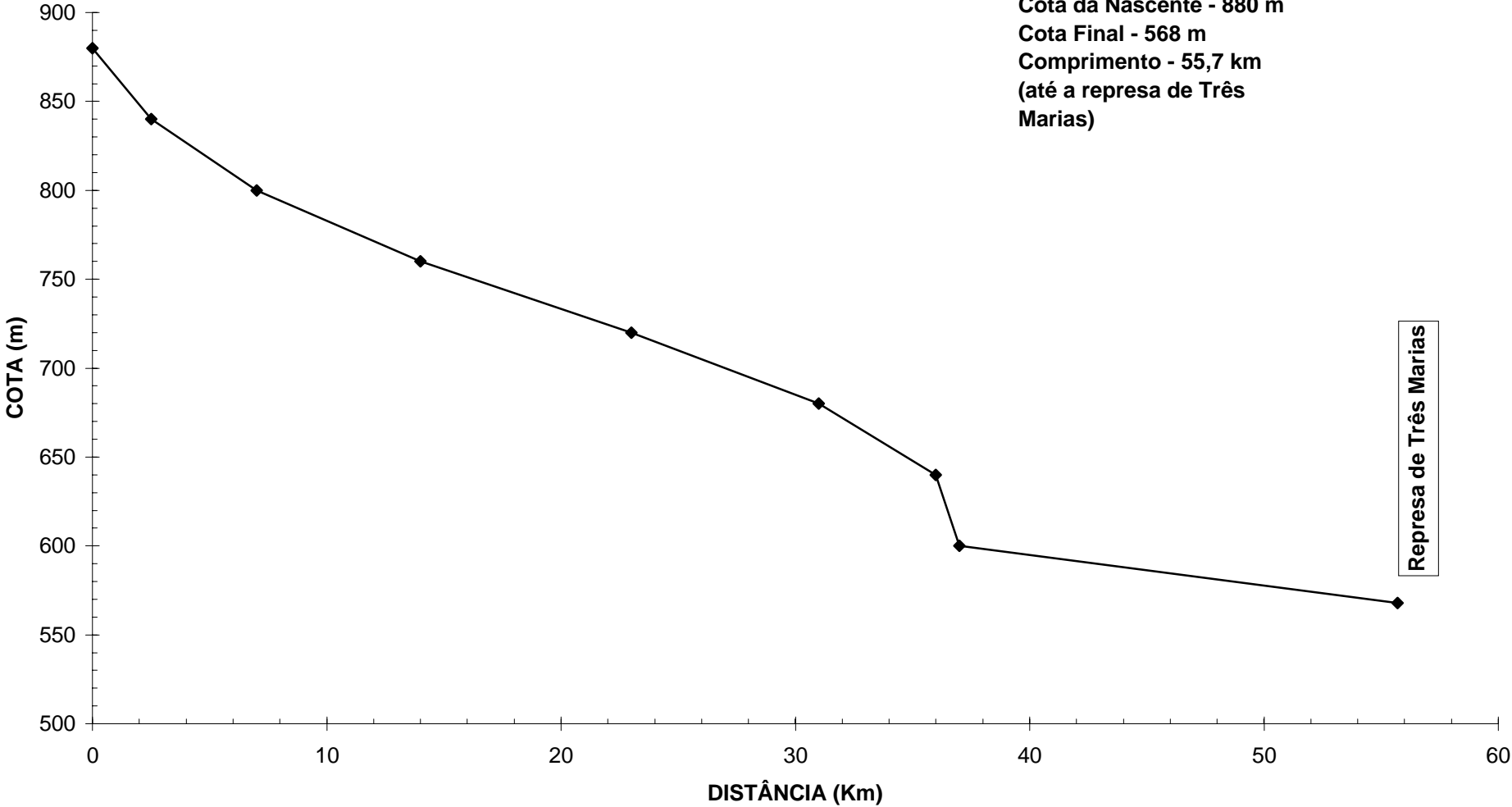


# PERFIL LONGITUDINAL DO RIBEIRÃO DA ESTIVA

Cota da Nascente - 1000 m  
Cota Final - 779 m  
Comprimento - 9,47 km

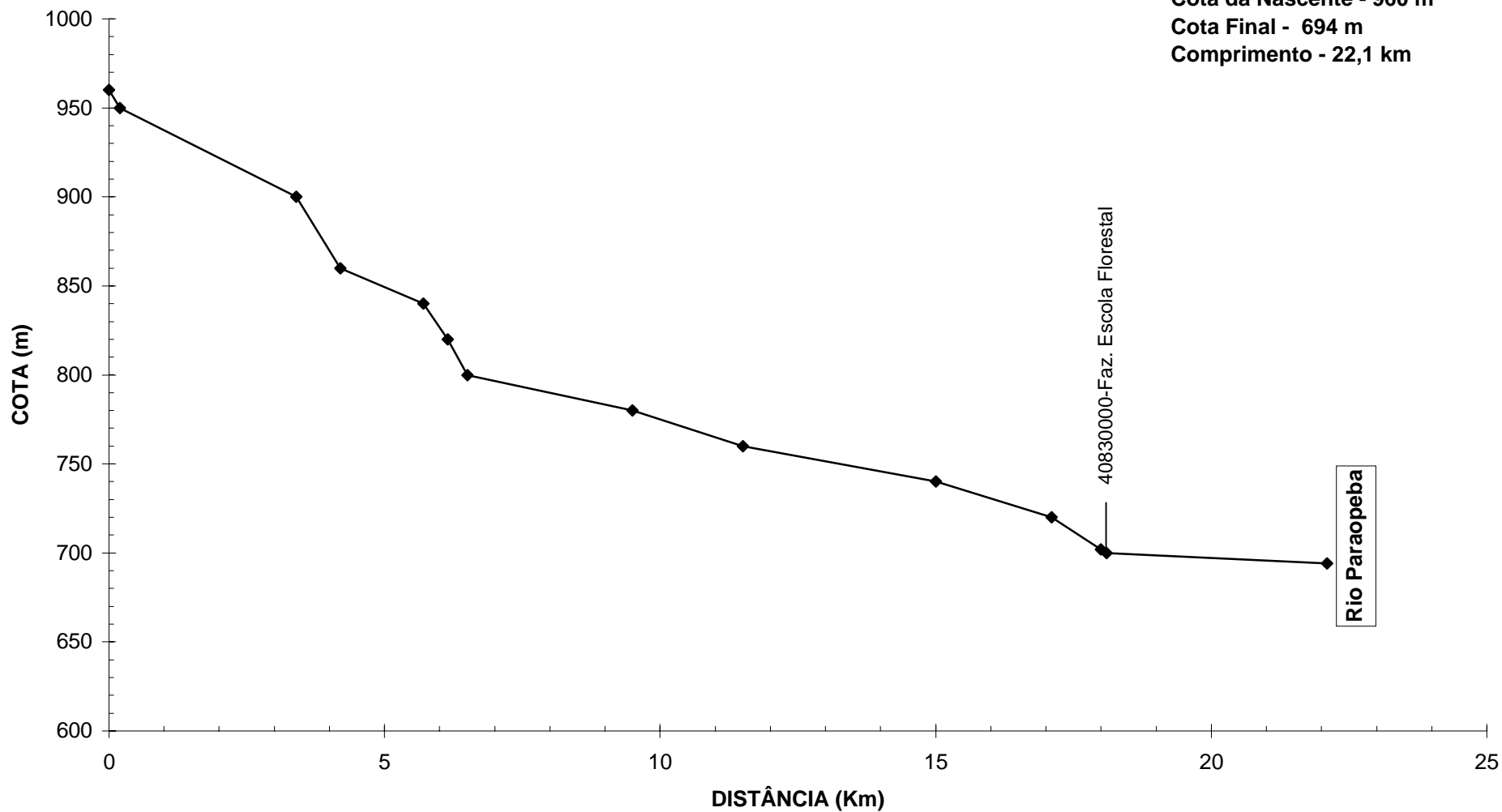


### PERFIL LONGITUDINAL DO RIBEIRÃO EXTREMA

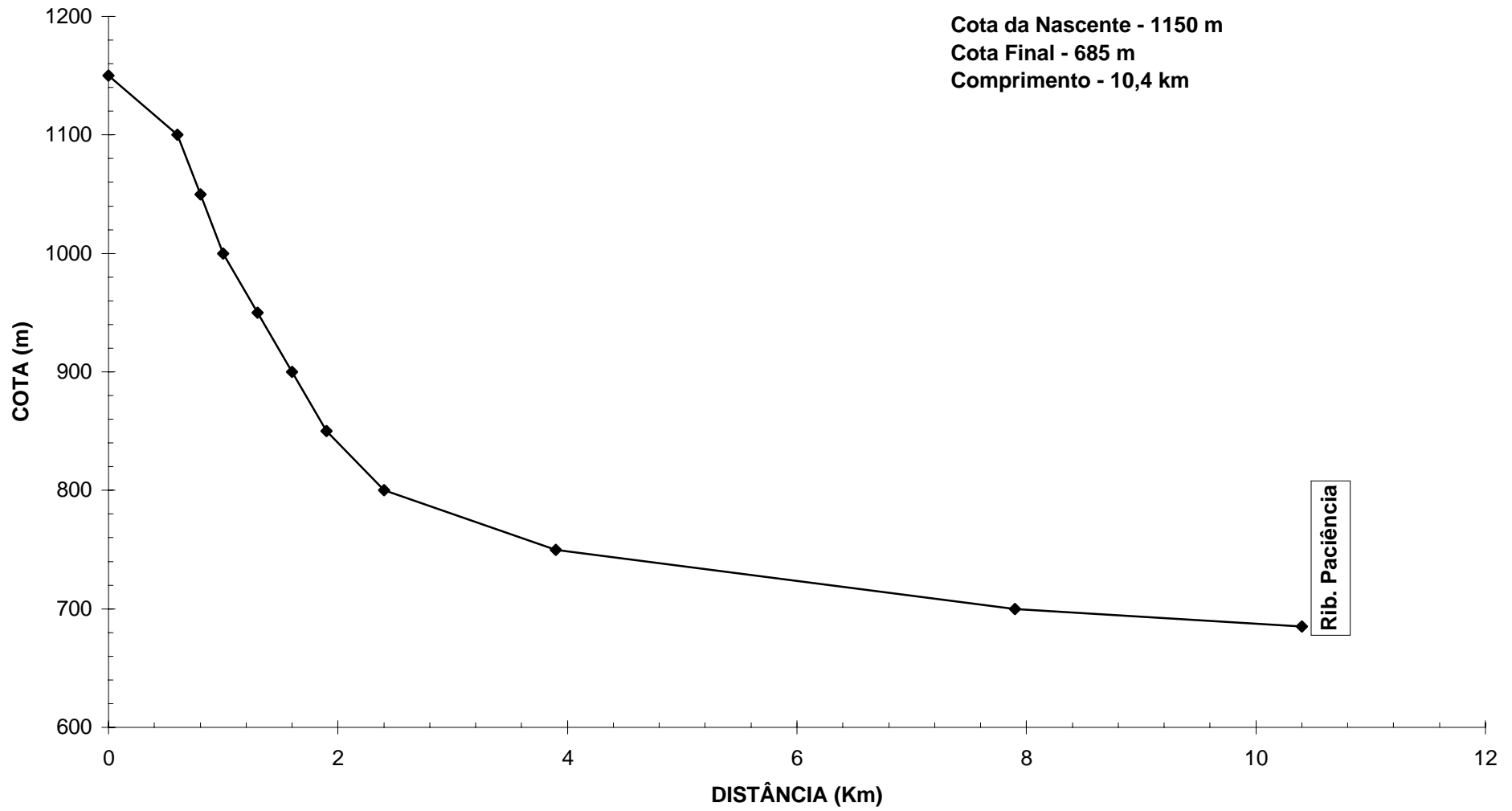


# PERFIL LONGITUDINAL DO RIBEIRÃO FLORESTAL

Cota da Nascente - 960 m  
Cota Final - 694 m  
Comprimento - 22,1 km

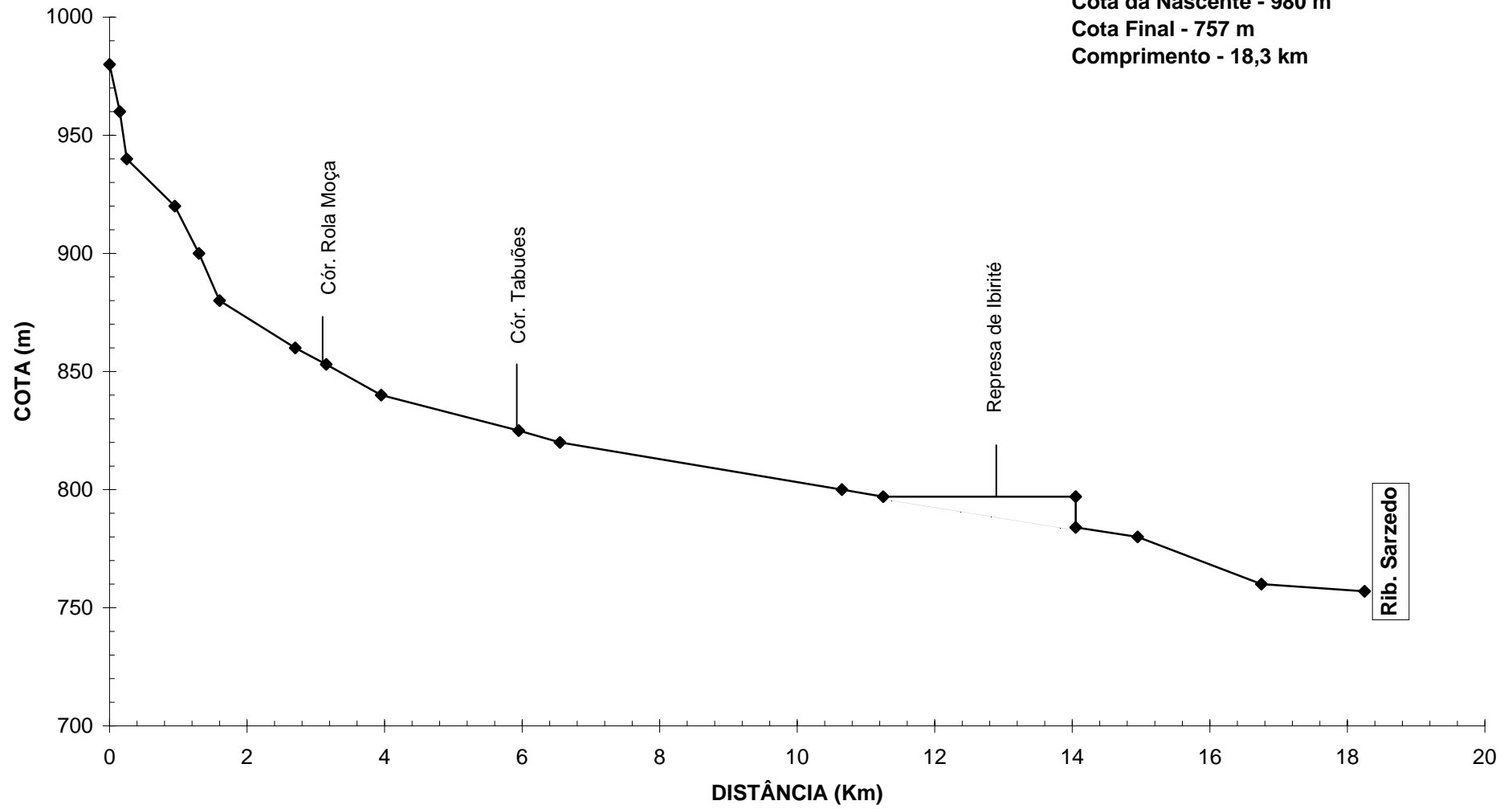


## PERFIL LONGITUDINAL DO RIBEIRÃO DOS GUARDAS



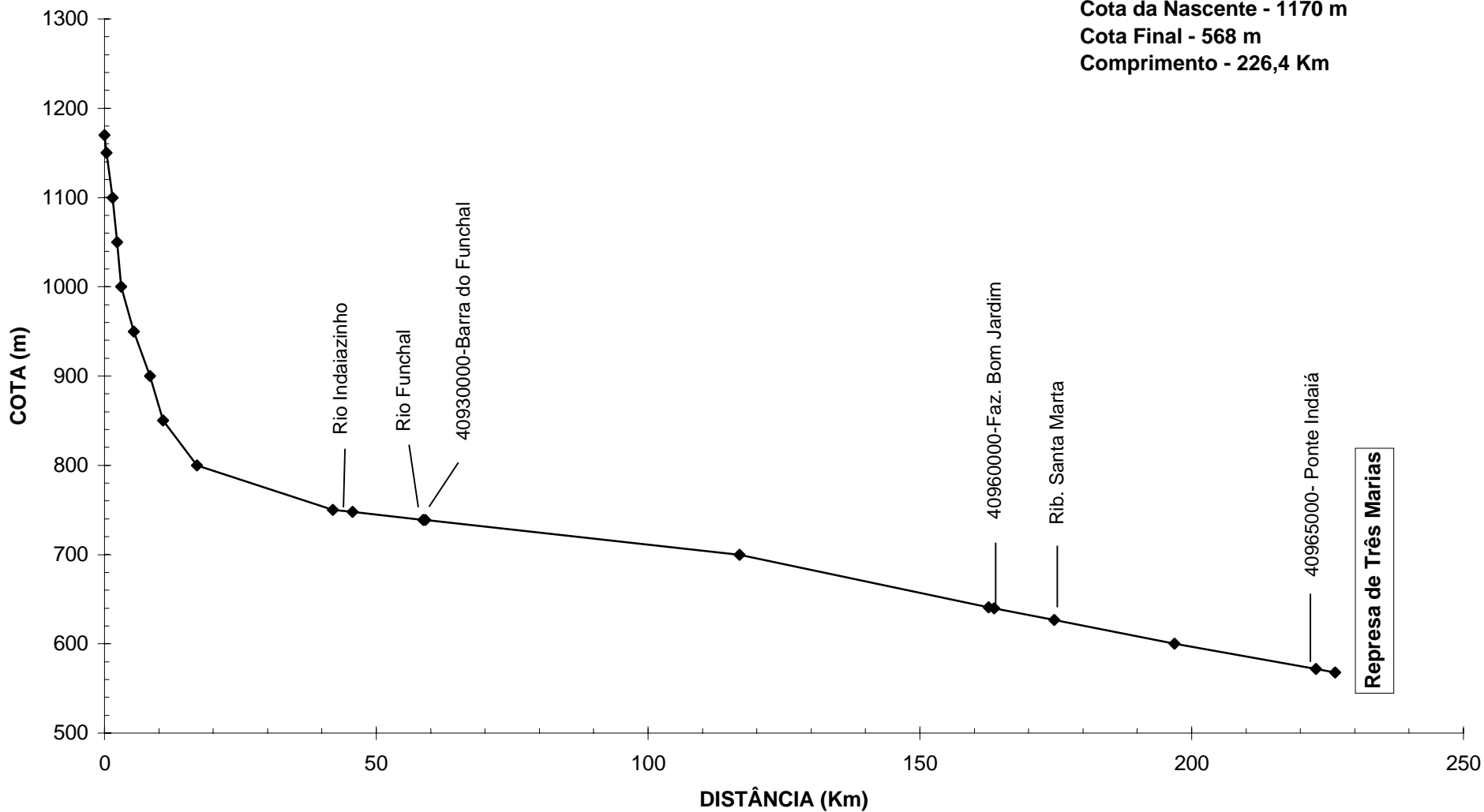
# PERFIL LONGITUDINAL DO RIBEIRÃO IBIRITÉ

Cota da Nascente - 980 m  
Cota Final - 757 m  
Comprimento - 18,3 km



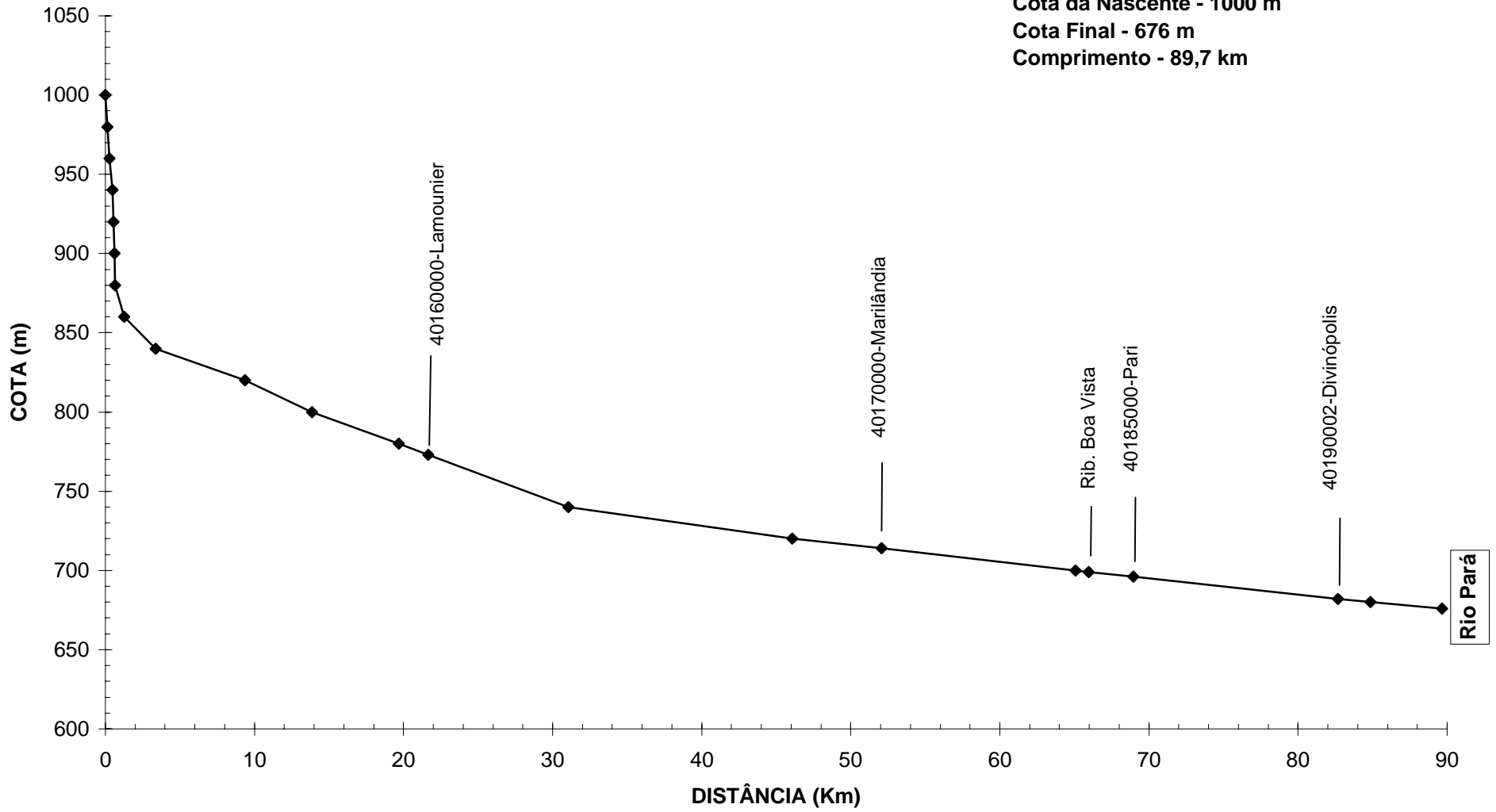
# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO INDAIÁ

Cota da Nascente - 1170 m  
Cota Final - 568 m  
Comprimento - 226,4 Km



# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO ITAPECERICA

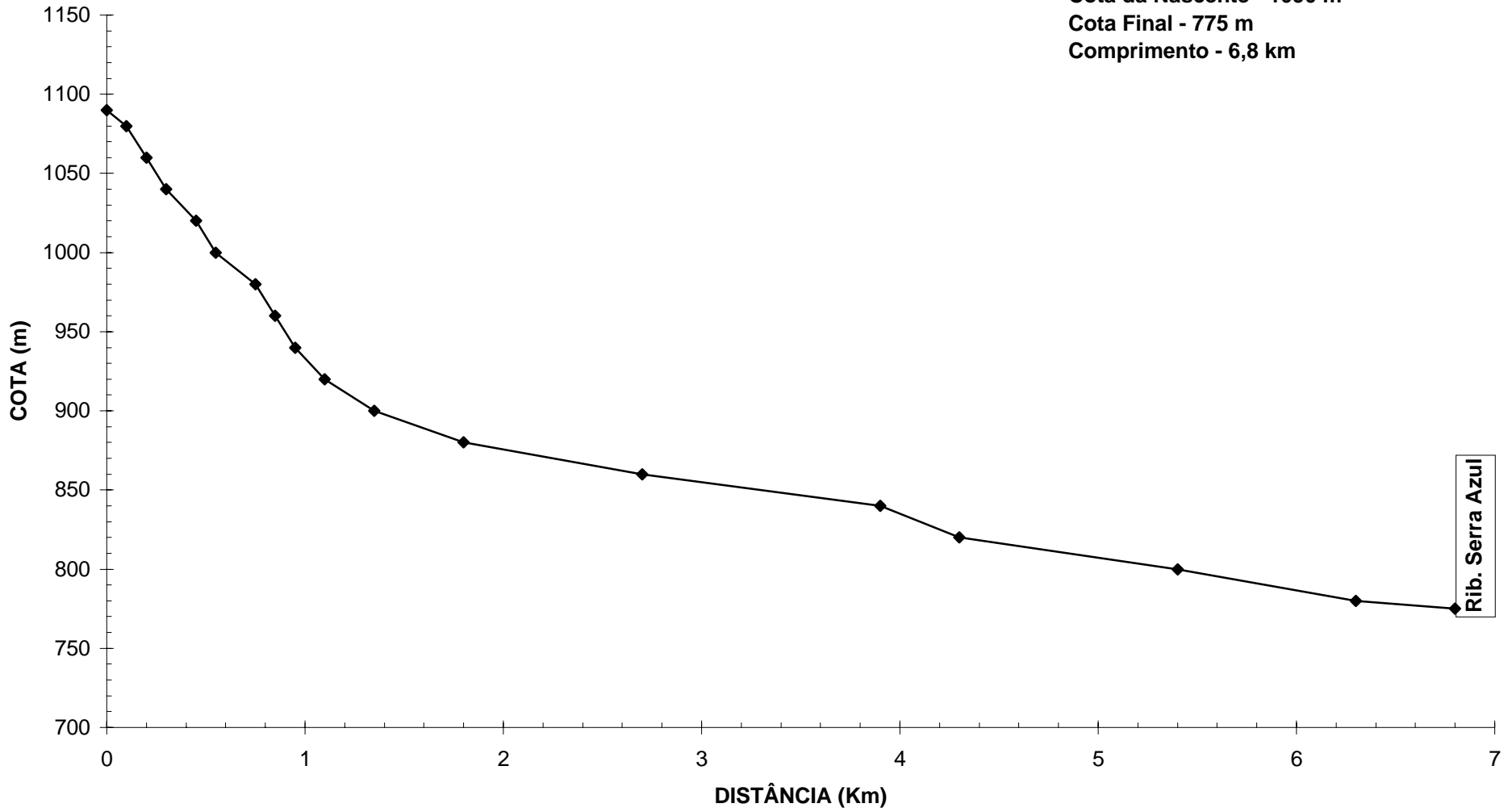
Cota da Nascente - 1000 m  
Cota Final - 676 m  
Comprimento - 89,7 km





