



GOVERNO DO  
ESTADO DO CEARÁ

**Secretaria das Cidades  
Instituto Agropolos do Ceará**

**ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E  
RELATÓRIO DE IMPACTOS SOBRE O MEIO  
AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO  
E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO**

**PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS**

Considerações da Projetista a  
Respeito do Relatório da 60ª Reunião do Painel  
de Inspeção e Segurança de Barragens

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ  
SECRETARIA DAS CIDADES  
INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ**

**ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE  
IMPACTOS SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS  
MARANGUAPINHO E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO**

**PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS  
CONSIDERAÇÕES DA PROJETISTA A RESPEITO DO RELATÓRIO DA 60ª REUNIÃO  
DO PAINEL DE INSPEÇÃO E SEGURANÇA DE BARRAGENS**

Outubro/2009

---

**ÍNDICE**

## ÍNDICE

	<b>Páginas</b>
<b>1. RESPOSTA AO ITEM 2 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS .....</b>	<b>6</b>
<b>2. RESPOSTA AO ITEM 3 - ARRANJO GERAL E POSIÇÃO DO EIXO.....</b>	<b>29</b>
<b>3. RESPOSTA AO ITEM 4 - OBRAS DE CONCRETO.....</b>	<b>30</b>
3.1. CONDIÇÕES DA FUNDAÇÃO DA BARRAGEM DE TERRA.....	31
3.2. MACIÇO ROCHOSO DA FUNDAÇÃO.....	32
3.3. BARRAGEM DE CCR.....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Páginas</b>
Figura 1: Relação Precipitação×Duração×Frequência pelo Método de Tborga Torrico.....	8
Figura 2: Hietograma para Bacia do Palmeiras para TR=1.000 anos (D=2t <sub>c</sub> ). ....	9
Figura 3: Hietograma para Bacia do Palmeiras para TR=10.000 anos (D=2t <sub>c</sub> ) .....	9
Figura 4: Amortecimento da Cheia Milenar no açude Palmeiras para D=2t <sub>c</sub> . ....	10
Figura 5: Sumário do Amortecimento da Cheia Milenar no açude Palmeiras para D=2t <sub>c</sub> . ....	11
Figura 6: Amortecimento da Cheia Decamilenar no açude Palmeiras para D=2t <sub>c</sub> .....	12
Figura 7: Sumário do Amortecimento da Cheia Decamilenar no açude Palmeiras para D=2t <sub>c</sub> . ....	12
Figura 8: Projeto da Barragem Palmeiras com locação em planta e seções transversais. ....	13
Figura 9: Detalhe da Seção Transversal no Eixo da Barragem Palmeiras. ....	14
Figura 10: Perfil da Lâmina Vertente para Cheia Decamilenar a jusante do Sangradouro do Açude Palmeiras, Perfil Supercrítico. ....	15
Figura 11: Seção Transversal imediatamente a jusante da Barragem Palmeiras.....	15
Figura 12: Seção Transversal imediatamente a jusante da Ponte da av. Presidente Costa e Silva.....	16
Figura 13: Perfil da Lâmina Vertente para Cheia Decamilenar a jusante do Sangradouro do Açude Palmeiras, Perfil Misto, Subcrítico/Supercrítico.....	16
Figura 14: Seção Transversal imediatamente a jusante da Barragem Palmeiras.....	17
Figura 15: Seção Transversal imediatamente a jusante da Ponte da av. Presidente Costa e Silva.....	17
Figura 16: Esquema de Modelagem da Barragem Palmeiras no HEC-HMS.....	19
Figura 17: Dados da Bacia do Açude Gavião. ....	20
Figura 18: Dados da Bacia do Açude Gavião. ....	21
Figura 19: Dados do Açude Gavião. ....	22
Figura 20: Dados do Açude Gavião .....	23
Figura 21: Dados do Trecho de Propagação do Açude Gavião ao Açude Palmeiras.....	24
Figura 22: Dados da Bacia do Açude Palmeiras. ....	25
Figura 23: Dados da Bacia do Açude Palmeiras. ....	26
Figura 24: Dados da Barragem Palmeiras. ....	27
Figura 25: Dados da Barragem Palmeiras.....	28

**CONSIDERAÇÕES DA PROJETISTA A RESPEITO DO RELATÓRIO DA 60ª  
REUNIÃO DO PAINEL DE INSPEÇÃO E SEGURANÇA DE BARRAGENS**

---

## 1. RESPOSTA AO ITEM 2 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS

### a) Verificar os estudos hidrológicos com a duração da chuva igual a duas vezes o tempo de concentração da bacia;

O tempo de concentração da bacia do açude Palmeiras foi calculado pela fórmula de Kirpich com as modificações introduzidas pelo Califórnia Highways and Public Roads – CHPR, apresentada a seguir.

#### Fórmula do California Highways and Public Roads

$$t_c = 57 \cdot \left[ \frac{L^3}{\Delta H} \right]^{0,385}$$

onde:  $t_c$  = tempo de concentração em minutos;

$L$  = comprimento do maior talvegue em Km;

$\Delta H$  = diferença máxima de nível no talvegue (Cota maior – cota menor) em m.

Para a barragem Palmeiras o tempo de concentração determinado por esta fórmula é:

com

$$L = 25.046,19 \text{ m} \approx 25,046 \text{ Km}$$

$$\Delta H = 440\text{m} - 8\text{m} = 432\text{m}$$

$$t_c = 57 \cdot \left[ \frac{25,04^3}{432} \right]^{0,385} = 227,31 \text{ min} \cong 3,78 \text{ horas}$$

Para a bacia do açude Gavião, a qual está inserida dentro da bacia hidrográfica do açude Palmeiras, o tempo de concentração foi calculado pela mesma equação resultando num tempo de concentração de 2,53 horas.

Portanto, a verificação dos estudos hidrológicos para uma **duração da chuva igual a duas vezes o tempo de concentração da bacia** implica na definição dos hietogramas para uma duração de chuva de:

- Bacia do açude Gavião:  $D= 5,06$  horas ( $D=2t_c$ )
- Bacia do açude Palmeiras:  $D= 7,56$  horas ( $D=2t_c$ )

Foi empregado o Método das Isozonas de Taborga Torrico para definição da chuva para  $D=2t_c$ , baseado na aplicação do Método do Polígono de Thiessen para os postos de Mondubim, Pacatuba e Maracanaú, com base nos resultados do Programa EXVAL90, (vide Item c), para cada período de retorno, ou seja, para a cheia milenar ( $TR=1.000$  anos) e cheia decamilenar ( $TR=10.000$  anos):

Para  $TR=1.000$  anos:

$$P_{1\text{hora}} = 91,32 \text{ mm}$$

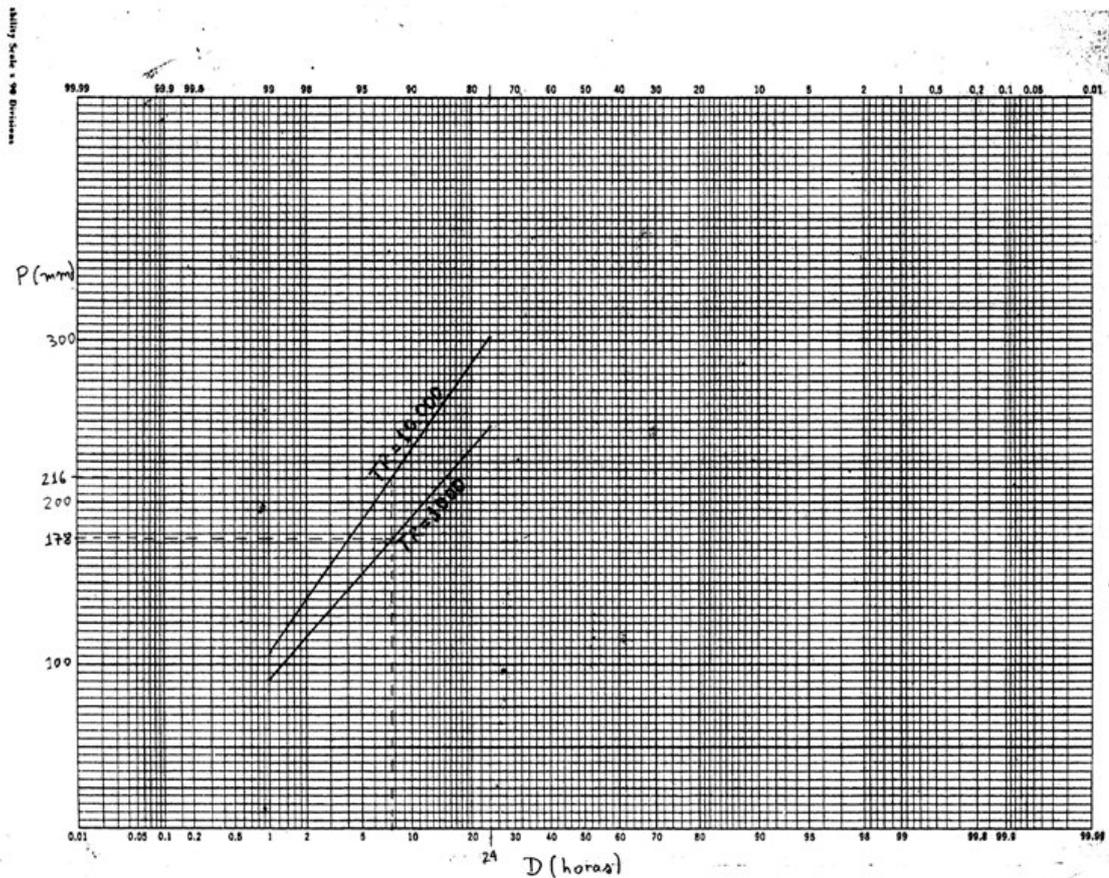
$$P_{24\text{h}} = 245,50 \text{ mm}$$

Para  $TR = 10.000$  anos:

$$P_{1\text{hora}} = 108,20 \text{ mm}$$

$$P_{24\text{h}} = 300,57 \text{ mm}$$

O gráfico duração X precipitação X frequência plotado no papel de Hershfield & Wilson é apresentado na Figura 1, a seguir.



