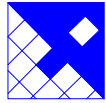




**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL  
SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA**



**INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**



*FUNCATE - Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais*



**PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE  
ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA  
O NORDESTE SETENTRIONAL  
PROJETO BÁSICO**

**TRECHO II – EIXO NORTE  
R11 – MODELO HIDRODINÂMICO E  
ESQUEMA OPERACIONAL**



*FUNCATE - Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais*

## **TRECHO II – EIXO NORTE R11 – MODELO HIDRODINÂMICO E ESQUEMA OPERACIONAL**

# **PROJETO TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL**

## **MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL**

### **Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica**

**Ministro de Estado da Integração Nacional: Fernando Luiz Gonçalves Bezerra**

Secretário de Infra-Estrutura Hídrica: Rômulo de Macedo Vieira

Coordenador Geral: João Urbano Cagnin

## **INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**

Diretor Interino: Volker W. J. H. Kirchhoff

## **FUNCATE – Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais**

Gerente: José Armando Varão Monteiro

Coordenador Técnico: Antônio Carlos de Almeida Vidon

Coordenador Técnico Adjunto: Ricardo Antônio Abrahão

Brasília, abril de 2001

Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais - FUNCATE

Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional; Trecho II – Eixo Norte – R11 – Modelo Hidrodinâmico e Esquema Operacional. – São José dos Campos: Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais – FUNCATE, 2001.

27 p

1. Transposição de Águas
- I. Trecho II – Eixo Norte – R11 – Modelo Hidrodinâmico e Esquema Operacional

CDU 556.5:62

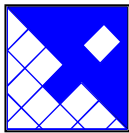
**FUNCATE:**

Av. Dr. João Guilhermino, 429, 11º Andar – Centro

São José dos Campos – SP

CEP: 12210-131

Telefone: (0XX 12) 325 1399 Fax: (0XX 12) 341 2829



**FUNCATE**

**Fundação de Ciência,  
Aplicações e Tecnologia  
Espaciais**

Projeto						Data	
Verificação						Data	
Aprovação						Data	
Aprovação						Data	
Código FUNCATE						Data	
EN.B/II.RF.HI.0004							
Rev.	Data	Folha	Descrição	Aprovação		FUNCATE	
						Data	Aprovação

**PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS  
DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O  
NORDESTE SETENTRIONAL  
*PROJETO BÁSICO***

**TRECHO II - EIXO NORTE  
R11 - MODELO HIDRODINÂMICO E  
ESQUEMA OPERACIONAL**

# PROJETO TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL

## Equipe

*José Armando Varão Monteiro: Gerente*

*Antônio Carlos de Almeida Vidon: Coordenador Técnico*

*Ricardo Antônio Abrahão: Coordenador Técnico Adjunto*

***Akira Ussami: Chefe da Equipe de Geotecnia:***

*Geverson Luiz Machado – Engenheiro Civil*

*Gislaine Terezinha de Matos – Engenheira Civil*

*Newton Bitencourt Santos – Engenheiro Civil*

***Nobutugu Kaji: Chefe da Equipe de Geologia***

*Aloysio Accioly de Senna Filho – Geólogo*

*Fábio Canzian – Geólogo*

*José Frederico Büll – Geólogo*

*Wilson Roberto Mori – Geólogo*

*Fernando Bispo de Jesus – Técnico de Campo*

*José Antonio Santos Subrinho – Técnico de Campo*

***Anibal Young Eléspuru: Chefe da Equipe de Hidráulica e Hidrologia***

*Giovanni Magnus Dantas Amaro – Engenheiro Civil*

*Rafael Guedes Valença – Engenheiro Civil*

*Sérgio Bianconcini – Engenheiro Civil*

***José Carlos Degaspere: Chefe da Equipe de Estrutura***

***José Ricardo Junqueira do Val: Chefe da Equipe de Orçamento e Planejamento***

*Roberto Lira de Paula – Engenheiro Civil*

***Ricardo Carone: Chefe da Equipe de Engenharia Mecânica***

***Sidnei Collange: Chefe da Equipe de Engenharia Elétrica***

***Sandra Schaaf Benfica: Chefe da Equipe de Produção***

*Aleksander Szulc – Projetista*

*Antonio Muniz Neto – Projetista*

*Carla Costa R. Pizzo Atvars – Projetista*

*Florencio Ortiz Martinez – Projetista*

*João Luiz Bosso – Projetista*

*Leandro Eboli – Projetista*

*Rubens Crepaldi – Projetista*

*Ricardo Sanches - Desenhista*

*Mônica de Lourdes Sampaio – Auxiliar Técnica*

## **Infra Estrutura e Apoio**

*Ana Julia Cristofani Belli – Secretária*

*Maria Luiza Chiarello Miragaia – Secretária*

*Célia Regina Pandolphi Pereira – Assistente Adm. Especializada*

*Carlos Roberto Leite Marques – Assistente Administrativo*

*Juliana Cristina Ribeiro da Silva – Técnica de Informática*

*Jacqueline Oliveira de Souza – Auxiliar Administrativo*

*Marcelo Pereira Almeida – Auxiliar Administrativo*

*Priscila Pastore M. dos Santos – Auxiliar Administrativo*

*Juliano Augusto do Rosário – Mensageiro*

*Maria Aparecida de Souza – Servente*

## **Consultores**

*Francisco Gladston Holanda*

*Luiz Antonio Villaça de Garcia*

*Luiz Ferreira Vaz*

*Nick Barton*



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

### APRESENTAÇÃO

O presente documento se constitui no Relatório R11 – MODELO HIDRODINÂMICO E ESQUEMA OPERACIONAL, parte integrante do **Projeto Básico do Trecho II – Eixo Norte**, referente ao PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL, elaborado pela FUNCATE através do contrato INPE/FUNCATE nº 01.06.094.0/99.

O Projeto de Transposição está sendo desenvolvido com base no Convênio nº 06/97-MPO/SEPPE – celebrado entre o MINISTÉRIO DE INTEGRAÇÃO NACIONAL-MI e o MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA-MCT e seu INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE.

O **Projeto Básico do Trecho II – Eixo Norte** compõe-se dos seguintes relatórios:

- R1 Descrição do Projeto
- R2 Critérios de Projeto
- R3 Sistemas de Adução e Geração nos Reservatórios Jati e Atalho
- R4 Sistema Adutor – Canais, Aquedutos, Tomadas de Usos Difusos, Túneis e Estruturas de Controle
- R5 Barragens e Vertedouros
- R6 Bases Cartográficas
- R7 Sistema de Drenagem
- R8 Geologia e Geotecnia
- R9 Estudos Hidrológicos e Sedimentológicos
- R10 Sistemas de Supervisão, Controle e Telecomunicações
- R11 Modelo Hidrodinâmico e Esquema Operacional
- R12 Sistema Elétrico
- R13 Canteiros e Sistema Viário
- R14 Cronograma e Orçamentos
- R15 Dossiê de Licitação
- R16 Memoriais de Cálculo
- R17 Caderno de Desenhos



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

---

ÍNDICE	PG
<b>1 . OBJETO E OBJETIVO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 . RESUMO .....</b>	<b>1</b>
<b>3 . MÉTODO NUMÉRICO UTILIZADO NAS SIMULAÇÕES .....</b>	<b>2</b>
<b>4 . CRITÉRIOS BÁSICOS DAS SIMULAÇÕES .....</b>	<b>3</b>
4.1 Em regime permanente.....	3
4.2 Em regime variável.....	3
<b>5 . RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES .....</b>	<b>3</b>
5.1 Operação do Sistema em regime permanente: Cálculo da linha d'água em todo o Trecho II.....	3
5.2 Operações dos Sistemas de Reservatórios S1 e S2, para a enchente de TR 1.000 anos..	4
5.3 Simulações da enchente de TR 1.000 anos nos reservatórios Cuncas e de Morros e suas influências nos níveis d'água no canal revestido. ....	23
<b>6 . COMENTÁRIOS FINAIS.....</b>	<b>23</b>
6.1 Operação do Trecho 2, total com vazão de longo período .....	23
6.2 Operação do Trecho 2, para a enchente de tempo de retorno de 1.000 anos) .....	23
6.2.1 Para os reservatórios dos sistemas S1 e S2: .....	23
6.2.2 Para o trecho de canal a jusante do túnel: .....	24
<b>6.3 Dimensionamento dos vertedouros.....</b>	<b>24</b>
6.3.1 Vertedouro da barragem dos Porcos ( Sistema de reservatórios S1 ): .....	24
6.3.2 Vertedouro do sistema de reservatório S2 (Cana Brava, do Cipó, do Boi I, II):.....	24
6.3.3 Vertedouro da barragem Cuncas: .....	24
6.3.4 Vertedouro da barragem de Morros: .....	27



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

---

### 1 . OBJETO E OBJETIVO

O objeto deste relatório é o Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional e o seu objetivo é a descrição geral da operação do Trecho II - Eixo Norte.

### 2 . RESUMO

O Trecho II – Eixo Norte se inicia na tomada d'água de Jati e segue através do reservatório Atalho, existente, prosseguindo pelos reservatórios dos Porcos, Cana Brava, do Cipó e do Boi, canais, aquedutos, galeria, túnel, reservatório de Morros e terminando no reservatório Cuncas.

A vazão pode variar de 11,13 a 89,0 m<sup>3</sup>/s, para o funcionamento de 1 a 8 bombas, respectivamente, que será recalçada na elevatória EBI-3, última estação de bombeamento do Trecho I – Eixo Norte.

Os estudos hidrodinâmicos realizados tiveram por finalidade determinar os níveis d'água para diferentes operações do sistema, sendo as duas principais a determinação dos NA Normais e os NA Máximo Maximorum.

Para a determinação dos níveis d'água normais ao longo do sistema, entre os reservatórios dos Porcos e Cuncas, foi efetuado o cálculo em regime permanente para a vazão máxima de 89,0 m<sup>3</sup>/s, proveniente Trecho I.

Através deste estudo foram determinados, os seguintes NA Normais nos reservatórios:

- Reservatório dos Porcos – NA = 401,46 m
- Reservatório Cana Brava – NA = 400,55 m
- Reservatório do Cipó – NA = 400,52 m
- Reservatório do Boi – NA = 400,41 m
- Reservatório de Morros – NA = 389,55 m
- Reservatório Cuncas – NA = 389,04 m

Observa-se que os NA nos reservatórios Cana Brava, do Cipó e do Boi, que são interligados por canais, a variação do NA é desprezível.

Para o dimensionamento do vertedouro da barragem dos Porcos, foram analisadas as seguintes condições:

- Largura do vertedouro variando entre 200 e 950 m.
- Soleira do vertedouro na cota 402, com extensão de 46 m, correspondente a uma 1,0 m acima do NA em regime permanente

Este estudo foi definido através da afluência ao reservatório da enchente de período de retorno de 1.000 anos, resultado da composição da vazão efluente de Atalho e das bacias do Riacho Verde e Riacho Zé Joaquim.

Da análise dos resultados, fazendo-se uma otimização dos custos de concreto e escavação, com função das condições geológicas locais optou-se pela definição de uma carga sobre o vertedouro de 2,00 m e um comprimento restante de 334 m, deste modo o NA Máx. Maximorum é de 404,46 m.

Para o dimensionamento dos vertedouros das barragens Cana Brava, do Cipó e do Boi, foram consideradas abertas as comportas entre os reservatórios dos Porcos e Cana Brava e fechada entre o reservatório do Boi e o canal do trecho II.

Embora nas simulações os reservatórios e elementos que compõem o sub-sistema tenham sido representados de forma individualizada, constatou-se que os reservatórios Cana Brava, do Cipó e do Boi operam como se fossem um único reservatório. Desta forma, as diferenças dos NA ao longo deste trecho são inexpressivas. Assim, o escoamento das cheias se dará por um vertedor





## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

equivalente cuja soleira tem uma extensão total de 530 m. A combinação dos estudos de implantação, envolvendo aspectos topográficos, geológicos e estruturais, estabeleceu que a otimização passará pela divisão física do vertedor entre o reservatório do Cipó, com 430 m de extensão e o reservatório do Boi com 100 m de extensão. O NA Máx. Maximorum calculado para estes três reservatórios foi de 401,50 m.

Para o caso dos reservatórios de Morros e Cuncas os NA Máx. Maximorum foram determinados para a condição da enchente de período de retorno de 1.000 anos ocorrendo simultaneamente em ambos os reservatórios.

Esta simulação forneceu uma cota igual a 390,30 m para o NA Máx. Maximorum no reservatório de Morros e 390,04 m no reservatório Cuncas, com comprimento de soleira dos vertedouros de 63,0 m e 140,0 m respectivamente.