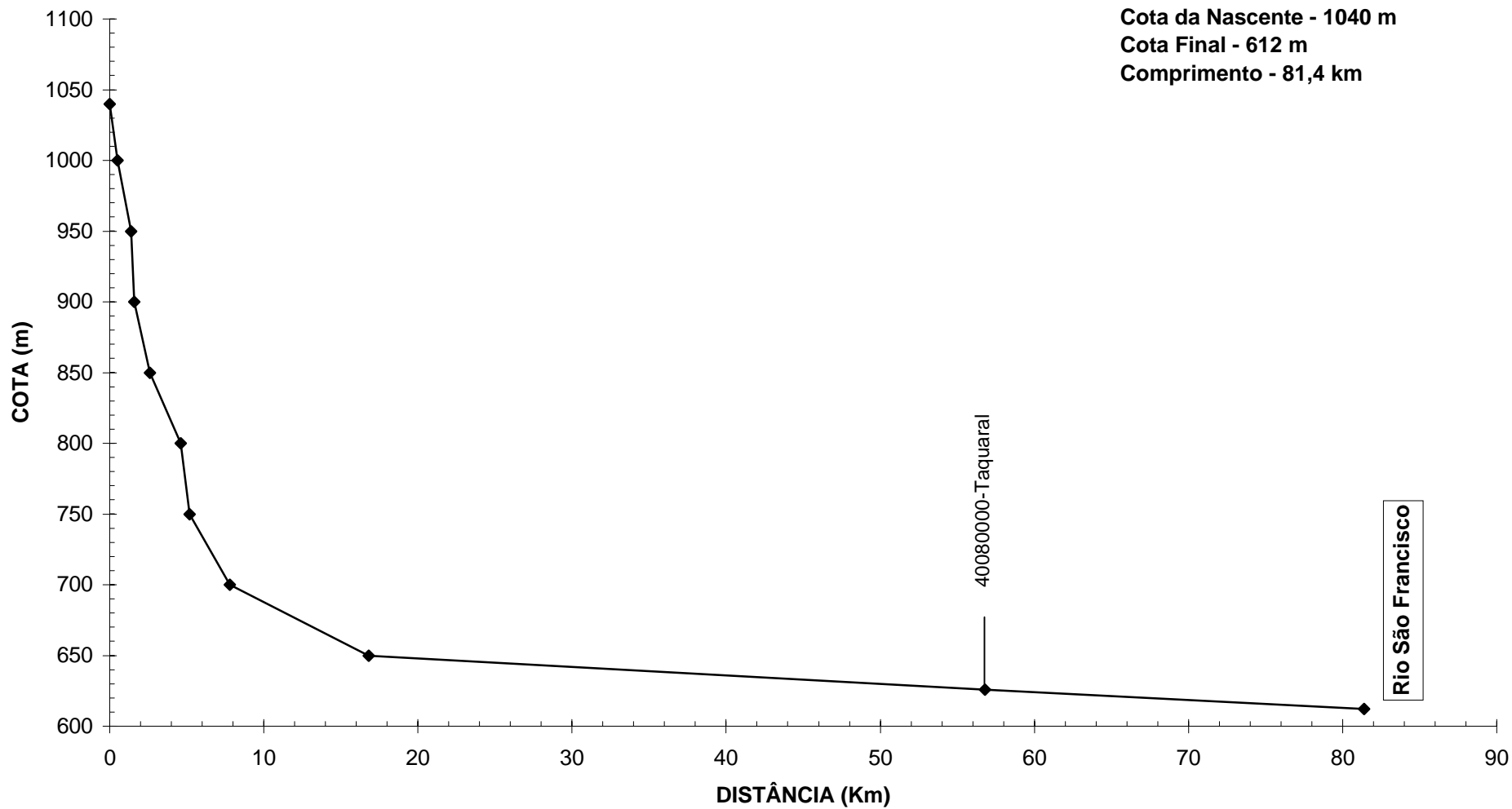
# PERFIL LONGITUDINAL DO CORREGO JACU

Cota da Nascente - 1090 m  
Cota Final - 775 m  
Comprimento - 6,8 km

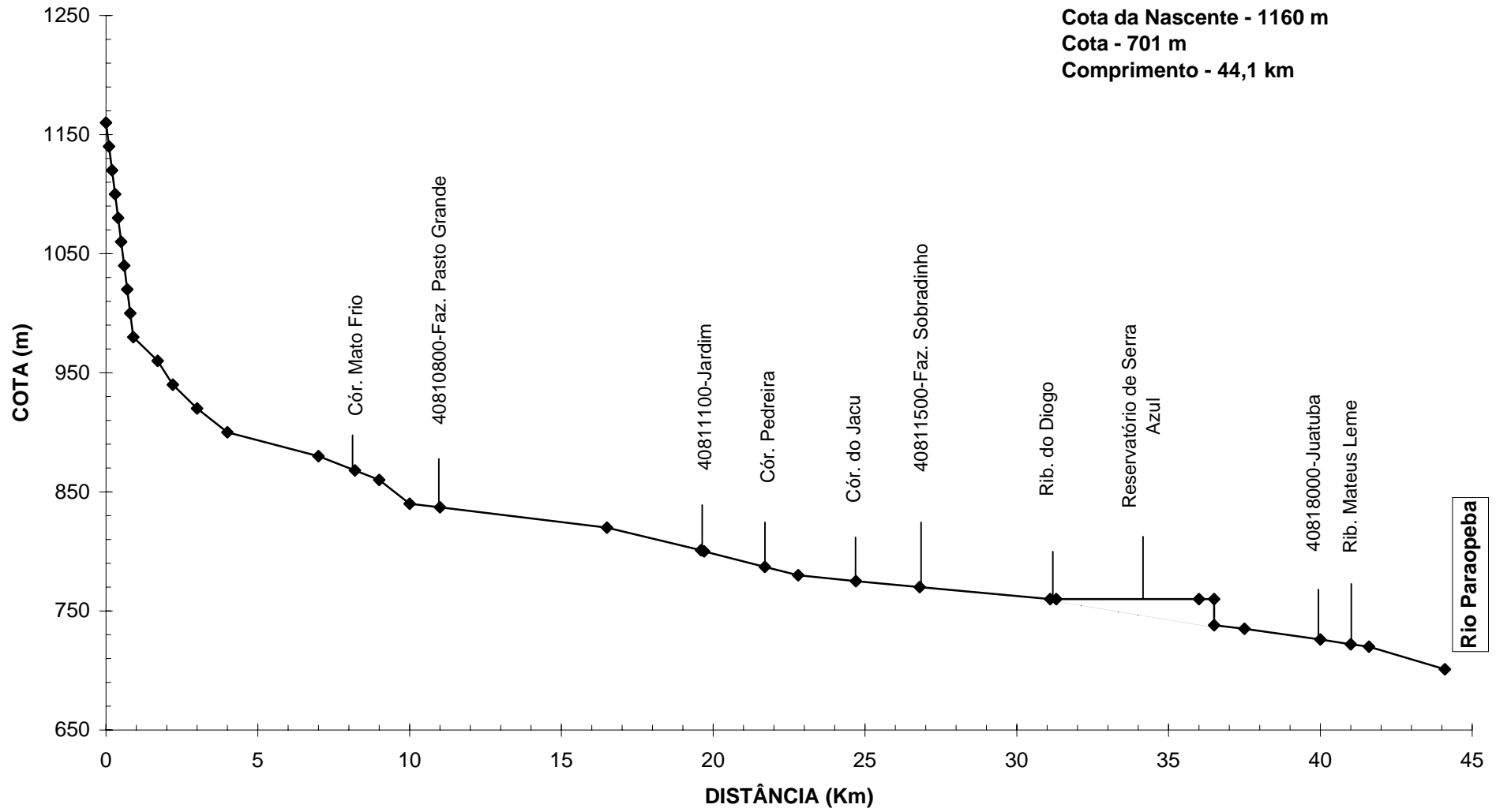


# PERFIL LONGITUDINAL DO RIBEIRÃO JORGE GRANDE

Cota da Nascente - 1040 m  
Cota Final - 612 m  
Comprimento - 81,4 km

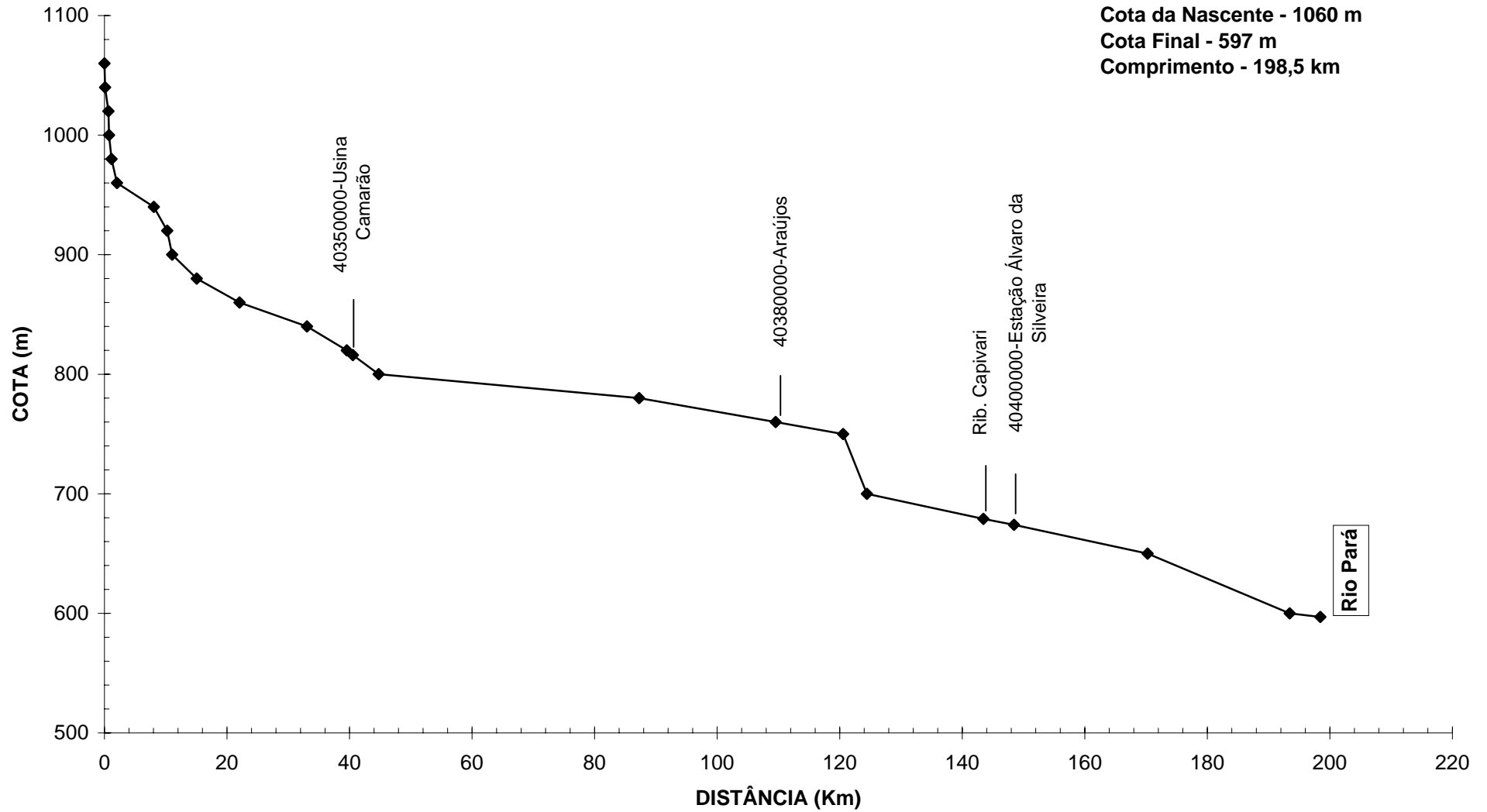


# PERFIL LONGITUDINAL DO RIBEIRÃO SERRA AZUL / JUATUBA



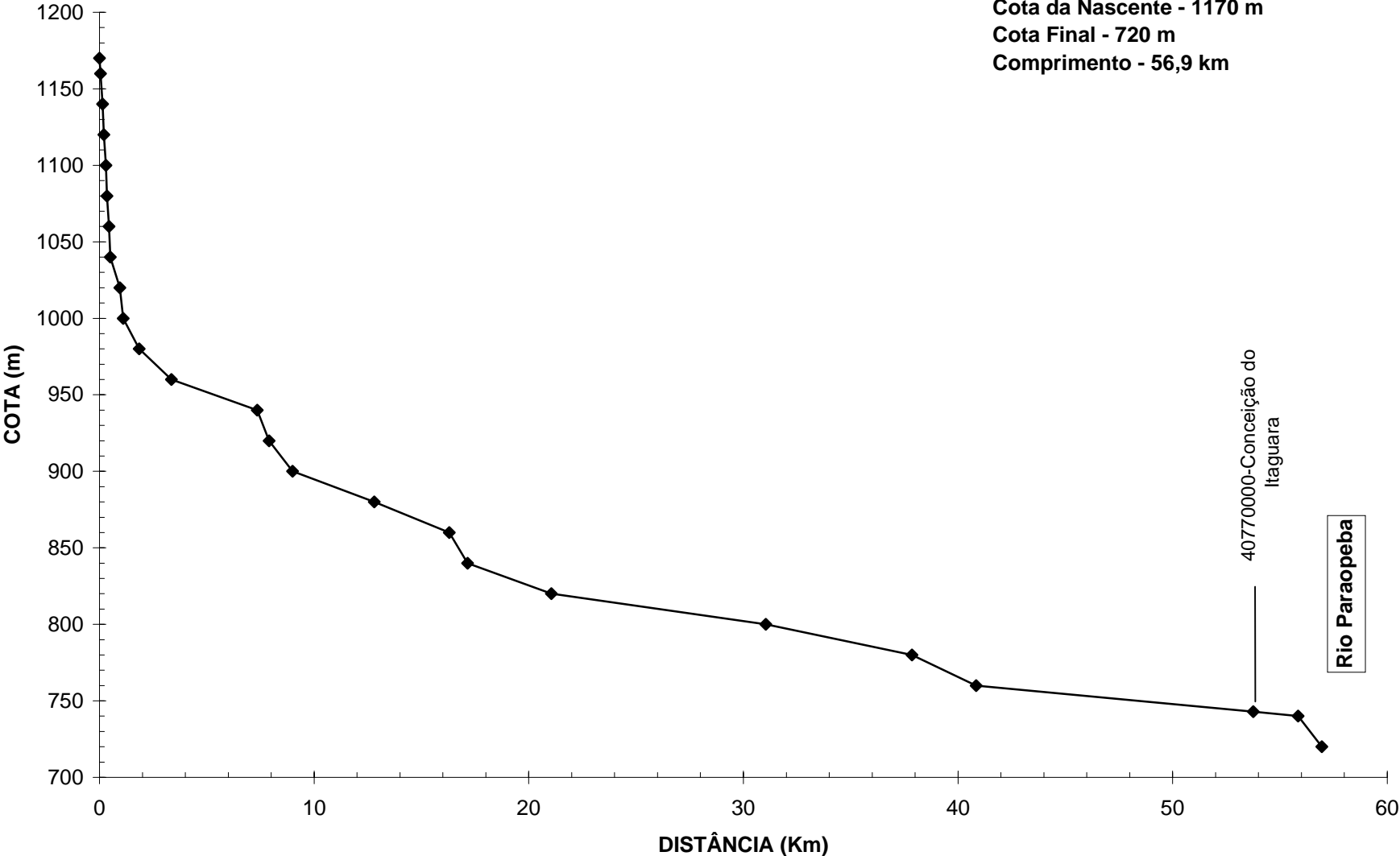
# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO LAMBARI

Cota da Nascente - 1060 m  
Cota Final - 597 m  
Comprimento - 198,5 km



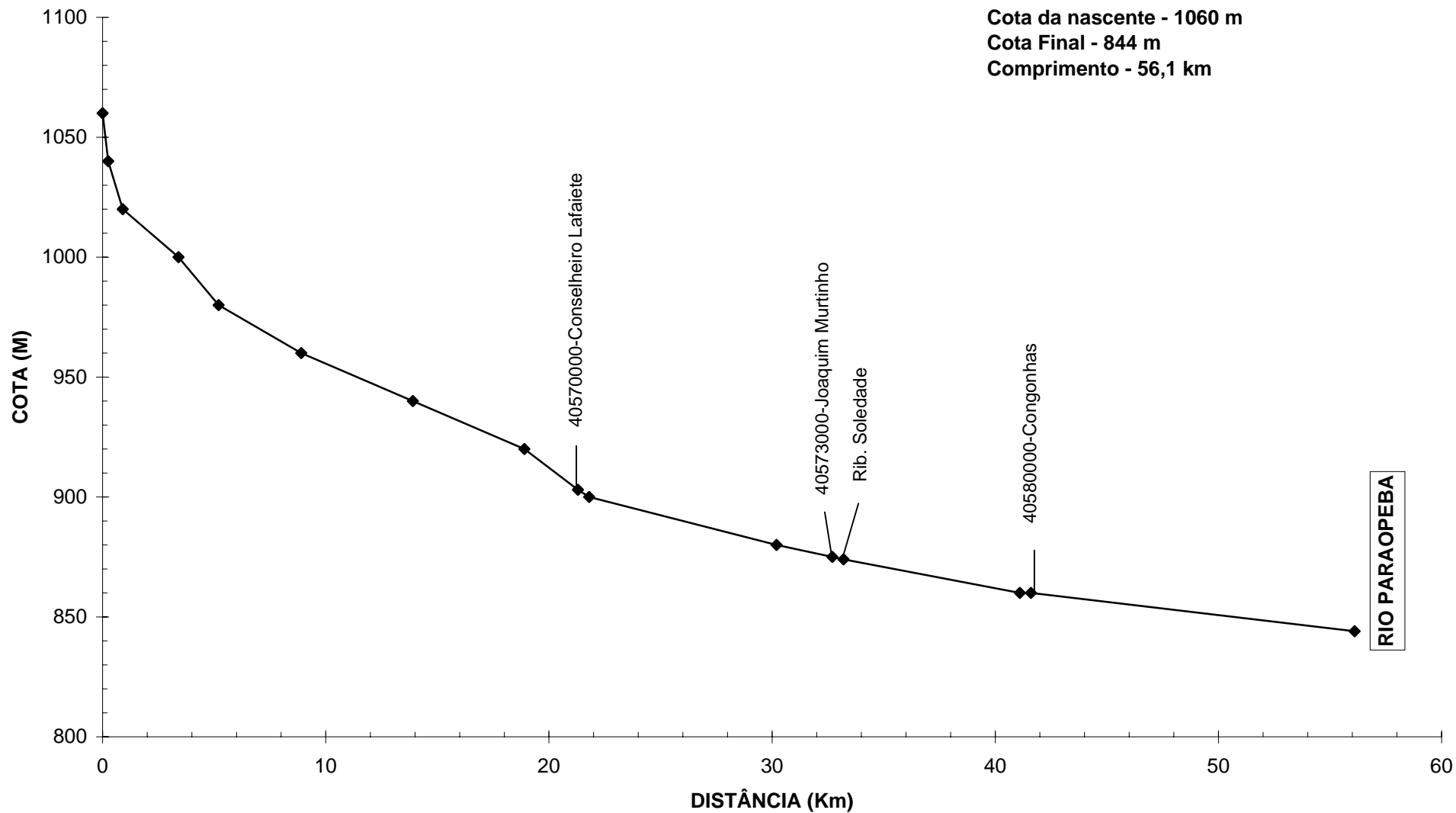
# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO MANSO

Cota da Nascente - 1170 m  
Cota Final - 720 m  
Comprimento - 56,9 km



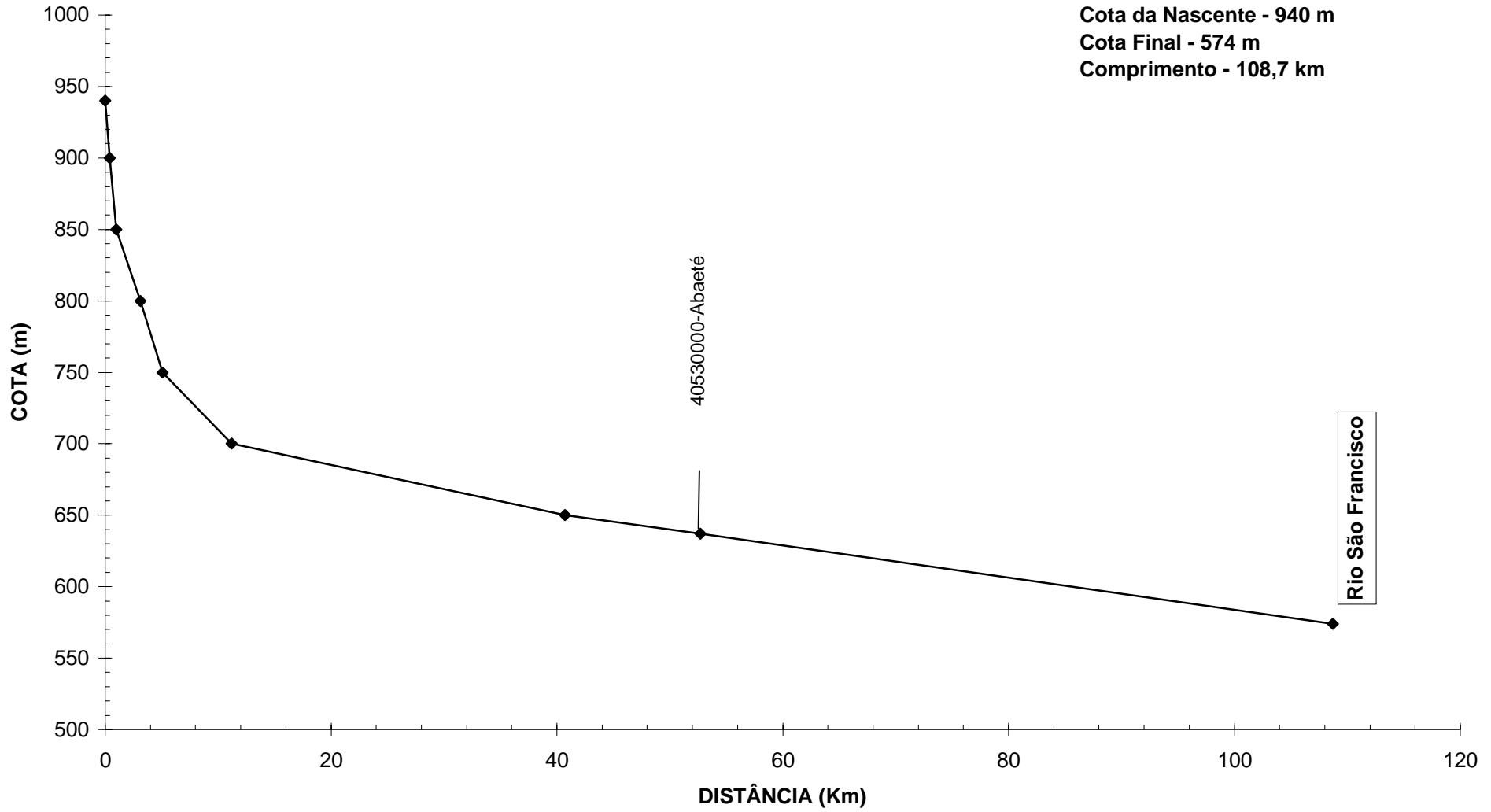
# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO BANANEIRAS / MARANHÃO

Cota da nascente - 1060 m  
Cota Final - 844 m  
Comprimento - 56,1 km

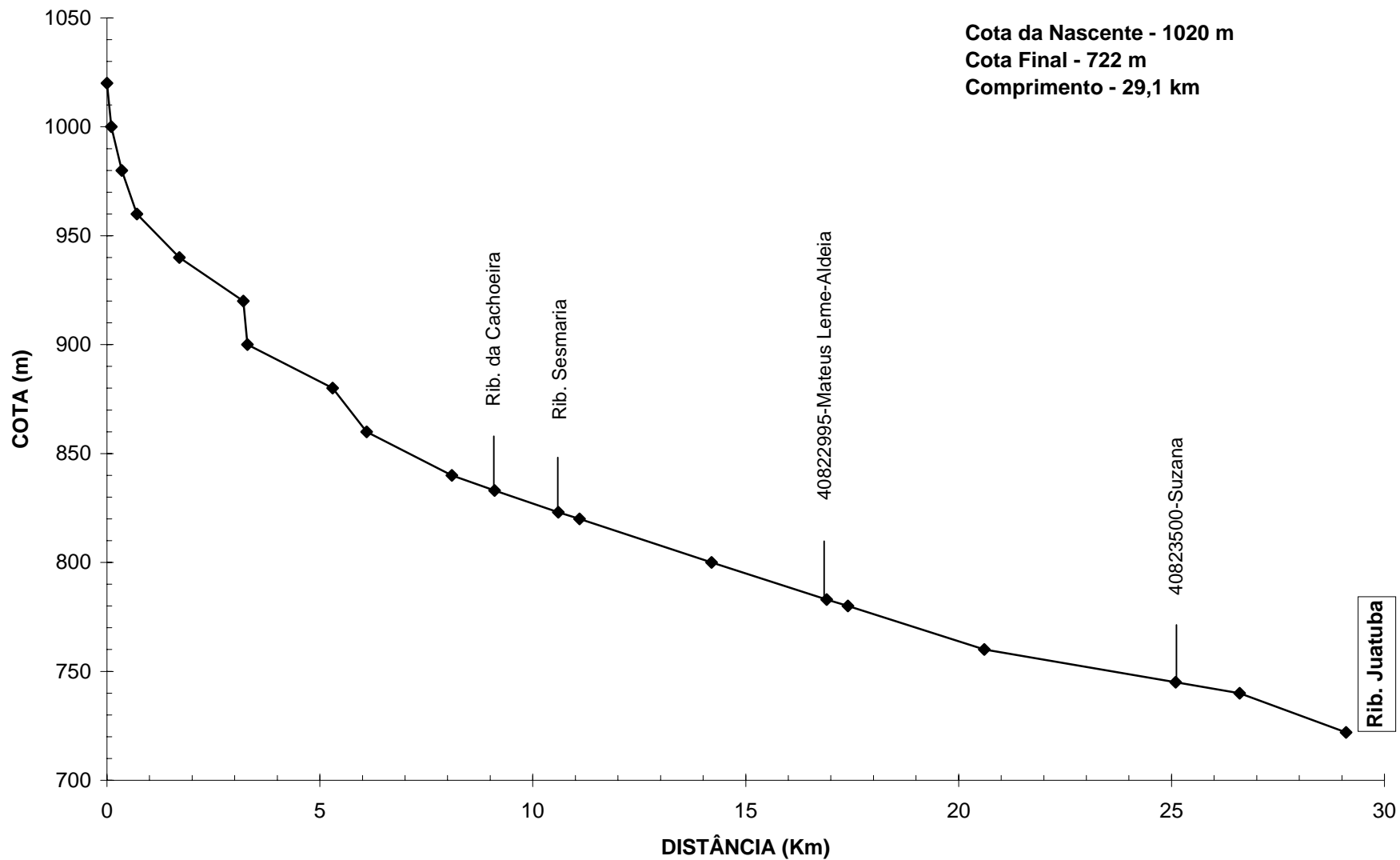


# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO MARMELADA

Cota da Nascente - 940 m  
Cota Final - 574 m  
Comprimento - 108,7 km



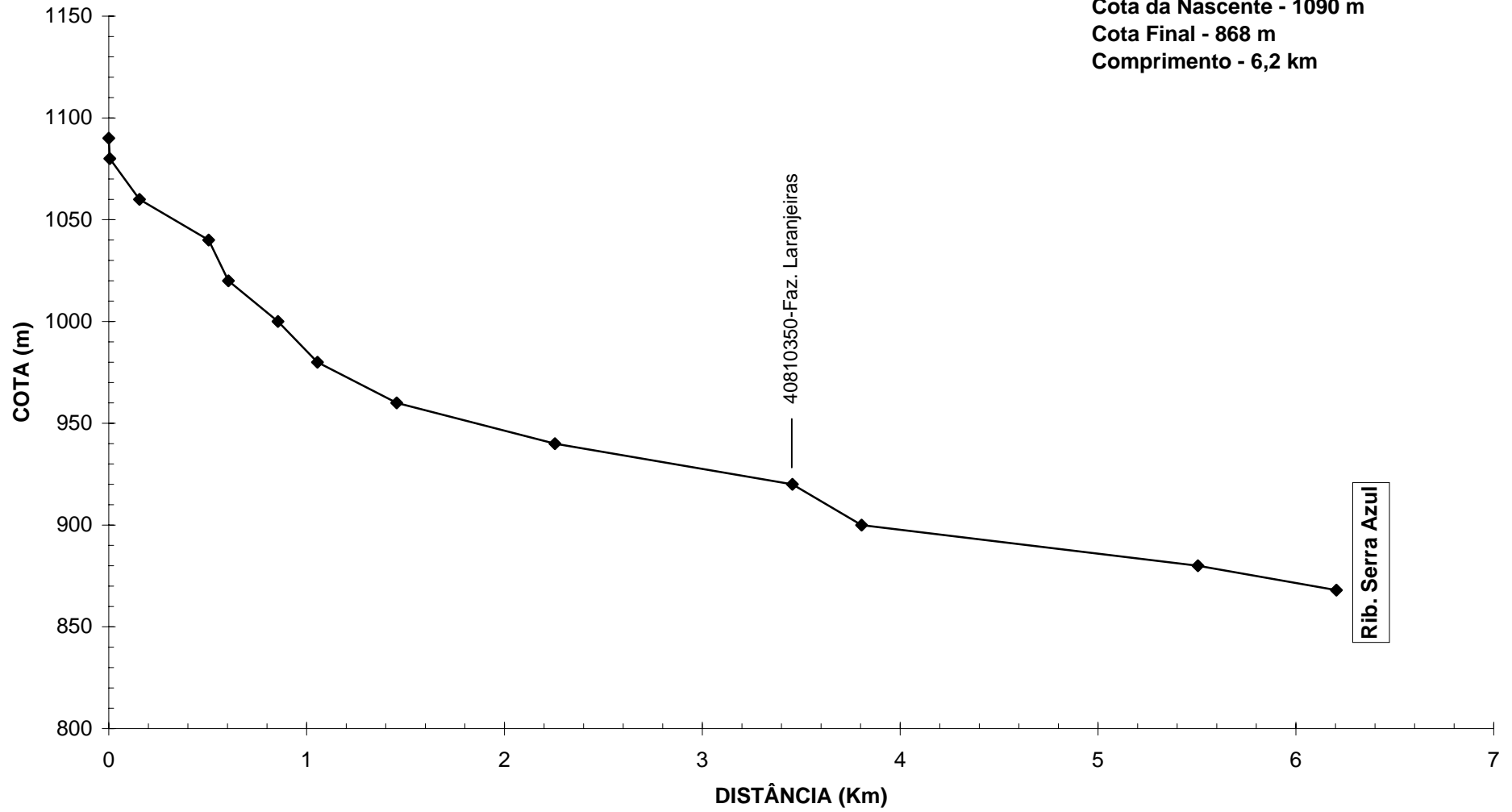
# PERFIL LONGITUDINAL DO RIBEIRÃO MATEUS LEME