**FIGURA 1: RELAÇÃO PRECIPITAÇÃO×DURAÇÃO×FREQUÊNCIA PELO MÉTODO DE TABORGA TORRICO.**

De acordo com o gráfico, para uma duração  $D=2t_c$  de 7,58 horas para a bacia do açude Palmeiras, as precipitações totais de projeto são:

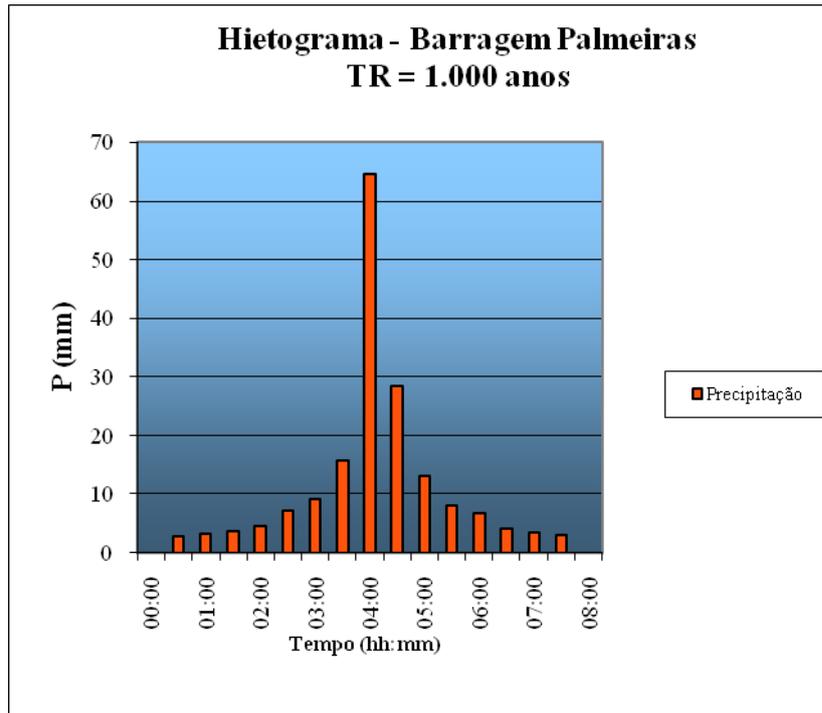
Para TR = 1.000 anos:

$$P_{D=2t_c} = 178 \text{ mm}$$

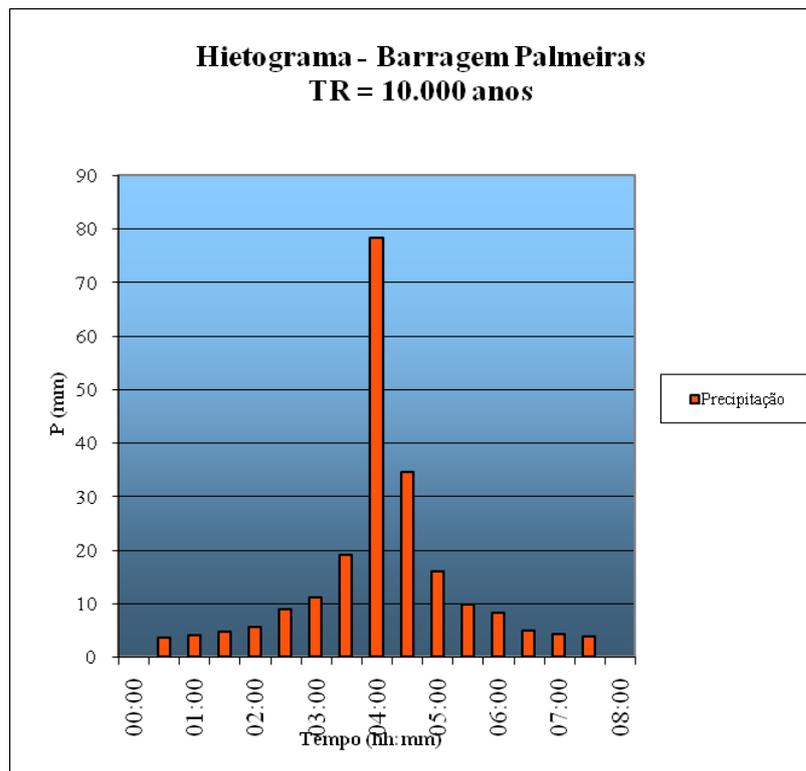
Para TR=10.000 anos:

$$P_{D=2t_c}=216 \text{ mm}$$

Os hietogramas resultantes são apresentados nas Figuras 2 e 3 a seguir:



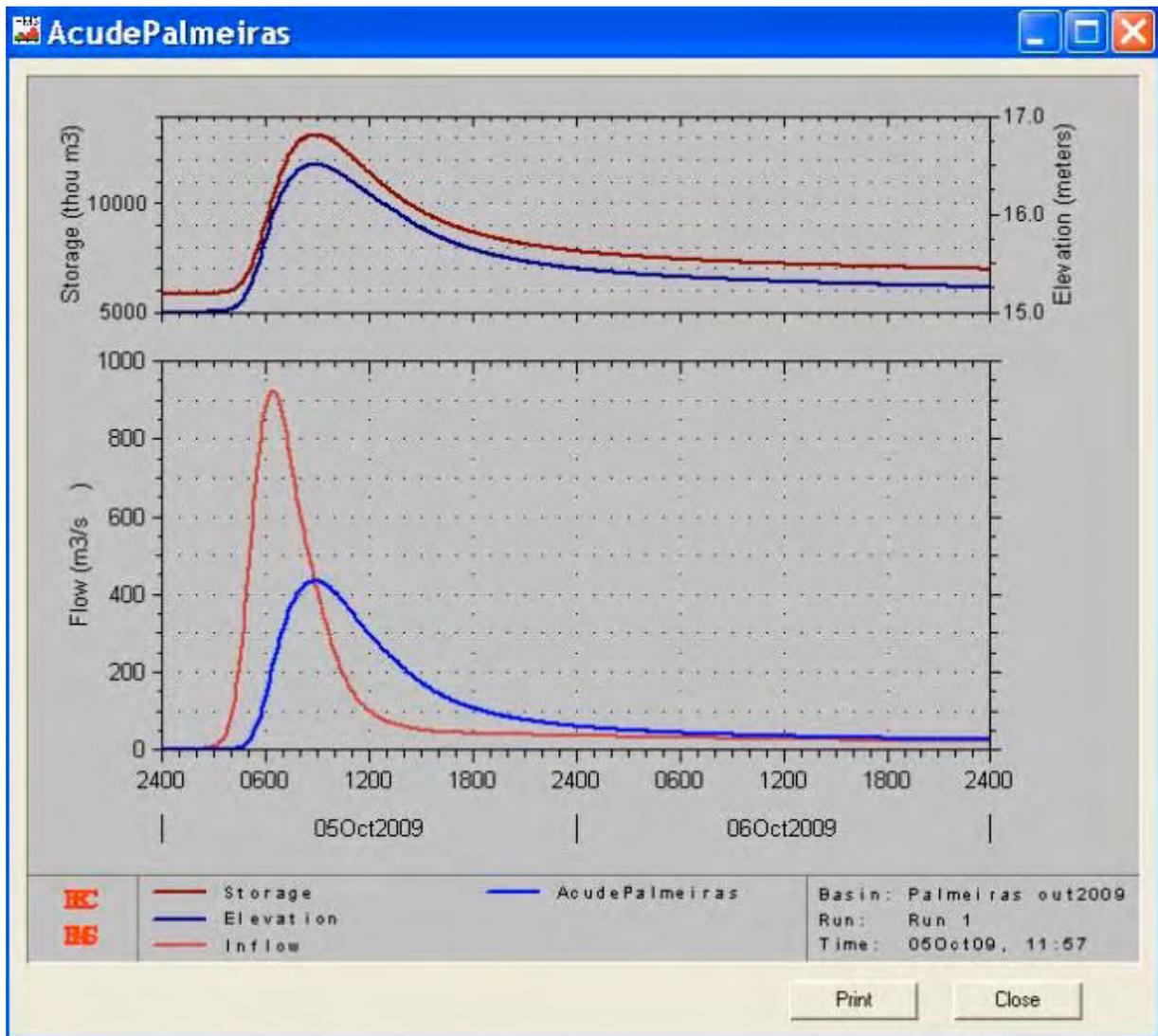
**FIGURA 2: HIETOGRAMA PARA BACIA DO PALMEIRAS PARA TR=1.000 ANOS ( $D=2T_c$ ).**