Para todos estes casos a cota da soleira está 0,50 m acima do NA em regime permanente e a carga sobre o vertedouro será de 0,5 m.

### 3 . MÉTODO NUMÉRICO UTILIZADO NAS SIMULAÇÕES

Para a simulação das operações do sistema hidráulico de todo o Trecho II, foram utilizadas as equações diferenciais de *SAINT VENANT*, que descrevem o escoamento a superfície livre em canais e reservatórios, na sua forma conservativa:

$$\frac{\partial A}{\partial T} + \frac{\partial Q}{\partial X} = q \quad ; \text{ (Equação da continuidade)} \quad (1)$$

$$\frac{\partial A}{\partial T} + \frac{\partial Q}{\partial X} \left( \frac{Q^2}{A} + g.II \right) = g.A.(S - SF) \quad ; \text{ (Equação dinâmica)} \quad (2)$$

Sendo:

$Q$  = a vazão nos canais ou reservatórios, podendo ser variável no tempo e no espaço;

$A$  = área molhada da seção transversal dos canais;

$q$  = vazão de fuga lateral do fluxo d'água por unidade de comprimento dos canais, considerada nula nas simulações;

$g$  = aceleração gravitacional;

$X$  = distância ao longo do escoamento

$T$  = tempo

$II$  = parâmetro relativo à seção transversal

$S$  = declividade do canal e  $SF$  = declividade da linha de energia

Para a simulação do escoamento nos canais, túnel, etc, ambas as equações (da continuidade e dinâmica) foram utilizadas. Para as laminações de enchentes nos reservatórios, só a equação da continuidade foi utilizada.

O método numérico utilizado para a resolução das citadas equações diferenciais foi o de *MacCormack*. Uma descrição pormenorizada deste método poderá ser encontrada no Relatório R.12 do Trecho V-Eixo Leste-Modelo Hidrodinâmico e Esquema Operacional.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

### 4 . CRITÉRIOS BÁSICOS DAS SIMULAÇÕES

As simulações de operação do sistema empregando o modelo hidrodinâmico foram de dois tipos básicos:

- Em regime permanente
- Em regime variável, para a enchente de período de retorno de 1.000 anos

#### 4.1 Em regime permanente

No modelo hidrodinâmico adotou-se a vazão de 89,0 m<sup>3</sup>/s constante no tempo e no espaço

A linha d'água calculada teve o seu nível d'água de partida, na seção da entrada do reservatório Cuncas, com cota 389,04m e finalizou a jusante da Barragem Atalho.

Considerou-se, além das perdas por atrito, as perdas localizadas nas transições entre os subtrechos de canal para reservatório, canal para túnel, etc.

Na calibragem inicial do canal revestido procurou-se alcançar o nível d'água de cota 400,00m na seção transversal da estaca 38.081.

O cálculo da linha d'água estendeu-se para montante pelos reservatórios dos sistemas S1 (Dos Porcos) e S2 (Cana Brava, Cipó, Boi I e II), considerando-os como canais de seções naturais variadas e de grandes larguras.

#### 4.2 Em regime variável

Utilizou-se os hidrogramas correspondentes à enchente de período de retorno de 1.000 anos.

O modelo hidrodinâmico empregou uma variante que só utilizou a equação da continuidade, do par de equações de *Saint Venant* (equações (1) e (2)).

Foi empregada esta forma de simulação nos seguintes sistemas:

- Reservatório dos Porcos, denominado de sistema de reservatório S1;
- Reservatórios de Cana Brava, do Cipó e do Boi, considerados um só sistema de reservatório S2;
- Canal revestido de concreto de 6,0m de base, entre o reservatório do Boi e o túnel Cuncas e o reservatório de Morros e Cuncas.

Durante o processo da laminação da enchente de TR 1.000 anos, a vazão no canal revestido não poderia ser superior a 89,0 m<sup>3</sup>/s, adotando-se o controle de comportas, totalmente ou parcialmente abertas, existentes na sua entrada.

Igual restrição de vazão existiu também para a soleira com comportas segmento, existentes no canal de ligação entre o sistema de reservatórios dos Porcos (S1) e Sistema S2 (Cana Brava, Cipó, Boi I e II).

### 5 . RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

A seguir, apresenta-se os resultados das várias simulações de operações do sistema, com gráficos e tabelas.

#### 5.1 Operação do Sistema em regime permanente: Cálculo da linha d'água em todo o Trecho II.

O Trecho II, que se estende desde a entrada do reservatório Cuncas (estaca 101+382) a jusante, até a barragem Atalho (estaca 18+618,48) a montante constitui-se, do ponto de vista hidráulico, de canais, túnel e reservatórios, para adução de uma vazão constante de 89 m<sup>3</sup>/s, como vazão normal de projeto, de longo período.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

---

Fazendo-se, no modelo hidrodinâmico, a vazão constante no tempo e no espaço, obteve-se a linha d'água em regime permanente para  $89 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Na figura 1 anexa, apresenta-se um perfil longitudinal do referido trecho com a linha d'água calculada. Estes níveis d'água desta linha são denominados NA normais e são apresentados, para várias seções transversais, na tabela 5.1.

Na seção transversal de cálculo SO8B desta tabela 5.1, observa-se o aumento localizado do nível d'água de cota 400,63m para 401,43m.

Neste local, utilizou-se o cálculo do NA de montante pela equação do vertedouro, que se encontra no canal de ligação entre o reservatório dos Porcos e do S2, (ver figura 2).

Nas figuras 4a e 4b anexas estão apresentadas em plantas as seções transversais de cálculo S1 até S17, nos sistemas de reservatórios S1 a S2.

### 5.2 Operações dos Sistemas de Reservatórios S1 e S2, para a enchente de TR 1.000 anos

Os vertedouros dos sistemas de reservatórios S1 e S2 foram dimensionados baseados nas seguintes operações, para a enchente de tempo de recorrência de TR 1.000 anos:

a) Sistema de reservatórios S1 (ver esquema na figura 3)

O hidrograma afluente foi composto pelo hidrograma efluente do reservatório Atalho (Bacia B1), mais os hidrogramas das bacias contribuintes B3 e B7.

O vertedouro dotado de comportas, que controla o escoamento do sistema de reservatórios S1 para S2, é mantido completamente fechado, durante toda a ocorrência da enchente,

Depois de várias alternativas de laminações de enchentes (Flood Routing), com vários comprimentos de soleiras de vertedouros, adotou-se a seguinte:

- $L = 334 \text{ m}$  = comprimento da soleira do vertedouro da barragem dos Porcos;
- $CC = 402,46 \text{ m}$  = cota da crista do vertedouro da mesma barragem;
- $NA_{ini} = 401,46 \text{ m}$  = nível d'água inicial no reservatório, quando da chegada da enchente de TR 1.000 anos, ou seja, o NA normal para a vazão constante de  $89 \text{ m}^3/\text{s}$ , no reservatório do sistema S1 (dos Porcos), ver tabela 5.1
- $QA_{máx} = 1.708 \text{ m}^3/\text{s}$  = Pico de vazão do hidrograma afluente;
- $QE_{máx} = 1.685 \text{ m}^3/\text{s}$  = Pico de vazão efluente escoado pelo vertedouro;
- $NA_{Máx. Maximum} = 404,46$  = Nível d'água máximo alcançado no reservatório do S1;
- $C = 1,8$  = coeficiente de vazão do vertedouro adotado, para toda a variação de níveis

Na figura 5, anexa, apresenta-se o gráfico dos hidrogramas afluente e efluente resultantes da simulação computacional.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

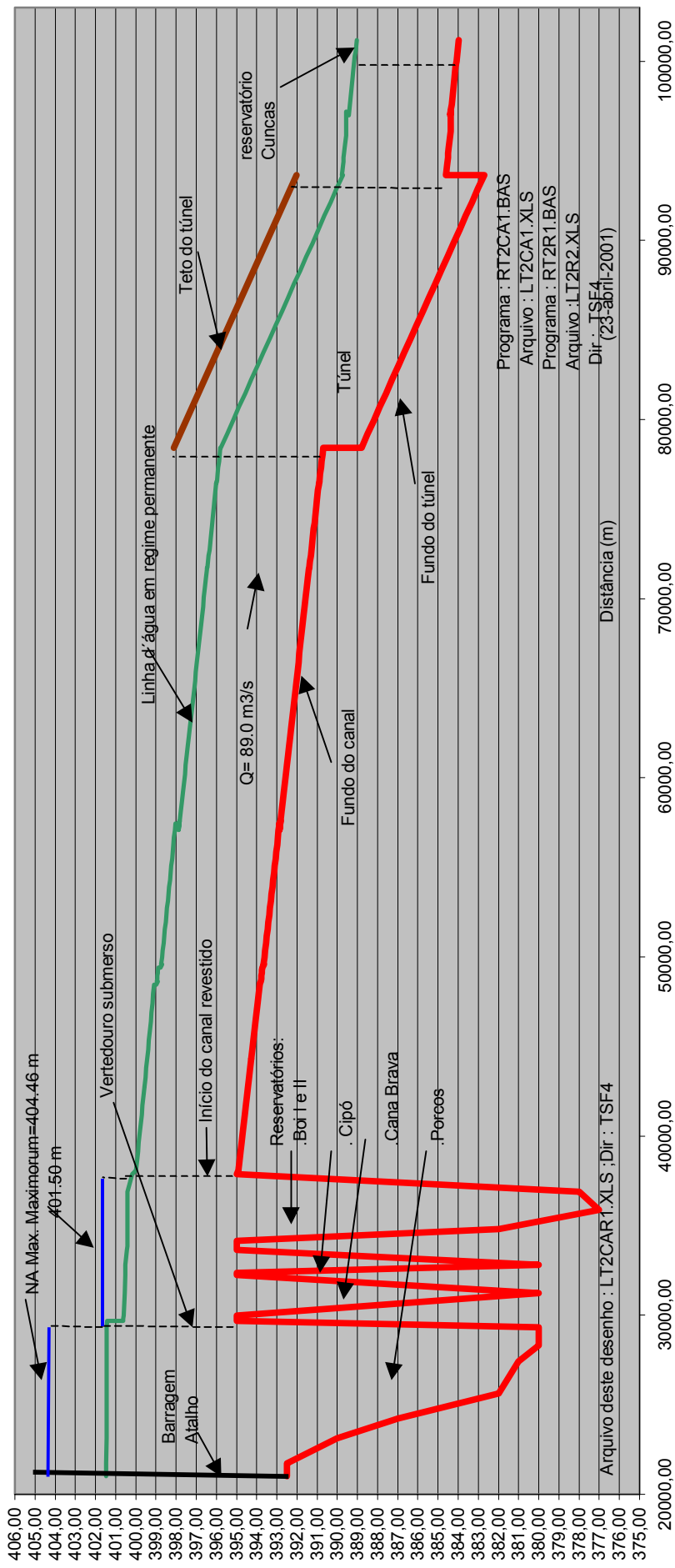


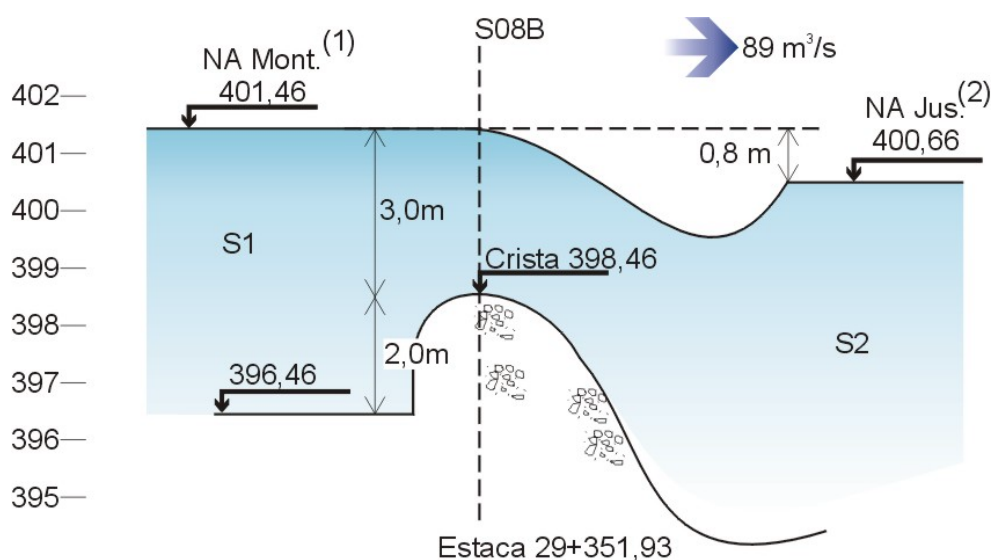
Figura 1

Trecho 2 - Perfil com linha d'água para Q= 89.0 m<sup>3</sup>/s em regime permanente e linhas d'água de Na's Máximo Maximumum para Enchente de TR 1000 anosos reservatórios de montante.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Na figura 6, anexa, apresenta-se a variação do nível d'água no reservatório para a mesma simulação. O nível máximo alcançado foi denominado NA Máx. Maximorum do S1.