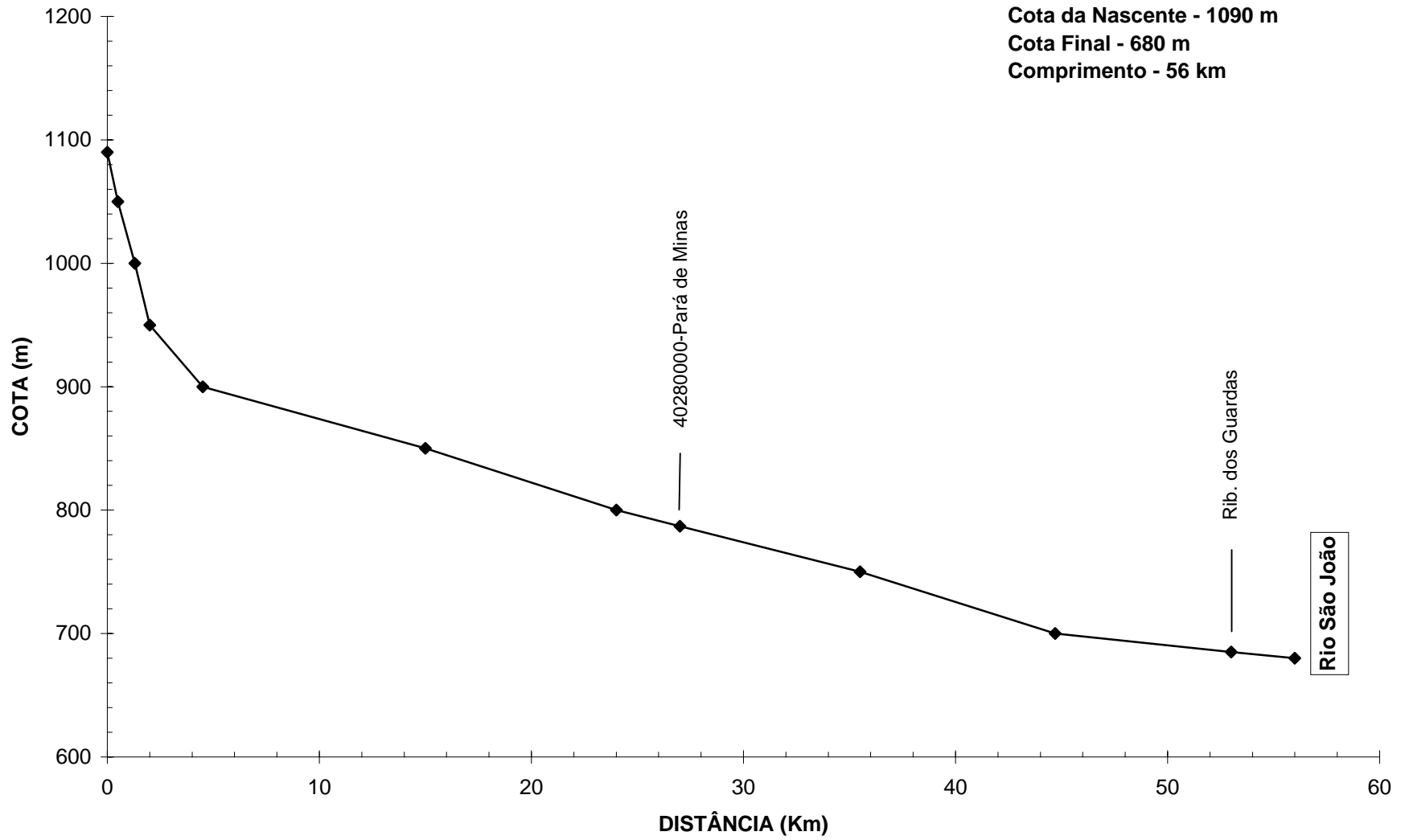
# PERFIL LONGITUDINAL DO CÓRREGO MATO FRIO

Cota da Nascente - 1090 m  
Cota Final - 868 m  
Comprimento - 6,2 km



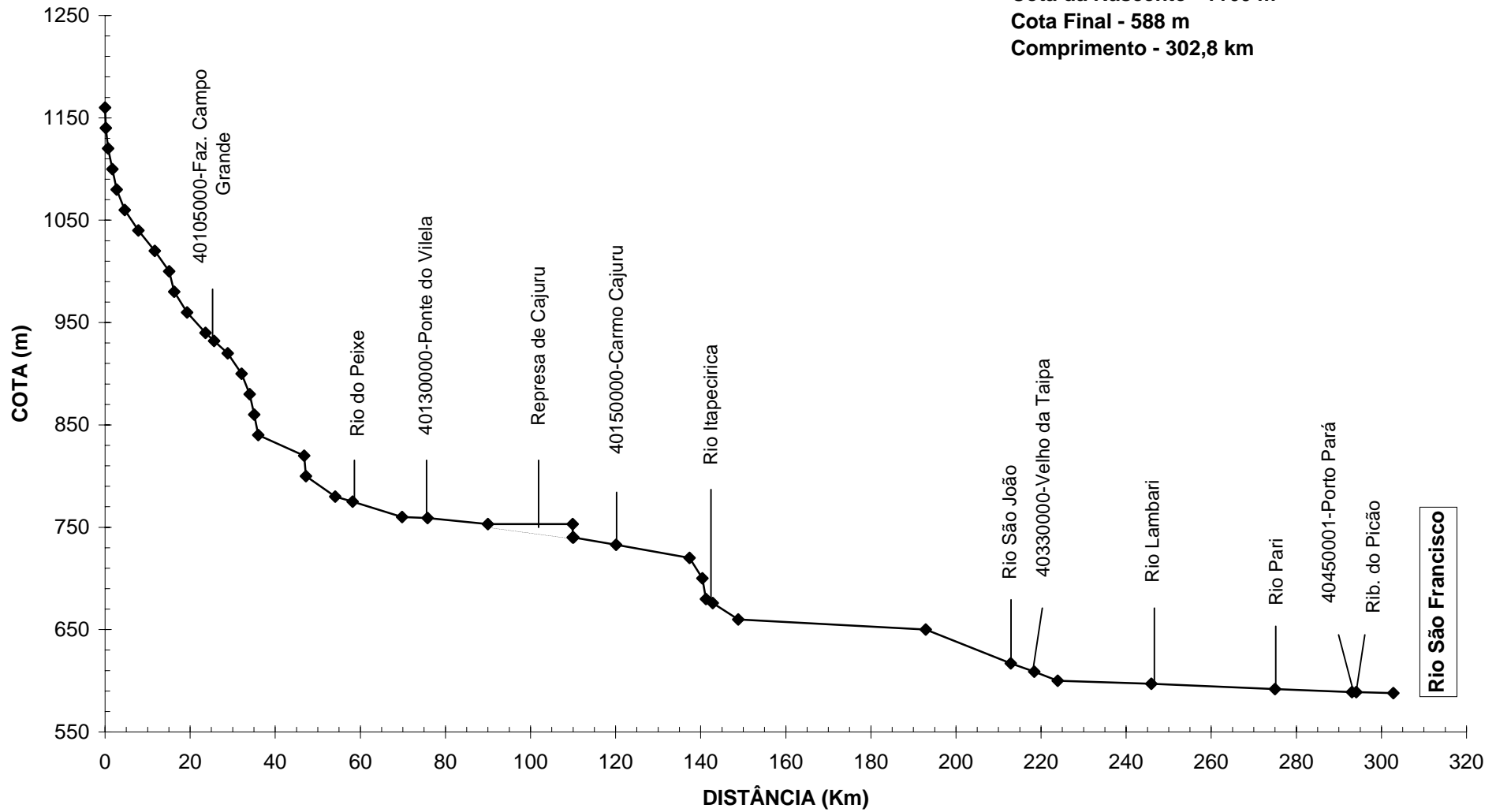
# PERFIL LONGITUDINAL DO RIBEIRÃO PACIÊNCIA

Cota da Nascente - 1090 m  
Cota Final - 680 m  
Comprimento - 56 km



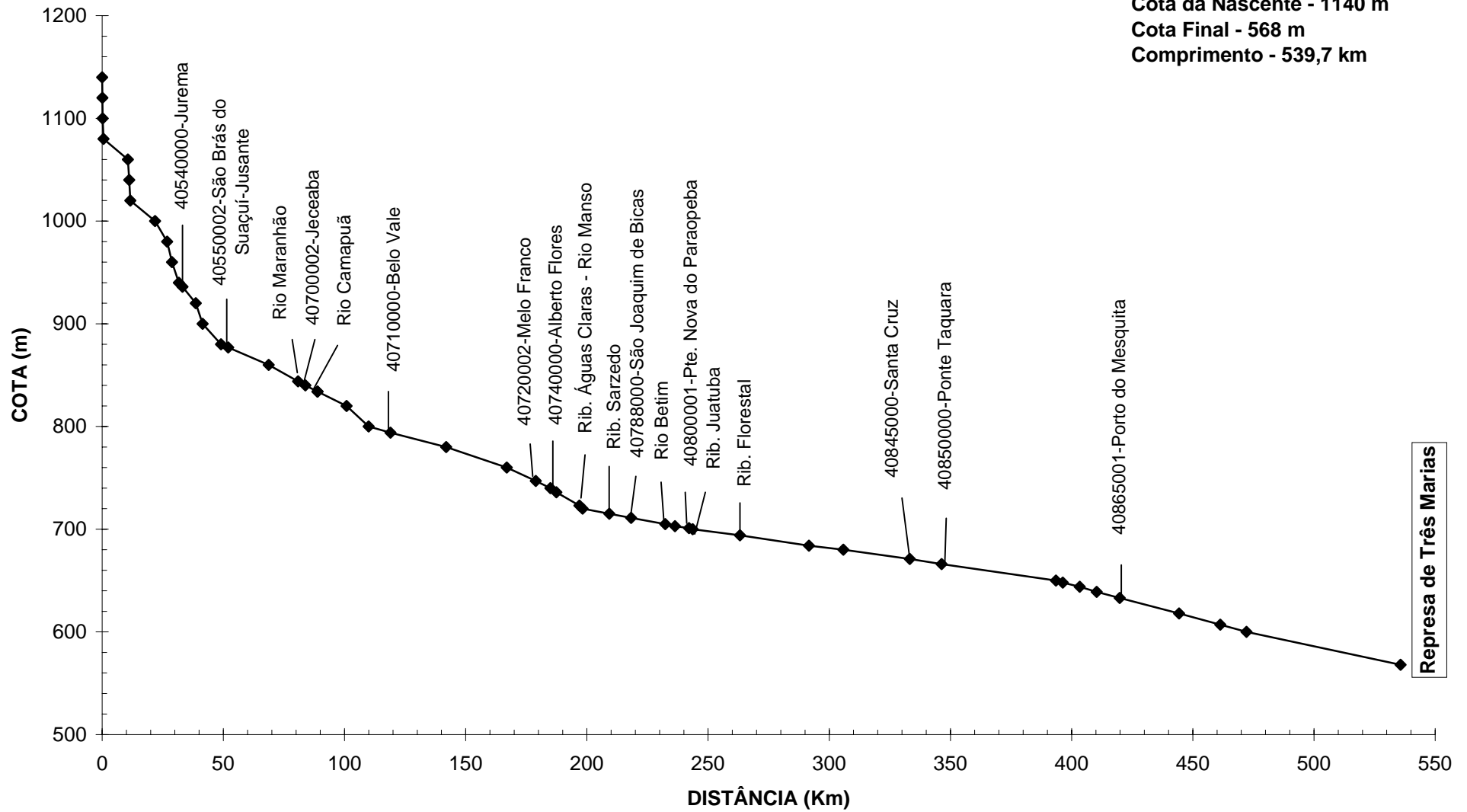
# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO PARÁ

Cota da Nascente - 1160 m  
Cota Final - 588 m  
Comprimento - 302,8 km

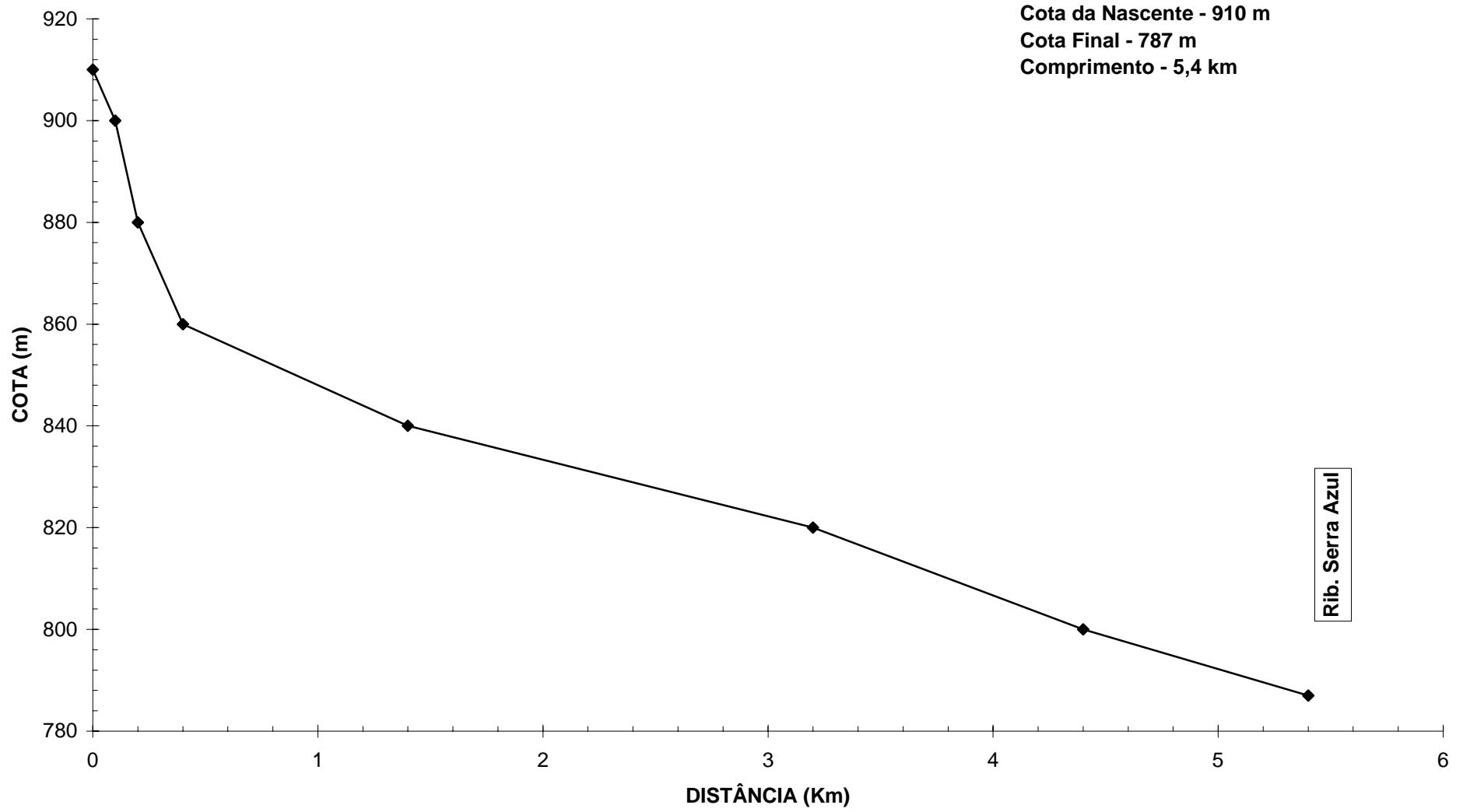


# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO PARAPEBA

Cota da Nascente - 1140 m  
Cota Final - 568 m  
Comprimento - 539,7 km

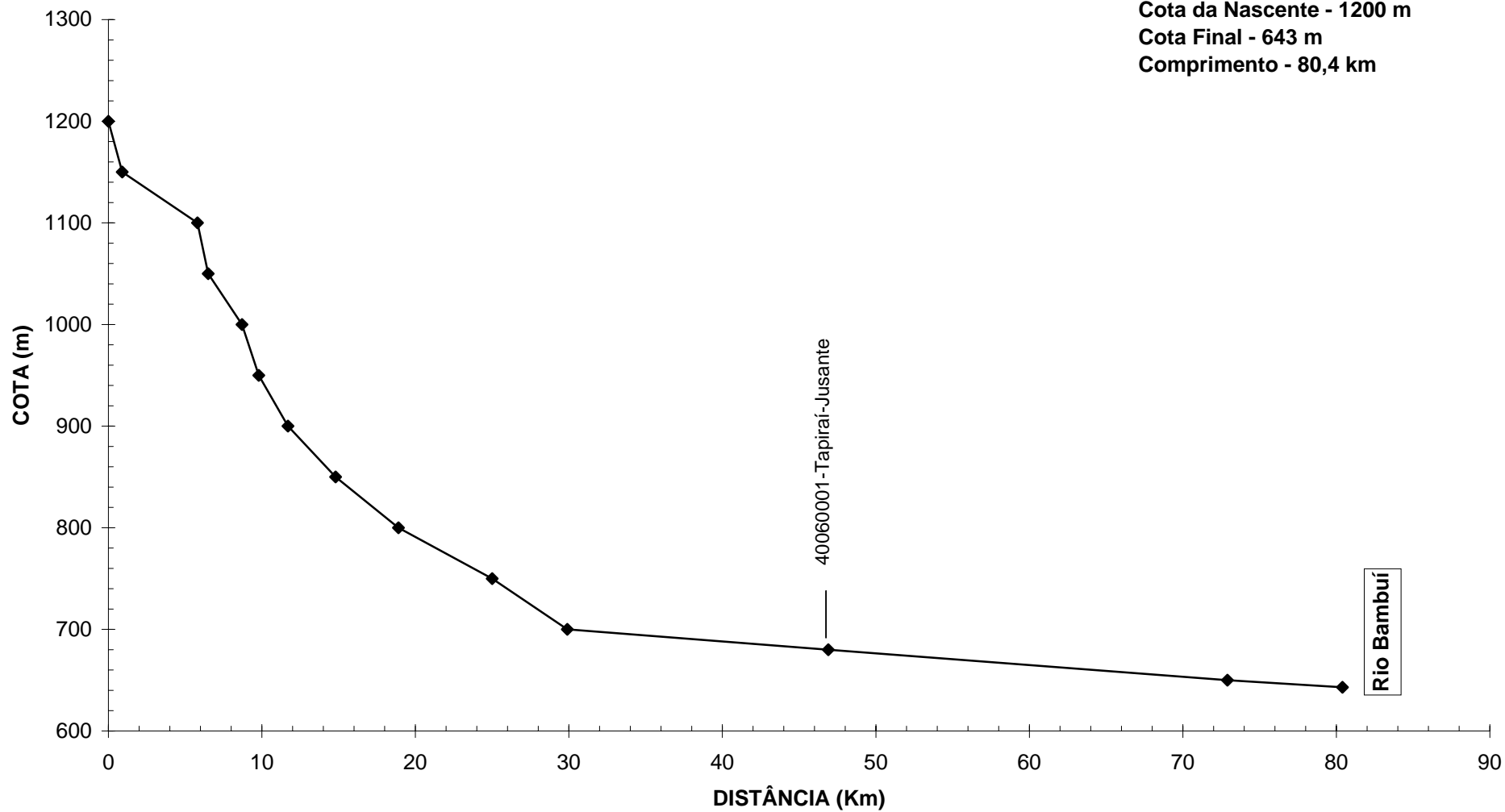


# PERFIL DO CÓRREGO DA PEDREIRA



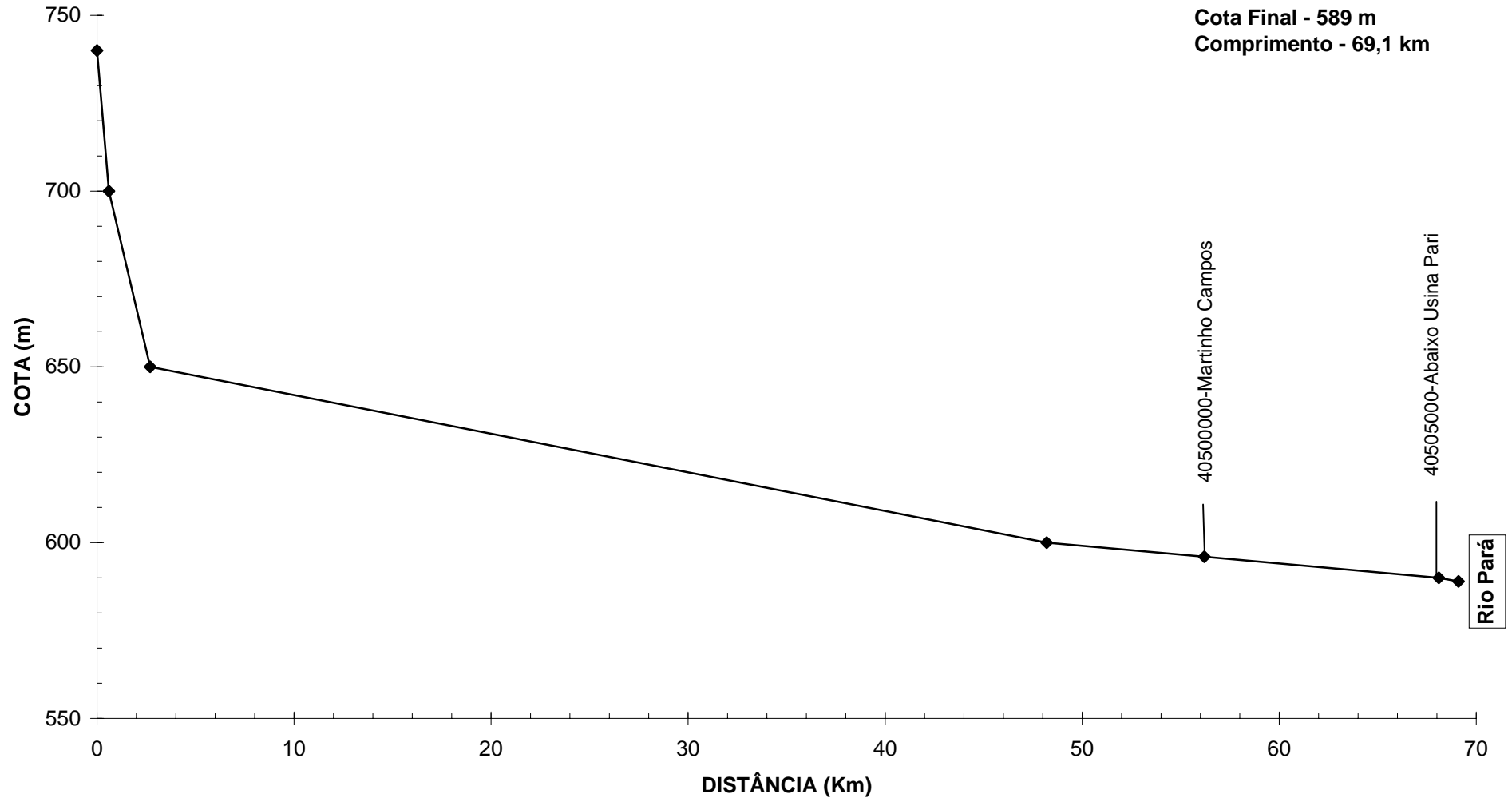
# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO DA PERDIÇÃO

Cota da Nascente - 1200 m  
Cota Final - 643 m  
Comprimento - 80,4 km



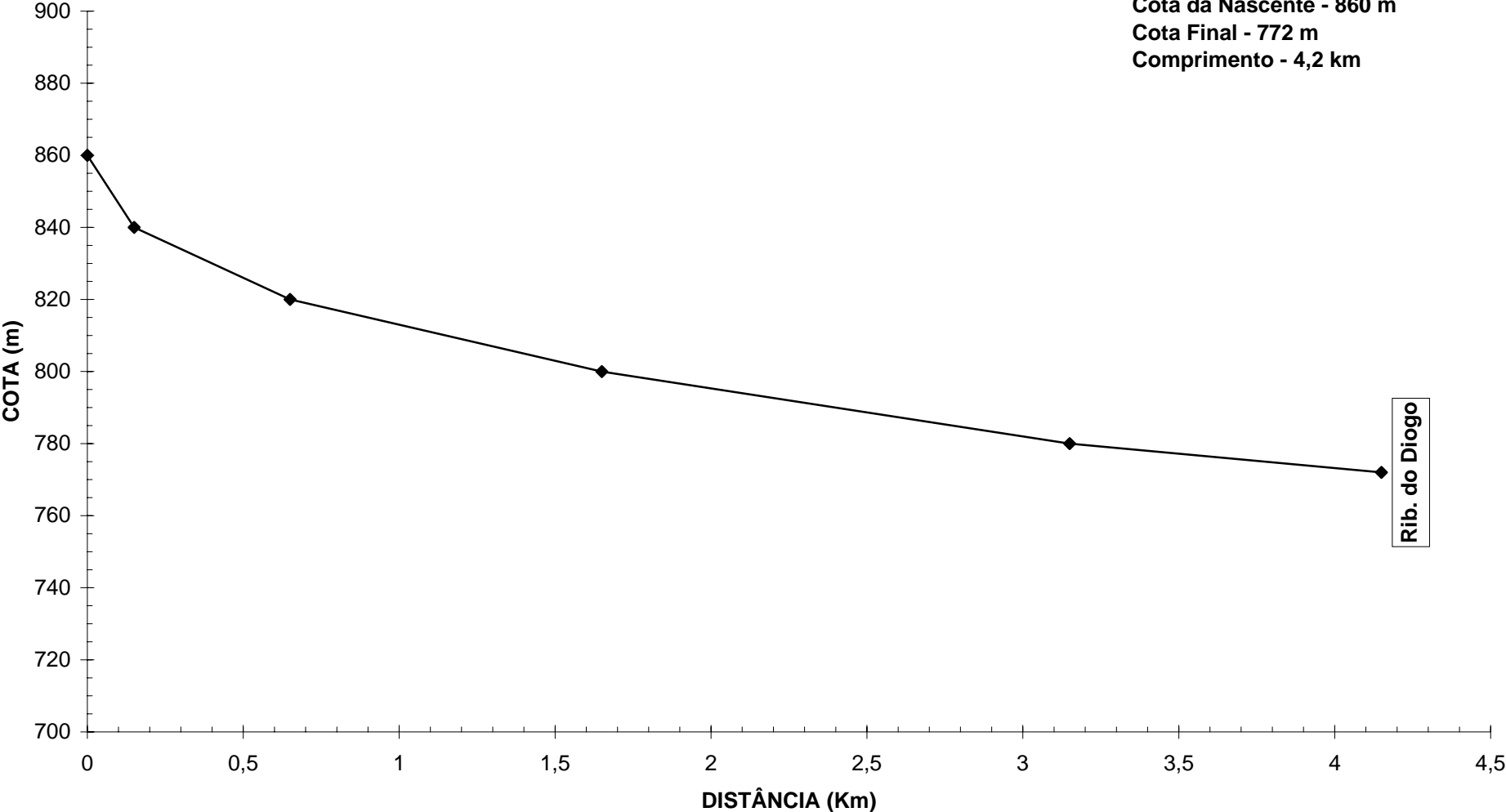
# PERFIL LONGITUDINAL DO RIBEIRÃO DO PICÃO