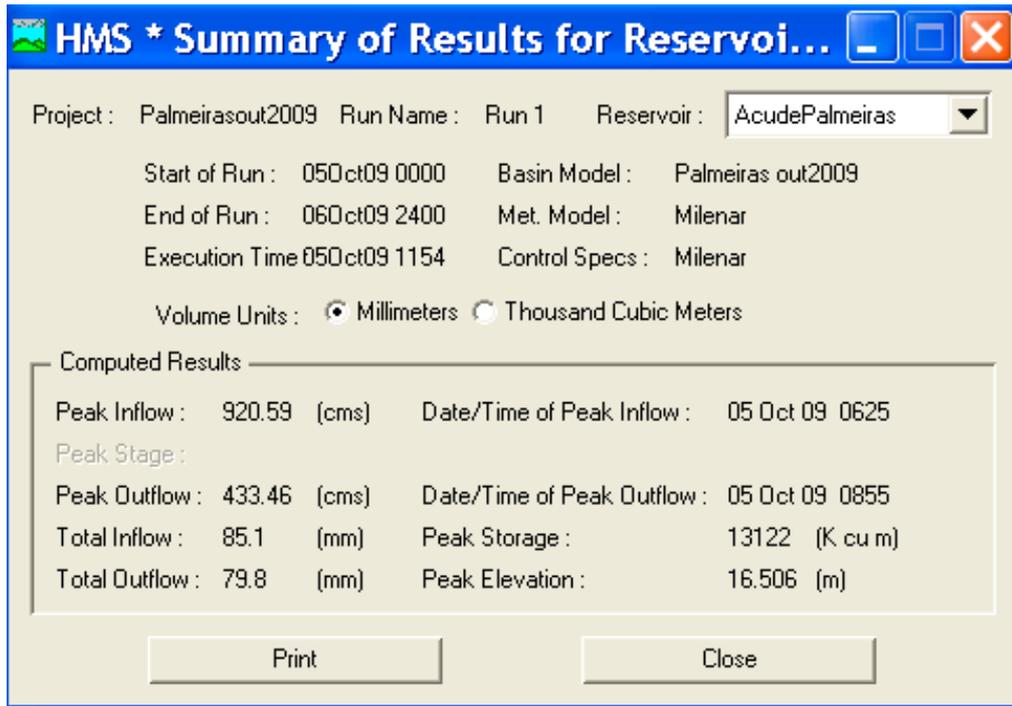
**FIGURA 3: HIETOGRAMA PARA BACIA DO PALMEIRAS PARA TR=10.000 ANOS ( $D=2T_c$ ).**

Com estes novos hietogramas, foram rodados os hidrogramas de amortecimento das cheias milenar e decamilenar para a bacia do açude Palmeiras (incluindo o açude Gavião) empregando-se o HEC-HMS (vide item c) obtendo-se os seguintes resultados:

Para TR=1.000 anos (Cheia Milenar):



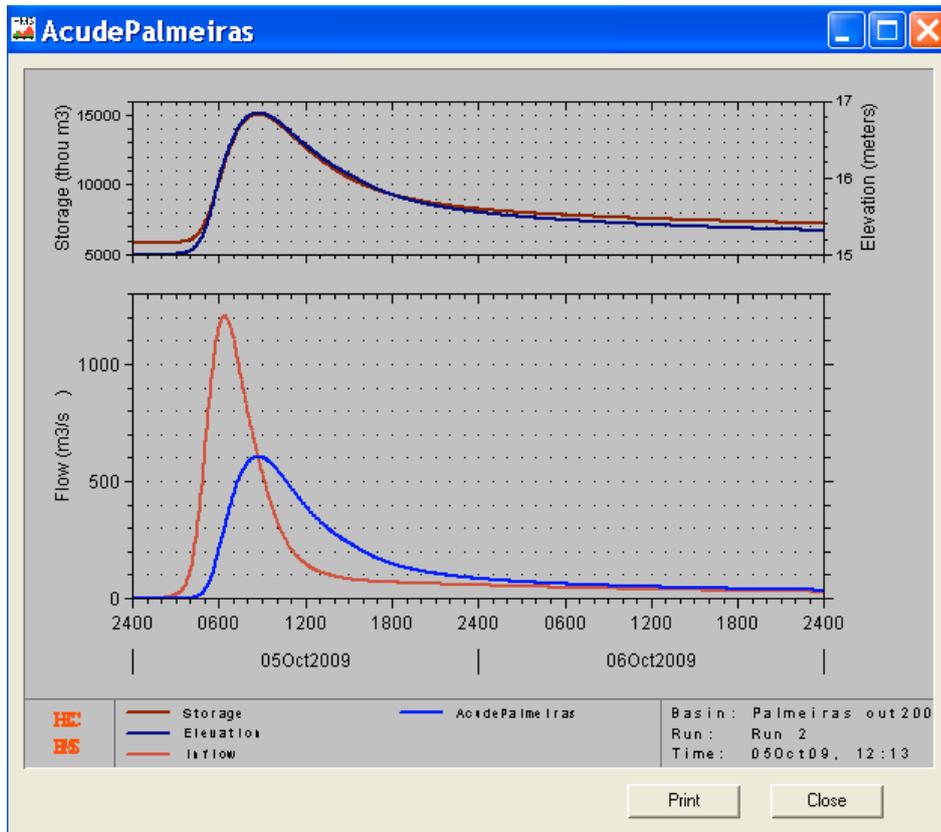
**FIGURA 4: AMORTECIMENTO DA CHEIA MILENAR NO AÇUDE PALMEIRAS PARA  $D=2T_c$ .**



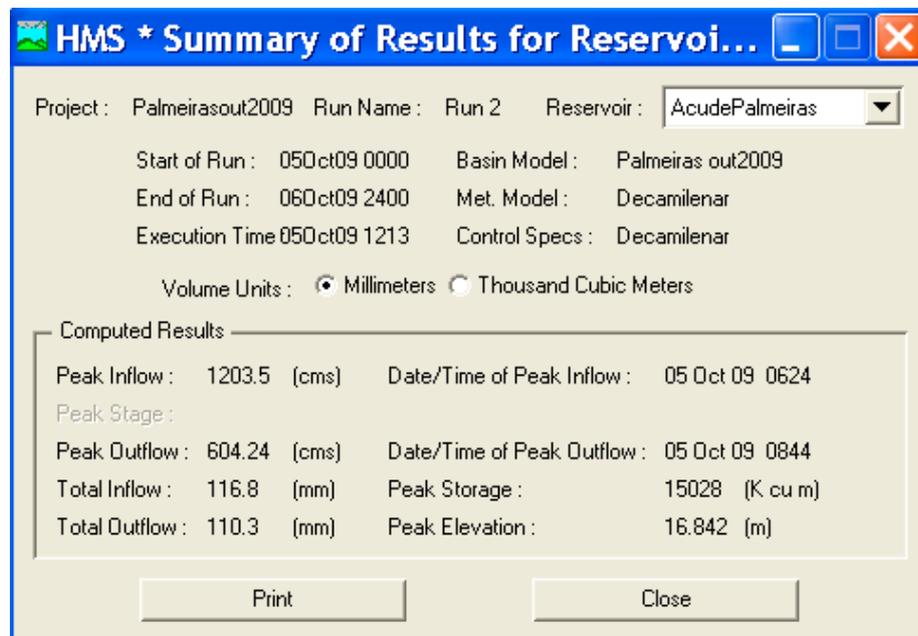
**FIGURA 5: SUMÁRIO DO AMORTECIMENTO DA CHEIA MILENAR NO AÇUDE PALMEIRAS PARA  $D=2T_c$ .**

Conforme o sumário do HEC-HMS a máxima lâmina vertente para TR=1.000 anos é de 1,506 m alcançando a cota 16,506 m no reservatório e uma vazão de pico efluente de 433,46 m<sup>3</sup>/s.