$L=9,3\text{m}$ =comprimento total da soleira

$C=1,88$  = coeficiente de vazão

(1): NA para  $Q=89,0\text{m}^3/\text{s}$  em regime permanente no S1 (Reservatório dos Porcos)

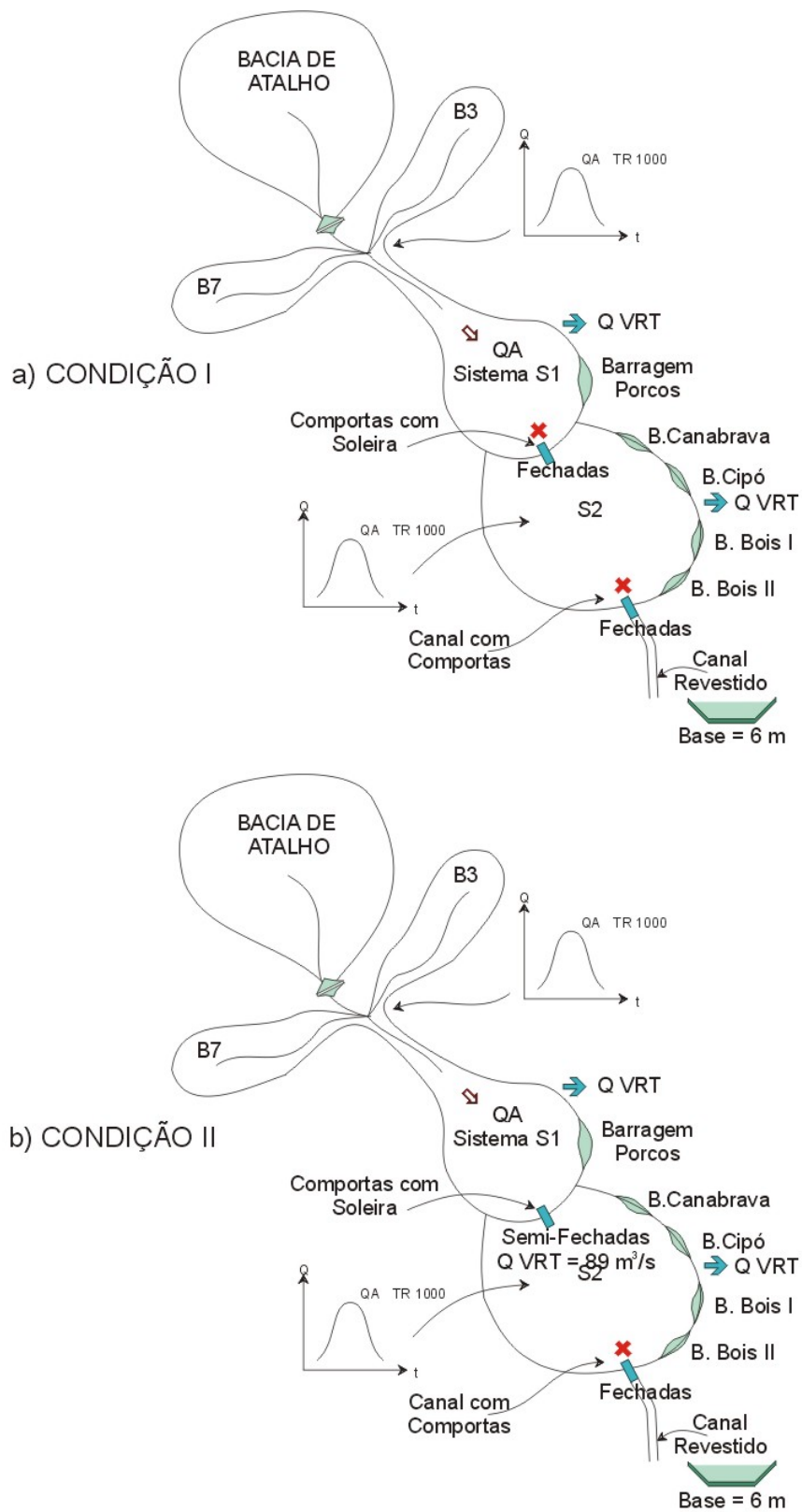
(2): NA para  $Q=89,0\text{m}^3/\text{s}$  em regime permanente no S2 (Reservatório Cana Brava, do Cipó, do Boi I e II)

FIGURA 2

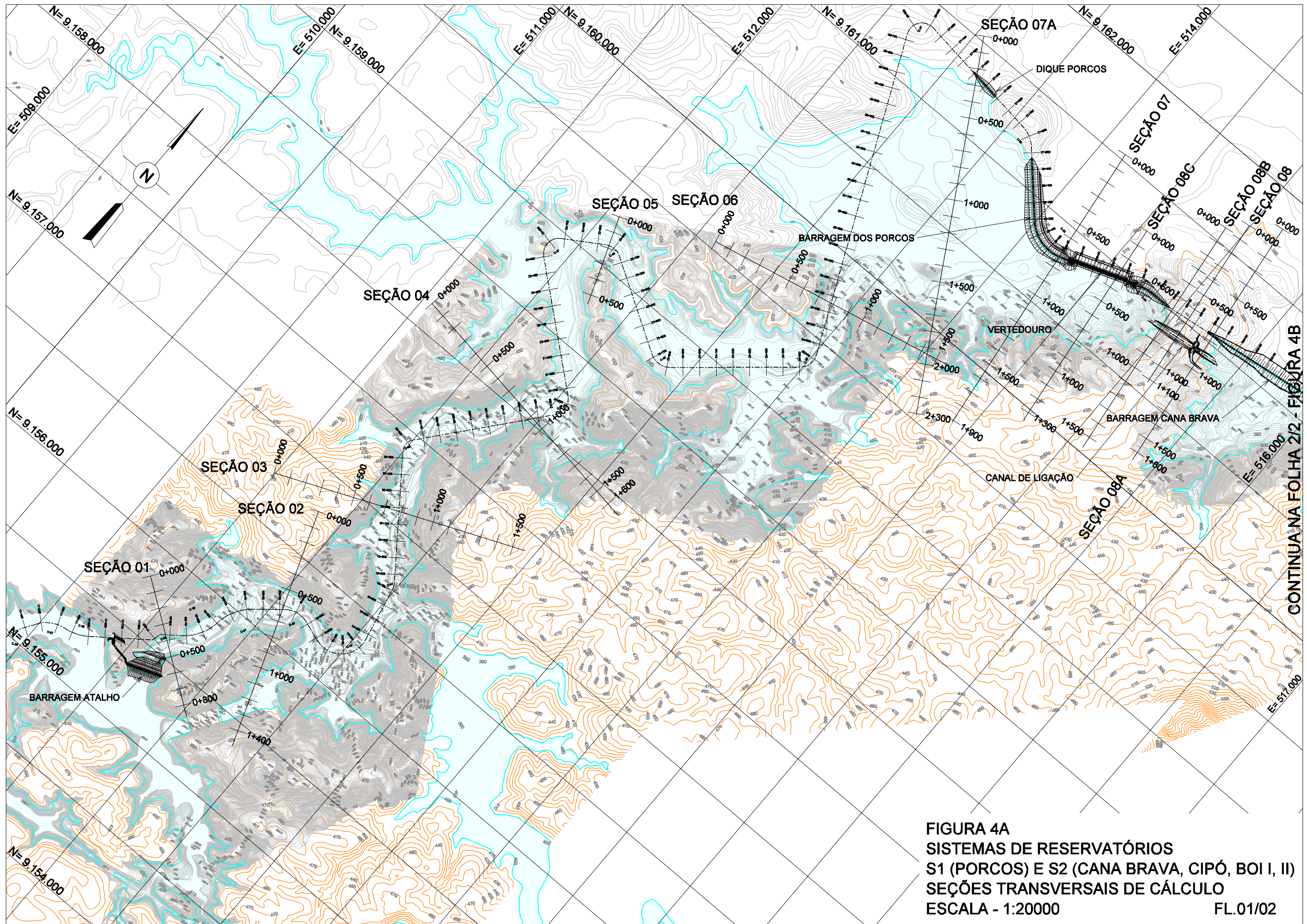
VERTEDOIRO NO CANAL DE LIGAÇÃO ENTRE O RESERVATÓRIO DO SISTEMA 1 ( DOS PORCOS), E O SISTEMA S2 (CANA BRAVA + DO CIPÓ + DO BOI I E II). FUNCIONAMENTO EM REGIME PERMANENTE COM COMPORTAS TOTALMENTE ABERTAS (OPERAÇÃO DE LONGO PERÍODO).



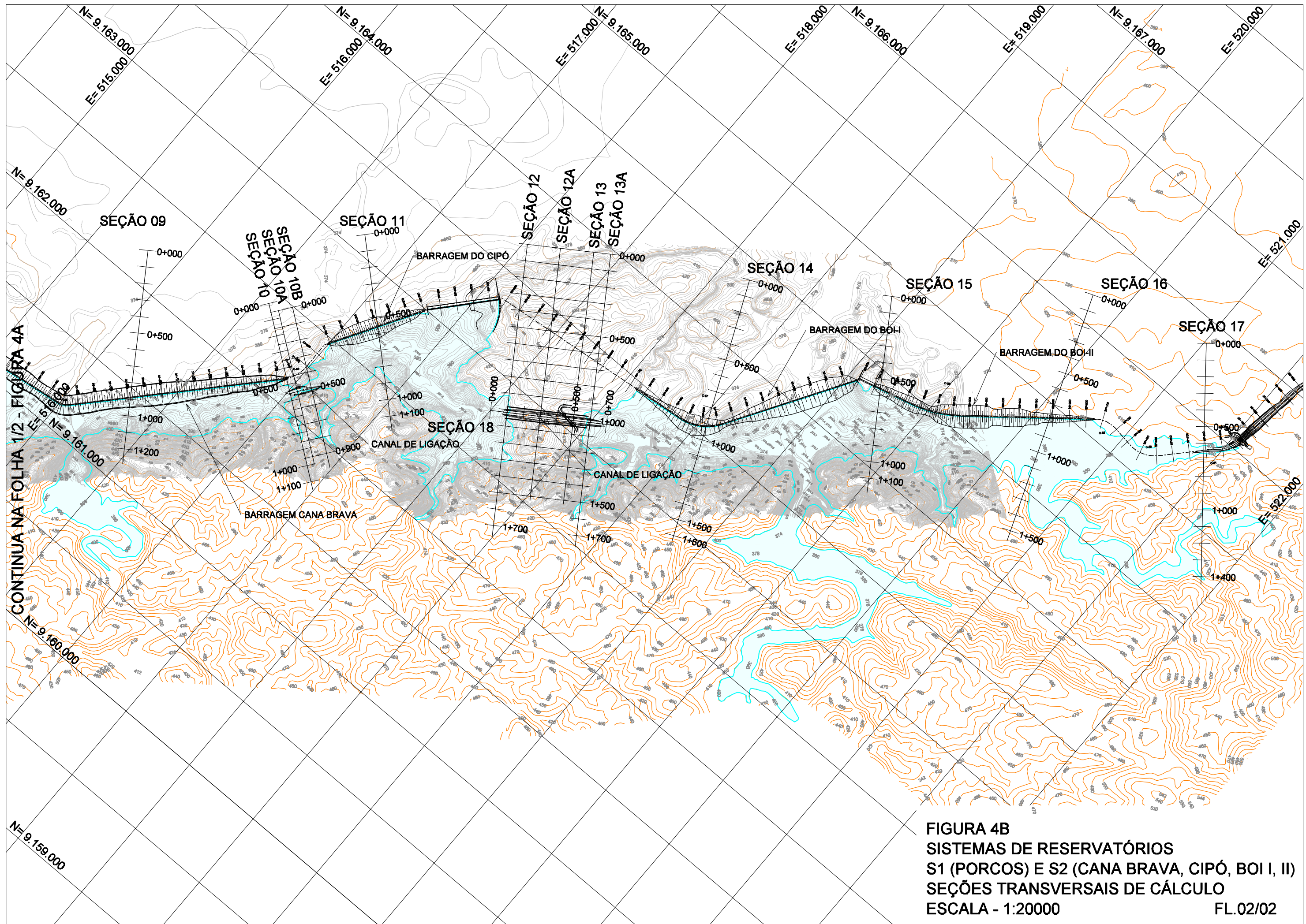
## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico



SISTEMAS DE RESERVATÓRIOS S1 E S2: CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO DURANTE A ENCHENTE TR 1.000 ANOS



**FIGURA 4A**  
**SISTEMAS DE RESERVATÓRIOS**  
**S1 (PORCOS) E S2 (CANA BRAVA, CIPÓ, BOI I, II)**  
**SEÇÕES TRANSVERSAIS DE CÁLCULO**  
**ESCALA - 1:20000**  
**FL.01/02**



CONTINUA NA FOLHA 1/2 - FIGURA 4A

**FIGURA 4B**  
**SISTEMAS DE RESERVATÓRIOS**  
**S1 (PORCOS) E S2 (CANA BRAVA, CIPÓ, BOI I, II)**  
**SEÇÕES TRANSVERSAIS DE CÁLCULO**  
**ESCALA - 1:20000**  
**FL.02/02**





## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Tabela 5.1

TRECHO 2 : Níveis d'água Normal e Máx. Maximorum no canal ,desde o reservatório Cuncas (jus.) até a seção da Barragem Atalho .