Cota da Nascente - 740 m  
Cota Final - 589 m  
Comprimento - 69,1 km



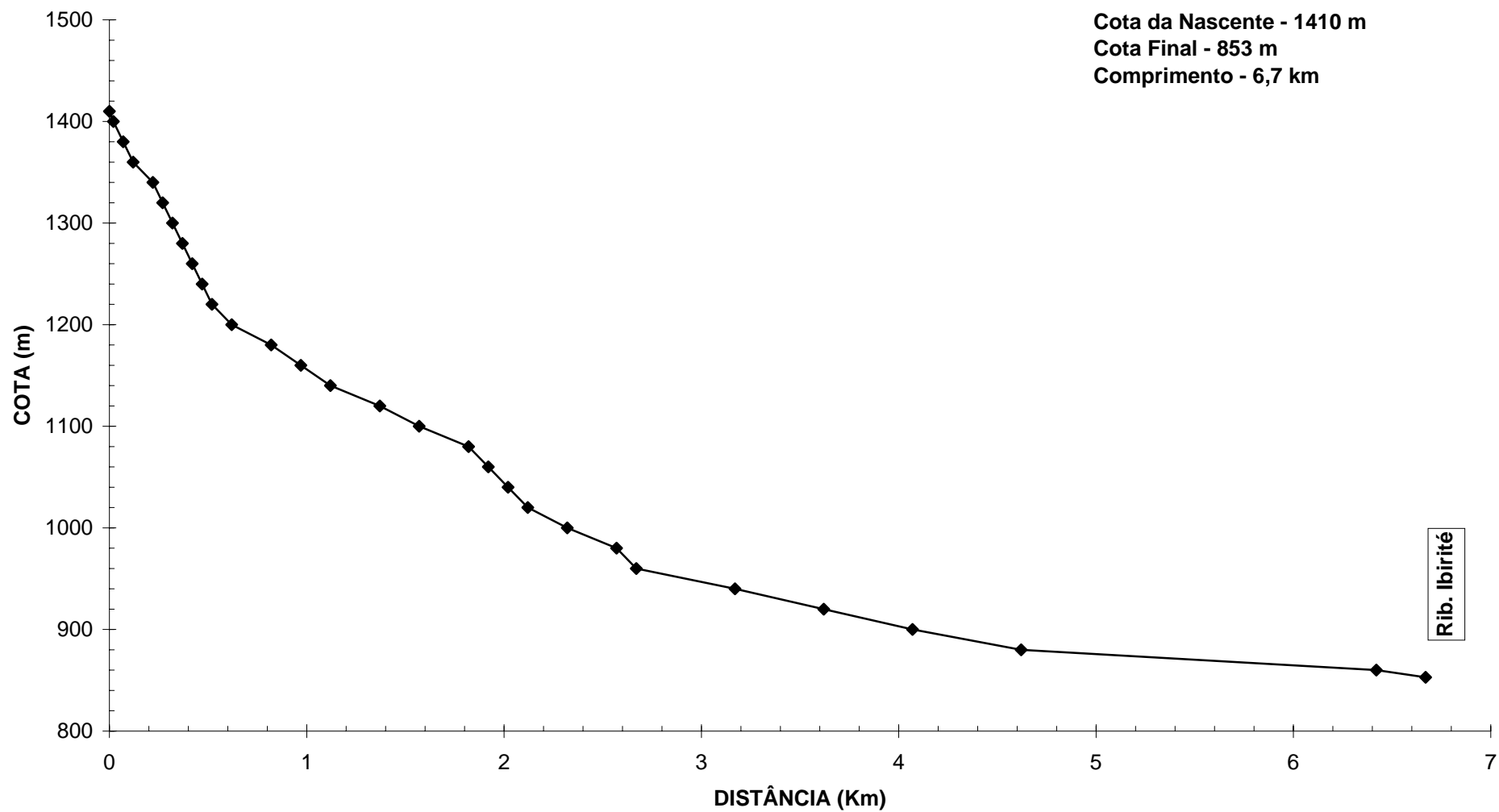
### PERFIL LONGITUDINAL DO CÓRREGO DO POTREIRO

Cota da Nascente - 860 m  
Cota Final - 772 m  
Comprimento - 4,2 km



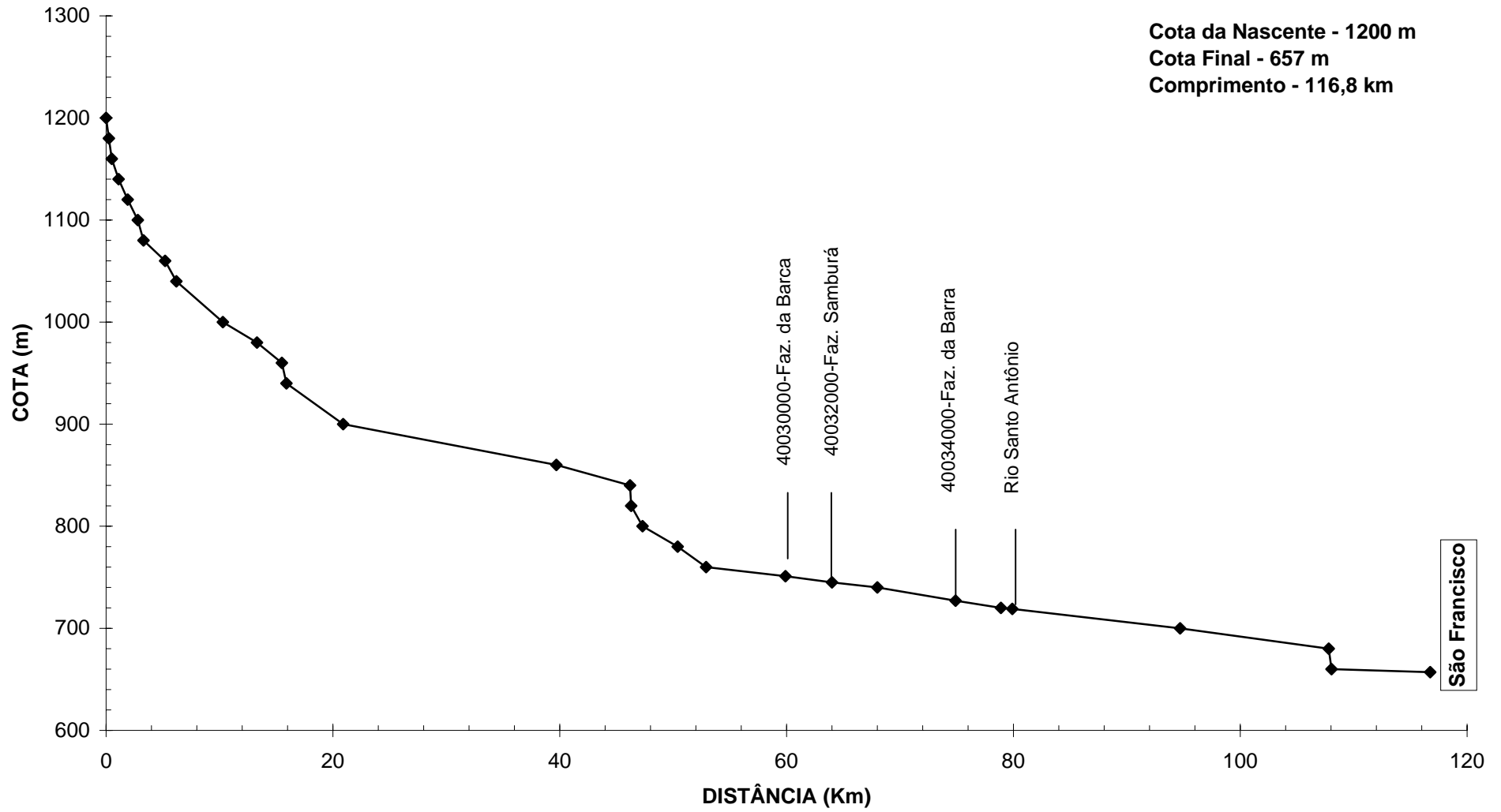


### PERFIL LONGITUDINAL DO CÓRREGO ROLA MOÇA

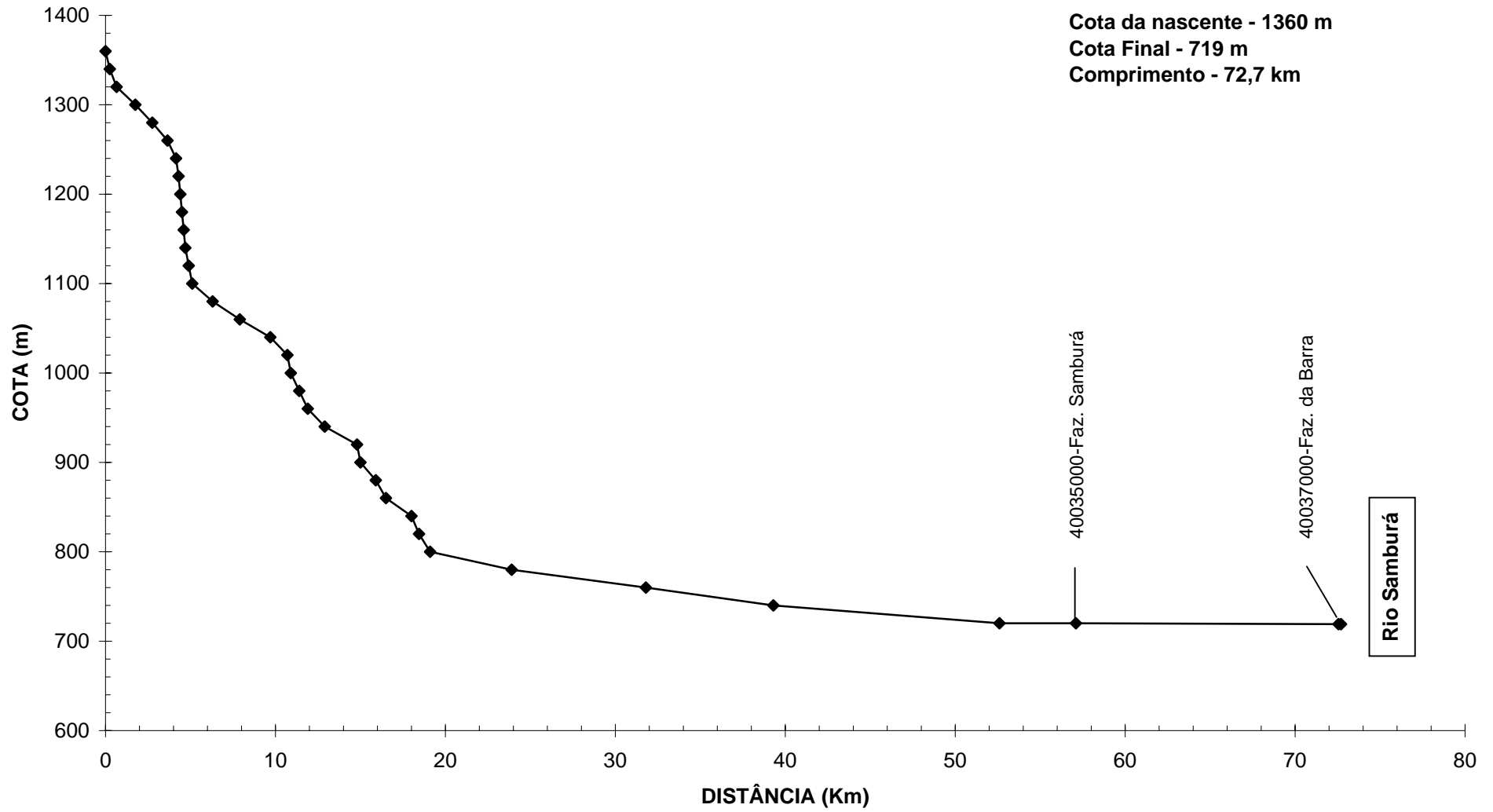


# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO SAMBURÁ

Cota da Nascente - 1200 m  
Cota Final - 657 m  
Comprimento - 116,8 km

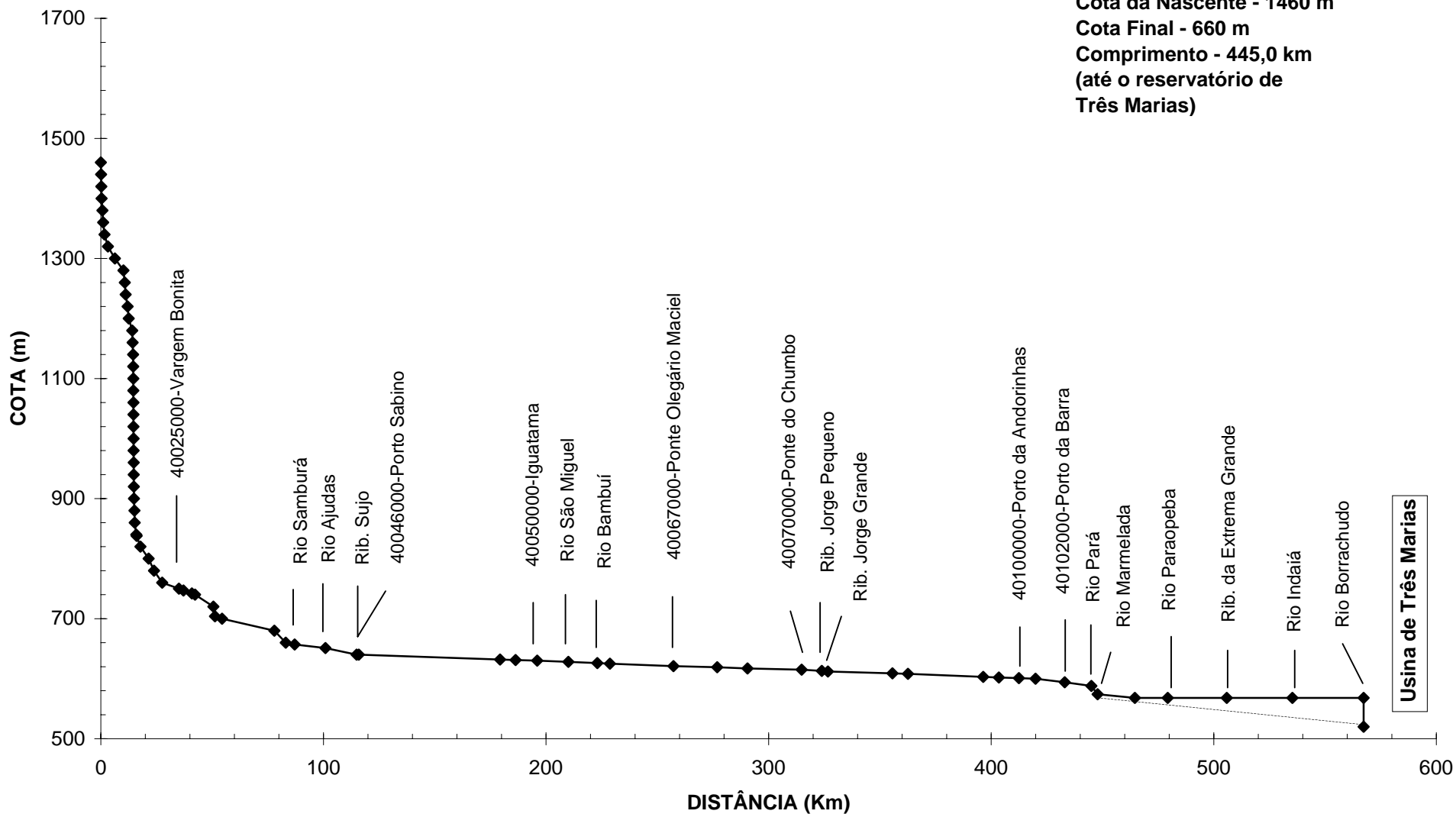


# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO SANTO ANTÔNIO



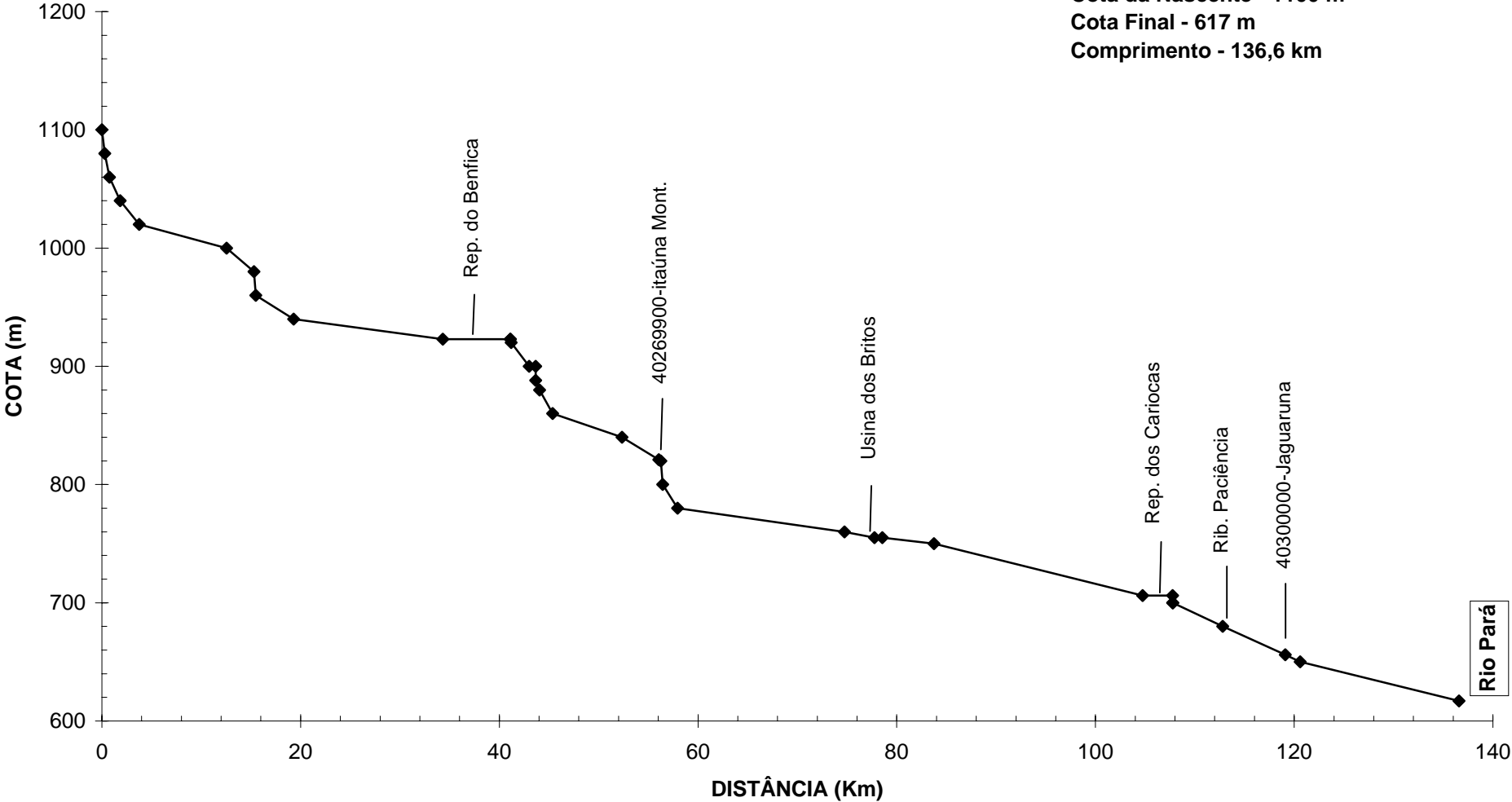
# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO SÃO FRANCISCO

Cota da Nascente - 1460 m  
Cota Final - 660 m  
Comprimento - 445,0 km  
(até o reservatório de  
Três Marias)

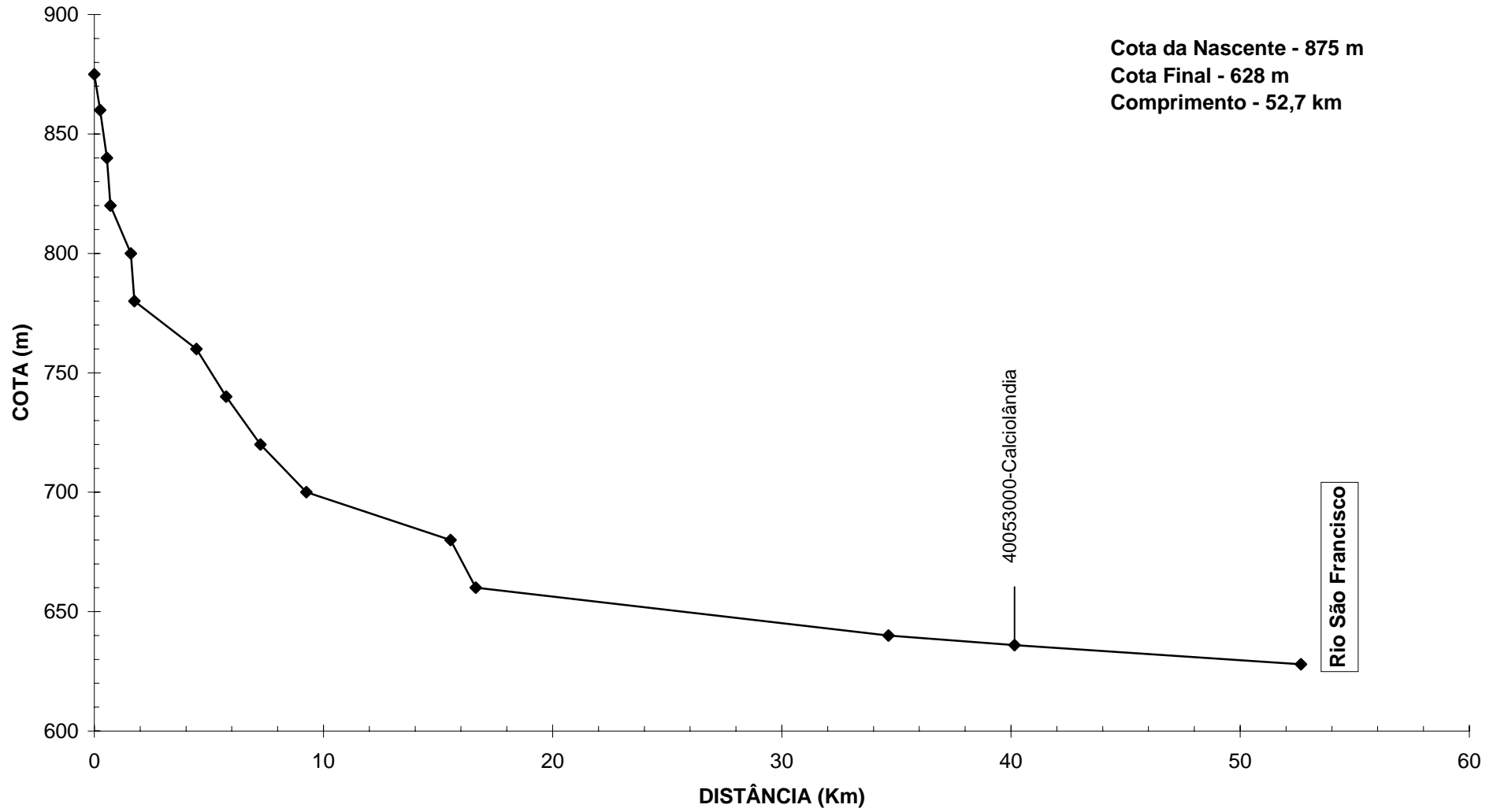


# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO SÃO JOÃO

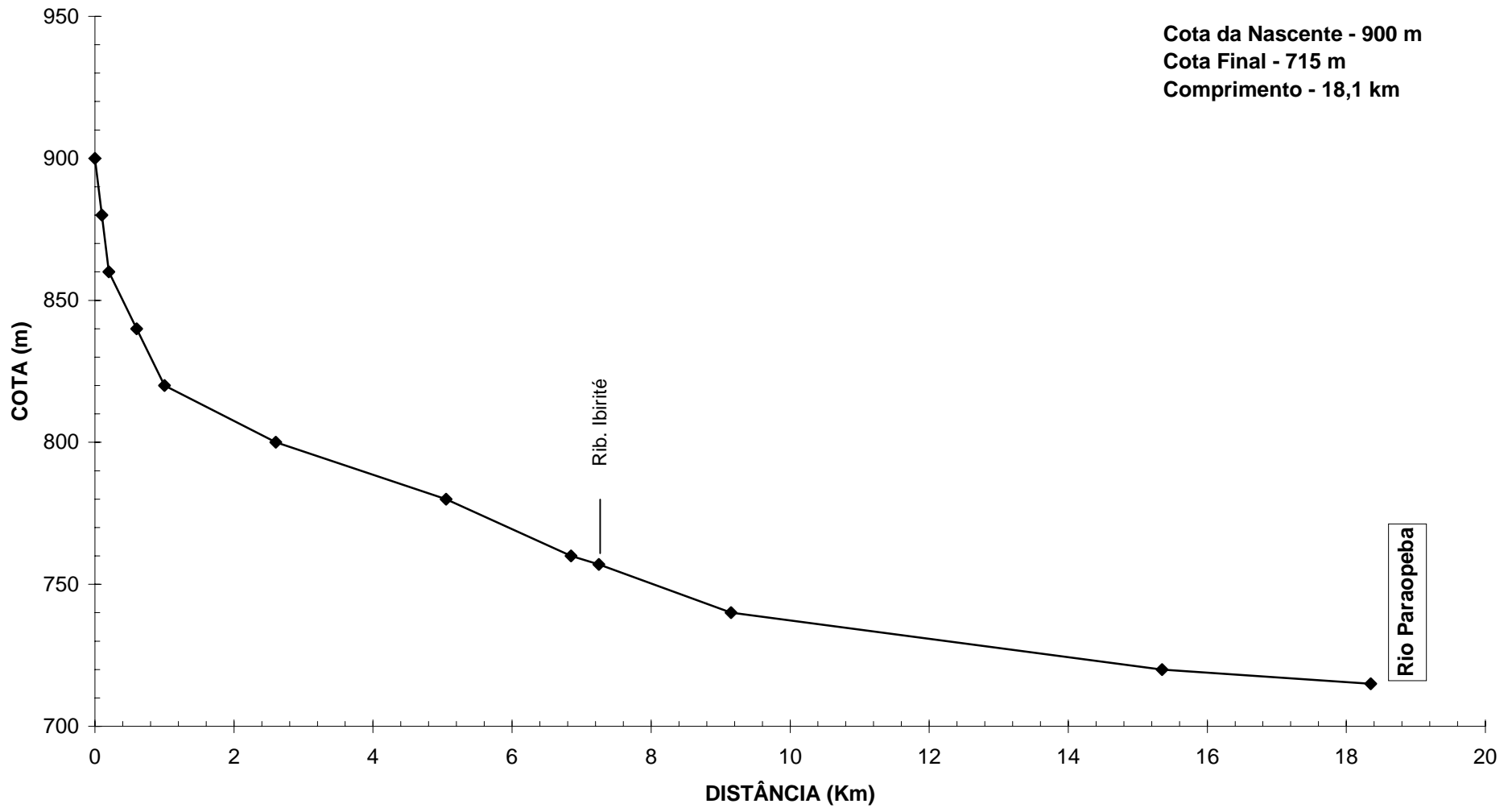
Cota da Nascente - 1100 m  
Cota Final - 617 m  
Comprimento - 136,6 km