Para  $TR=10.000$  anos (Cheia Decamilenar)



**FIGURA 6: AMORTECIMENTO DA CHEIA DECAMILENAR NO AÇUDE PALMEIRAS PARA  $D=2T_c$ .**

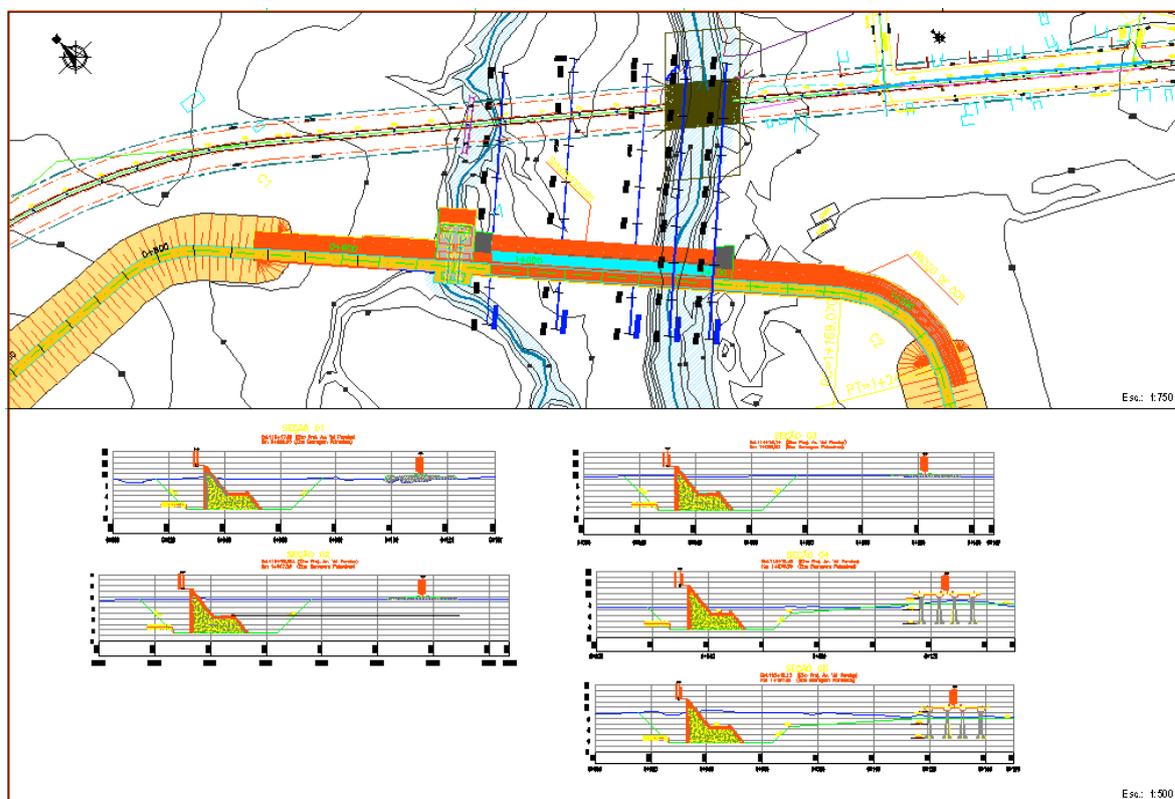


**FIGURA 7: SUMÁRIO DO AMORTECIMENTO DA CHEIA DECAMILENAR NO AÇUDE PALMEIRAS PARA  $D=2T_c$ .**

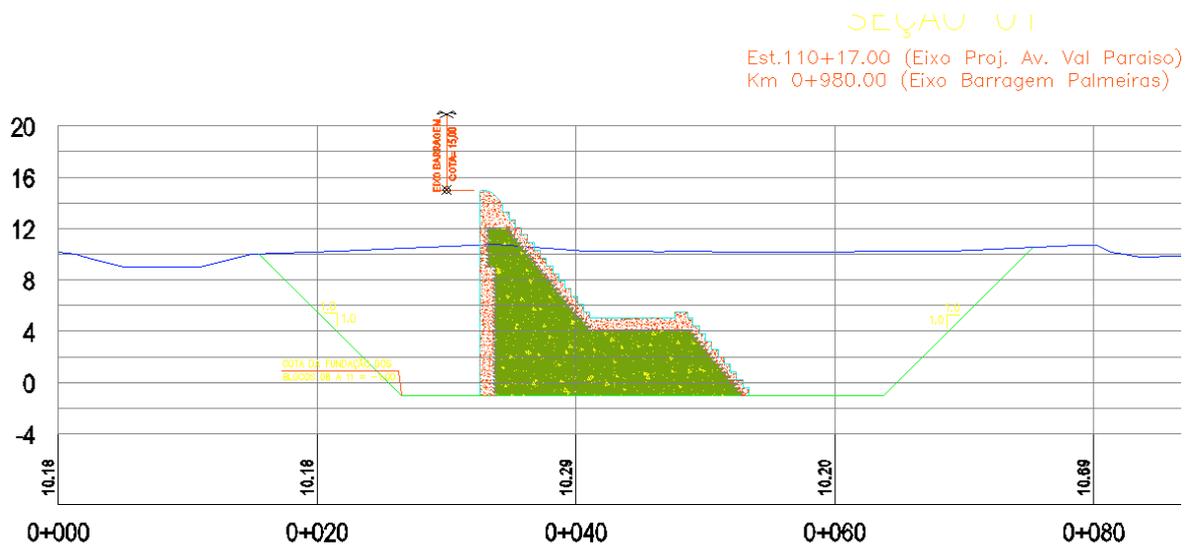
Conforme o sumário do HEC-HMS a máxima lâmina vertente para TR=10.000 anos é de 1,842 m alcançando a cota 16,842 m no reservatório e uma vazão de pico efluente de 604,24 m<sup>3</sup>/s.

**b) Esclarecer se existe a possibilidade, ou não, do sangradouro funcionar afogado, com redução do coeficiente de escoamento.**

A Barragem Palmeiras tem seu sangradouro com cota de soleira igual a 15,00 m. As Figuras 8 e 9 mostram a locação projetada em planta e as seções transversais que podem ser mais bem observadas nos desenhos de projeto.



**FIGURA 8: PROJETO DA BARRAGEM PALMEIRAS COM LOCAÇÃO EM PLANTA E SEÇÕES TRANSVERSAIS.**

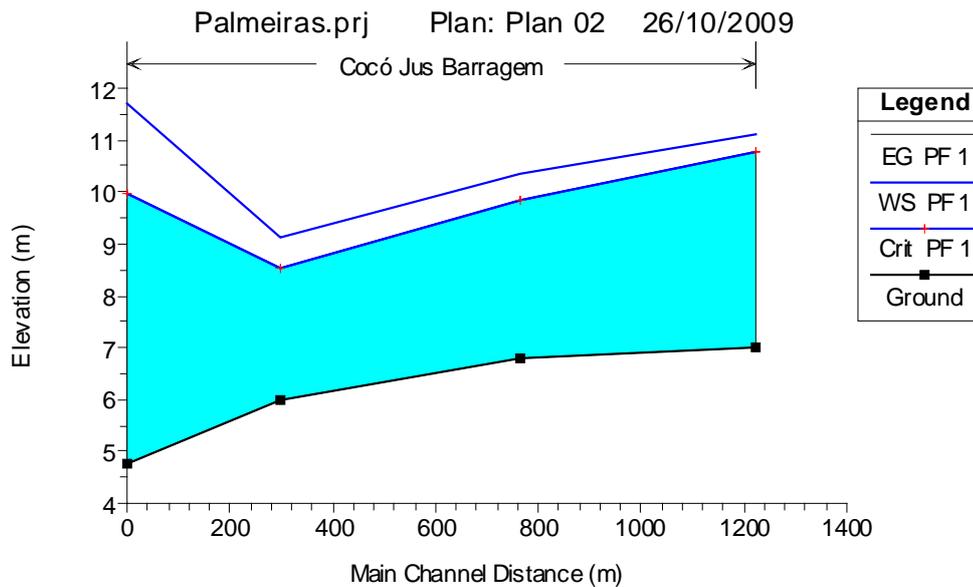


**FIGURA 9: DETALHE DA SEÇÃO TRANSVERSAL NO EIXO DA BARRAGEM PALMEIRAS.**

Havia uma dúvida se poderia ocorrer afogamento do sangradouro na cheia decamilenar (condição hidrológica mais extrema de projeto) por conta da bacia de dissipação construída a jusante do sangradouro que confinaria o fluxo vertente e do greide da avenida Val Paraíso que alcança a cota **11,53 m**.

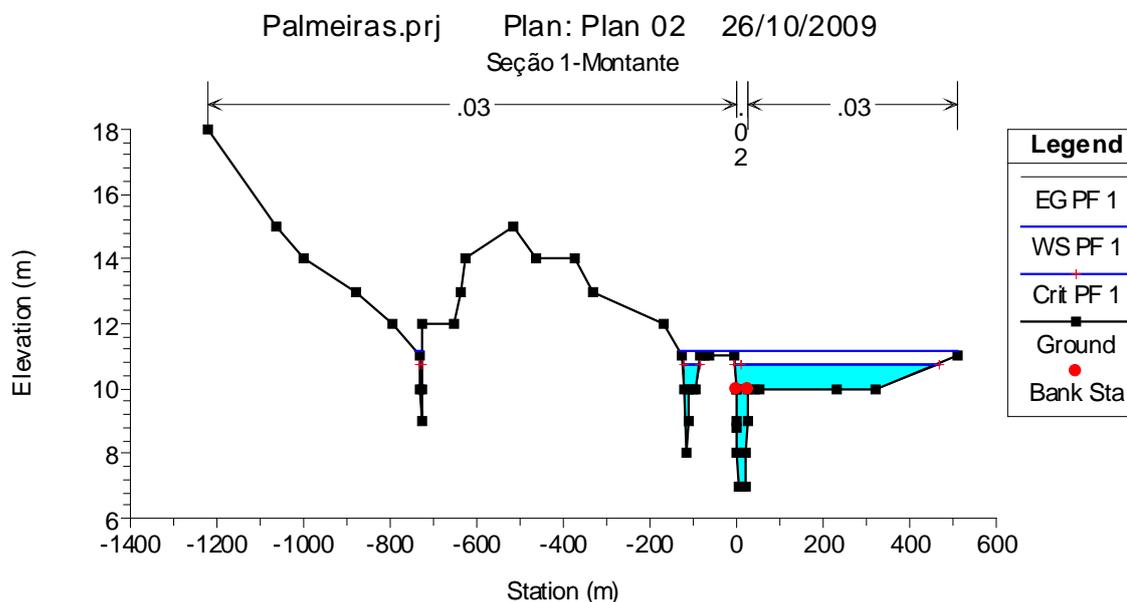
Foi feita uma modelagem empregando o programa HEC-RAS do U.S. Army Corps of Engineers, com base em seis seções transversais selecionadas desde a cota imediatamente a jusante do sangradouro até a ponte da avenida presidente Costa e Silva que tem o tablado superior na cota mínima 9,79 na ombreira esquerda e 9,83 m na ombreira direita. A simulação foi realizado com a vazão efluente decamilenar para  $D=2t_c$  equivalendo a  $604,24 \text{ m}^3/\text{s}$ , cuja cota de saída no vertedor é 16,842 m.