Estaca	CF	NA Normal	NA Máx. Maximorum	NA Máx. Maximorum	OBS
			(Alt. A )	(Alt. B )	
	(m)	(m)	(m)	(m)	
101190,00	383,97	389,04	390,04	389,50	Reserv. Cuncas -entrada
100790,00	384,01	389,08	390,06	389,53	Canal revestido ,b=6.0 m
100390,00	384,05	389,11	390,07	389,55	idem
99990,00	384,09	389,15	390,09	389,58	idem
99590,00	384,13	389,19	390,11	389,60	idem
99190,00	384,17	389,23	390,13	389,63	idem
98790,00	384,21	389,26	390,15	389,66	idem
98390,00	384,25	389,30	390,16	389,68	idem
97990,00	384,29	389,34	390,18	389,71	idem
97590,00	384,33	389,38	390,20	389,74	idem
97190,00	384,37	389,42	390,22	389,77	idem
97190,00	384,37	389,54	390,30	389,87	Reserv. de Morros
96892,86	384,37	389,54	390,30	389,87	idem
96595,72	384,37	389,55	390,30	389,87	idem
96298,58	384,37	389,55	390,30	389,87	idem
96001,44	384,37	389,55	390,31	389,87	idem
95704,30	384,37	389,55	390,31	389,88	idem
95407,16	384,37	389,55	390,31	389,88	idem
95110,02	384,37	389,55	390,31	389,88	idem
95110,00	384,37	389,54	390,30	389,86	Canal não revestido,b=23.5 m
94901,57	384,39	389,56	390,31	389,88	idem
94693,14	384,41	389,57	390,32	389,90	idem
94484,71	384,43	389,59	390,33	389,91	idem
94276,28	384,45	389,61	390,34	389,93	idem
94067,85	384,47	389,63	390,36	389,94	idem
93859,42	384,50	389,65	390,37	389,96	idem
93650,99	384,52	389,67	390,38	389,97	idem
93651,00	382,71	389,63	390,35	389,94	Túnel Cuncas-saída de jusante
92890,00	383,01	389,94	390,61	390,22	idem
92129,00	383,32	390,25	390,87	390,51	idem
91368,00	383,62	390,55	391,13	390,79	idem
90607,00	383,93	390,86	391,40	391,08	idem
89846,00	384,23	391,17	391,66	391,37	idem
89085,00	384,54	391,48	391,94	391,66	idem
88324,00	384,84	391,79	392,21	391,95	idem
87563,00	385,15	392,09	392,48	392,25	idem
86802,00	385,45	392,40	392,76	392,54	idem
86041,00	385,75	392,71	393,04	392,84	idem
85280,00	386,06	393,01	393,32	393,13	idem
84519,00	386,36	393,32	393,60	393,43	idem
83758,00	386,67	393,62	393,88	393,72	idem
82997,00	386,97	393,93	394,17	394,02	idem
82236,00	387,28	394,24	394,46	394,32	idem
81475,00	387,58	394,54	394,74	394,62	idem



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

80714,00	387,89	394,85	395,03	394,92	idem
79953,00	388,19	395,15	395,32	395,22	idem
79192,00	388,49	395,46	395,61	395,52	idem
78431,00	388,80	395,76	395,91	395,82	Túnel Cuncas- entrada de montante
78431,00	390,70	395,78	395,93	395,84	Canal revestido , b=6.0 m
78061,00	390,74	395,82	395,96	395,87	idem
77691,00	390,77	395,85	395,99	395,90	idem
77321,00	390,81	395,89	396,02	395,94	idem
76951,00	390,85	395,92	396,05	395,97	idem
76581,00	390,88	395,95	396,08	396,00	Galeria Sobradinho
76581,00	390,88	395,96	396,09	396,01	idem
76541,00	390,89	395,97	396,10	396,02	idem
76501,00	390,90	395,98	396,10	396,02	idem
76461,00	390,90	395,99	396,11	396,03	idem
76421,00	390,91	395,99	396,12	396,04	idem
76381,00	390,92	396,00	396,12	396,05	idem
76381,00	390,92	396,00	396,12	396,04	Canal revestido ,b=6.0 m
76005,38	390,96	396,03	396,15	396,08	idem
75629,77	391,00	396,07	396,18	396,11	idem
75254,15	391,03	396,10	396,21	396,14	idem
74878,53	391,07	396,14	396,25	396,18	idem
74502,91	391,11	396,17	396,28	396,21	idem
74127,30	391,15	396,21	396,31	396,24	idem
73751,68	391,18	396,24	396,34	396,28	idem
73376,06	391,22	396,28	396,38	396,31	idem
73000,45	391,26	396,31	396,41	396,35	idem
72624,83	391,30	396,35	396,44	396,38	idem
72249,21	391,33	396,38	396,47	396,42	idem
71873,59	391,37	396,42	396,51	396,45	idem
71497,98	391,41	396,45	396,54	396,48	idem
71122,36	391,45	396,49	396,57	396,52	idem
70746,74	391,48	396,52	396,61	396,55	idem
70371,13	391,52	396,56	396,64	396,59	idem
69995,51	391,56	396,60	396,67	396,62	idem
69619,89	391,60	396,63	396,71	396,66	idem
69244,27	391,63	396,67	396,74	396,69	idem
68868,66	391,67	396,70	396,77	396,73	idem
68493,04	391,71	396,74	396,81	396,77	idem
68117,42	391,75	396,78	396,84	396,80	idem
67741,80	391,78	396,81	396,88	396,84	idem
67366,19	391,82	396,85	396,91	396,87	idem
66990,57	391,86	396,89	396,94	396,91	idem
66614,95	391,90	396,92	396,98	396,94	idem
66239,34	391,93	396,96	397,01	396,98	idem
65863,72	391,97	396,99	397,05	397,01	idem
65488,10	392,01	397,03	397,08	397,05	idem
65112,48	392,05	397,07	397,12	397,09	idem
64736,86	392,08	397,10	397,15	397,12	idem
64361,23	392,12	397,14	397,19	397,16	idem
63985,61	392,16	397,18	397,22	397,19	idem
63609,99	392,20	397,21	397,26	397,23	idem
63234,37	392,23	397,25	397,29	397,27	idem



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

62858,75	392,27	397,29	397,33	397,30	idem
62483,13	392,31	397,32	397,36	397,34	idem
62107,51	392,35	397,36	397,40	397,37	idem
61731,89	392,39	397,40	397,43	397,41	idem
61356,27	392,42	397,43	397,47	397,45	idem
60980,64	392,46	397,47	397,51	397,48	idem
60605,02	392,50	397,51	397,54	397,52	idem
60229,40	392,54	397,54	397,58	397,56	idem
59853,78	392,57	397,58	397,61	397,59	idem
59478,16	392,61	397,62	397,65	397,63	idem
59102,54	392,65	397,65	397,68	397,66	idem
58726,92	392,69	397,69	397,72	397,70	idem
58351,30	392,72	397,73	397,76	397,74	idem
57975,68	392,76	397,76	397,79	397,77	idem
57600,05	392,80	397,80	397,83	397,81	idem
57600,00	392,80	397,76	397,78	397,77	Aqueduto Catingueira
57550,00	392,82	397,78	397,80	397,79	idem
57500,00	392,84	397,80	397,82	397,81	idem
57450,00	392,86	397,82	397,85	397,83	idem
57450,00	392,87	397,94	397,97	397,95	Canal revestido ,b=6.0 m
57056,50	392,91	397,98	398,00	397,99	idem
56663,00	392,95	398,01	398,04	398,02	idem
56269,50	392,99	398,05	398,07	398,06	idem
55876,00	393,03	398,09	398,11	398,10	idem
55482,50	393,07	398,12	398,15	398,13	idem
55089,00	393,11	398,16	398,18	398,17	idem
54695,50	393,15	398,20	398,22	398,21	idem
54302,00	393,18	398,24	398,26	398,24	idem
53908,50	393,22	398,27	398,29	398,28	idem
53515,00	393,26	398,31	398,33	398,32	idem
53121,50	393,30	398,35	398,37	398,35	idem
52728,00	393,34	398,38	398,40	398,39	idem
52334,50	393,38	398,42	398,44	398,43	idem
51941,00	393,42	398,46	398,48	398,47	idem
51547,50	393,46	398,50	398,51	398,50	idem
51154,00	393,50	398,53	398,55	398,54	idem
50760,50	393,54	398,57	398,59	398,58	idem
50367,00	393,58	398,61	398,62	398,62	idem
49973,50	393,62	398,65	398,66	398,65	idem
49580,00	393,66	398,69	398,70	398,69	idem
49580,00	393,65	398,64	398,65	398,65	Aqueduto Pinga
49520,00	393,67	398,67	398,68	398,67	idem
49460,00	393,70	398,69	398,70	398,70	idem
49400,00	393,72	398,71	398,73	398,72	idem
49400,00	393,72	398,84	398,85	398,84	Canal revestido , b=6.0 m
49248,20	393,74	398,85	398,86	398,85	idem
49096,40	393,75	398,86	398,88	398,87	idem
48944,60	393,77	398,88	398,89	398,88	idem
48792,80	393,78	398,89	398,90	398,89	idem
48641,00	393,80	398,90	398,92	398,91	idem
48641,00	393,79	398,86	398,87	398,86	Aqueduto de Boi
48581,00	393,81	398,88	398,90	398,89	idem



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

48521,00	393,84	398,91	398,92	398,91	idem
48461,00	393,86	398,93	398,94	398,94	idem
48461,00	393,86	399,05	399,06	399,05	Canal revestido , b=6.0 m
47942,00	393,91	399,09	399,10	399,10	idem
47423,00	393,96	399,14	399,15	399,14	idem
46904,00	394,02	399,18	399,19	399,19	idem
46385,00	394,07	399,23	399,24	399,23	idem
45866,00	394,12	399,27	399,28	399,27	idem
45347,00	394,17	399,32	399,33	399,32	idem
44828,00	394,22	399,36	399,37	399,36	idem
44309,00	394,28	399,41	399,42	399,41	idem
43790,00	394,33	399,45	399,46	399,46	idem
43271,00	394,38	399,50	399,51	399,50	idem
42752,00	394,43	399,55	399,55	399,55	idem
42233,00	394,48	399,59	399,60	399,59	idem
41714,00	394,53	399,64	399,65	399,64	idem
41195,00	394,59	399,69	399,69	399,69	idem
40676,00	394,64	399,73	399,74	399,73	idem
40157,00	394,69	399,78	399,79	399,78	idem
39638,00	394,74	399,83	399,83	399,83	idem
39119,00	394,79	399,87	399,88	399,88	idem
38600,00	394,85	399,92	399,93	399,92	idem
38081,00	394,90	400,00	400,00	400,00	idem
38008,00	394,90	400,09	400,09	400,09	Entrada de montante do canal revestido b=6.0 m

( Subtrecho dos Reservatórios )

ESTACA	CF (m)	NA NORMAL (m)	NA Máx. Maximor. (m)	SEC	OBS
37788,46	395,00	400,18	401,5	S17	Reservatório do Boi I, II
36783,71	378,00	400,41	401,5	S16	idem
35733,71	377,00	400,41	401,5	S15	idem
34633,70	382,00	400,41	401,5	S14	idem
33877,07	395,00	400,41	401,5	S13A	idem
33763,70	395,00	400,40	401,5	S13	Canal de ligação Cipó-Boi I
33541,62	395,00	400,43	401,5	S12A	idem
33319,54	395,00	400,45	401,5	S12	idem
32433,71	380,00	400,52	401,5	S11	Reservatório do Cipó
31926,62	395,00	400,52	401,5	S10B	Canal de ligação Cana Brava-Cipó
31831,24	395,00	400,52	401,5	S10A	idem
31785,80	395,00	400,53	401,5	S10	idem
30842,46	380,00	400,55	401,5	S09	Reservatório Cana Brava
29651,77	395,00	400,60	401,5	S08A	Canal de ligação Porcos-Cana Brava
29467,15	395,00	400,62	401,5	S08	idem
29351,93	395,00	400,63	401,5	S08B	Seção do vertedouro submerso- jusante
29351,93	395,00	401,43	404,46	S08B	Seção do vertedouro submerso- montante
28952,18	380,00	401,46	404,46	S08C	Reservatório dos Porcos
28583,35	380,00	401,46	404,46	S07	idem
27543,18	380,00	401,46	404,46	S07A	idem