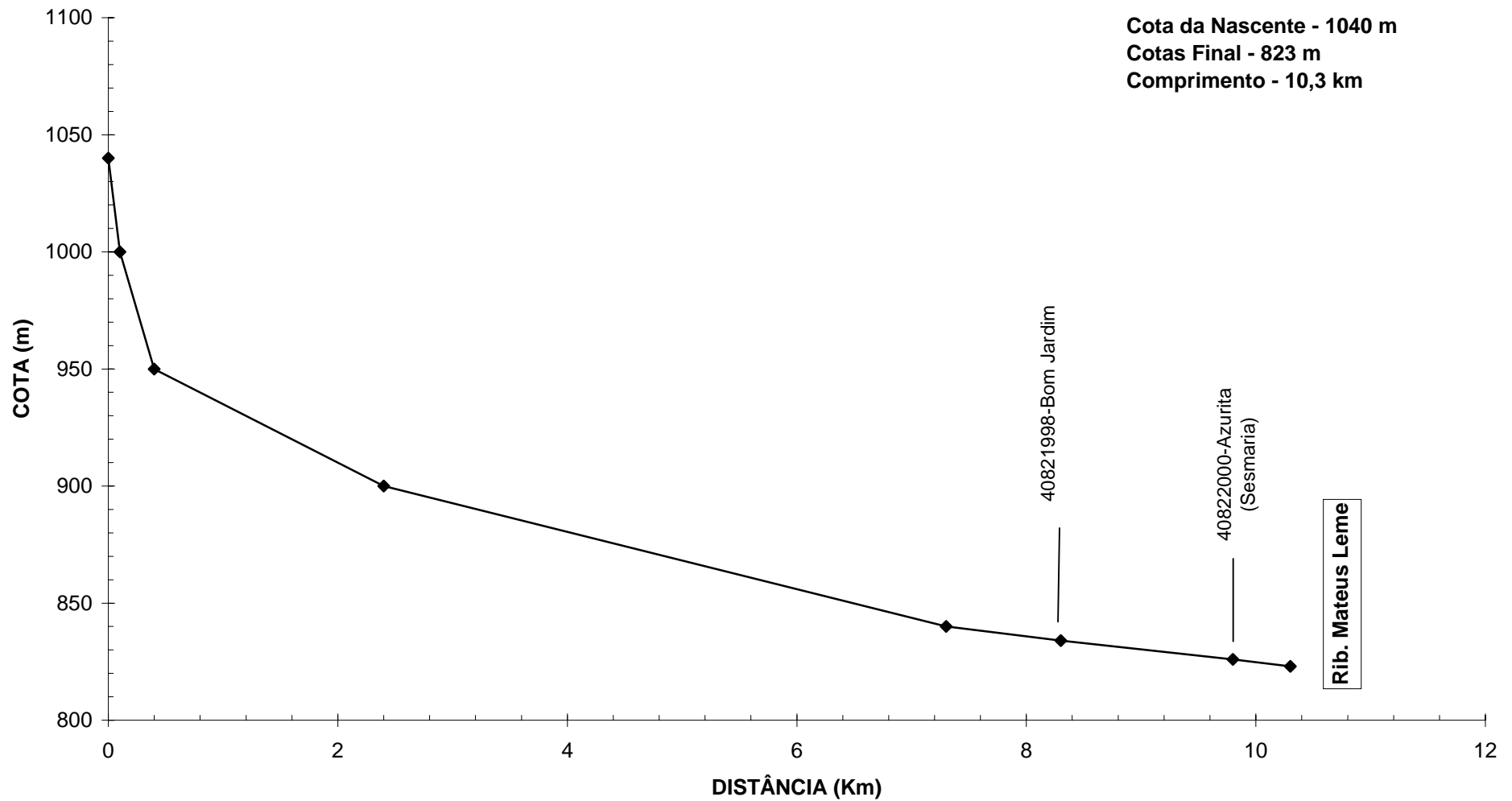
# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO SÃO MIGUEL



# PERFIL LONGITUDINAL DO RIBEIRÃO SARZEDO



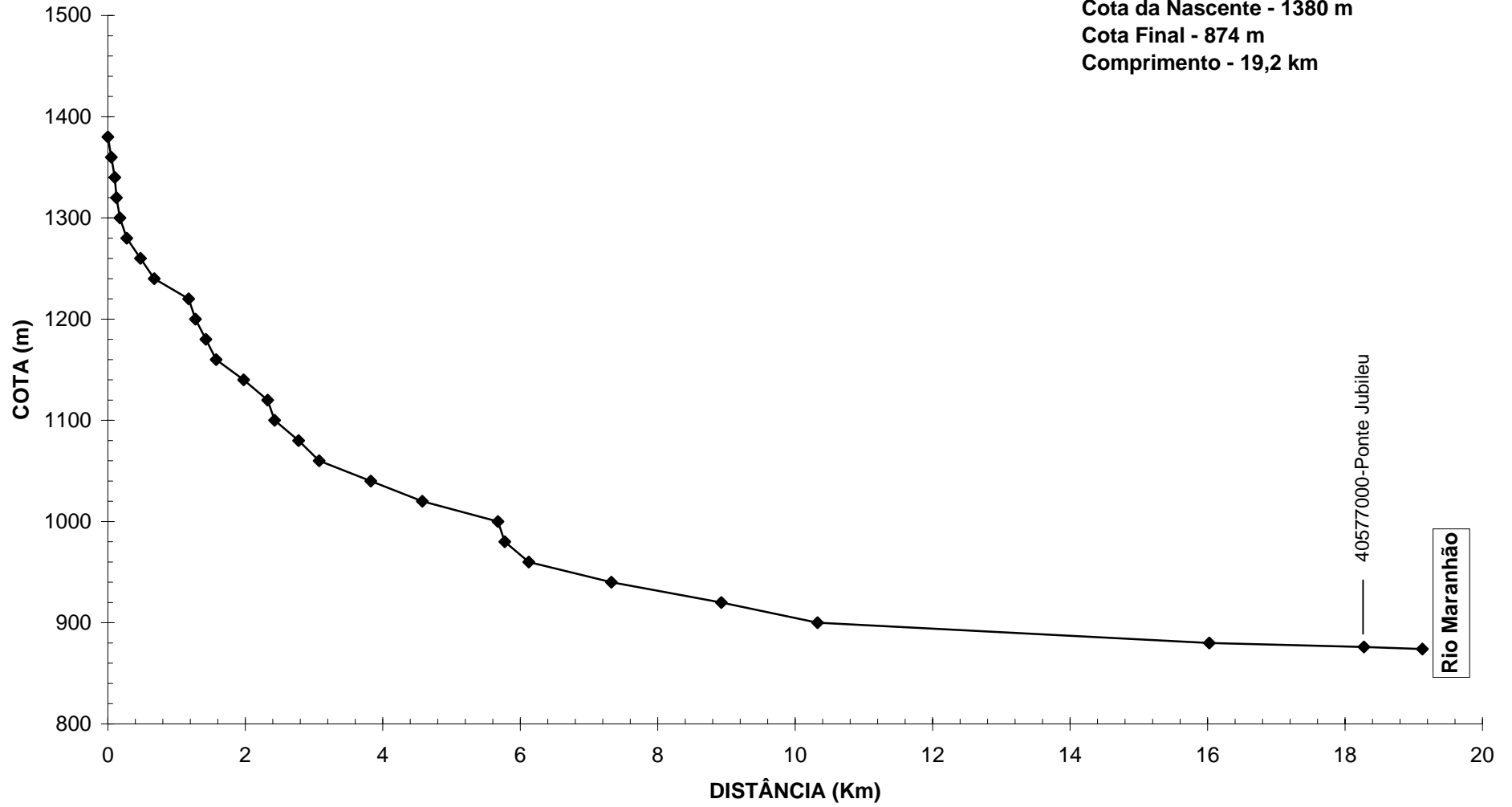
# PERFIL LONGITUDINAL DO RIBEIRÃO SESMARIA



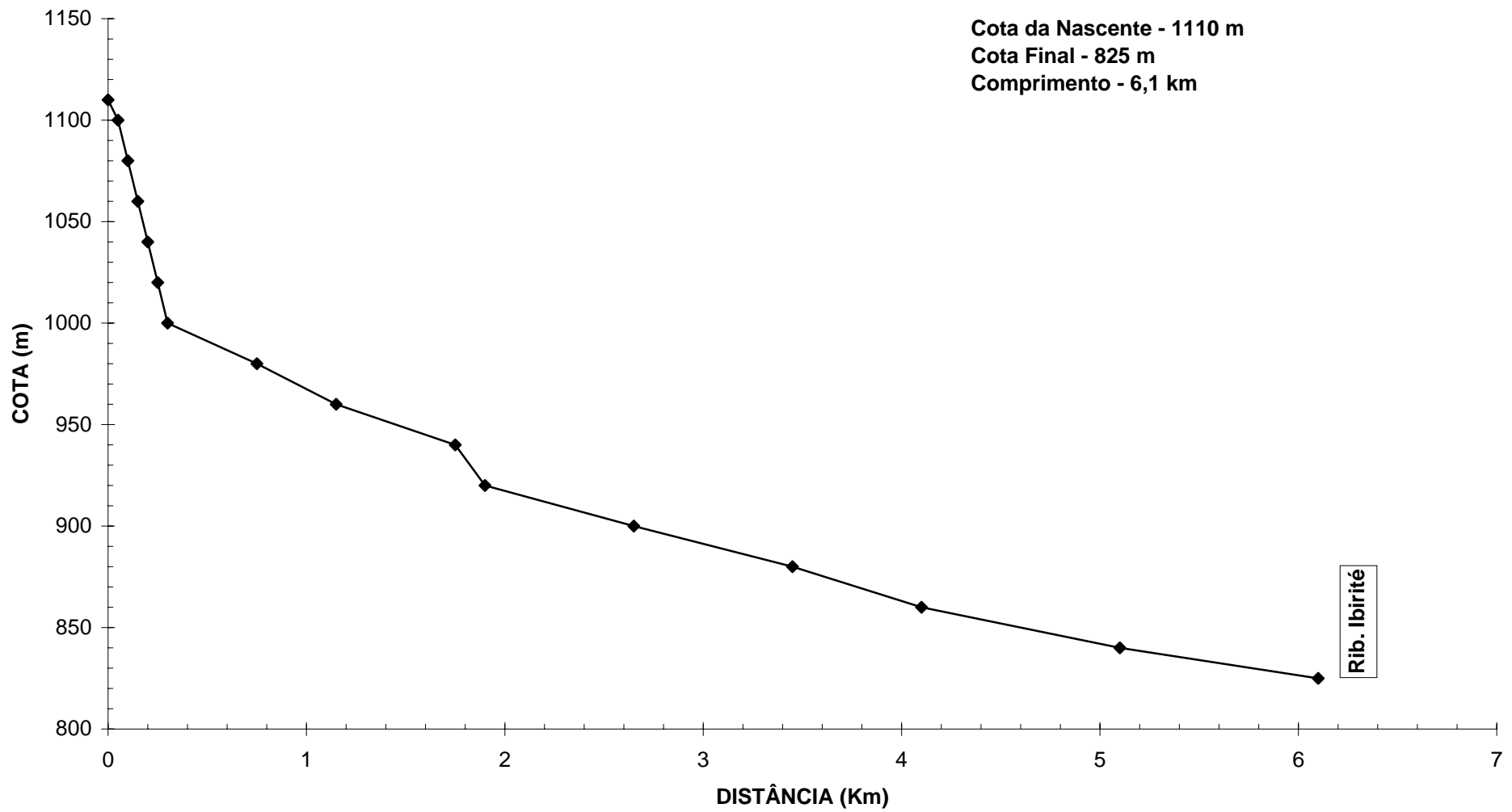


# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO SOLEDADE

Cota da Nascente - 1380 m  
Cota Final - 874 m  
Comprimento - 19,2 km



# PERFIL LONGITUDINAL DO CÓRREGO TABUÕES



## **ANEXO E**

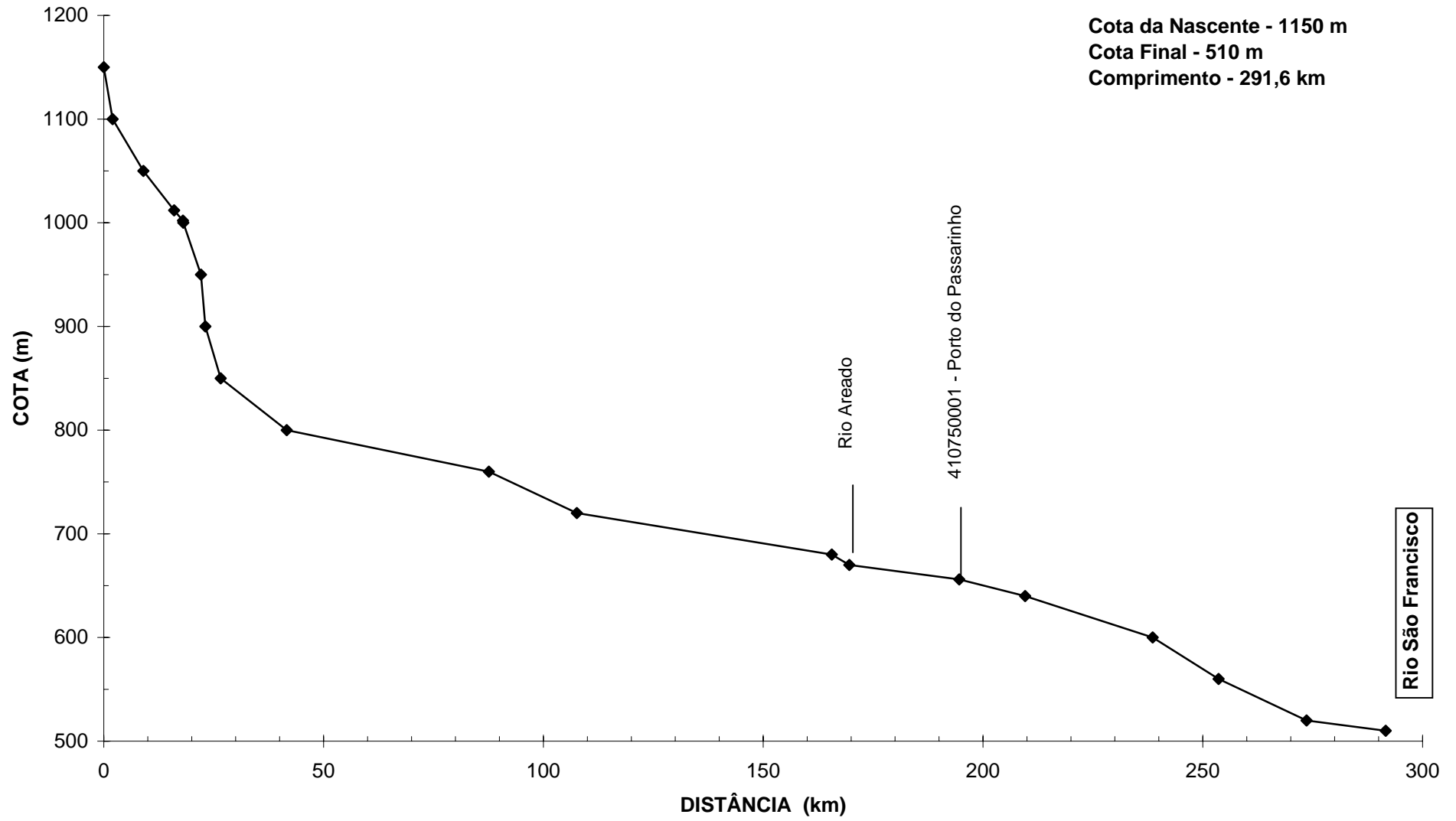
### **PERFIS LONGITUDINAIS DA SUB-BACIA 41**

**Rio Abaeté  
Ribeirão Areado  
Ribeirão Arrudas  
Ribeirão Bicudo  
Rio Curimataí  
Rio Itabirito  
Rio Jaboticatubas  
Rio Jequitibá**

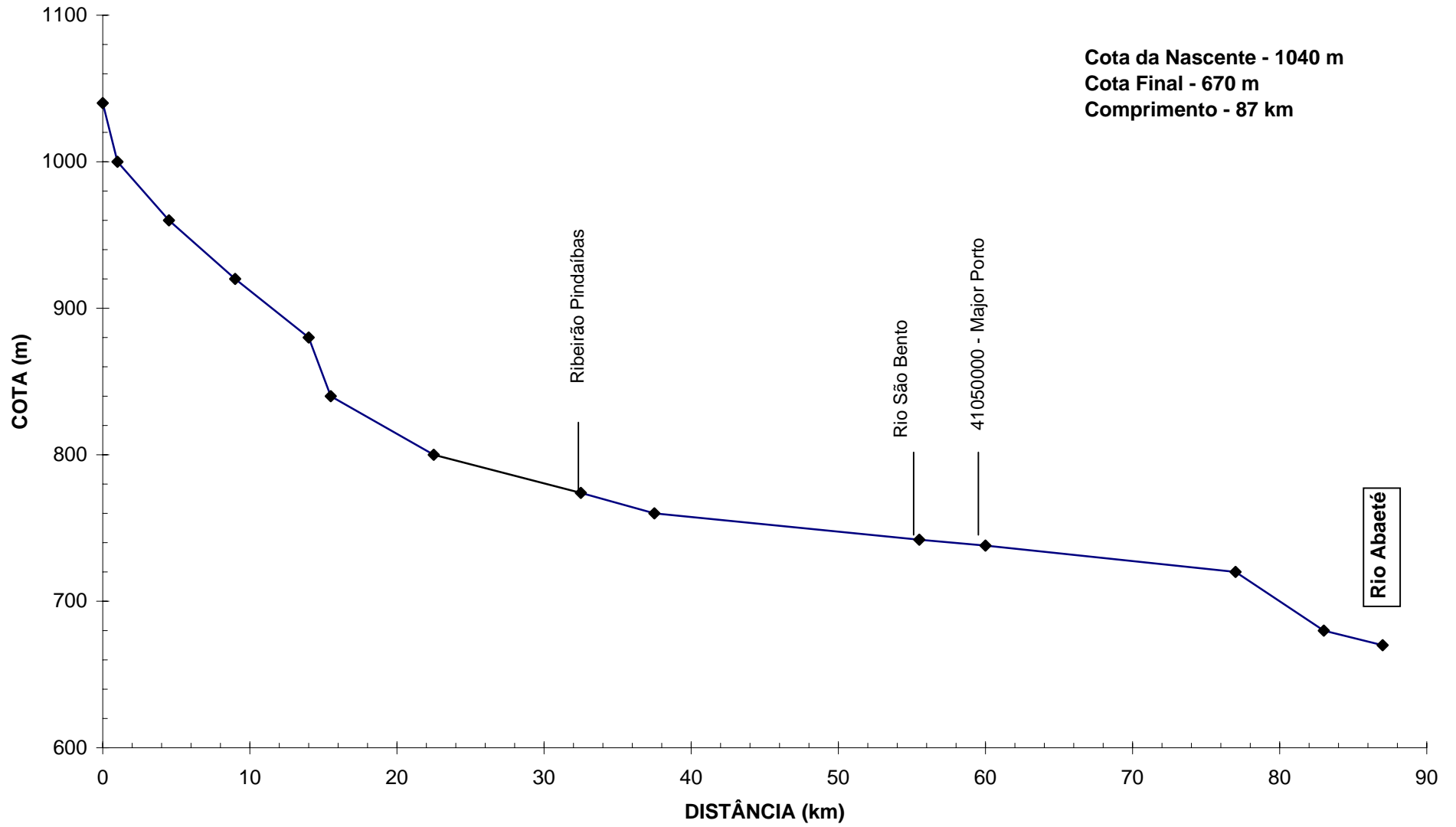
**Ribeirão da Mata  
Ribeirão da Onça  
Rio Paraúna  
Ribeirão Picão  
Rio São Francisco  
Rio Taquaraçu  
Rio das Velhas**

# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO ABAETÉ

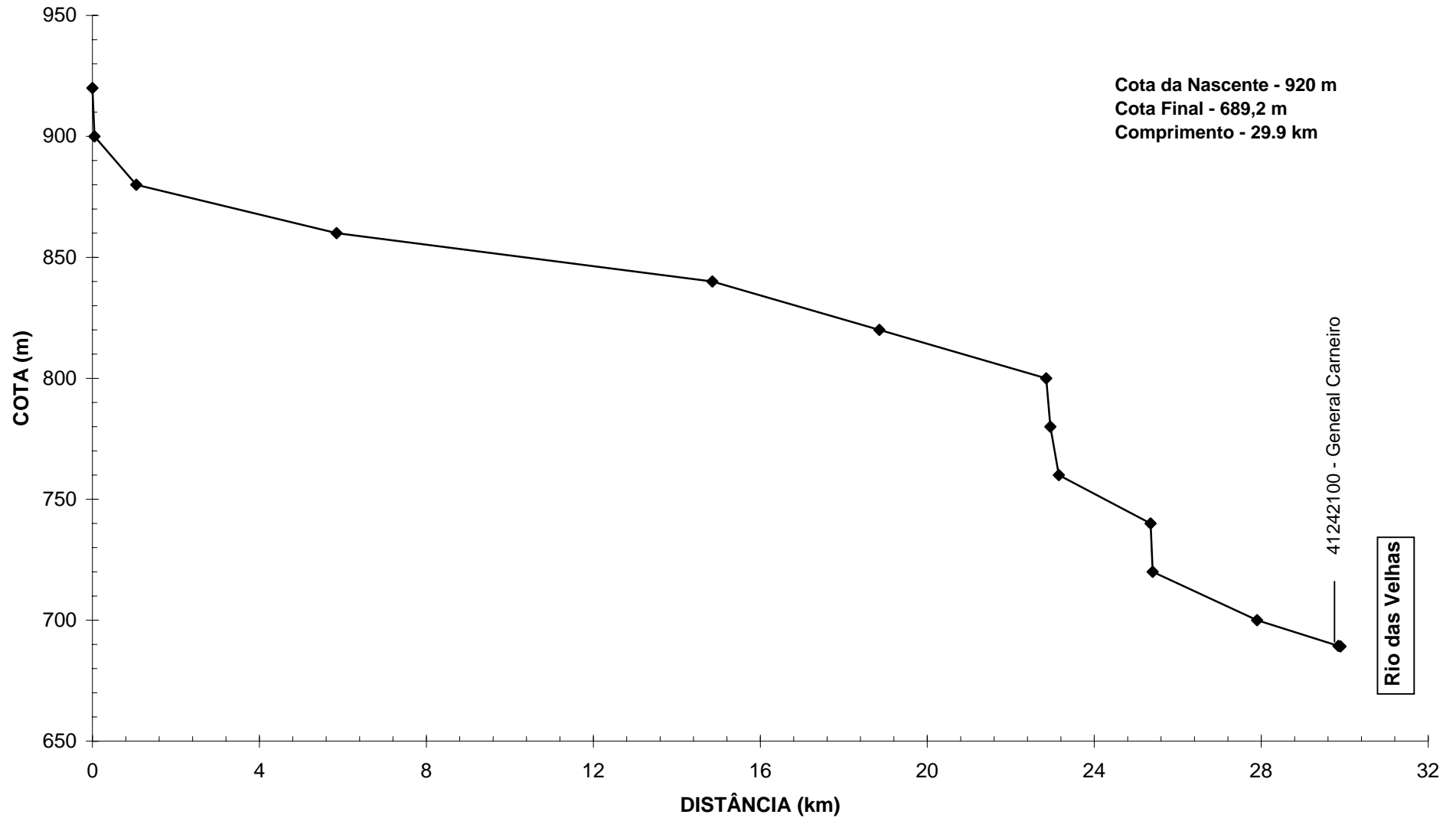
Cota da Nascente - 1150 m  
Cota Final - 510 m  
Comprimento - 291,6 km



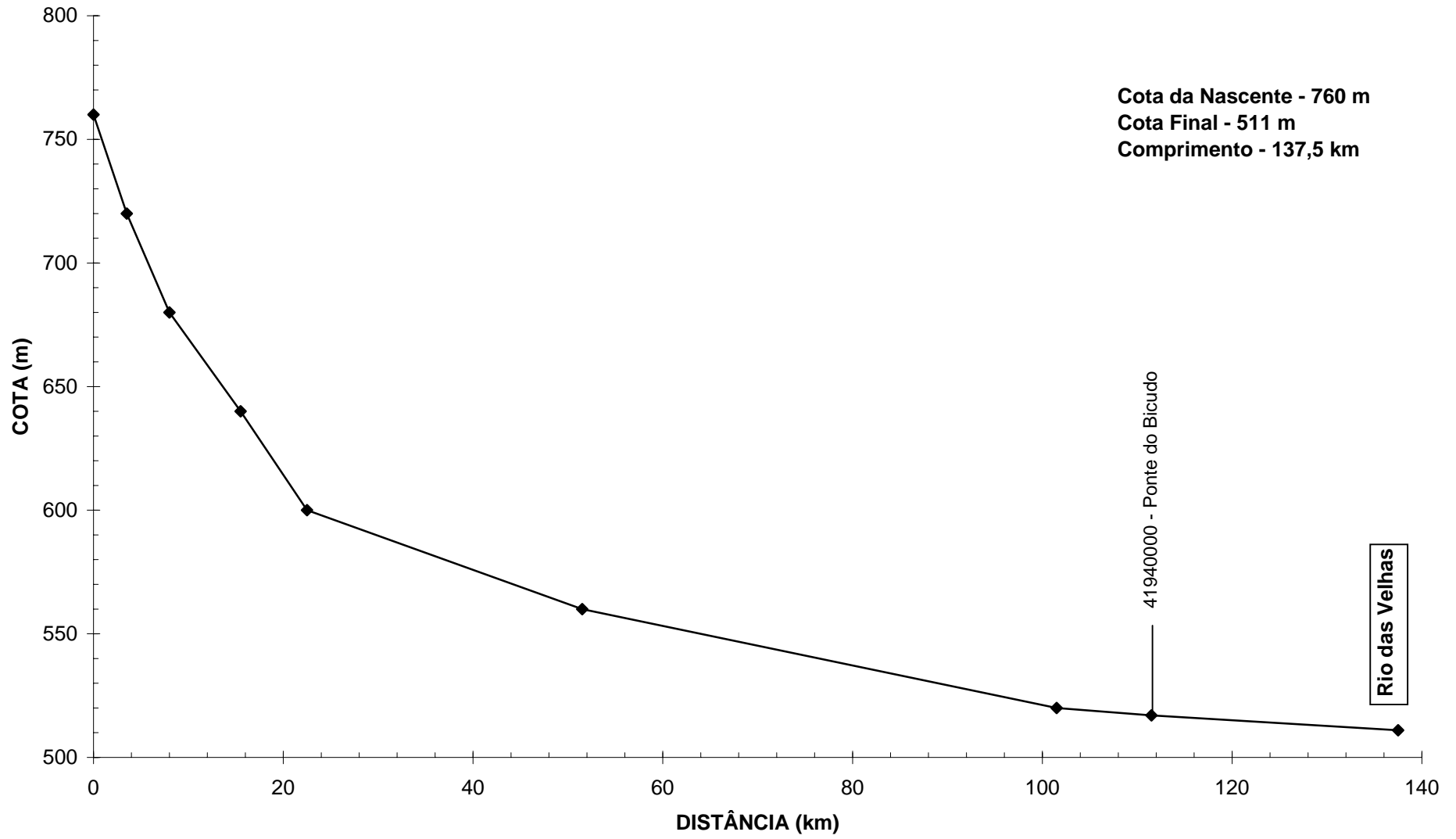
# PERFIL LONGITUDINAL DO RIBEIRÃO AREADO