Considerando que o perfil do vertedor conduz à formação de um escoamento efluente em regime supercrítico, a Figura 10 apresenta o resultado da modelagem com o HEC-RAS para o perfil longitudinal das seções estabelecidas:



**FIGURA 10: PERFIL DA LÂMINA VERTENTE PARA CHEIA DECAMILENAR A JUSANTE DO SANGRA DOURO DO AÇUDE PALMEIRAS, PERFIL SUPERCRÍTICO.**

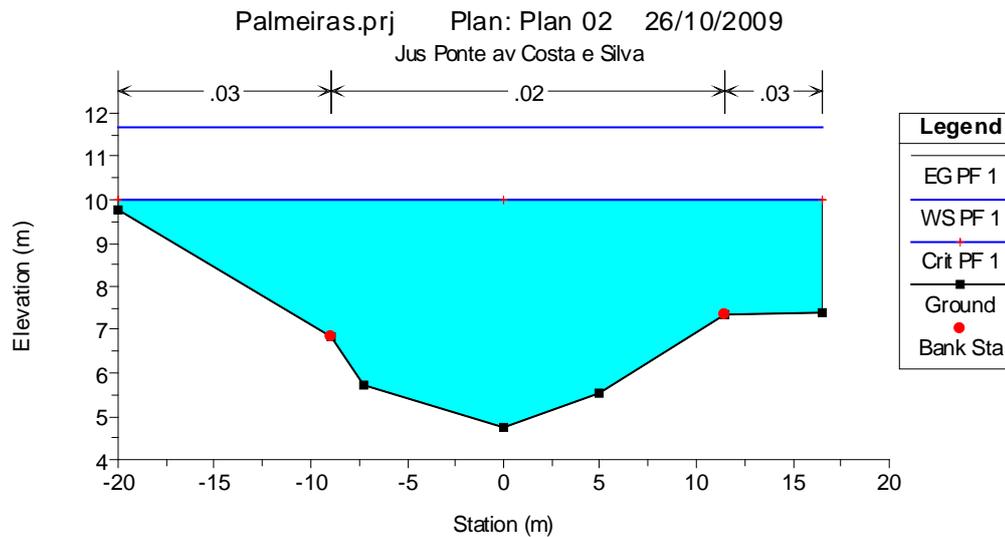
A seção imediatamente a jusante é a seção com 1222m de distância vista no perfil da Figura 10. A seção transversal é vista na Figura 11.



**FIGURA 11: SEÇÃO TRANSVERSAL IMEDIATAMENTE A JUSANTE DA BARRAGEM PALMEIRAS.**

A cota da água nesta seção é 10,77 m.

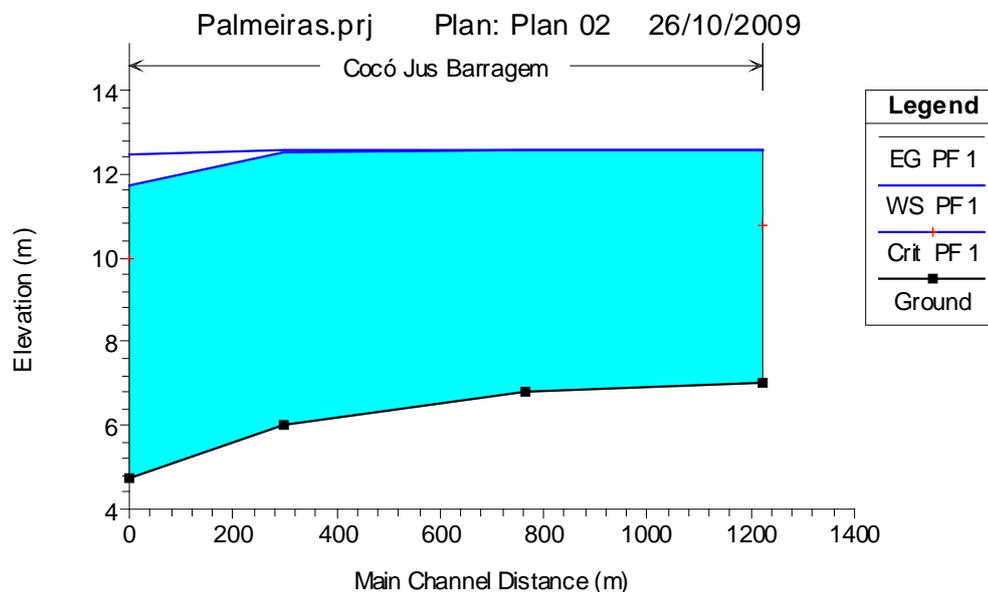
A Figura 12 mostra a seção transversal na ponte da avenida Presidente Costa e Silva.



**FIGURA 12: SEÇÃO TRANSVERSAL IMEDIATAMENTE A JUSANTE DA PONTE DA AV. PRESIDENTE COSTA E SILVA.**

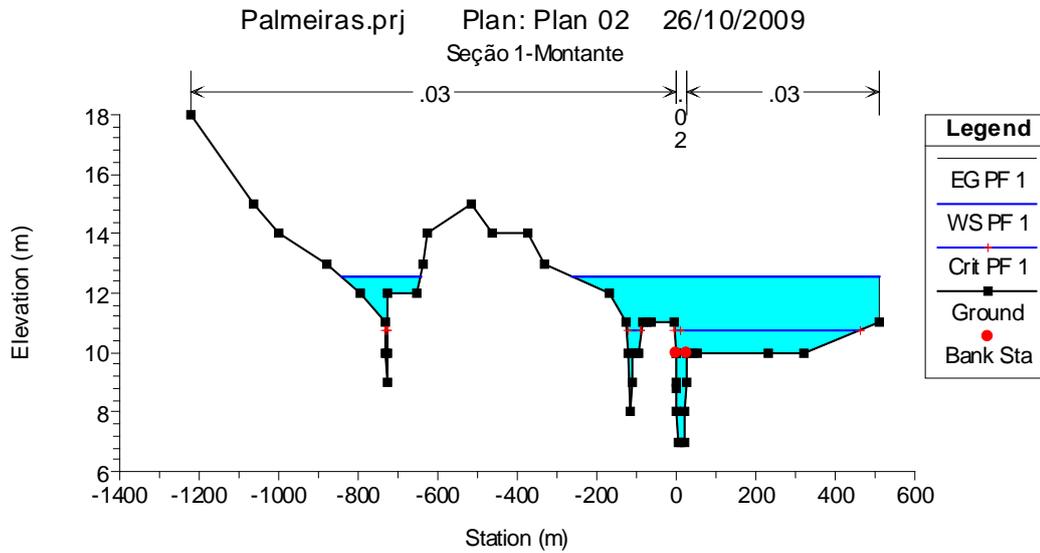
A cota da água nesta seção é 9,98m.

Considerando a modelagem em regime misto, subcrítico e supercrítico, o perfil longitudinal é observado na Figura 13:



**FIGURA 13: PERFIL DA LÂMINA VERTENTE PARA CHEIA DECAMILENAR A JUSANTE DO SANGRADOURO DO AÇUDE PALMEIRAS, PERFIL MISTO, SUBCRÍTICO/SUPERCRÍTICO.**

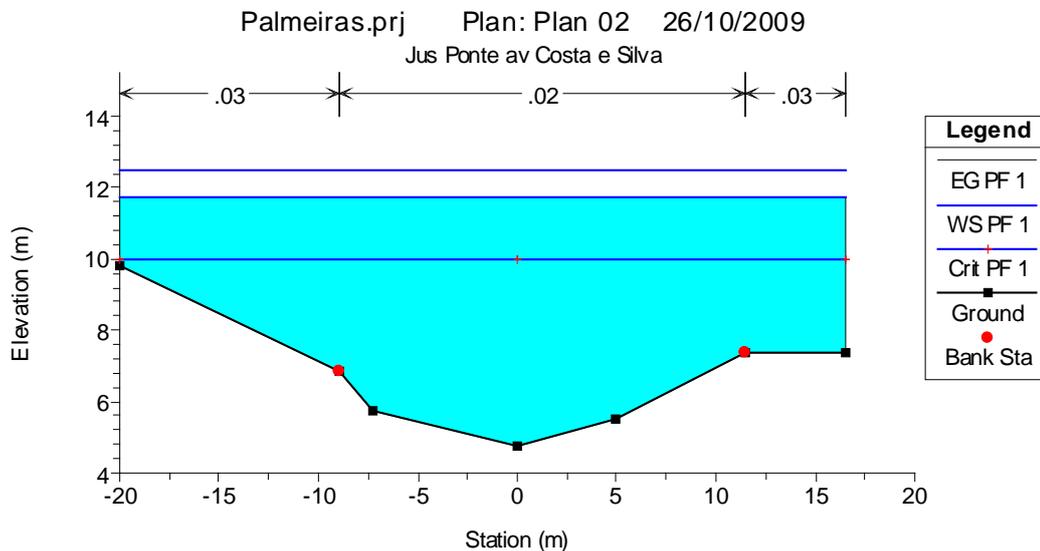
A seção imediatamente a jusante do sangradouro é vista na Figura 14:



**FIGURA 14: SEÇÃO TRANSVERSAL IMEDIATAMENTE A JUSANTE DA BARRAGEM PALMEIRAS.**

A cota da água nesta seção é 12,57m.