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

25220,77	381,00	401,46	404,46	S06	idem
23320,54	382,00	401,46	404,46	S05	idem
21918,48	387,00	401,46	404,46	S04	idem
20818,48	390,00	401,46	404,46	S03	idem
19365,42	392,50	401,46	404,46	S02	idem
18618,48	392,50	401,46	404,46	S01	idem

Barragem Atalho

Obs : As seções transversais de cálculo S17 a S01 estão apresentadas em planta nas figuras 4A e 4B

Programa : RT2CA1.BAS

Arquivo : LT2CA1ML.XLS

Dir : TSF4



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

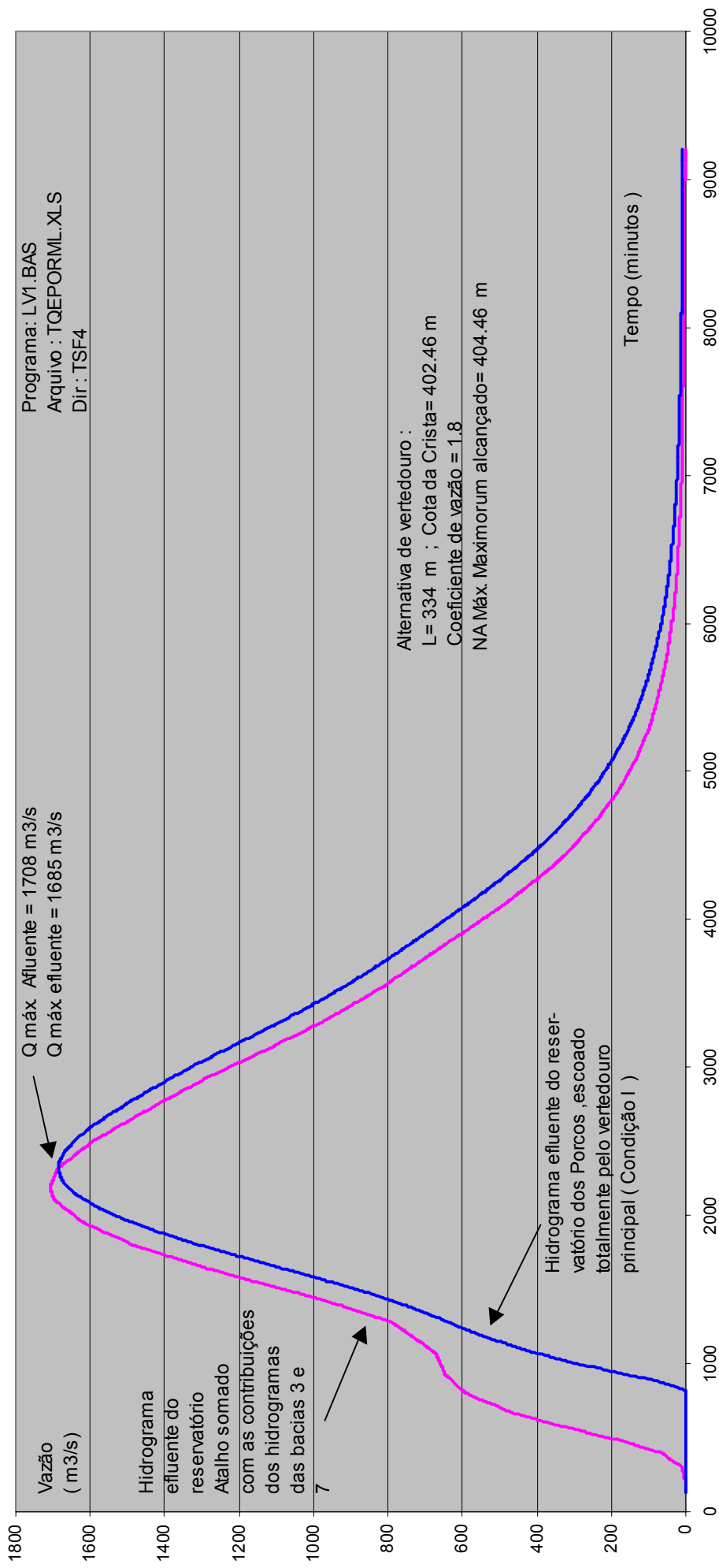


Figura 5

TRECHO 2 : Laminación da enchente de TR 1000 anos no reservatório dos Porcos de acordo com a Condição I de operação.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

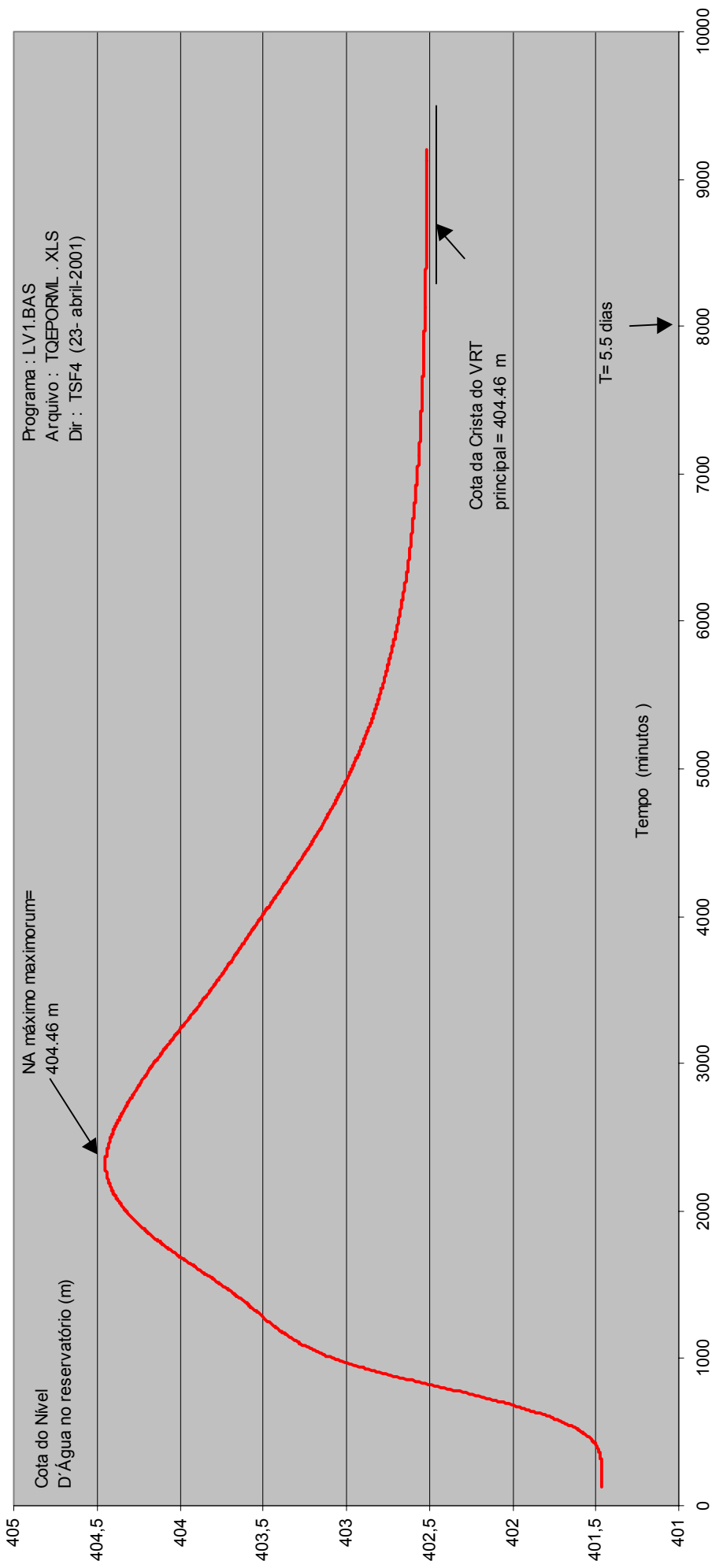


Figura 6

TRECHO 2 : Variação do nível d'água no reservatório dos Porcos durante a laminação da enchente de TR 1000 anos com a Condição I de operação .



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

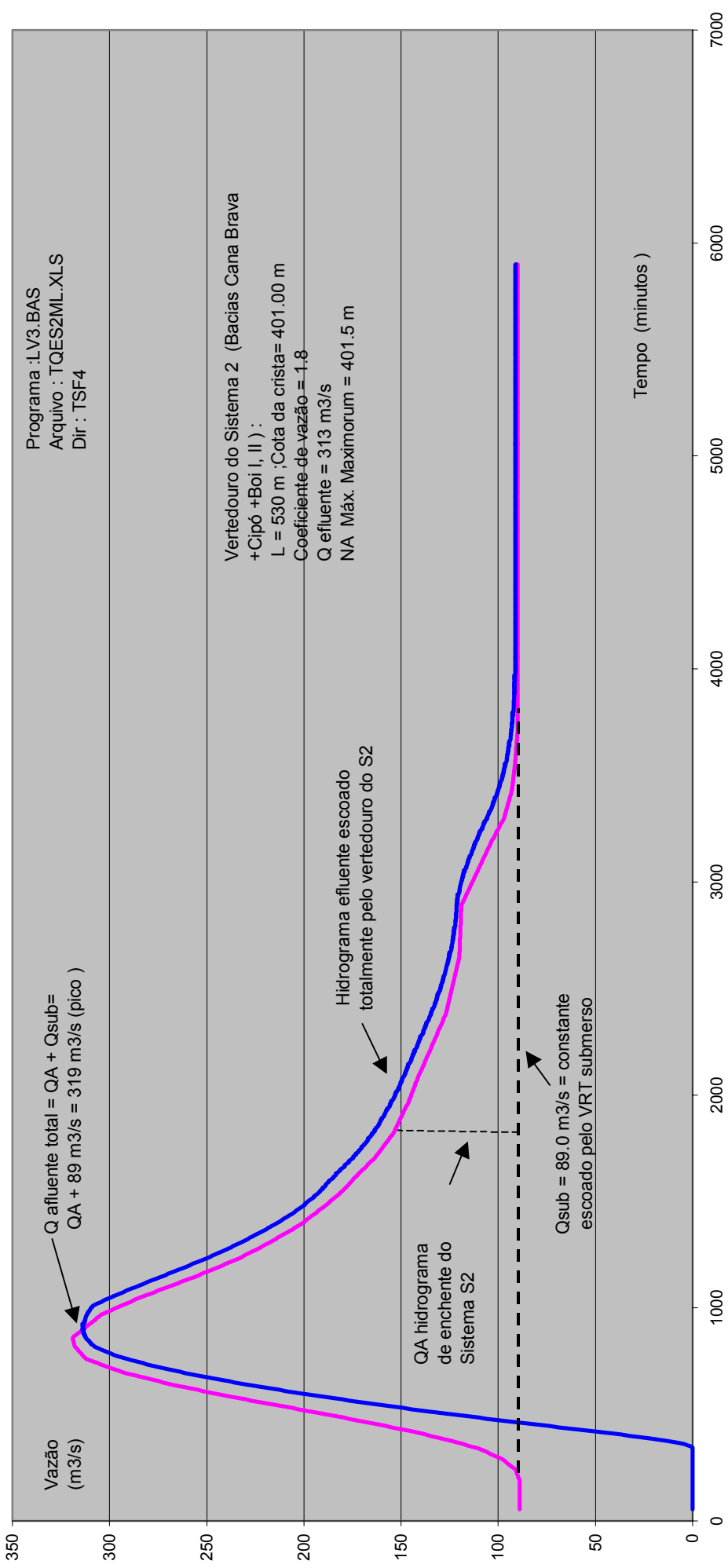


Figura 7  
TRECHO 2 : Laminização da enchente de TR 1000 anos no reservatório do Sistema 2 (Cana Brava + Cipó + Boi I, II) na Condição II de operação .





## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

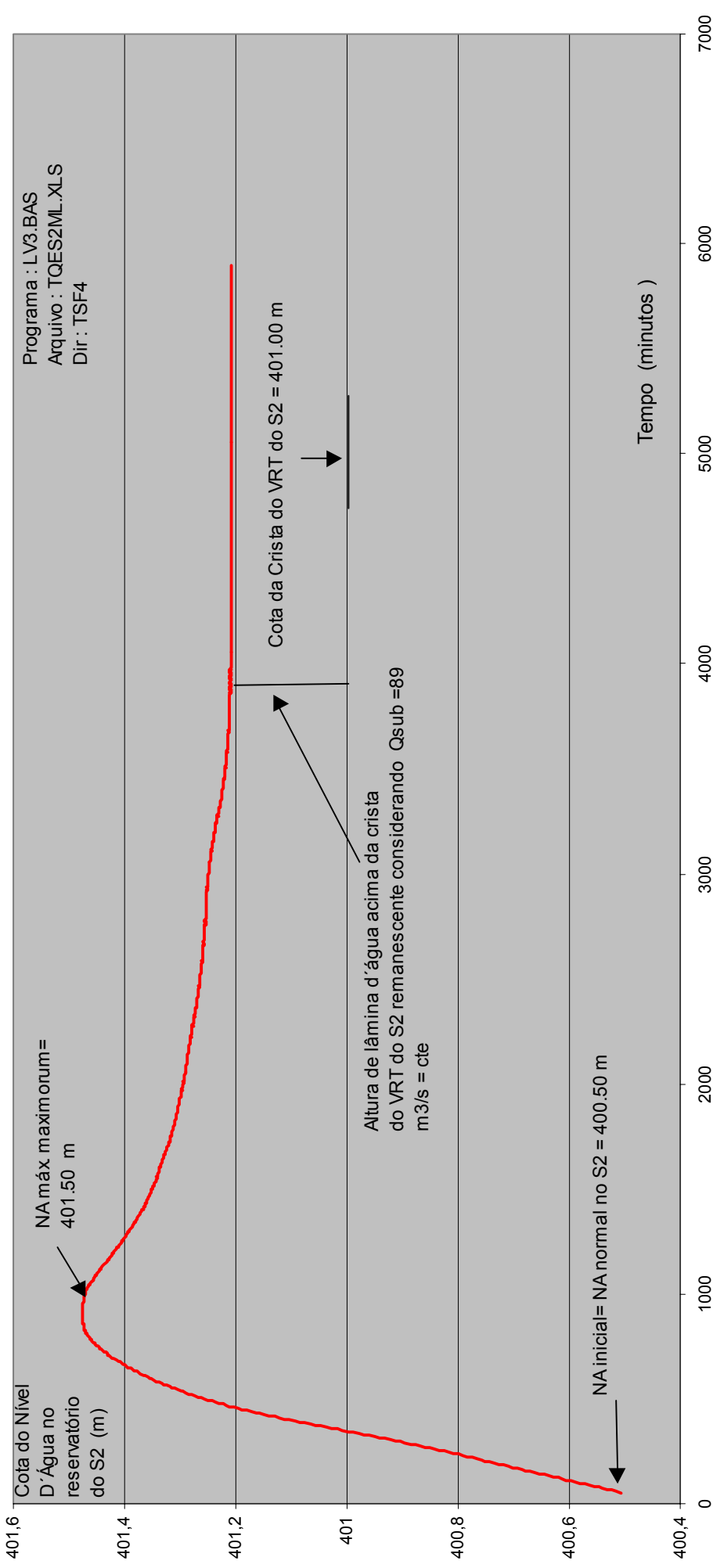


Figura 8

Variação do nível d'água no reservatório do Sistema 2 ( Cana Brava + Cipó + Boi I, II durante a laminação da enchente de TR 1000 anos com a Condição II de operação



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

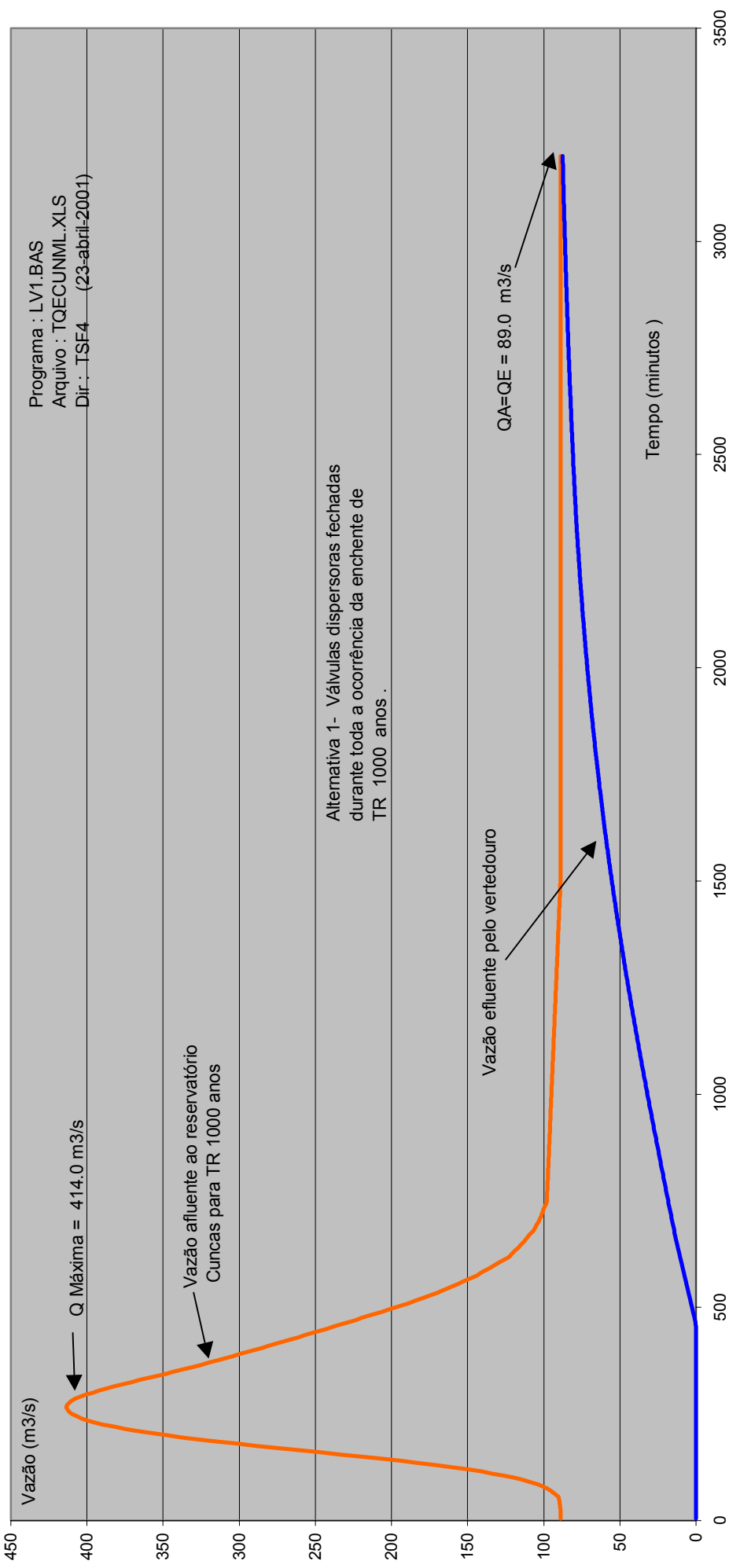
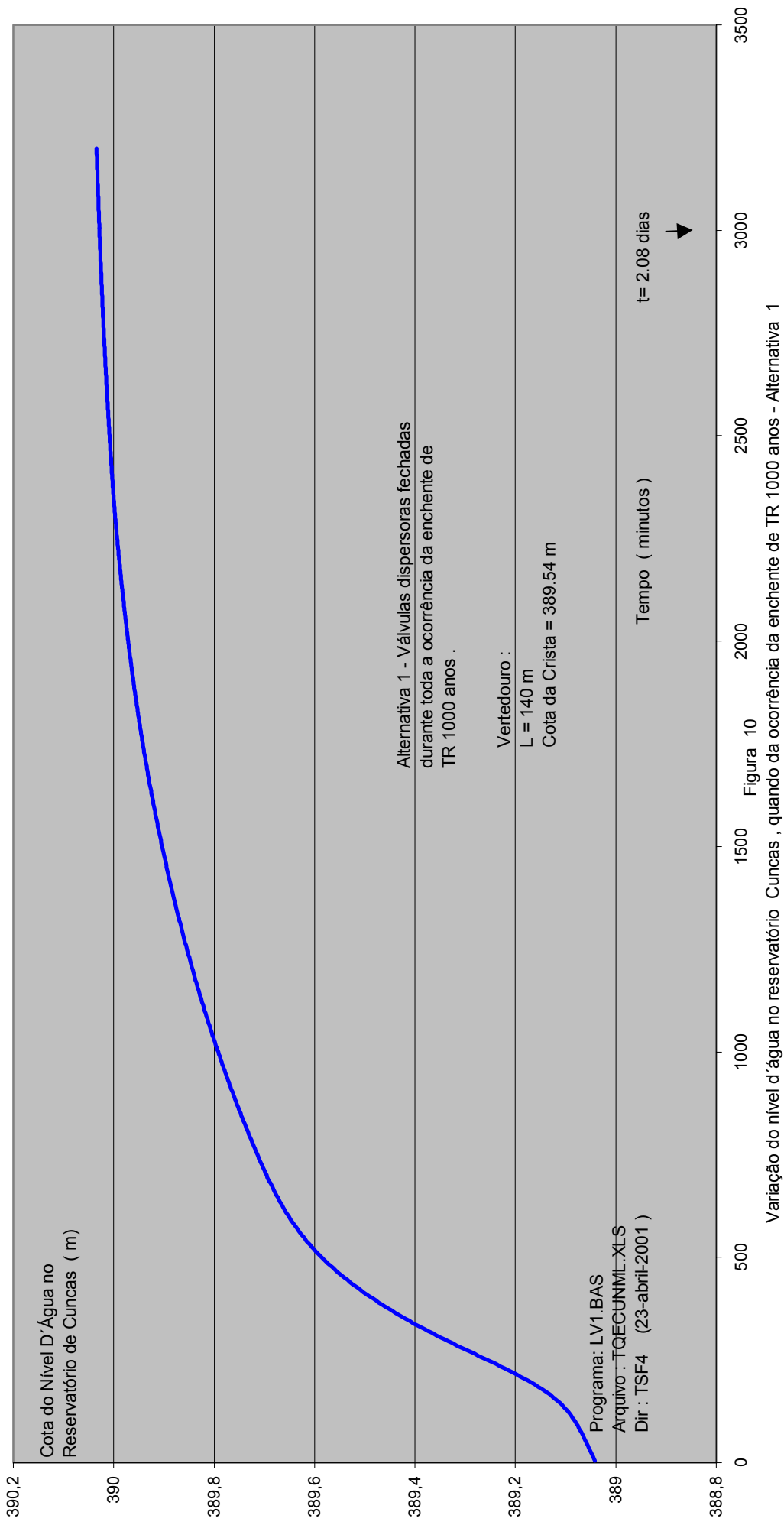


Figura 9

Laminação da enchente de TR 1000 anos , ocorrida na bacia do reservatório Cuncas . L. vertedor = 140 m .Alternativa 1 de operação.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico





## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

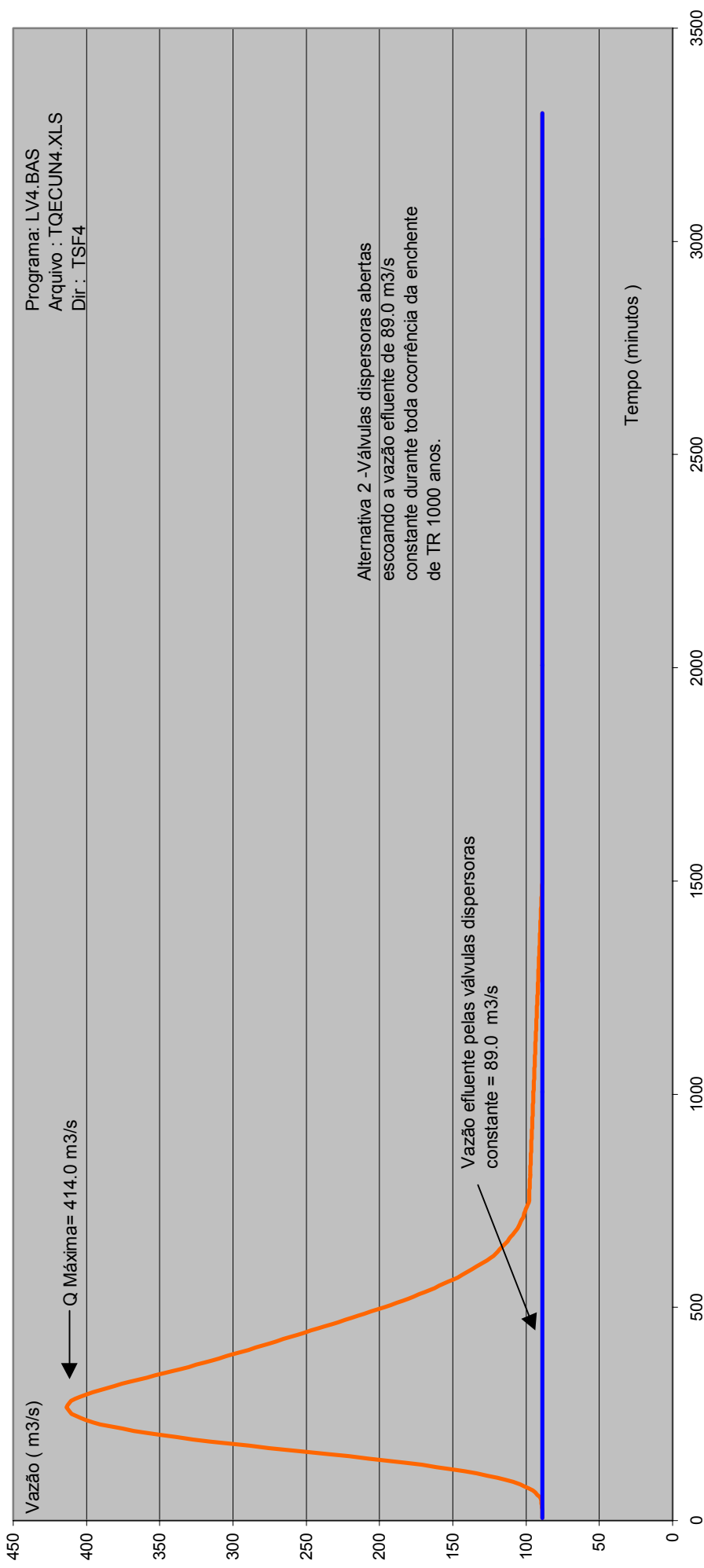


Figura 11

Laminação da enchente de TR 1000 anos , ocorrida na bacia do reservatório Cuncas. L vertedor = 140 m .Alternativa 2 de operação .



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

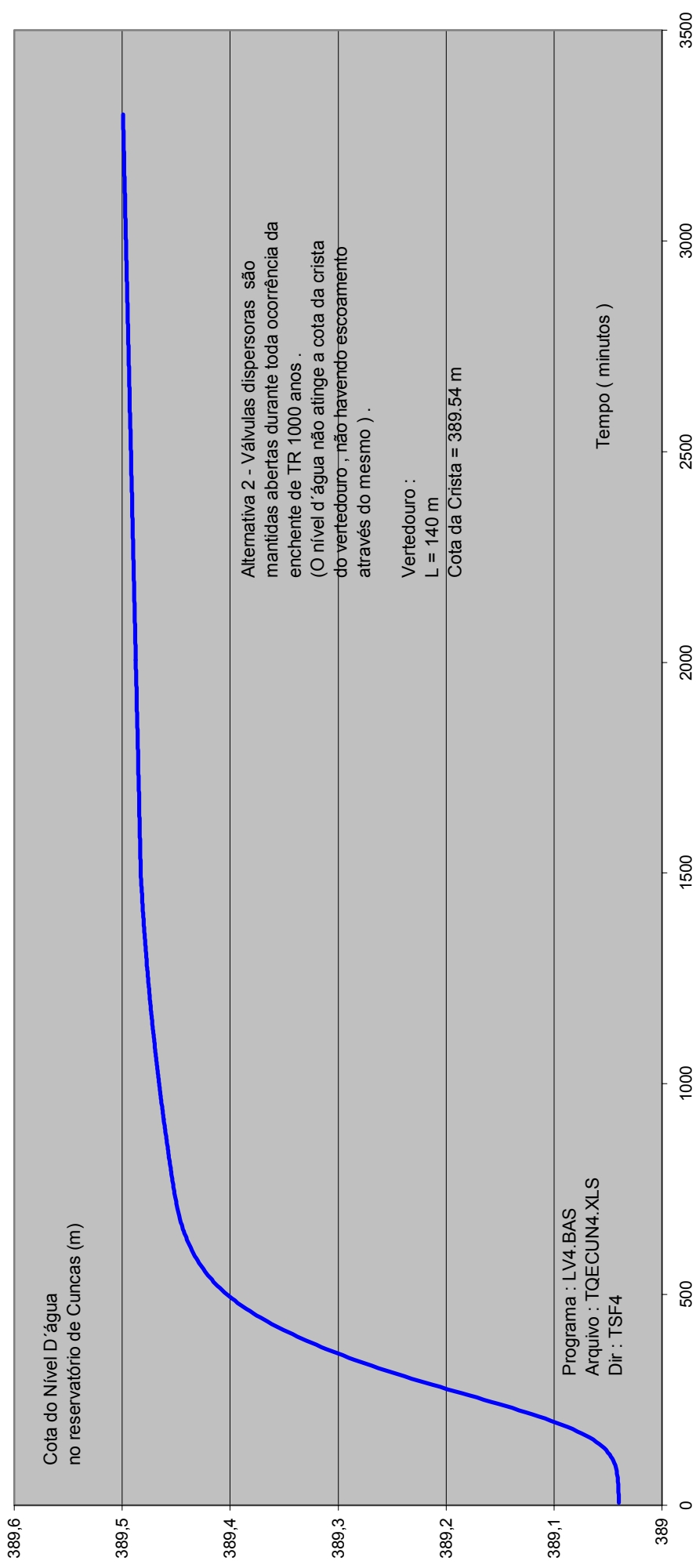


Figura 12  
Variação do nível d'água no reservatório Cuncas , quando da ocorrência da enchente de TR 1000 anos - Alternativa 2



b) sistema de reservatórios S2 (ver esquema na figura 3)

O hidrograma afluente foi composto pelos hidrogramas das bacias B4, B9, B11, B12, B13, B21.

O vertedouro com comportas de ligação dos sistemas S1 e S2, escoava uma vazão de  $89 \text{ m}^3/\text{s}$  constante, utilizando o controle das comportas segmento durante todo o desenrolar da enchente, pois os níveis d'água a montante (S1) e jusante (S2) variam continuamente.

A alternativa selecionada, após várias simulações, com vários comprimentos de vertedouros, foi dimensionada com os seguintes parâmetros:

- $L = 530 \text{ m}$ , comprimento da soleira do vertedouro adotado;
- $CC = 401,00 \text{ m}$  = cota da crista do vertedouro;
- $NA_{\text{Ini}} = 400,50 \text{ m}$  = nível d'água inicial do reservatório quando da chegada da enchente. Corresponde ao NA normal para  $89 \text{ m}^3/\text{s}$  no reservatório de S2, ver tabela 5.1;
- $QA_{\text{máx}} = 319 \text{ m}^3/\text{s}$  = Pico de vazão do hidrograma afluente. É a soma dos hidrogramas, das bacias B4, B9, B11, B12, B13, B21 mais a vazão de  $89 \text{ m}^3/\text{s}$ , escoada pelo vertedouro.
- $QE_{\text{máx}} = 313 \text{ m}^3/\text{s}$  = Pico de vazão efluente escoado pelo vertedouro;
- $NA_{\text{Máx. Maximorum}} = 401,47 \text{ m}$  = nível d'água máximo alcançado no reservatório S1;
- $C = 1,8$  = coeficiente de vazão adotado, para toda a variação de níveis.

Para fins de projeto adotou-se  $NA_{\text{Máx. Maximorum}} = 401,50 \text{ m}$  e  $QE_{\text{máx}} = 340 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Na figura 6, anexa, apresenta-se o gráfico de hidrogramas afluente e efluente obtidos durante a simulação da enchente no S2.

Na figura 7, anexa, apresenta-se o gráfico da variação do nível d'água do reservatório do S2, durante a referida simulação.

O nível máximo alcançado foi denominado  $NA_{\text{Máximo Maximorum}}$  do S2.

### **5.3 Simulações da enchente de TR 1.000 anos nos reservatórios Cuncas e de Morros e suas influências nos níveis d'água no canal revestido.**

O reservatório de Morros está ligado ao reservatório Cuncas através de um canal revestido.

Para o projeto dos vertedouros de ambos os reservatórios, empregou-se o modelo hidrodinâmico hidráulico, no trecho entre a seção de entrada do canal revestido na estaca 38+081, e a seção de entrada do reservatório Cuncas (Estaca 101+382).

A análise da enchente de período de retorno de 1.000 anos no reservatório Cuncas foi efetuada adicionando-se vazão de  $89,0 \text{ m}^3/\text{s}$ , aduzida através do canal.

Estudou-se 2 alternativas de operação deste reservatório, descritas a seguir.

a) 1ª alternativa da operação

Considerou-se os hidrogramas afluentes aos reservatórios de Morros e Cuncas como ocorrendo simultaneamente.

No início da enchente, todos os órgãos de descarga são fechados totalmente, e mantidos deste modo durante toda a ocorrência da enchente de TR 1.000 anos.

Os resultados desta operação são mostrados no gráfico dos hidrogramas originados da simulação, figura 9.

Após uma série de variações de parâmetros, adotou-se um vertedouro com as seguintes características:



- Comprimento da soleira do vertedouro  $L=140,0\text{m}$ .
- Cota da crista do vertedouro  $CC = 389,54\text{m}$ .

Os dados iniciais da simulação foram:

NA no reservatório, 389,04m e o hidrograma afluente ao reservatório Cuncas, somado à vazão aduzida pelo canal, dando uma enchente cujo pico é 414,0m<sup>3</sup>/s, para um período de retorno de 1.000 anos.

Os resultados são apresentados no gráfico da variação de nível d'água no reservatório Cuncas na passagem da enchente, figura 10.

### b) 2ª alternativa da operação

Diferentemente da 1ª alternativa de operação, a 2ª alternativa de operação considera os órgãos de descarga do reservatório Cuncas abertos e escoando a vazão de 89,0m<sup>3</sup>/s, durante todo o desenrolar da enchente de período de retorno de 1.000 anos.

Adotou-se o vertedouro com as mesmas características da 1ª alternativa, cota da crista, 389,54m e comprimento da crista de 140,0m. Os dados iniciais da simulação são os mesmos da 1ª alternativa; nível d'água inicial na cota 389,04m e enchente cujo pico é 414,0m<sup>3</sup>/s. Nesta operação não existe vertimento pelo vertedouro e o nível máximo atingido é 389,50m.

Na figura 11 apresenta-se o gráfico resultante desta simulação, com o hidrograma afluente à bacia Cuncas e o respectivo hidrograma efluente escoado pelos órgãos de descarga.

Na figura 12 apresenta-se a variação do nível d'água no reservatório Cuncas em função do tempo de ocorrência de enchente.

Estas duas alternativas simuladas apresentam linhas d'água envoltórias dos NA's Máximo Maximorum, diferentes no trecho de canal a jusante do túnel, apresentadas na figura 13. A linha d'água inferior é a dos NA's Normais, em regime permanente, com 89 m<sup>3</sup>/s constante.

Na tabela 5.1 apresenta-se para este trecho do canal os NA's Normais e os Na's Máximo Maximorum, para estas duas alternativas de operação do reservatório Cuncas.

Analisa-se a seguir, no item 6 a necessidade da adoção de uma cota de margem maior, neste trecho de canal, para possibilitar o atendimento aos critérios de borda livre utilizados no projeto, caso se adote a alternativa 1 de operação.

## 6 . COMENTÁRIOS FINAIS

### 6.1 Operação do Trecho 2, total com vazão de longo período

Esta operação com a vazão constante de 89,0 m<sup>3</sup>/s, em regime permanente está apresentada na figura 1 anexa, com a linha d'água calculada para todo o trecho, desde o reservatório Cuncas até a jusante da Barragem Atalho.

A tabela 5.1 anexa apresenta digitalmente, para o mesmo trecho, os níveis d'água normais nas seções de cálculo.

### 6.2 Operação do Trecho 2, para a enchente de tempo de retorno de 1.000 anos

#### 6.2.1 Para os reservatórios dos sistemas S1 e S2:

Na mesma figura 1 estão apresentadas as linhas d'água com os níveis Máximo Maximorum calculados, pela laminação da enchente afluente, nos reservatórios do S1 (dos Porcos ) e S2 ( Cana Brava, Cipo, Boi I, II ). Para este caso, as comportas da entrada do canal revestido estão fechadas completamente, não possuindo este canal linha d'água de níveis Máximo Maximorum.