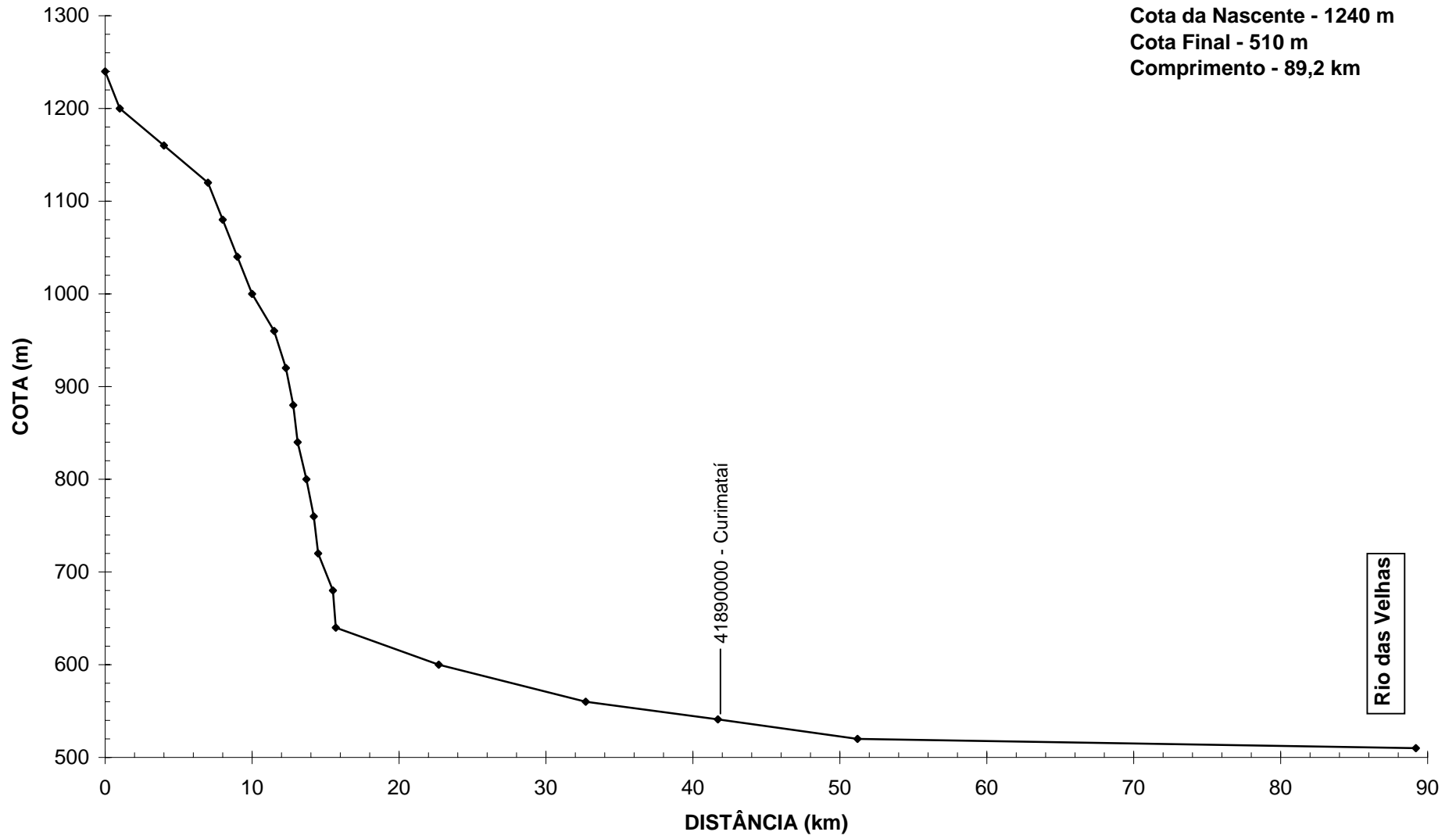
# PERFIL LONGITUDINAL DO RIBEIRÃO ARRUDAS



# PERFIL LONGITUDINAL DO RIBEIRÃO BICUDO

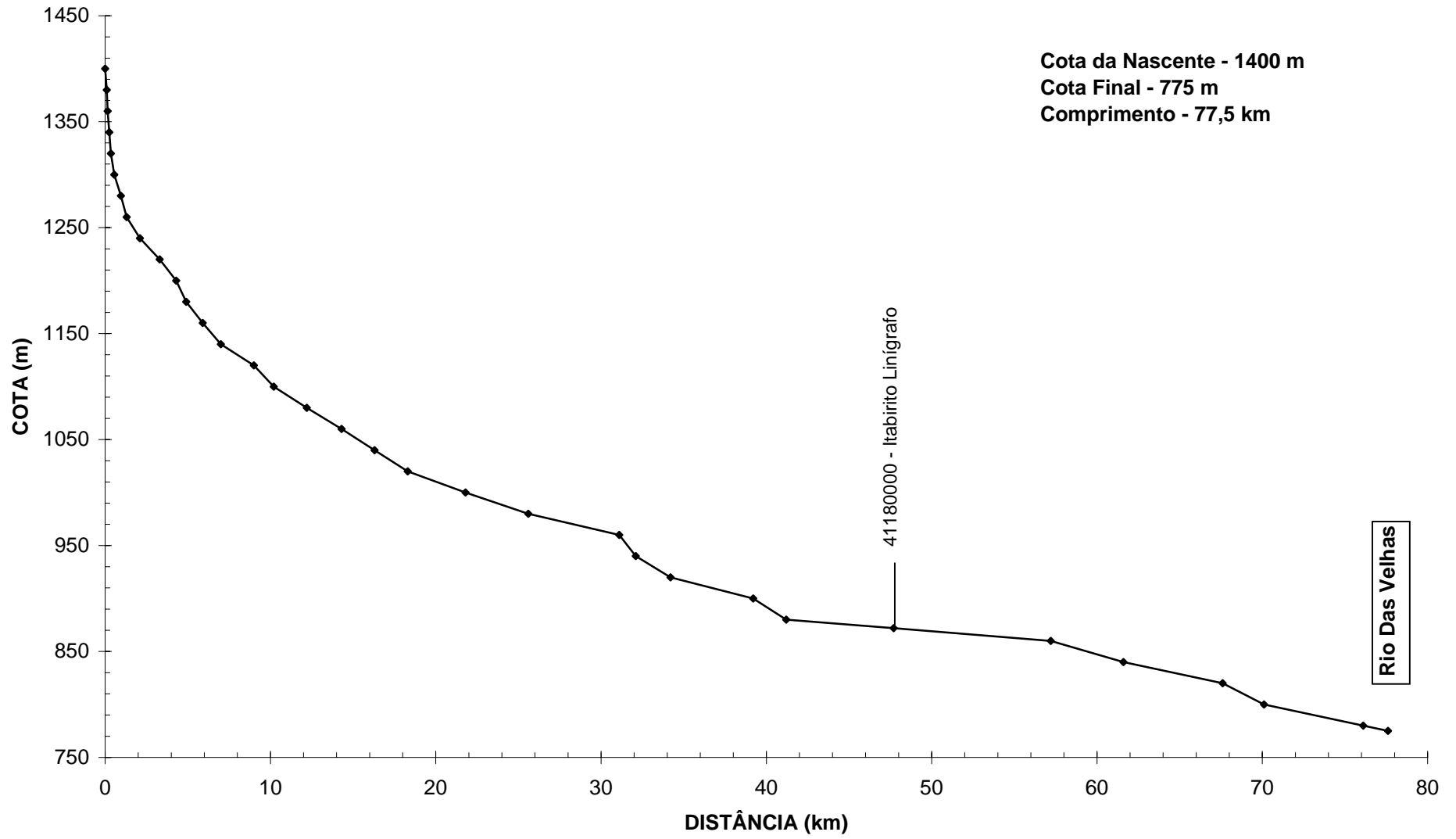


# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO CURIMATAÍ

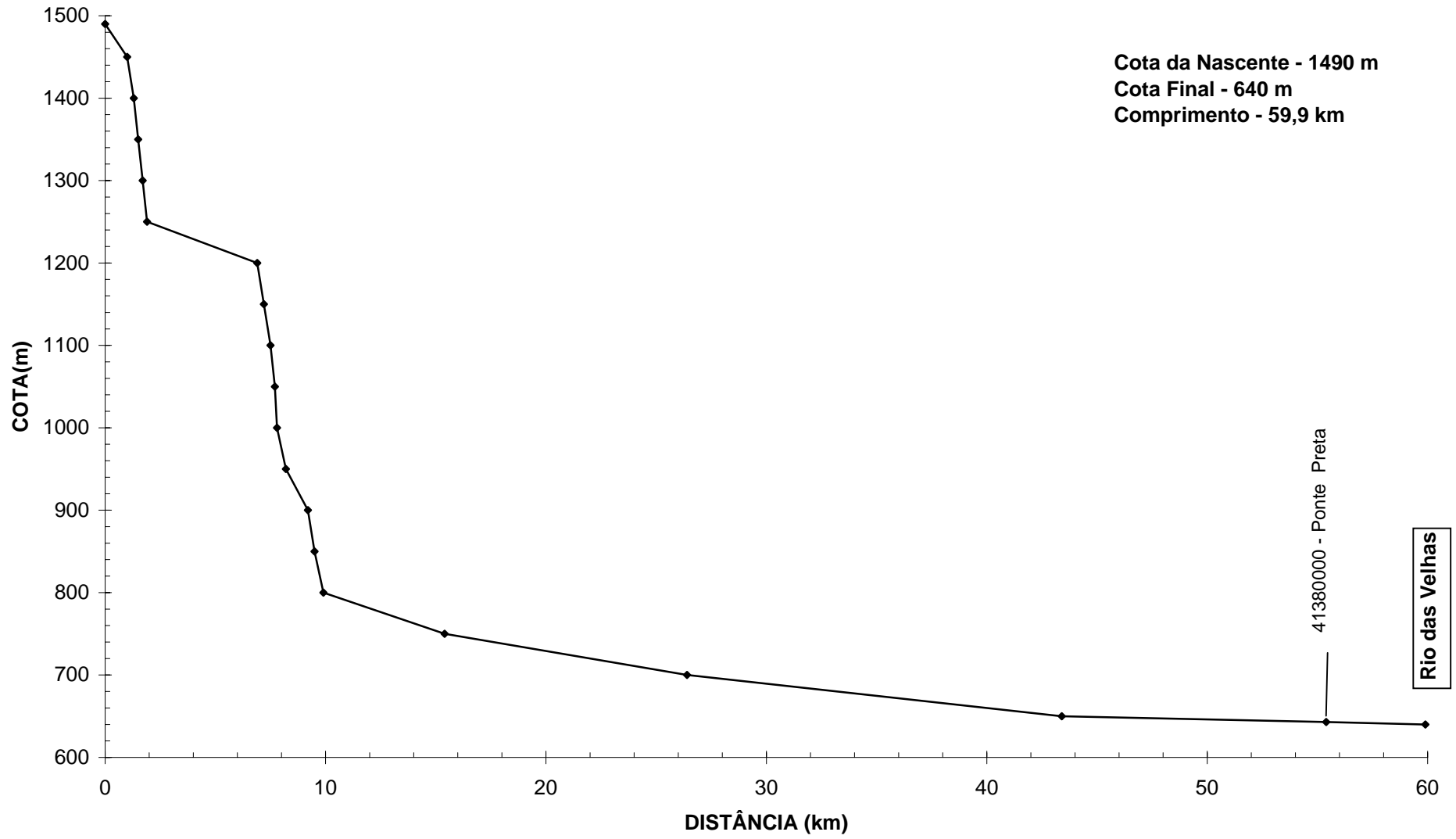




# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO ITABIRITO

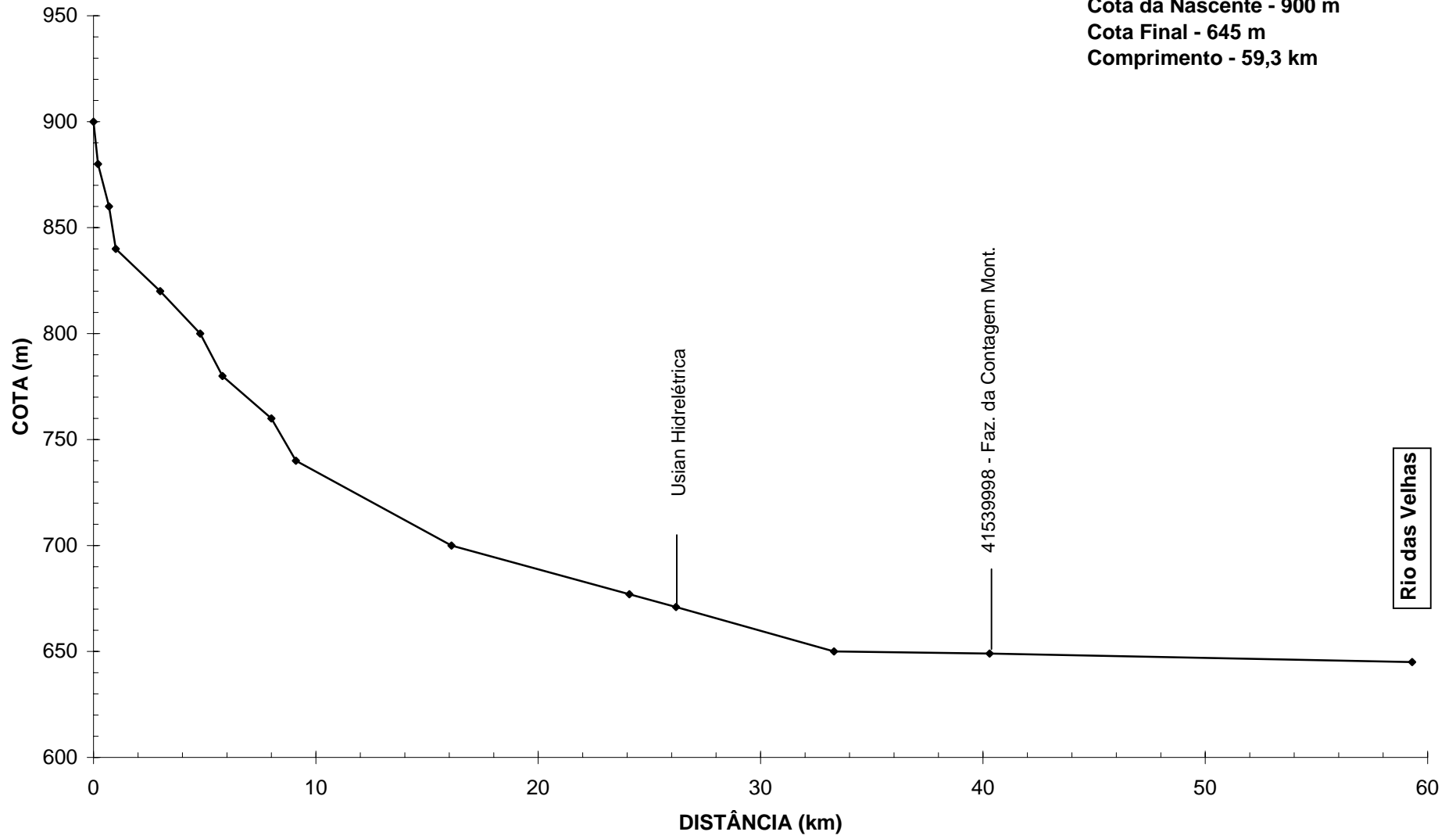


# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO JABOTICATUBAS

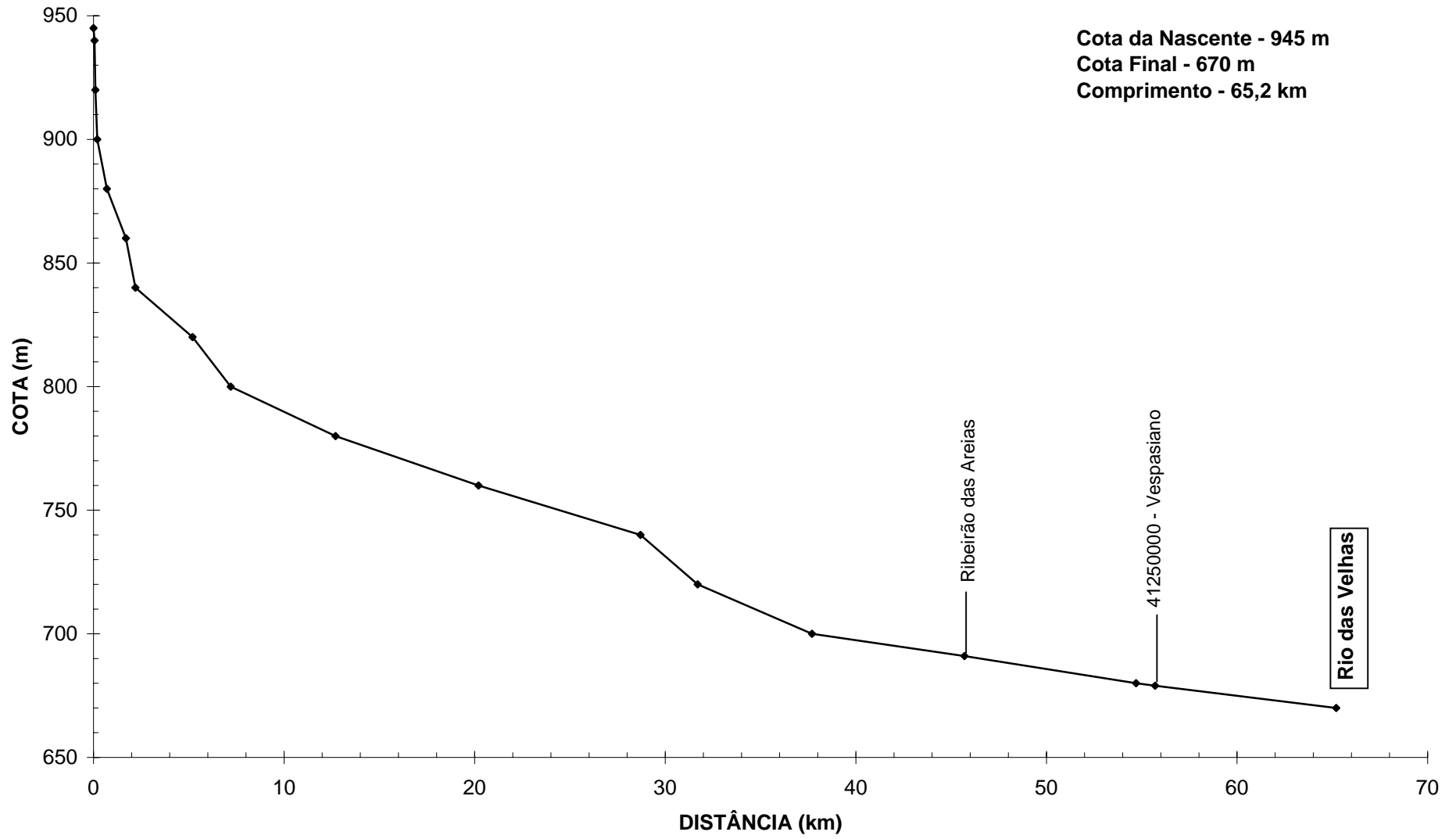


# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO JEQUITIBÁ

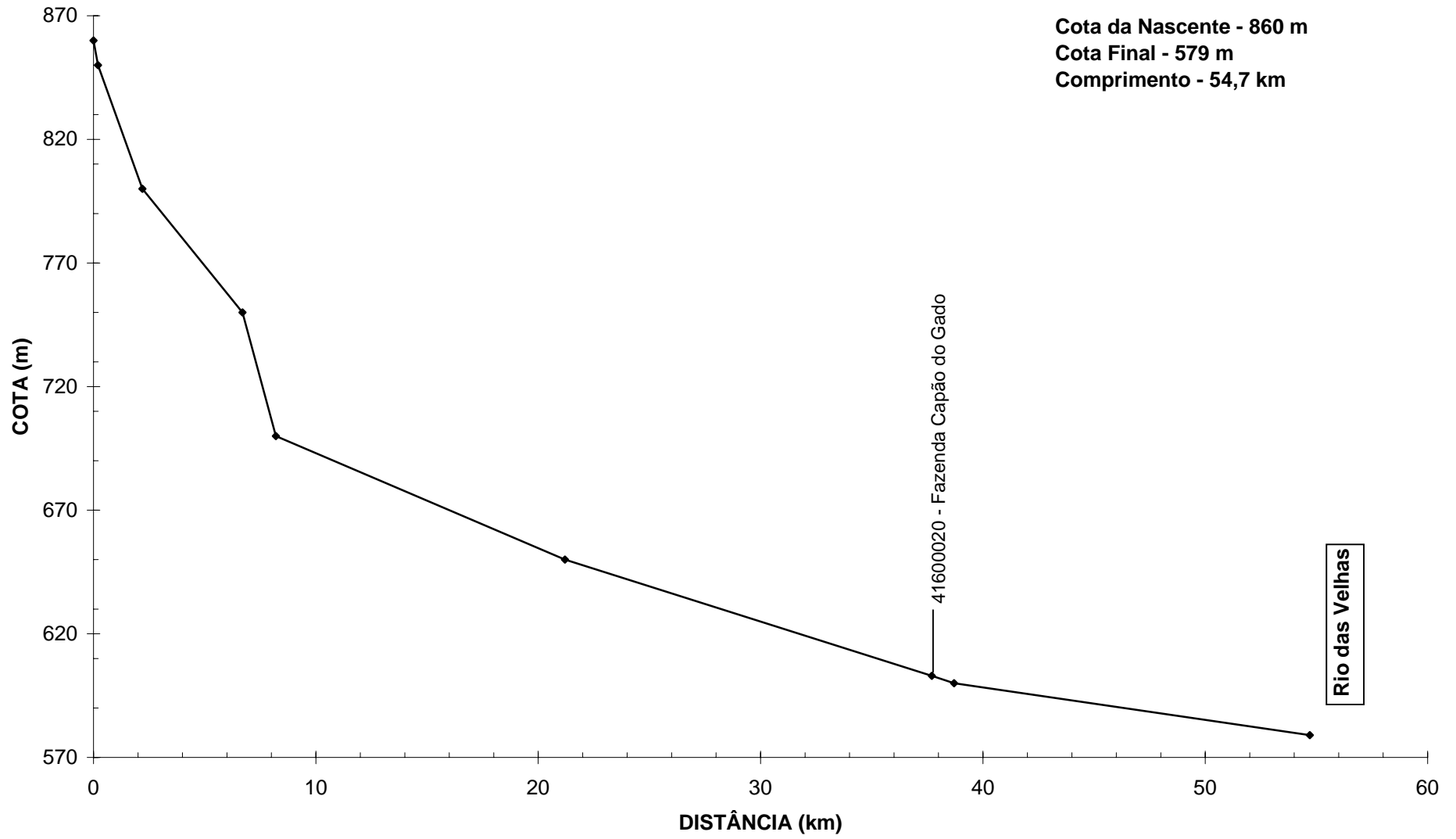
Cota da Nascente - 900 m  
Cota Final - 645 m  
Comprimento - 59,3 km



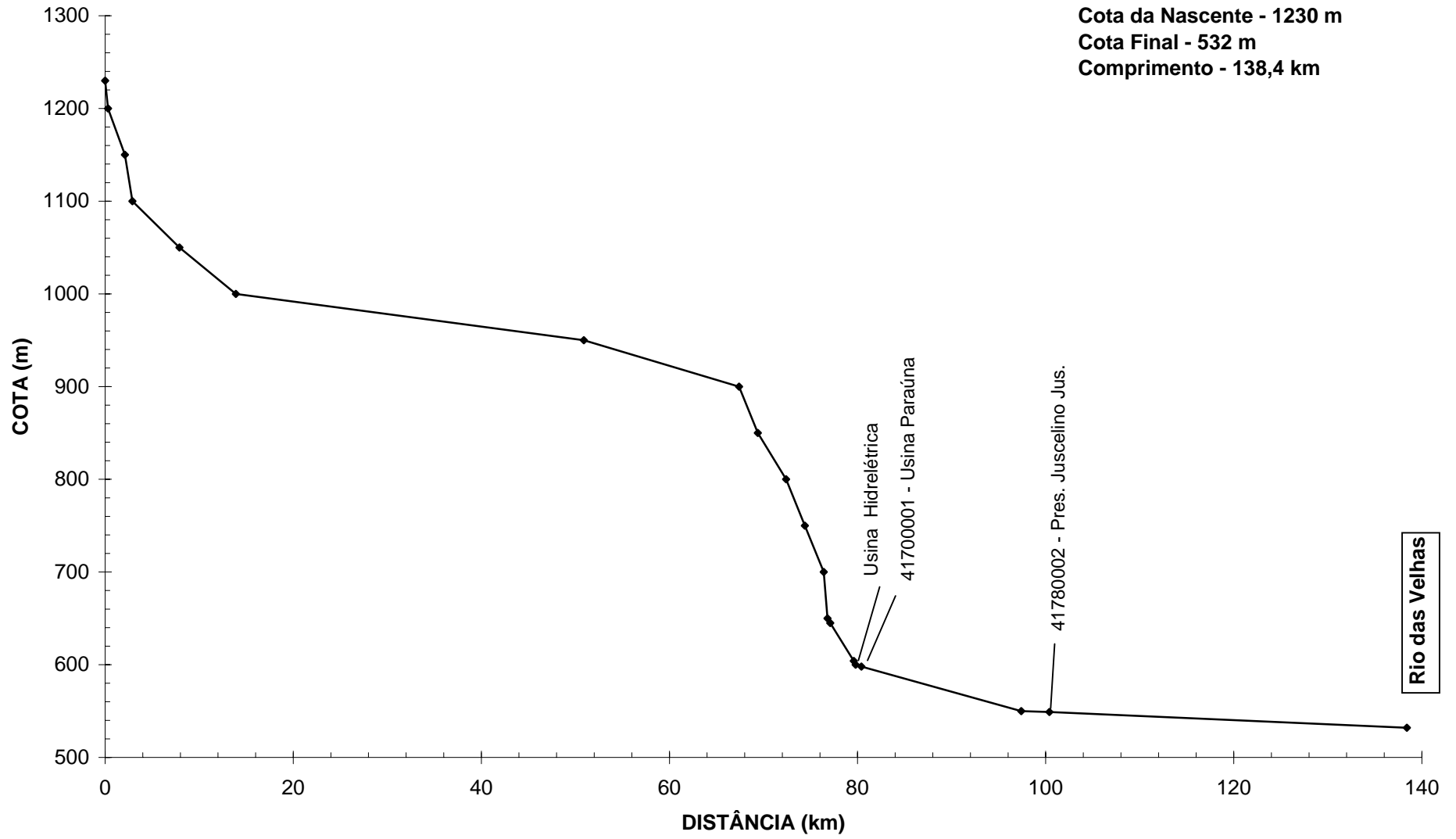
# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO RIBEIRÃO DA MATA



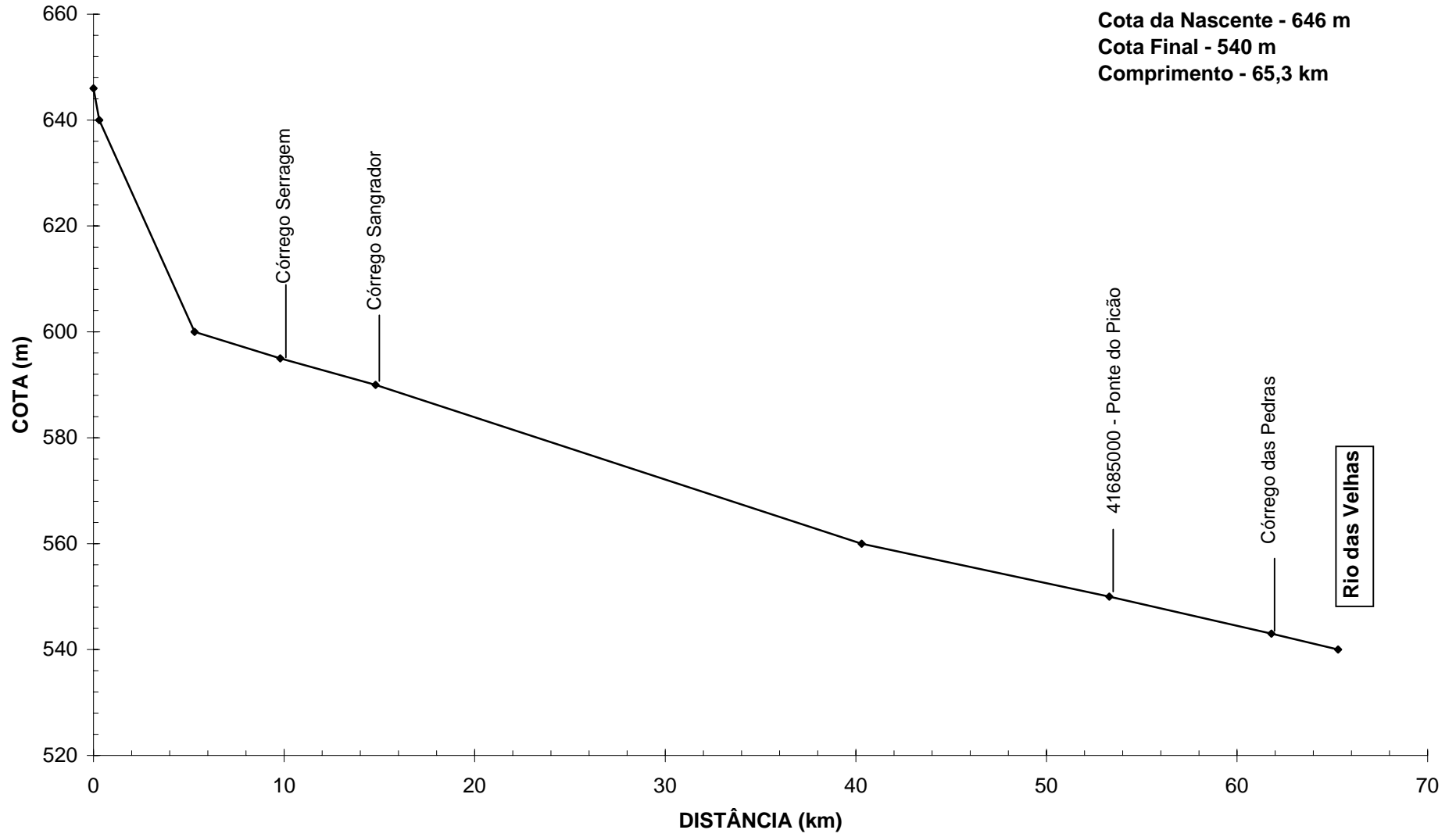
# PERFIL LONGITUDINAL DO RIBEIRÃO DA ONÇA