A Figura 15 mostra a seção transversal na ponte da avenida Presidente Costa e Silva.



**FIGURA 15: SEÇÃO TRANSVERSAL IMEDIATAMENTE A JUSANTE DA PONTE DA AV. PRESIDENTE COSTA E SILVA.**

A cota da água nesta seção é 11,72m.

### Conclusão:

A modelagem efetuada com o HEC-RAS empregando a cheia decamilenar ( $Q_{\text{pico}}=604,24 \text{ m}^3/\text{s}$ , para  $D=2t_c$ ) **revelou que em nenhuma hipótese haverá afogamento do sangradouro, nem na condição de regime supercrítico, nem na condição de regime misto subcrítico/supercrítico.** No entanto, a ponte sobre o rio Cocó, na avenida Presidente Costa, e Silva deverá ficar submersa com indicativo de colapso da mesma. Esta condição é esperada, uma vez que nenhuma ponte é dimensionada para suportar uma cheia com tal recorrência hidrológica ( $TR=10.000$  anos).

**c) Enviar a memória de cálculo com os arquivos de entrada e saída dos programas computacionais utilizados (EXVAL e HMS).**

### DADOS DO EXVAL90

Os arquivos do EXVAL são apresentados em anexo.

Os valores de precipitação adotados foram relativos à distribuição de frequência de Gumbel – Type I-Extremal. As precipitações para  $TR=10.000$  anos que não são incluídas nesta versão do EXVAL90 foram calculadas pela base teórica de Gumbel-Vem Te Chow, com emprego da variável reduzida  $Y= 9,2103$  para  $TR=10.000$  anos. As equações empregadas foram:

$$x_f = \bar{x} - S_x \left( \frac{\bar{y}_n}{S_n} \right)$$

E,

$$y = (x - x_f) \frac{S_n}{S_x}$$

Os resultados foram:

### Mondubim:

Dados:  $n=28$ ;  $S_x=38,81$ ;  $\bar{x}=103,11$ ;  $\bar{y}_n=0,54$ ;  $S_n=1,11$

$P_{10.000}=406,26 \text{ mm}$

**Maracanaú:**

Dados:  $n=59$ ;  $S_x=27,49$ ;  $\bar{x}=81,20$ ;  $\bar{y}_n=0,55$ ;  $S_n=1,17$

$P_{10.000}=284,68$  mm

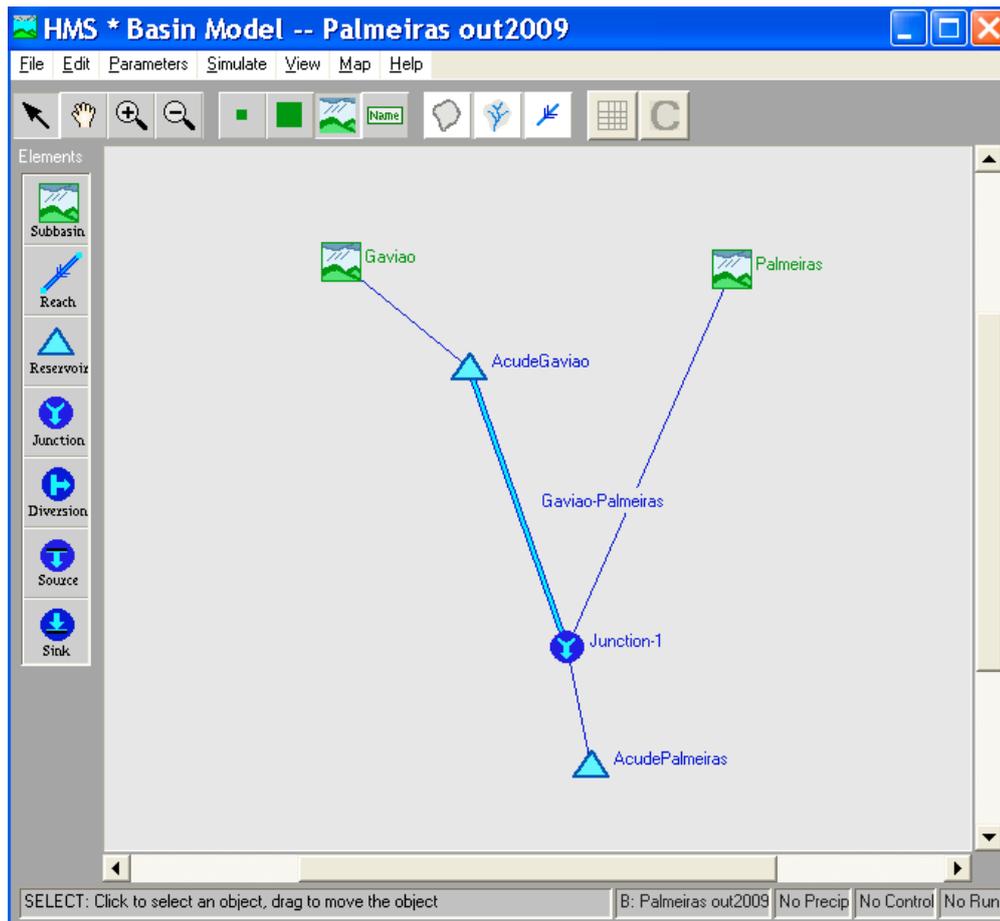
**Pacatuba:**

Dados:  $n=66$ ;  $S_x=19,54$ ;  $\bar{x}=80,47$ ;  $\bar{y}_n=0,55$ ;  $S_n=1,19$

$P_{10.000}=222,67$  mm

**DADOS DE ENTRADA DO HEC-HMS**

Os arquivos de dados de entrada do HEC-HMS são apresentados na seqüência de figuras seguintes.



**FIGURA 16: ESQUEMA DE MODELAGEM DA BARRAGEM PALMEIRAS NO HEC-HMS.**

HMS \* Basin Model \* Subbasin Editor

Help

Subbasin Name : Gaviao Area (sq. km.) 94.54

Description : Bacia do Gaviao

Loss Rate | Transform | Baseflow Method

Method: SCS Curve No.

Initial Loss (mm): 13 % Impervious : 0.0

SCS Curve No.: 75

OK Apply Cancel

Subbasin name

**FIGURA 17: DADOS DA BACIA DO AÇUDE GAVIÃO.**

HMS \* Basin Model \* Subbasin Editor

Help

Subbasin Name : Gaviao Area (sq. km.) 94.54

Description : Bacia do Gaviao ...

Loss Rate Transform Baseflow Method

Method: SCS

SCS Lag : 91.000000 Minutes

OK Apply Cancel

Subbasin name

**FIGURA 18: DADOS DA BACIA DO AÇUDE GAVIÃO.**

**HMS \* Basin Model \* Reservoir Editor**

Edit File Help

Reservoir Name:

Description:

Storage | Outlet | Spillway | Overflow | Dam Break

Method:

Initial

Elevation (m)	Storage (1000 cu m)
32.0	12300.00
33.0	16400.00
34.0	21230.00
35.0	26660.00
35.5	29520.00
36.0	32900.00
37.0	39660.00
38.0	46420.00

Graph

OK Apply Cancel

**FIGURA 19: DADOS DO AÇUDE GAVIÃO.**

**HMS \* Basin Model \* Reservoir Editor**

Edit File Help

Reservoir Name: AcudeGaviao

Description: Acude Gaviao

Storage Outlet **Spillway** Overflow Dam Break

Method: Broadcrested Spillway

Crest Elevation (m): 36

Crest Width (m): 20

Discharge Coefficient: 1.7

OK Apply Cancel

**FIGURA 20: DADOS DO AÇUDE GAVIÃO**

**HMS \* Basin Model \* Routing Reach**

Help

Reach Name :

Description :  ...

Routing Method :  ▼

Reach Length (m) :

Energy Slope (m/m) :

Manning's N Values

Left Overbank	Channel	Right Overbank
0.2	0.025	0.2

Cross Section Coordinates

	Station (m)	Elevation (m)
1	0	9.79
2	11	6.85
3	12.7	5.74
4	20	4.76
5	25	5.52
6	31.5	7.36
7	36.5	7.4
8	47.5	9.75

OK      Apply      Cancel

**FIGURA 21: DADOS DO TRECHO DE PROPAGAÇÃO DO AÇUDE GAVIÃO AO AÇUDE PALMEIRAS**

Subbasin Name :  Area (sq. km.)

Description :  ...