Para o sistema S1, o NA Máximo Maximorum = 404,46 m



Para o sistema S2, o NA Máximo Maximorum = 401,5 m

6.2.2 Para o trecho de canal a jusante do túnel:

Para a enchente de TR 1.000 anos, a figura 13 apresenta 2 linhas d'água envoltórias dos níveis Máximo Maximorum obtidas pela operação dos reservatórios Cuncas e de Morros. Este subtrecho se estende desde a saída de jusante do túnel até o reservatório de Cuncas. Na tabela 5.1 anexa apresenta-se as 2 linhas envoltórias dos NA's Máximo Maximorum obtidos com as alternativas 1 e 2, de operações do reservatório Cuncas, que deu origem ao perfil longitudinal da figura 13

Caso se adote a alternativa 1, isto acarretará a necessidade de muretas neste trecho de canal, para atender a condição de borda livre, com as seguintes alturas (ver figura 14a e 14b):

- Para a alternativa 1 de operação:  
h=0,60 m = altura de mureta necessária, no trecho a jusante do túnel
- Para a alternativa 2 de operação:  
h= aproximadamente 0,0m ( não necessita de mureta)

### 6.3 Dimensionamento dos vertedouros

A mesma condição da enchente milenar forneceu os seguintes parâmetros:

6.3.1 Vertedouro da barragem dos Porcos ( Sistema de reservatórios S1 ):

- Comprimento da soleira 334,0m
- Cota da crista 402,46m
- Lâmina d'água máxima acima da crista 2,0m
- Vazão máxima descarregada 1.700m<sup>3</sup>/s
- Nível d'água inicial= NA Normal no S1 401,46m

NA Máximo Maximorum = 404,46 m = Nível d'água máximo alcançado no reservatóri dos Porcos.

6.3.2 Vertedouro do sistema de reservatório S2 (Cana Brava, do Cipó, do Boi I, II):

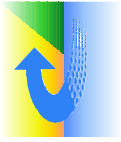
- Comprimento total da soleira 530,0m
- Cota da crista 401,00m
- Lâmina d'água máxima acima da crista 0,50m
- 340,0 m<sup>3</sup>/s = Vazão máxima descarregada 340,0m<sup>3</sup>/s
- Nível d'água inicial da operação = NA Normal do S2 400,50m

NA Máximo Maximorum = 401,50 m = Nível d'água máximo alcançado nos reservatórios do S2.

6.3.3 Vertedouro da barragem Cuncas:

- Comprimento da soleira 140,0m
- Cota da crista do vertedouro 389,54m





## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

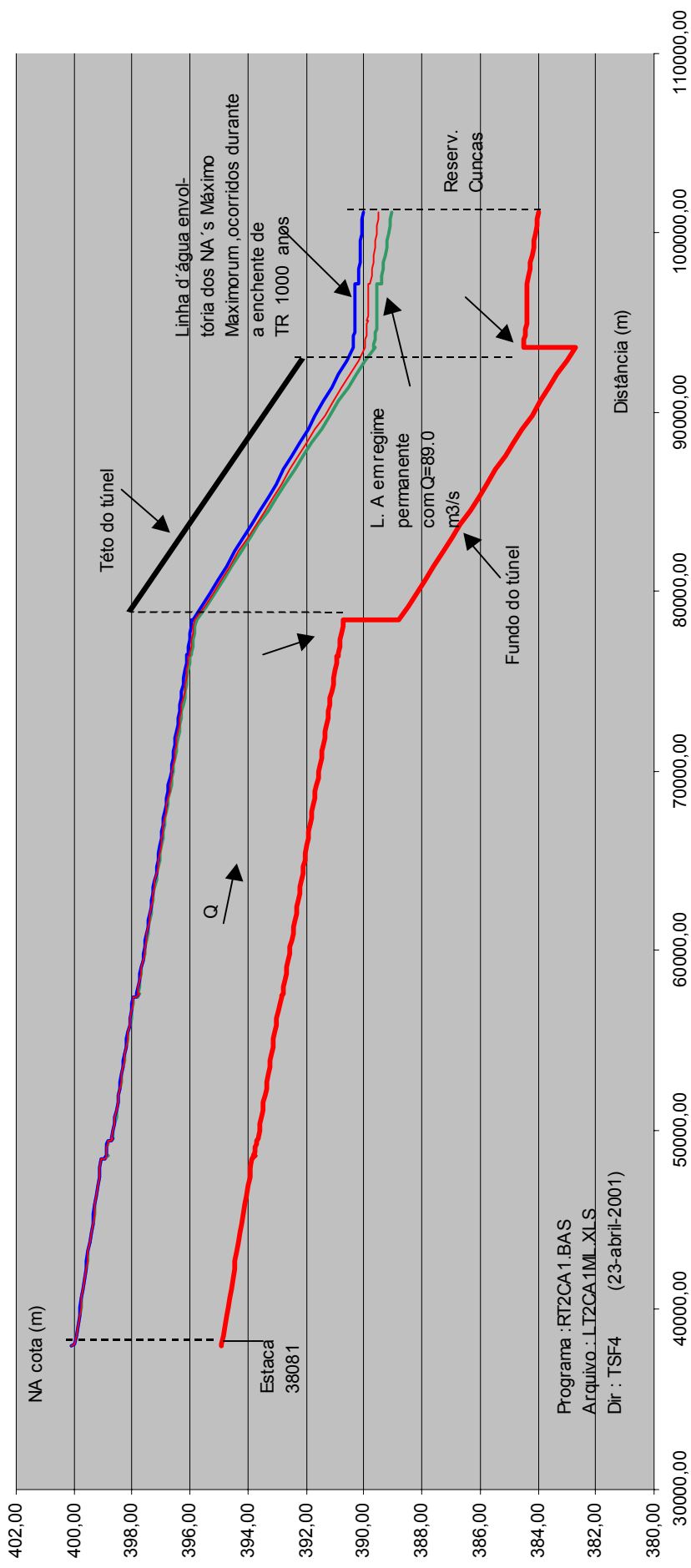
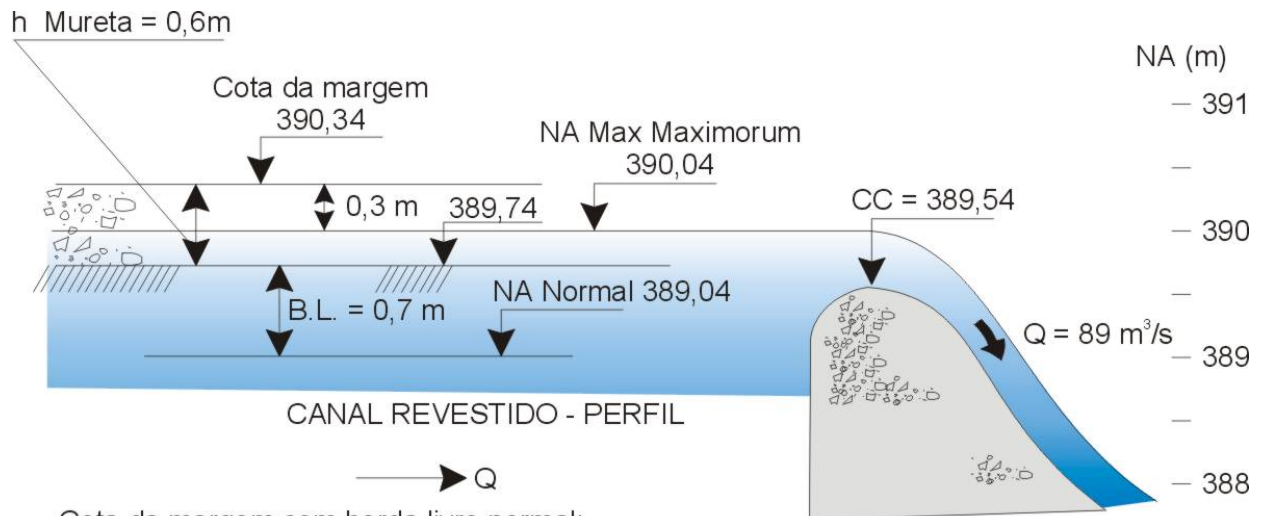


Figura 13

TRECHO 2 : Linha d'água envolvente dos NA's Máximos máximos ocorridos durante enchente de TR 1000 anos nos reservatórios de Morros e Cuncas .



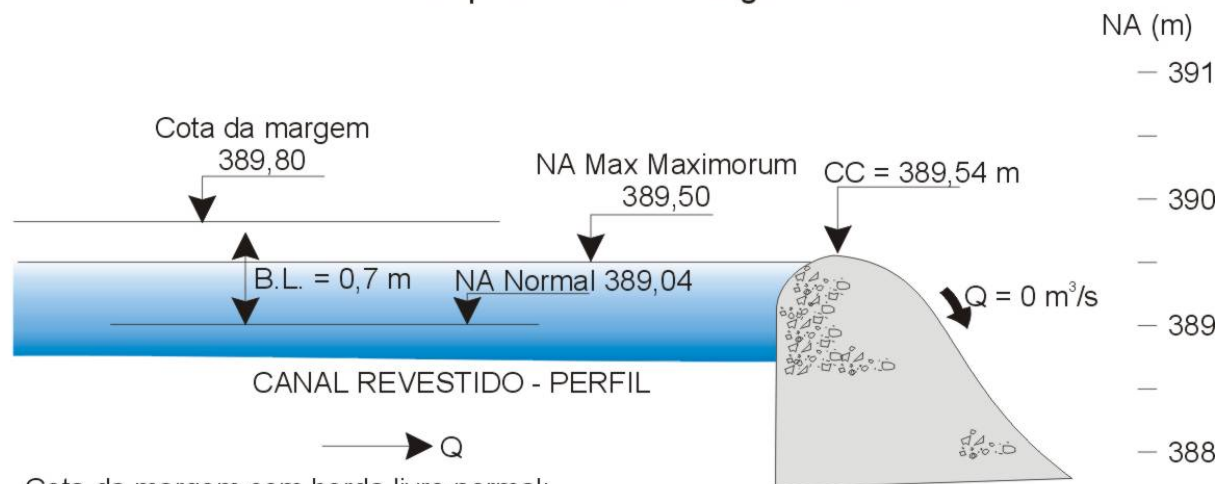
## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico



- . Cota da margem com borda livre normal:  
 $NA \text{ normal} + 0,7 \text{ m} = 389,04 \text{ m} + 0,7 \text{ m} = 389,74 \text{ m}$
- . Cota da margem necessária para o NA Máximo Maximorum =  $390,04 \text{ m} + 0,30 \text{ m} = 390,34 \text{ m}$
- . Altura da mureta necessária  
 $h = 390,34 - 389,74 = 0,6 \text{ a } 0,0 \text{ no sentido de montante}$

Figura 14 a

Critério de cálculo da cota da margem do canal do subtrecho a jusante do túnel para a alternativa 1, com os dispositivos de descarga fechados.



- . Cota da margem com borda livre normal:  
 $NA \text{ normal} + 0,7 \text{ m} = 389,04 \text{ m} + 0,7 \text{ m} = 389,74 \text{ m}$
- . Cota da margem necessária para o NA Máximo Maximorum =  $389,50 \text{ m} + 0,30 \text{ m} = 389,80 \text{ m} - \text{adotado}$

Figura 14 b

Critério de cálculo da cota da margem do canal do subtrecho a jusante do túnel para a alternativa 2 com os dispositivos de descarga abertos para a vazão de  $89,0 \text{ m}^3/\text{s}$



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

---

- Lâmina d'água máxima acima da crista, para a alternativa 1 de operação, 0,5m
- (O NA Máximo não atingiu a crista do vertedouro, para a alternativa 2 de operação)
- Vazão Máxima descarregada 89,0m<sup>3</sup>/s
- Nível d'água inicial da operação = NA Normal no reservatório 389,04m

NA Máximo Maximorum = 390,04 m Nível d'água máximo alcançado no reservatório para a 1ª alternativa de operação.

NA Máximo Maximorum = 389,50 m Nível d'água máximo alcançado no reservatório para a 2ª alternativa da operação.

### 6.3.4 Vertedouro da barragem de Morros:

Comprimento da soleira 63,0m

Cota da crista do vertedouro 389,80m

Lâmina d'água máxima admitida acima da crista 0,50m

QE Máximo = 40,0 m<sup>3</sup>/s = Vazão de pico do hidrograma da enchente de TR 1.000 anos na bacia de Morros.

Nível d'água no início da enchente = NA Normal no reservatório de Morros 389,54m

NA Máximo Maximorum = 390,30m = Nível d'água máximo alcançado no reservatório caso se adote a alternativa 1 de operação do reservatório Cuncas.

NA Máximo Maximorum = 389,87m = Nível d'água máximo alcançado no reservatório para a alternativa 2 de operação do reservatório Cuncas.