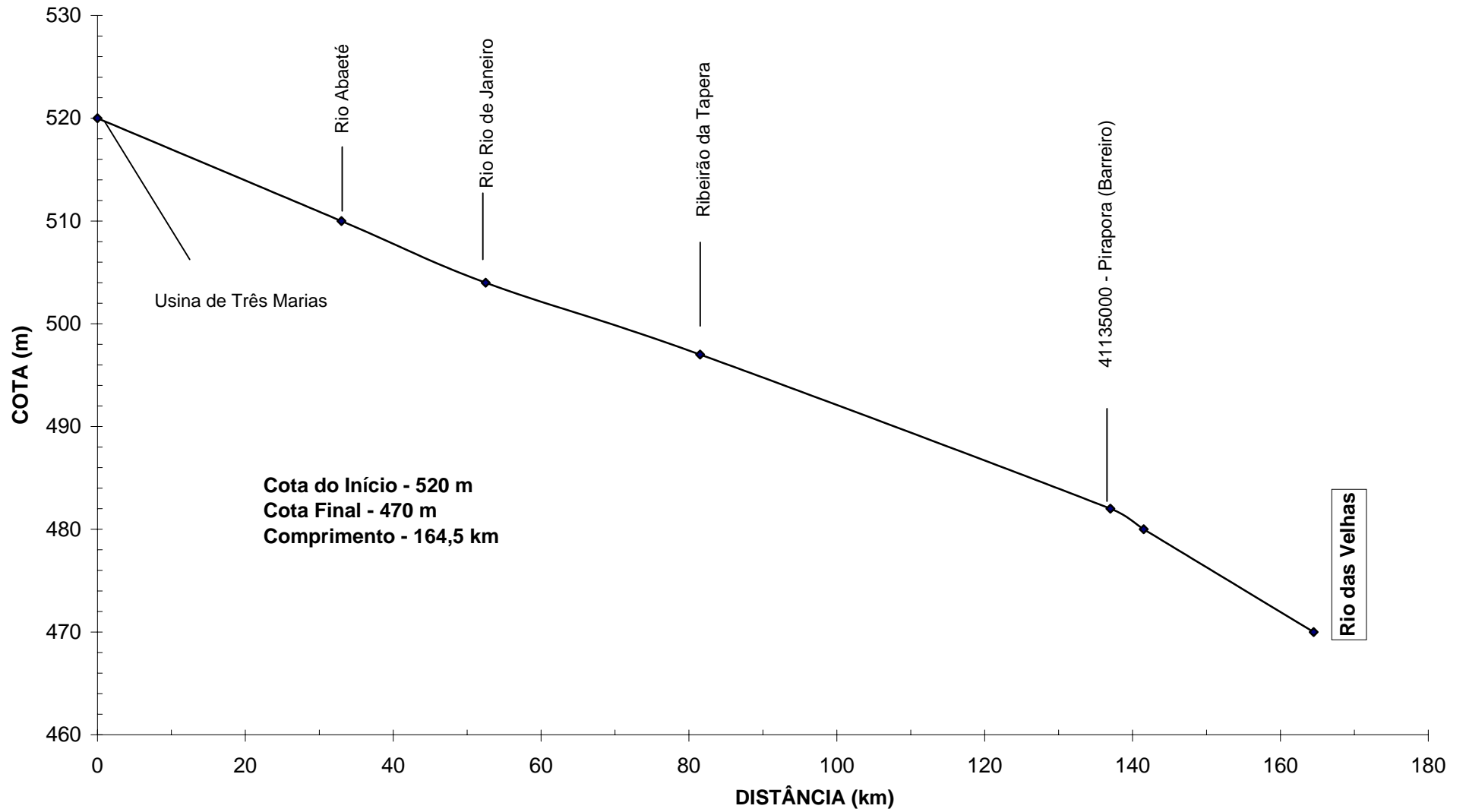
# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO PARAÚNA



# PERFIL LONGITUDINAL DO RIBEIRÃO PICÃO



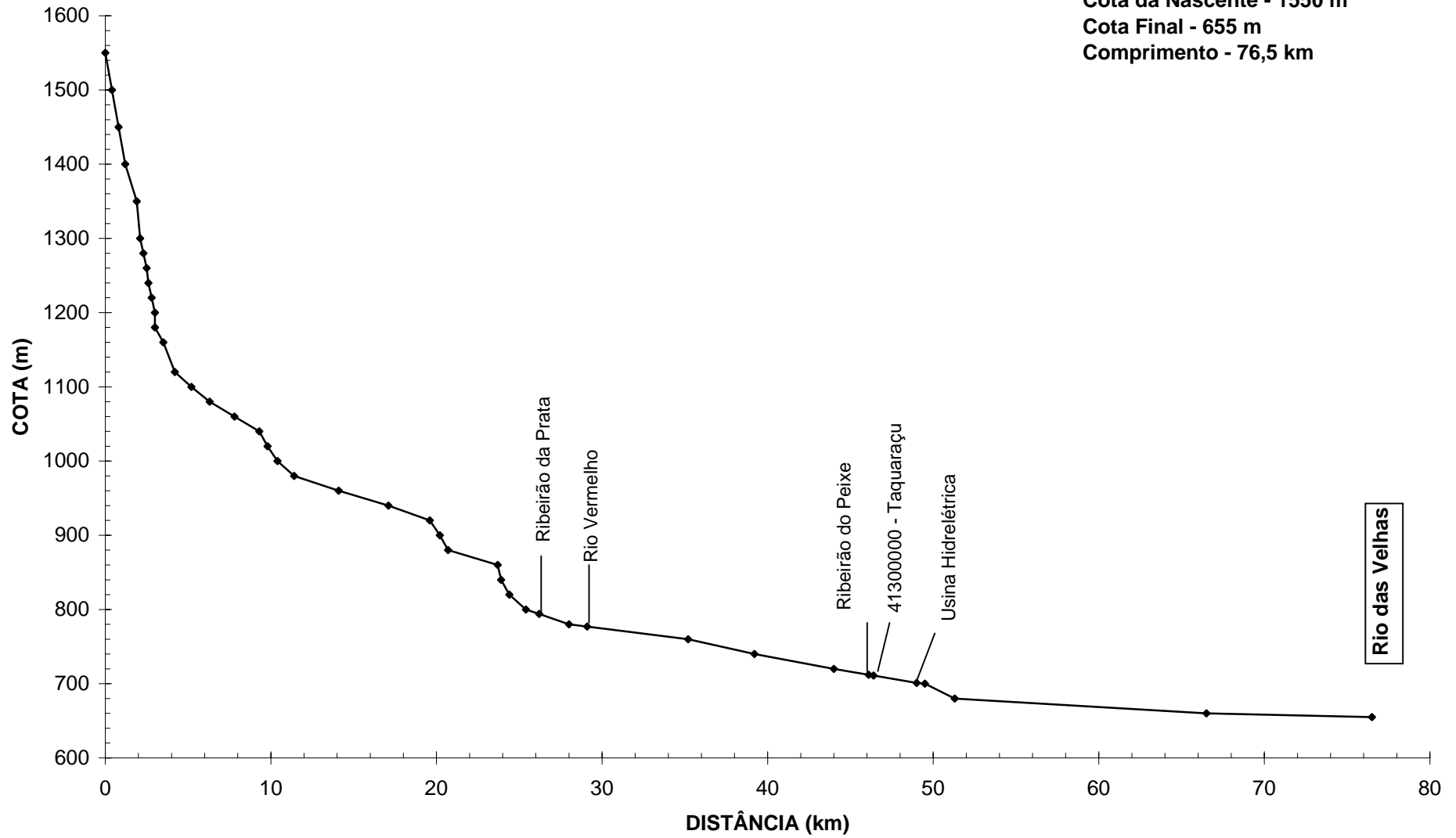
### PERFIL LONGITUDINAL DO RIO SÃO FRANCISCO (SB 41)



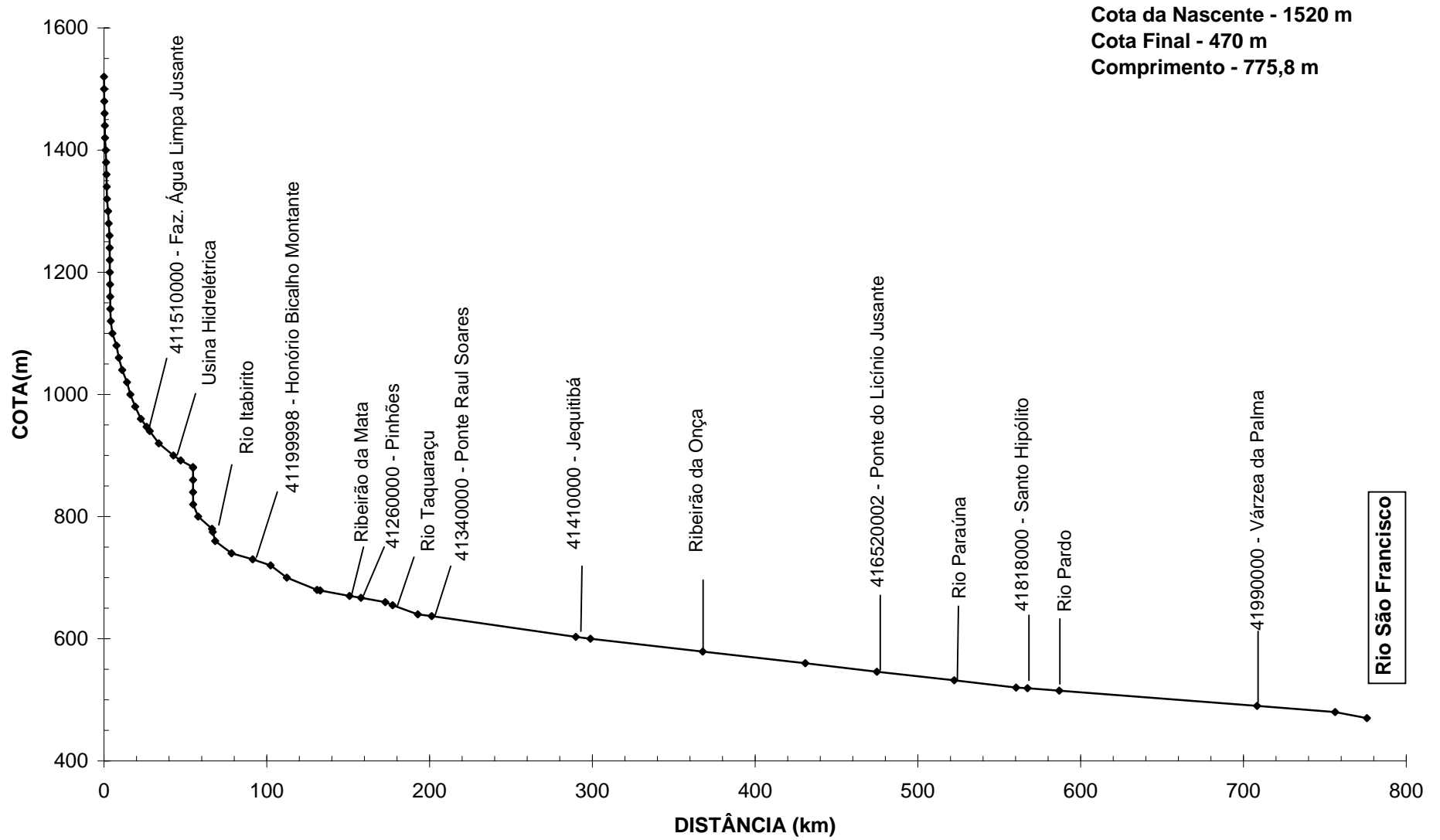


# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO TAQUARAÇU

Cota da Nascente - 1550 m  
Cota Final - 655 m  
Comprimento - 76,5 km



# PERFIL LONGITUDINAL DO RIO DAS VELHAS



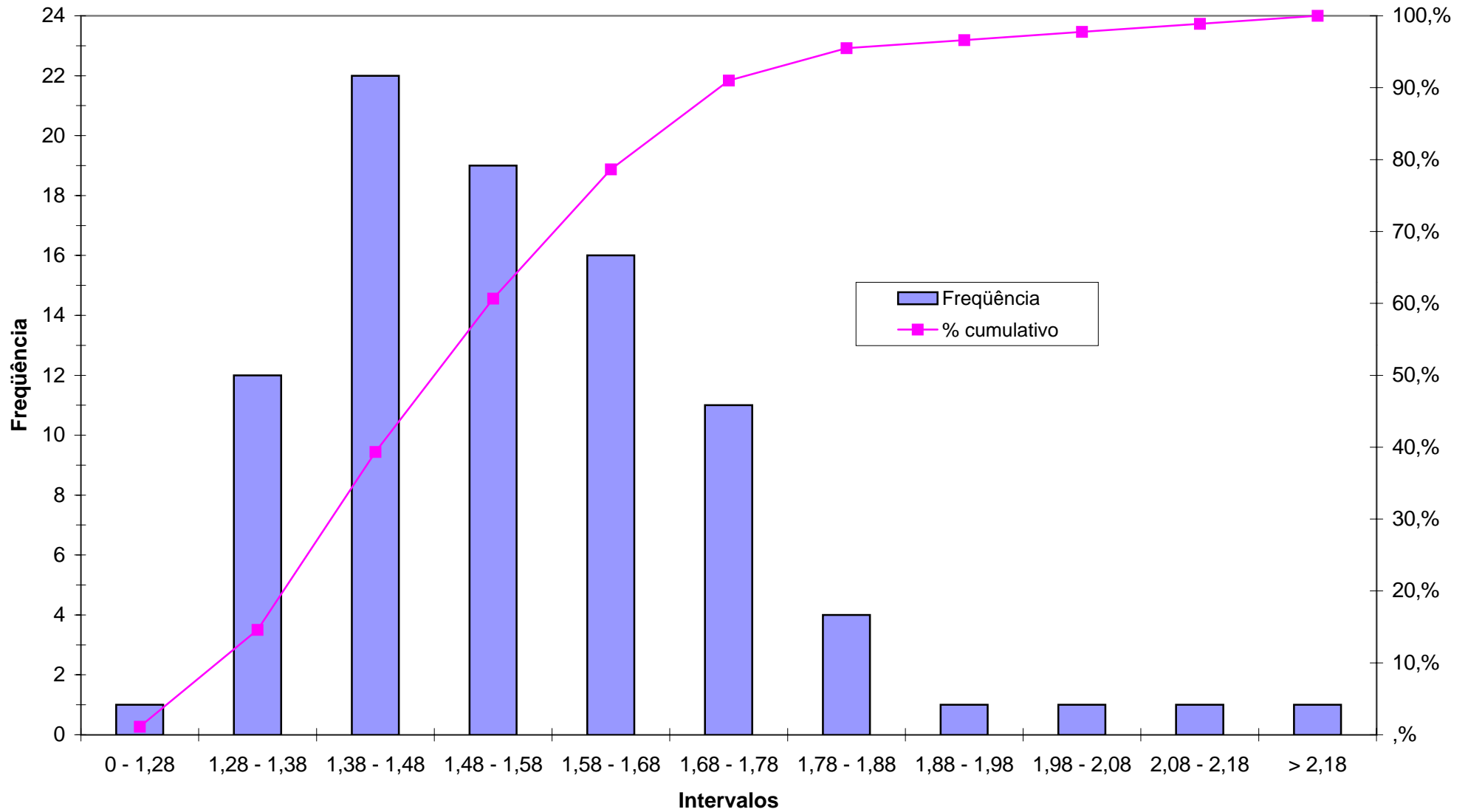
## **ANEXO F**

### **ÍNDICES DE FORMA**

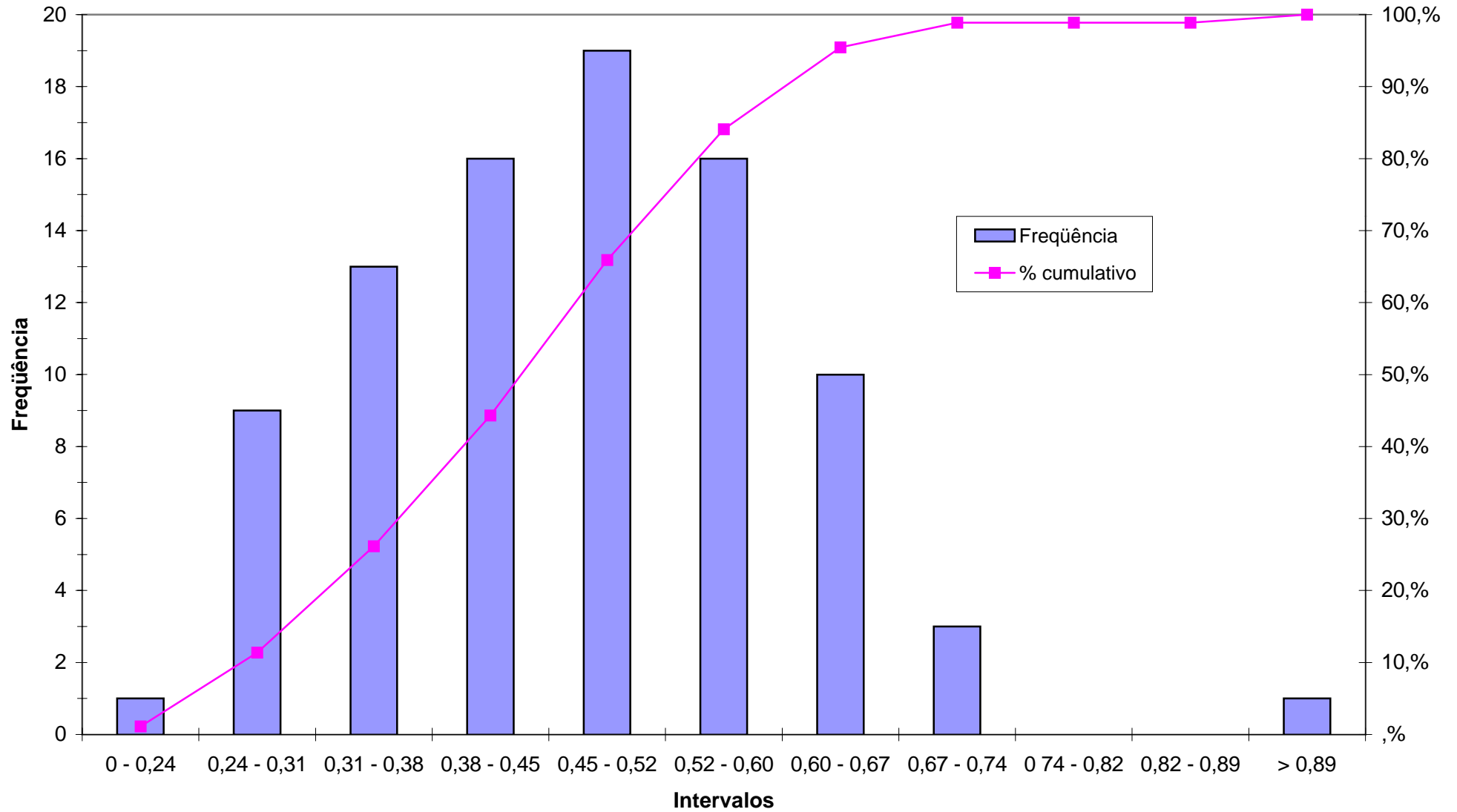
Código	Estação	Bacia	Área (Km <sup>2</sup> )	Perímetro (km)	Q <sub>mlt</sub> (m <sup>3</sup> /s)	L (km)	Kc	Re	Rci
40025000	Vargem Bonita	São Francisco	303	84,71	8,89	37,1	1,36	0,53	0,53
40032000	Fazenda Samburá	São Francisco	763	159,4	18,87	64	1,62	0,49	0,38
40035000	Fazenda Samburá	São Francisco	547	112,79	15,51	57,1	1,35	0,46	0,54
40037000	Fazenda da Barra	São Francisco	765	138,26	21,82	72,6	1,40	0,43	0,50
40040000	Fazenda Ajudas	São Francisco	259	92,65	5,17	30,3	1,61	0,60	0,38
40046000	Porto Sabino	São Francisco	4388	348,72	76,12	115,9	1,47	0,64	0,45
40050000	Iguatama	São Francisco	5426	413,7	106,1	196	1,57	0,42	0,40
40053000	Calciolândia	São Francisco	304	100,17	3,92	40,15	1,61	0,49	0,38
40056002	Fazenda Capoeirão	São Francisco	345	119,44	6,98	59,4	1,80	0,35	0,30
40056500	Ponte Capoeirão	São Francisco	490	113,76	9,83	60,35	1,44	0,41	0,48
40060001	Tapirai-Jusante	São Francisco	559	127,91	12	46,9	1,51	0,57	0,43
40067000	Ponte Olegário Maciel	São Francisco	8987	501,02	170,59	257,2	1,48	0,42	0,45
40070000	Ponte do Chumbo	São Francisco	9939	538,69	179,45	314,8	1,51	0,36	0,43
40080000	Taquaral	São Francisco	651	122,27	9,67	56,8	1,34	0,51	0,55
40100000	Porto das Andorinhas	São Francisco	13882	650,41	224,23	412,4	1,55	0,32	0,41
40102000	Porto da Barra	São Francisco	14180	688,25	240,59	433	1,62	0,31	0,38
40130000	Ponte do Vilela	Pará	1726	218,73	27,4	75,8	1,47	0,62	0,45
40150000	Carmo do Cajuru	Pará	2504	285,74	38,81	121,1	1,60	0,47	0,39
40160000	Lamounier	Pará	163	64,69	3,02	21,7	1,42	0,66	0,49
40170000	Mariilândia	Pará	1055	175,28	14,95	52,1	1,51	0,70	0,43
40180000	Carmo da Mata	Pará	144	62,33	2,91	23,6	1,45	0,57	0,47
40185000	Pari	Pará	1931	252,61	28,66	69	1,61	0,72	0,38
40190002	Divinópolis	Pará	2000	256,93	31,71	82,7	1,61	0,61	0,38
40300001	Jaguaruna Jusante	Pará	1558	240,13	22	119,1	1,70	0,37	0,34
40330000	Velho da Taipa	Pará	7378	508,39	101,69	219,4	1,66	0,44	0,36
40350000	Usina Camarão	Pará	269	93,97	4,53	40,6	1,60	0,46	0,38
40380000	Araújos	Pará	1196	184	18,01	109,6	1,49	0,36	0,44
40400000	Estação Alvaro da Silveira	Pará	1802	243,23	26,99	148,5	1,60	0,32	0,38
40450001	Porto Pará (CEMIG)	Pará	11302	648,22	137,18	293,1	1,71	0,41	0,34
40500000	Martinho Campos	Pará	770	135,6	8,49	56,2	1,37	0,56	0,53
40530000	Abaeté	São Francisco	481	113,92	7,34	52,7	1,45	0,47	0,47
40535000	Barra do Paraopeba	São Francisco	29366	1288,01	454,86		2,10		0,22
40540000	Jurema	Paraopeba	353	91,39	6,76	33,1	1,36	0,64	0,53
40549998	São Brás do Suaçui Montante	Paraopeba	461	116,54	7,78	52	1,52	0,47	0,43
40573000	Joaquim Murinho	Paraopeba	291	88,74	4,08	32,7	1,46	0,59	0,46
40577000	Ponte Jubileu	Paraopeba	244	76,71	3,7	18,3	1,38	0,96	0,52
40579995	Congonhas Linigrafo	Paraopeba	579	120,71	9,63	41,6	1,41	0,65	0,50
40665000	Usina João Ribeiro	Paraopeba	293	92,17	4,32	45,7	1,51	0,42	0,43
40680000	Entre Rios de Minas	Paraopeba	486	105,5	9,38	47,3	1,34	0,53	0,55
40700002	Jeceaba	Paraopeba	2465	243,57	43,03	88,9	1,37	0,63	0,52
40710000	Belo Vale	Paraopeba	2760	240,9	49,8	118,9	1,28	0,50	0,60
40720002	Melo Franco	Paraopeba	3810	321,96	65,24	178,9	1,46	0,39	0,46
40740000	Alberto Flores	Paraopeba	3939	335,06	61,91	187,4	1,49	0,38	0,44
40770000	Conceição do Itagua	Paraopeba	675	129,45	11,72	53,8	1,39	0,54	0,51
40788000	São Joaquim de Bicas (Cemig)	Paraopeba	5414	409,31	86,77	218,2	1,56	0,38	0,41
40790000	Betim	Paraopeba	188	72,54	2,29	26,4	1,48	0,59	0,45
40800001	Ponte Nova do Paraopeba	Paraopeba	5680	442,34	85,74	236,33	1,64	0,36	0,36
40818000	Juatuba	Paraopeba	279	89,05	4,24	40	1,49	0,47	0,44
40830000	Fazenda Escola Florestal	Paraopeba	84	48,45	1,32	18	1,48	0,57	0,45
40850000	Ponte da Taquara	Paraopeba	8734	592,04	128,36	346,3	1,77	0,30	0,31
40865001	Porto do Mesquita (CEMIG)	Paraopeba	10192	675,49	151,95	419,83	1,87	0,27	0,28
40930000	Barra do Funchal	Indaiá	876	153,94	18,94	58,7	1,46	0,57	0,46
40960000	Fazenda Bom Jardim	Indaiá	1744	277,9	34,24	162,7	1,86	0,29	0,28
40963000	Porto Indaiá (CEMIG)	Indaiá	2242	342,62	40,93	222,9	2,03	0,24	0,24
40975000	Fazenda São Felix	Borrachudo	964	253,24	18,33	142,7	2,28	0,25	0,19
41050000	Major Porto	Abaete	1207	191,28	19,26	60	1,54	0,65	0,41
41075001	Porto do Passarinho	Abaete	4143	322,05	74,95	194,6	1,40	0,37	0,50
41090000	Canoeiros	Abaete	5235	416,66	77,47	258,6	1,61	0,32	0,38
41135000	Pirapora-Bareiro	São Francisco	62334	1585	842,44		1,78		0,31
41151000	Fazenda Água Limpa Jusante	Velhas	175	75,55	3,26	26,15	1,60	0,57	0,38
41160000	Gulpiara	Velhas	284	88,38	6,14	40,65	1,47	0,47	0,46
41180000	Itabirito Linigrafo	Velhas	330	124,3	7,98	47,7	1,92	0,43	0,27
41190000	Aguiar Moreira	Velhas	539	127,06	11,21	74,9	1,53	0,35	0,42
41195000	Rio Acima	Velhas	1472	184,84	40,18	83,33	1,35	0,52	0,54
41199998	Honório Bicalho-Montante	Velhas	1698	195,26	29,79	90,33	1,33	0,51	0,56
41220000	Siderurgica	Velhas	232	72,45	3,33	34,99	1,33	0,49	0,56
41230000	Sabará	Velhas	2273	242,88	39,01	116,33	1,43	0,46	0,48
41242100	General Carneiro	Velhas	206	80,98	3,48	29,85	1,58	0,54	0,39
41250000	Vespasiano	Velhas	676	129,53	8,17	55,7	1,40	0,53	0,51
41260000	Pinhões	Velhas	3727	375,67	65,31	156,83	1,72	0,44	0,33