Loss Rate | Transform | Baseflow Method

Method:  ▾

Initial Loss (mm):  % Impervious :

SCS Curve No.:

OK Apply Cancel

Subbasin name

**FIGURA 22: DADOS DA BACIA DO AÇUDE PALMEIRAS.**

HMS \* Basin Model \* Subbasin Editor

Help

Subbasin Name :  Area (sq. km.)

Description :  ...

Loss Rate | Transform | Baseflow Method

Method:

SCS Lag :

OK Apply Cancel

Subbasin name

**FIGURA 23: DADOS DA BACIA DO AÇUDE PALMEIRAS.**

**HMS \* Basin Model \* Reservoir Editor**

Edit File Help

Reservoir Name: AcudePalmeiras

Description: Acude Palmeiras

Storage | Outlet | Spillway | Overflow | Dam Break

Method: Elevation-Storage

Initial: Elevation (m) 15

Elevation (m)	Storage (1000 cu m)
10.0	133.75
11.0	185.10
12.0	438.31
13.0	1287.89
14.0	2920.53
15.0	5843.66
16.0	10254.79
17.0	15925.18

Graph

OK Apply Cancel

**FIGURA 24: DADOS DA BARRAGEM PALMEIRAS.**

**HMS \* Basin Model \* Reservoir Editor**

Edit File Help

Reservoir Name: AcudePalmeiras

Description: Acude Palmeiras

Storage Outlet **Spillway** Overflow Dam Break

Method: Ogee Spillway

Abutment Type: Concrete

Approach Depth (m): 8

Approach Loss (m): 0.1

Crest Elevation (m): 15

Crest Width (m): 120

Apron Elevation (m): 9

Apron Width (m): 120

Design Head (m): 2

OK Apply Cancel

**FIGURA 25: DADOS DA BARRAGEM PALMEIRAS.**

Os dados de saída da modelagem já foram apresentados no Item (a).

## 2. RESPOSTA AO ITEM 3 - ARRANJO GERAL E POSIÇÃO DO EIXO

### a) **Recomendação de estudo de um novo traçado do eixo, recuado cerca de 550 m para jusante, para eliminar as interferências com as torres da linhas de Transmissão da CHESF.**

O estudo de deslocamento do eixo da barragem, sugerido pelo painel, tem como principal objetivo a redução do impacto do lago da barragem sobre as linhas de alta tensão que transcorrem no local e, conseqüentemente, o custo do remanejamento destas estruturas.

Deslocando-se o eixo para a posição recomendada verificou-se que, para a mesma cota do vertedouro (15,00) o reservatório passaria a acumular 5,04 Hm<sup>3</sup> ao invés dos 6,39 Hm<sup>3</sup> originais. Utilizando-se o gráfico cota x área x volume (em anexo) se obtém para o volume de 6,39 Hm<sup>3</sup> a cota 15,34 m. Para esta cota a área de inundação do lago corresponde a 531 ha, o que corresponde a um acréscimo de 36,2% em relação a área inundada do projeto original, que era de 390 ha.

A desapropriação da bacia da barragem envolvem terras de uso urbano muito valorizadas, estando orçada em 54 milhões de reais para o projeto original. Por conseguinte, é de se esperar que o deslocamento da barragem para montante e a conservação do reservatório com a mesma acumulação, represente um acréscimo de custo de  $54 \times 0,36 = 19,4$  milhões de reais, em desapropriações.

Por outro lado, o deslocamento do eixo da barragem proporciona a preservação de 13 torres de alta tensão que seriam remanejadas pelo projeto original (ver desenho n.º 02/20 em anexo). Uma estimativa feita pela CHESF, para o remanejamento de 73 torres, totaliza cerca de 55 milhões de reais. Por proporcionalidade pode-se prever que a manutenção das 13 torres acarretaria numa economia de 9,8 milhões de reais.

Assim considerando, pode-se concluir que o acréscimo de custo para a desapropriação de áreas excedentes é praticamente o dobro da redução dos custos com a manutenção de parte das torres de alta tensão (19,4 contra 9,8 milhões). Portanto, como elemento de redução de custos a proposição de deslocamento do eixo não é viável.

Some-se a isto os impactos que a subida do lago teria sobre: i) a ponte existente no 4º Anel Viário, que no projeto anterior estava em cota limite para a cheia centenária; ii) os

diques e sistema de drenagem forçada projetados para a CERBRAS (indústria de Cerâmica de grande porte); iii) o maciço da barragem Gavião, que já tinha o reservatório original nos limites de seu pé de jusante e iv) as lagoas de estabilização da Cagece denominadas DIF-3.

### **3. RESPOSTA AO ITEM 4 - OBRAS DE CONCRETO**

#### **a) Colocar no desenho 06/20 a linha de escavação da fundação.**

Foi colocada no referido desenho a linha de escavação da fundação do cut-off da barragem de terra e do maciço de CCR.

#### **b) Rever no desenho 12/20 a largura mínima de 4 metros para a execução do CCR na ogiva do Creager**

Foi revisto o desenho 12/20 para assegurar uma praça de 4,0 m para a execução do CCR.

#### **c) Sugestão de rebaixar a bacia de dissipação para a cota 2,00, fazer o seu prolongamento e rebaixamento dos muros laterais.**

A calha do rio Cocó, no local do sangradouro, encontra-se atualmente na cota 4,65 m. A escavação para assentamento do maciço do sangradouro alcançará a cota -4,00 m. Portanto, entre o extremo jusante do vertedouro e a calha natural do rio será formada uma fossa de pouco mais de 8,00 m de profundidade. Como o material do fundo do rio apresenta característica de maior resistência à erosão do que o solo das margens (aluvião silto arenoso), a tendência ao longo do tempo é que esta fossa seja assoreada até igualar-se com o nível original do leito do rio. Para evitar que a bacia de dissipação fosse atingida por este sedimento foi indicado o seu posicionamento na cota 5,00 m (praticamente a mesma do leito).

Observa-se que a sondagem SM-05 constatou alteração de rocha, com SPT superior a 40 golpes, a partir da cota 5,00 m e que a SM-06 indicou a presença de alteração de rocha com SPT de 30 golpes/12 cm a partir de cota semelhante. Estas investigações confirmam que o fundo do rio é constituído de material mais resistente ao transporte, pelo caudal de escoamento.

Associado a isto deve-se considerar que a vazão específica do sangradouro, de acordo com a vazão milenar de projeto, atinge o valor pouco expressivo de 3 m<sup>3</sup>/s/m, significando que a maior parte da energia será dissipada ao longo dos degraus do sangradouro, sendo a menor parcela destinada a bacia tipo piscina.

Por estas razões a Projetista é de parecer que o nível da bacia seja conservado na cota 5,0m.

Uma sugestão que poderia ser incorporada ao projeto é a indicação de deposição (bota-fora) das escavações rochosas obrigatórias preenchendo a referida fossa.

### 3.1. CONDIÇÕES DA FUNDAÇÃO DA BARRAGEM DE TERRA

**a) No projeto do maciço de terra é prevista a remoção de 1 metro para assentamento do maciço verificar a possibilidade de adotar 2,0 m.**

Pela tabela a seguir nota-se que as sondagens realizadas na região do maciço de terra indicaram uma espessura média de solo orgânico ou de baixa resistência de 1,65 m. Portanto, a recomendação do Painel de considerar uma remoção média de 2,0 m para o assentamento do maciço de terra é procedente e será incorporada ao projeto.

Sondagem	Profundidade de silte argiloso orgânico	Sondagem	Profundidade de silte argiloso orgânico
SM-01	1,00	SP-03 (*)	0,80
SM-02	1,0	SP-04 (*)	2,20
SM-03	0,30	SP-05 (*)	2,80
SM-04	2,80	SP-06 (*)	1,80
SM-05	0,95	SP-07 (*)	1,60
SM-06	1,00	SP-08 (*)	1,75
SM-07 (*)	1,85	SP-09 (*)	0,45
SP-01	1,45	SP-13 (*)	1,60
SP-02	0		

(\*) sondagens no maciço de terra

- b) Recomenda-se que na fase executiva da obra as condições de permeabilidade da fundação da barragem de terra sejam avaliadas e o dimensionamento do cut-off revisto, se for o caso.**

A Projetista esta de acordo com esta recomendação, que aliás esta em consonância com a sua orientação expressa no projeto, de que as fundações devem ser inspecionadas e liberadas por um geólogo de engenharia. A indicação da linha de cut-off apresentada no projeto tem o propósito de fornecer uma estimativa genérica, que deverá ser revista e adaptada diante as reais condições das escavações.

### **3.2. MACIÇO ROCHOSO DA FUNDAÇÃO**

- a) A condição de fundação (mostrada na campanha de investigação do projeto) implica num tipo de obra que, a proporção que as escavações forem implantadas exigirão novas investigações e eventuais ajustes de projeto com implicações em custos e prazos executivos.**

A projetista concorda com a recomendação de que após a implantação das escavações da fundação, sejam realizadas investigações para aferição das condições do substrato rochoso, com eventuais ajustes do projeto. A projetista se coloca interessada e disponível para analisar e discutir, com os órgãos responsáveis pela Fiscalização e Supervisão das obras, as informações provenientes das inspeções e investigações das fundações da barragem e as possíveis readequações que se fizerem necessárias.