<b>Código</b>	<b>Estação</b>	<b>Bacia</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Perímetro (km)</b>	<b>Q<sub>mlt</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>L (km)</b>	<b>Kc</b>	<b>Re</b>	<b>Rci</b>
41295000	José de Melo	Velhas	291	102,29	4,86	32,62	1,68	0,59	0,35
41300000	Taquaraçu	Velhas	626	143,96	9,97	46,4	1,61	0,61	0,38
41340000	Ponte Raul Soares	Velhas	4874	444,4	77,22	200,33	1,78	0,39	0,31
41380000	Ponte Preta	Velhas	553	118,11	7	55,4	1,41	0,48	0,50
41410000	Jequitibá	Velhas	6558	467,2	92,72	288,83	1,62	0,32	0,38
41440005	Represa Jusante	Velhas	243	84,01	2,67	26,2	1,51	0,67	0,43
41539998	Faz. Contagem Montante	Velhas	460	108,44	4,65	40,3	1,42	0,60	0,49
41600000	Pirapama	Velhas	8086	541,37	108,76	360,83	1,69	0,28	0,35
41650002	Ponte do Licínio Jusante	Velhas	10712	635,64	131,35	473,83	1,72	0,25	0,33
41685000	Ponte do Picão	Velhas	547	129,12	3,32	53,3	1,55	0,49	0,41
41700001	Usina Paraúna	Velhas	1733	223,07	32,76	80,4	1,50	0,58	0,44
41715000	Fazenda Cachoeira	Velhas	85	58,71	2,24	24,25	1,78	0,43	0,31
41720000	Fazendo do Cipó	Velhas	341	100,75	9,56	46,02	1,53	0,45	0,42
41780002	Presidente Juscelino	Velhas	3996	410,69	78,93	100,4	1,82	0,71	0,30
41818000	Santo Hipólito	Velhas	16722	814,01	208,82	566,33	1,76	0,26	0,32
41880000	Buenópolis	Velhas	148	60,86	1,37	26,2	1,40	0,52	0,50
41890000	Estação de Curimatai	Velhas	1435	211,9	17,11	75,67	1,57	0,56	0,40
41940000	Ponte do Bicudo	Velhas	2023	221,28	19,66	111,5	1,38	0,46	0,52
41990000	Várzea da Palma	Velhas	26553	1034,75	298,18	707,33	1,78	0,26	0,31

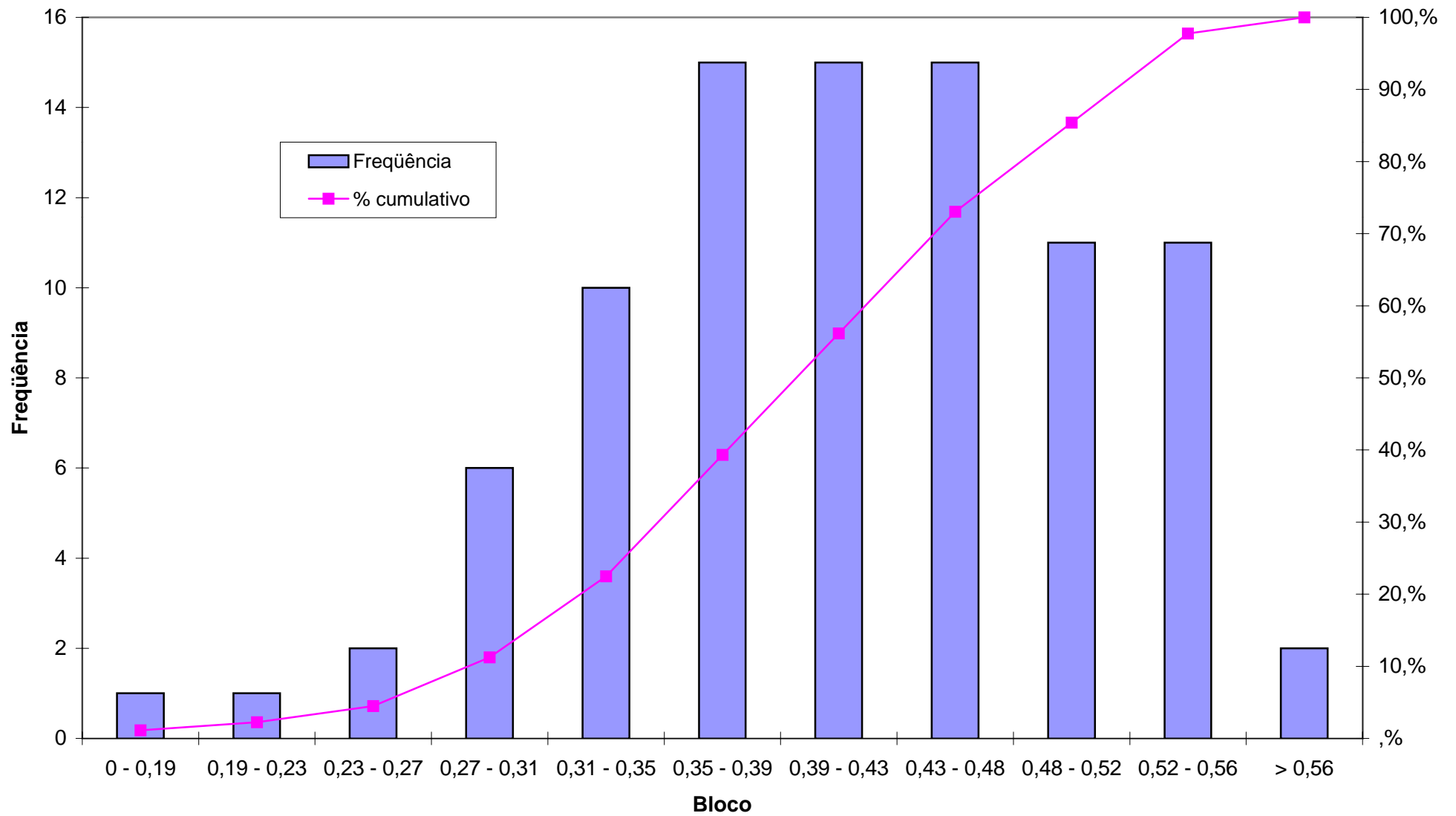
**Histograma**  
**Coeficiente de Compacidade - Kc**



**Histograma**  
**Razão de Elongação - Re**

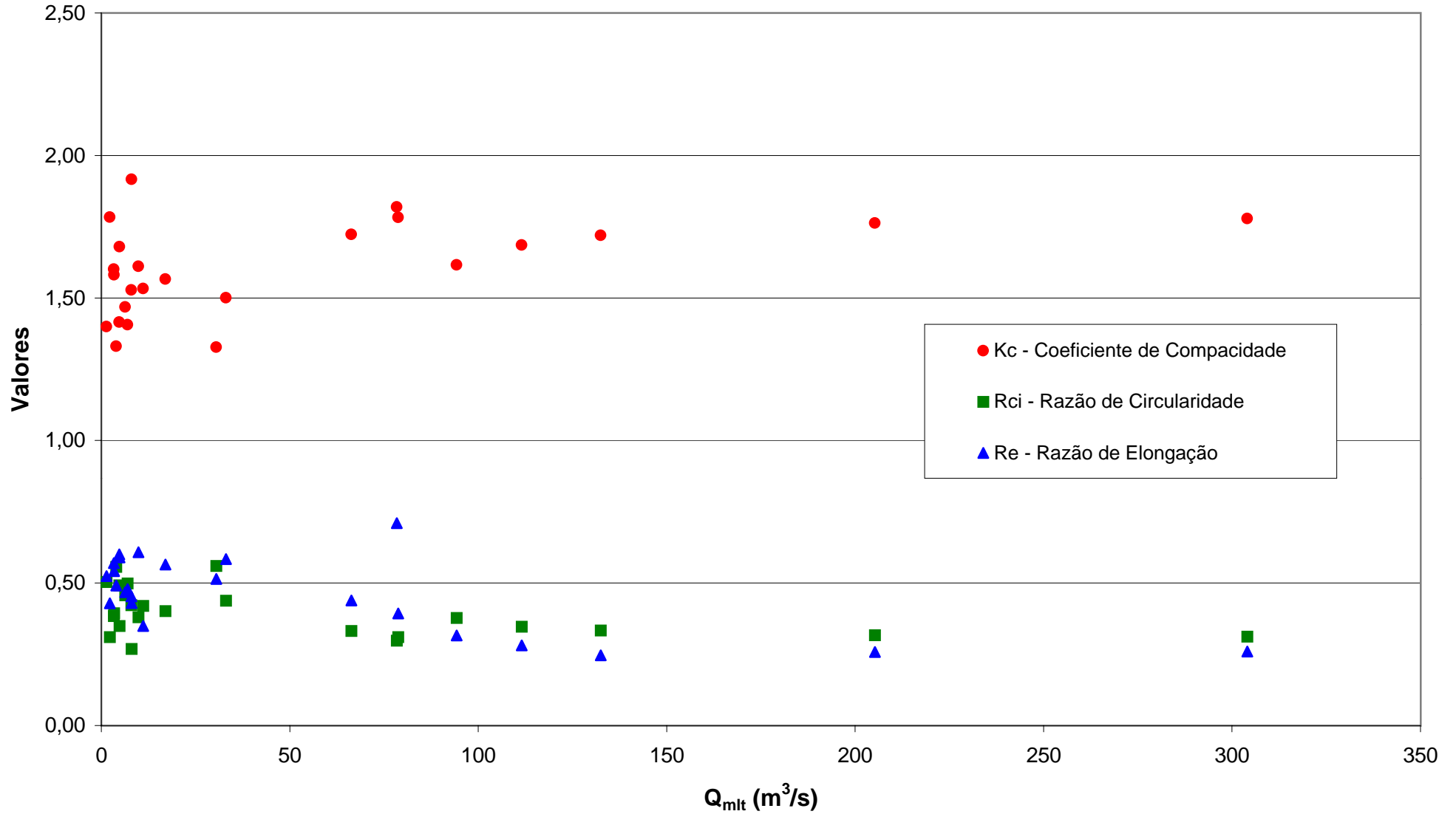


Histograma  
Razão de Circularidade Rci

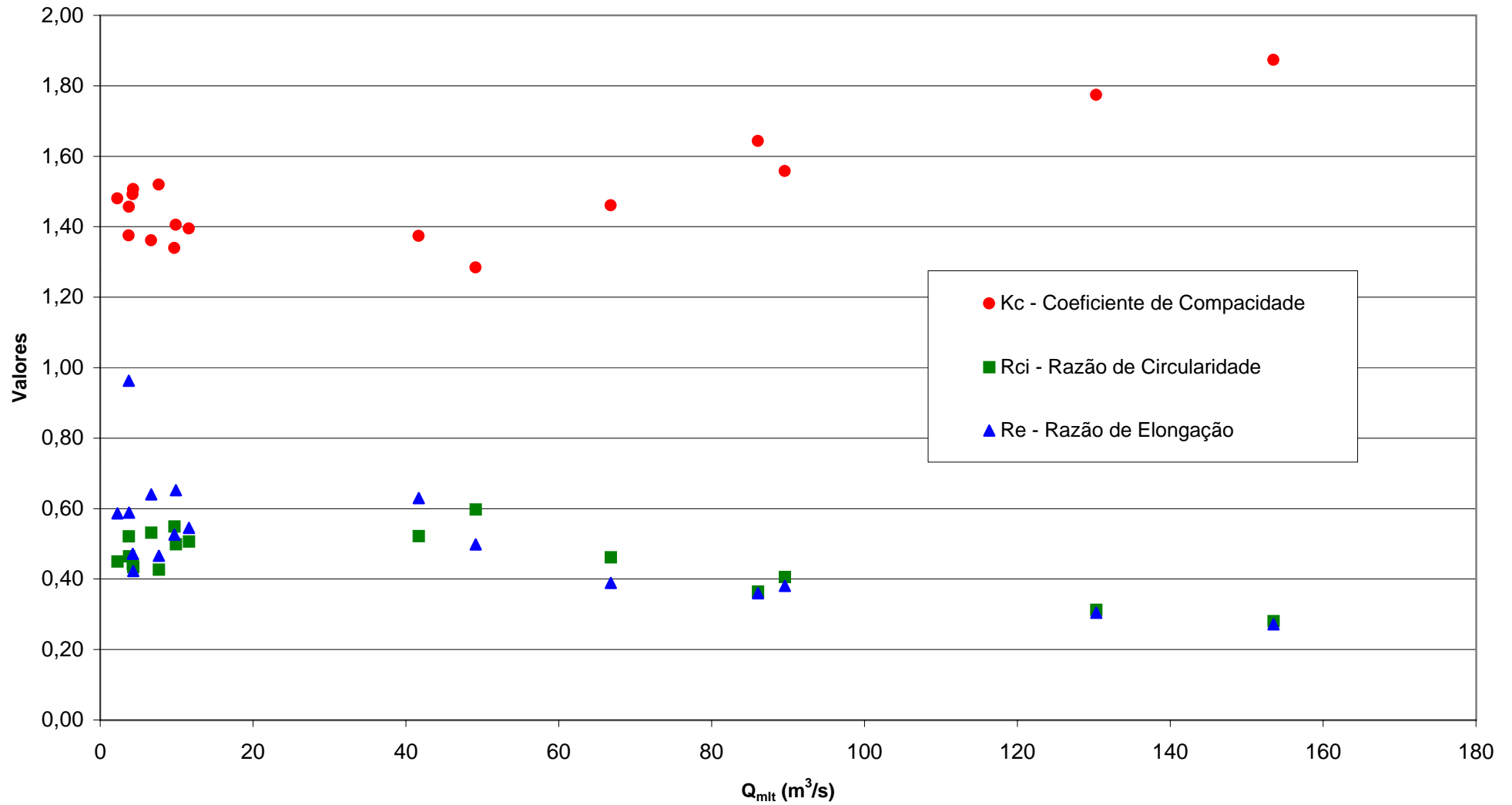




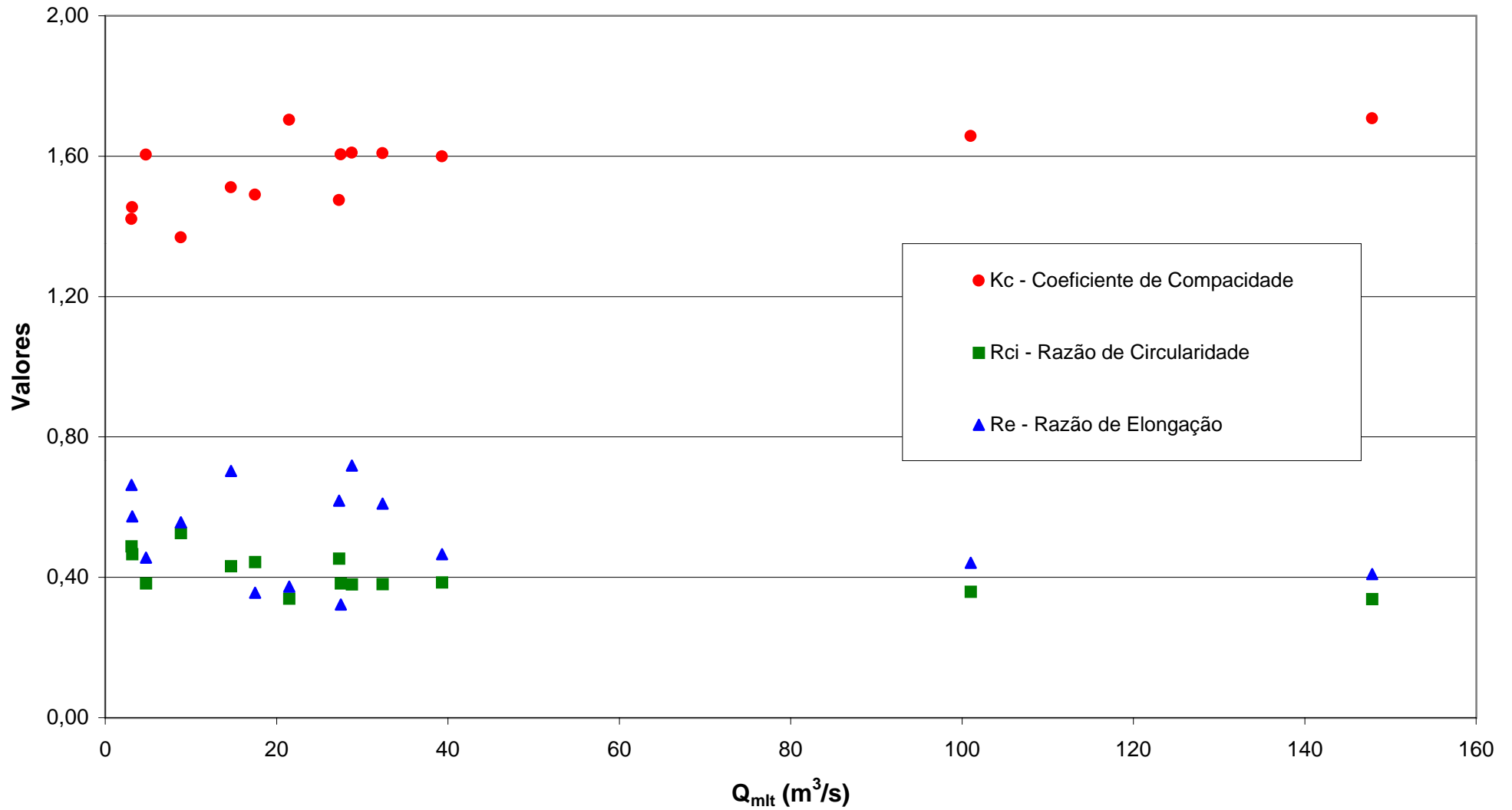
# Índices de Forma Rio das Velhas



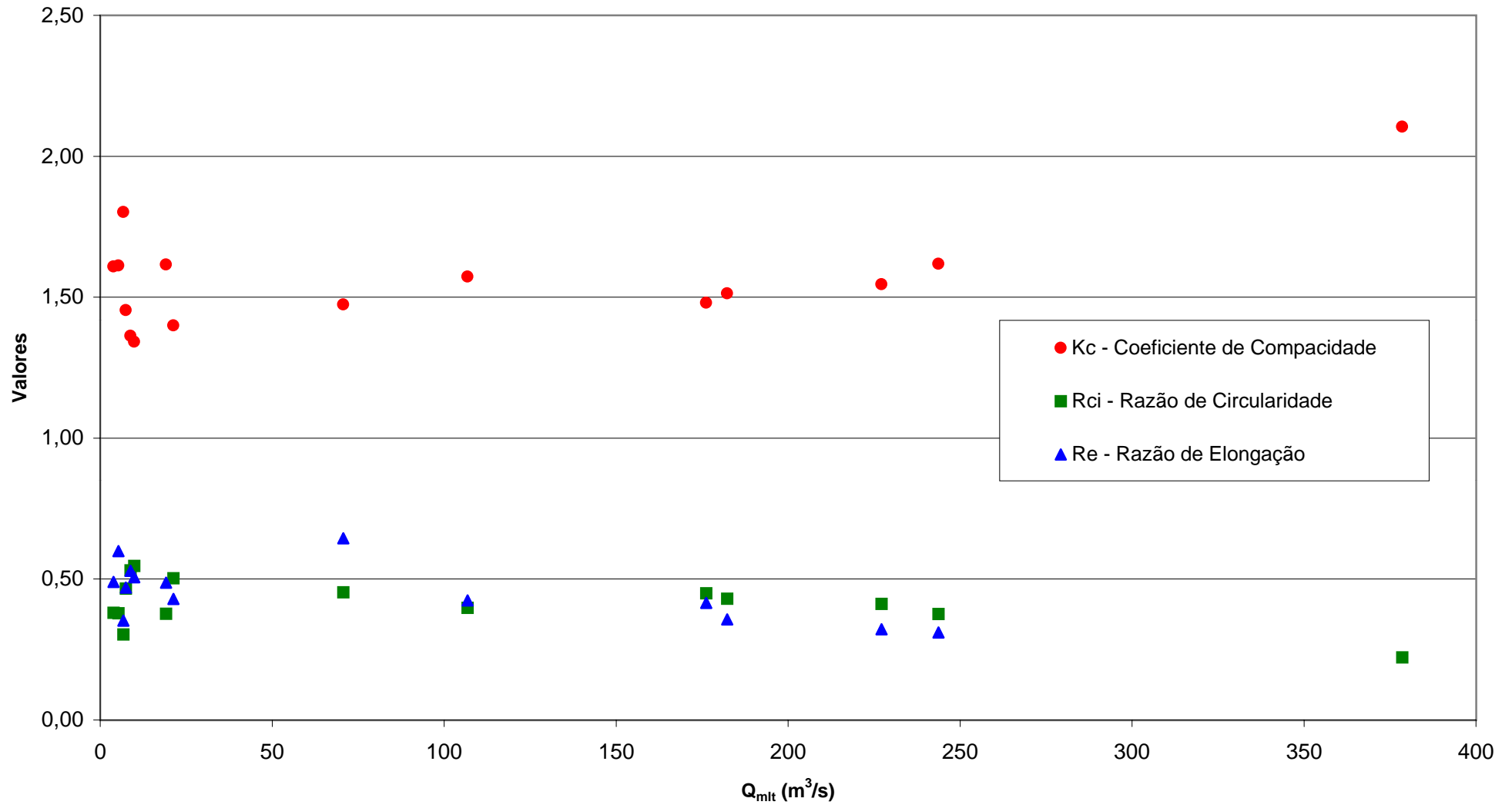
## Índices de Forma Rio Paraopeba



# Índices de Forma Rio Pará

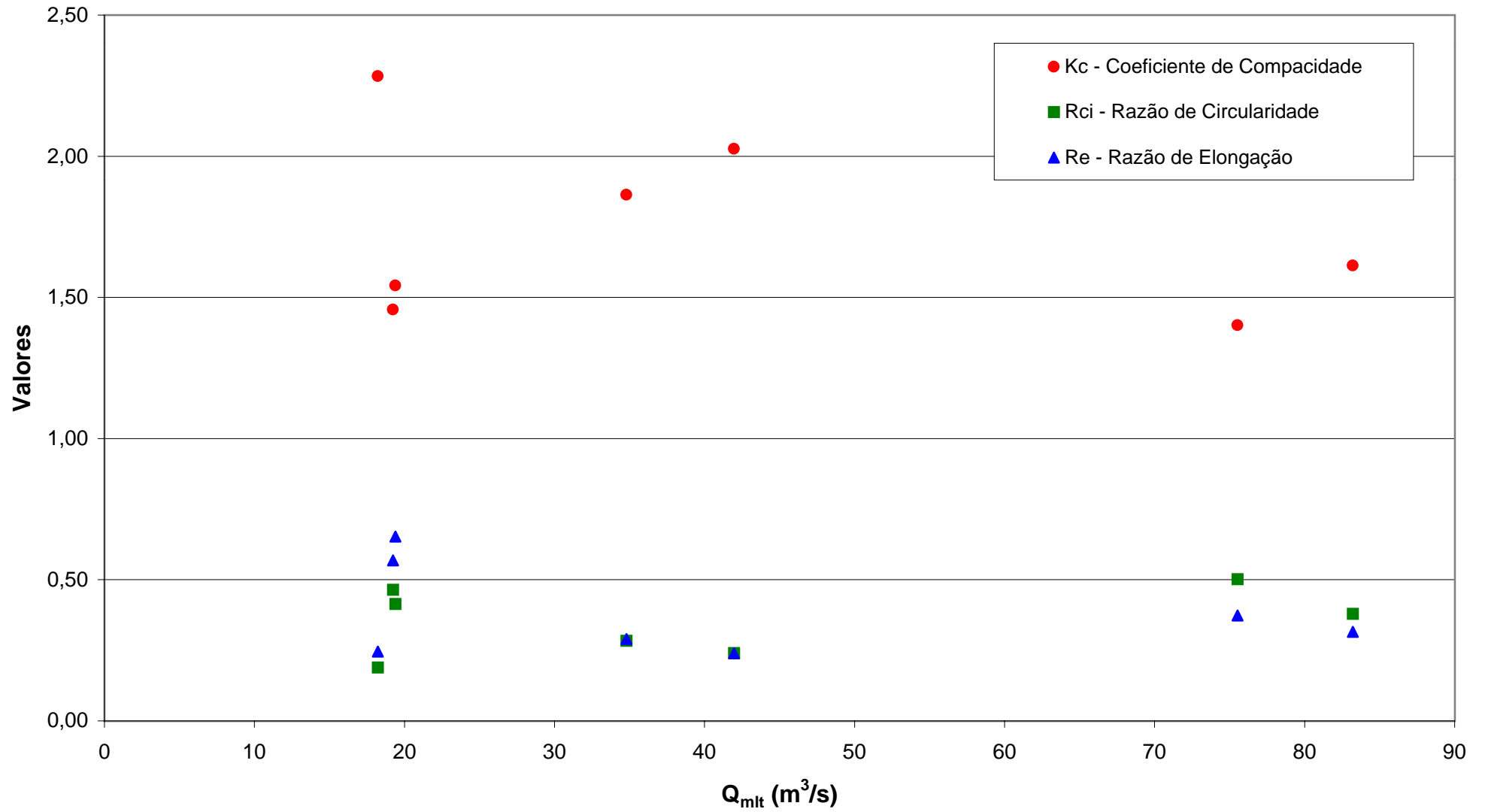


# Índices de Forma Rio São Francisco



# Índices de Forma

## Rios Abaeté, Indaiá e Borrachudo



## **ANEXO G**

### **AVALIAÇÃO DA DENSIDADE DA REDE FLUVIOMÉTRICA EM OPERAÇÃO**

O número de estações hidrometeorológicas existentes em uma determinada área depende de vários fatores, como a finalidade dos estudos a que se destinam os dados a serem coletados, a variação espacial das variáveis hidrológicas que serão estudadas, a densidade populacional dessas regiões e seu desenvolvimento econômico. Assim sendo, na análise da densidade mínima de uma rede hidrométrica deve ser considerado um complexo conjunto de elementos intervenientes.

A avaliação da densidade da rede fluviométrica em operação, pertencente à ANEEL na região em estudo, foi realizada baseando-se nas recomendações do Guia de Práticas Hidrológicas da Organização Meteorológica Mundial, publicado em 1981 (WMO – N° 168).

A análise consistiu inicialmente na delimitação das áreas das sub-bacias, tendo as mesmas sido subdivididas em regiões consideradas montanhosas ou planas. Em seguida, foi efetuada, para cada região, a contagem das estações fluviométricas, o que permitiu o cálculo da densidade de estações conforme as recomendações da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Para tal, foram utilizadas as cartas topográficas do IBGE na escala 1:1.000.000.

As recomendações da OMM relativas à densidade mínima de redes fluviométricas estão apresentadas de forma sintética no quadro a seguir.

Densidade mínima para uma rede fluviométrica / fluviográfica		
Tipo de Região	Densidade mínima (km <sup>2</sup> por estação)	Densidade mínima tolerada em condições adversas <sup>1</sup> (km <sup>2</sup> por estação)
I . Regiões planas de zonas temperada, mediterrânea e tropical	1.000 - 2.500	3.000 - 10.000
II . Regiões montanhosas de zonas temperada, mediterrânea e tropical	300 - 1.000	1.000 - 5.000 <sup>4</sup>
Pequenas ilhas montanhosas com precipitações irregulares e rede hidrográfica muito densa	140 - 300	
III . Regiões áridas e polares <sup>2</sup>	5.000 - 20.000 <sup>3</sup>	

<sup>1</sup> Estas densidades são toleradas excepcionalmente para regiões com baixa densidade populacional, com dificuldades de comunicação ou por razões econômicas.

<sup>2</sup> Grandes desertos não estão incluídos.

<sup>3</sup> Dependendo da viabilidade.

<sup>4</sup> Sobre condições adversas esse valor pode ser estendido para 10.000 km<sup>2</sup>.

## **ANEXO DE MAPAS**

- **MAPA GEOLÓGICO**
- **MAPA GEOMORFOLÓGICO**
- **CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN**
- **MAPA DE SISTEMAS AQUÍFEROS**
- **LIMITE DE MUNICÍPIOS**
- **DENSIDADE DEMOGRÁFICA**
- **MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS**
- **DIAGRAMAS UNIFILARES DAS SUB-BACIAS 40 e 41**
- **MAPA DE ISOIETAS MÉDIAS ANUAIS**
- **POLÍGONOS DE THIESSEN**
- **ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS NA DELIMITAÇÃO DOS POLÍGONOS DE THIESSEN**