### **3.3. BARRAGEM DE CCR**

- a) Muros laterais para o encosto direto das barragens de terra;**

O contato entre o maciço de terra e o maciço de concreto adotado no projeto é do tipo “abraço”, isto é, o maciço de terra envolve a seção de concreto por uma extensão de 40 metros, contados no nível do coroamento. A sua escolha se baseou no fato de que a opção de encontro frontal, por meio de muros, exigiriam estruturas muito robustas para a situação de empuxo de um único lado. Estas estruturas mostraram-se economicamente menos interessante que a solução de abraço. Somado a isto tem-se o exemplo de contato semelhante implantado na barragem Castanhão, que vem apresentando uma boa performance, mesmo quando foi submetida a solicitação de sismo.

**b) Eventuais problemas de deformação diferenciada resultante de diferenças de compressibilidade do maciço rochoso de fundação;**

A hipótese ventilada de deformação diferenciada, resultante de diferenças de compressibilidade do maciço de fundação, só poderá ser considerada viável após a escavações rochosas previstas e análise geológica dos níveis escolhidos para a fundação. No entanto, a baixa tensão máxima imposta a fundação, calculada em **2,1 kgf/cm<sup>2</sup>**, não corrobora com tal hipótese.

**c) Desenvolvimento de análise de estabilidade em planos de menor resistência da fundação.**

O painel sugeriu que sejam realizadas novas investigações à proporção que as escavações forem implantadas para a elaboração de ajustes e procedimentos construtivos. A Projetista esta completamente de acordo com tal recomendação, tendo em vista a baixa recuperação dos testemunhos de sondagem. Caso nestas investigações sejam detectados planos de menor resistência da fundação e conclua-se pela inviabilidade de suas supressões, novas análises de estabilidade deverão ser elaboradas considerando tais condicionantes.

Interessante realçar que os cálculos elaborados no projeto, considerando o plano de menor resistência o contato maciço CCR/ rocha, com um valor de coesão de 0,5 kgf/cm<sup>2</sup> e ângulo de atrito de 40°, indicaram um fator de segurança contra o escorregamento de 3,7, valor este muito superior ao sugerido pelas normas de projeto, que é de 1,5. Mesmo considerando a existência de um plano de menor resistência, na base do maciço, com coesão de 0,15 kgf/cm<sup>2</sup> e ângulo de atrito de 36° o fator de segurança ao escorregamento ainda atenderia a norma.

**d) A inclusão de uma galeria de drenagem pode ser necessária.**

Uma galeria de drenagem para assegurar um eficiente funcionamento dos drenos de fundação e aliviar subpressões na base do maciço, deve situar-se acima do nível d'água de jusante. Para o caso da barragem Palmeiras a cota desta galeria deveria situar-se, no mínimo, na altura do terreno natural que ladeia a calha do rio, área esta atualmente submetida a frequentes inundações. Para esta cota, cerca de 9,5-10,0 m, a seção da barragem não comporta uma galeria com 2,0 m de largura e 2,5 m de altura, mesmo

situada a partir de 4,0 m da face de montante (valor este já crítico para a manobra de equipamentos necessários ao CCR).

Caso constate-se algum plano de menor resistência e opte-se pela redução das subpressões na base do maciço, para assegurar a estabilidade da barragem de CCR (assunto tratado no item anterior), uma linha de drenos poderá ser implantada a partir do talude de jusante, com saída no degrau próximo a cota 10,00 m, prescindindo-se de galeria.

---

**ANEXOS: EXVAL MONDUBIM ATÉ 1998**

---

2872684 - Mondubim

SAMPLE SIZE = 28

## STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 103.11    STD. DEV. = 38.81    COEF. OF SKEW = .5235

## STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.56464    STD. DEV. = .39286    COEF. OF SKEW. = -.3498

## STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.98240    STD. DEV. = .17061    COEF. OF SKEW. = -.3485

## FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL ( mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	TYPE I EXTREMAL ( mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL ( mm)	PEARSON TYPE III ( mm)	LOG PEARSON TYPE III ( mm)
2.00	103.11	96.03	99.83	97.21	90.47	99.75	98.25
2.33	110.10	103.07	106.77	104.66	97.55	106.74	105.32
5.00	136.29	134.37	134.79	137.03	135.38	134.95	134.93
10.00	154.09	160.89	155.76	163.39	176.79	155.98	157.86
20.00	169.21	187.50	174.92	188.68	228.36	175.08	179.12

50.00	186.85	224.16	198.95	221.41	318.07	198.85	205.95
100.00	199.07	253.67	216.73	245.94	407.72	216.28	225.76
200.00	210.63	285.18	234.47	270.38	522.16	233.53	245.38
500.00	225.22	330.56	258.17	302.62	723.69	256.34	271.27
1000.00	235.87	368.20	276.48	326.99	926.15	273.76	290.92

## FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL ( mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	TYPE I EXTREMAL ( mm)	TYPE I LOG- EXTREMAL ( mm)	PEARSON TYPE III ( mm)	LOG PEARSON TYPE III ( mm)
0	.00000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1	.20000	70.45	68.99	70.08	67.62	67.05	68.99	67.82
2	.40000	93.28	86.93	90.42	87.41	81.92	89.31	84.04
3	.60000	112.94	106.08	109.66	107.94	100.84	108.65	102.35
4	.80000	135.77	133.66	134.20	137.03	135.38	133.32	130.61
5	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		1.643	.929	.571	.214	1.643	.929	3.071

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC = 9.492

RETURN LOG PEARSON  
PERIOD TYPE III  
WITH WEIGHTED  
REGIONAL SKEW

(YRS)	( mm)
2.00	97.33
2.33	104.41
5.00	134.76
10.00	159.18
20.00	182.60
50.00	213.27
100.00	236.76
200.00	260.79
500.00	293.69
1000.00	319.63

WEIGHTED SKEW CHI-SQUARE VALUE: .929

COMPUTED SKEW (LOG10)= -.3485

REGIONAL SKEW (LOG10)= .000

WEIGHTED SKEW (LOG10)= -.2064

MEAN SQUARE ERROR OF LOG10 SKEW= .2080

MEAN SQUARE ERROR OF REGIONAL SKEW= .3020

---

**EXVAL PACATUBA ATÉ 2007**

2872978 - Pacatuba

SAMPLE SIZE = 66

## STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 80.47 STD. DEV. = 19.54 COEF. OF SKEW = .5855

## STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.35952 STD. DEV. = .23950 COEF. OF SKEW. = .0908

## STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.89332 STD. DEV. = .10401 COEF. OF SKEW. = .0960

## FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL ( mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	TYPE I EXTREMAL ( mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL ( mm)	PEARSON TYPE III ( mm)	LOG PEARSON TYPE III ( mm)
2.00	80.47	78.22	78.64	77.37	75.31	78.58	77.94
2.33	83.97	81.65	82.10	80.88	78.61	82.08	81.36
5.00	97.02	95.82	96.12	96.12	94.76	96.21	95.71
10.00	105.77	106.66	106.56	108.53	110.33	106.70	106.91
20.00	113.07	116.65	116.00	120.44	127.66	116.11	117.39

50.00	121.42	129.21	127.64	135.85	154.21	127.62	130.80
100.00	127.07	138.48	136.08	147.39	177.65	135.89	140.85
200.00	132.32	147.68	144.34	158.90	204.56	143.91	150.96
500.00	138.78	159.86	155.12	174.08	246.39	154.26	164.53
1000.00	143.40	169.15	163.23	185.55	283.59	161.97	175.04

FREQUENCY DISTRIBUTION								
CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL ( mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	TYPE I EXTREMAL ( mm)	TYPE I LOG- EXTREMAL ( mm)	PEARSON TYPE III ( mm)	LOG PEARSON TYPE III ( mm)
0	.00000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1	.12500	57.99	59.38	59.00	59.20	60.27	58.12	59.53
2	.25000	67.29	66.55	66.61	65.91	65.43	65.60	66.51
3	.37500	74.24	72.47	72.76	71.63	70.19	71.73	72.33
4	.50000	80.47	78.22	78.64	77.37	75.31	77.62	78.03
5	.62500	86.70	84.42	84.88	83.80	81.48	83.89	84.25
6	.75000	93.65	91.93	92.32	91.92	90.00	91.36	91.86
7	.87500	102.95	103.03	103.10	104.61	105.15	102.15	103.27
8	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		7.455	4.545	4.545	4.788	5.273	5.273	4.545

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =14.070

RETURN PERIOD  (YRS)	LOG PEARSON TYPE III WITH WEIGHTED REGIONAL SKEW ( mm)
2.00	77.99
2.33	81.41
5.00	95.73
10.00	106.86
20.00	117.26
50.00	130.52
100.00	140.43
200.00	150.38
500.00	163.70
1000.00	173.99

WEIGHTED SKEW CHI-SQUARE VALUE: 4.545

COMPUTED SKEW (LOG10)= .0960

REGIONAL SKEW (LOG10)= .000

WEIGHTED SKEW (LOG10)= .0750

MEAN SQUARE ERROR OF LOG10 SKEW= .0847

MEAN SQUARE ERROR OF REGIONAL SKEW= .3020

---

**EXVAL MARACANAÚ ATÉ 2007**

---

2872778 - Maracanaú

SAMPLE SIZE = 59

## STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 81.20 STD. DEV. = 27.49 COEF. OF SKEW = .8250

## STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.34196 STD. DEV. = .33623 COEF. OF SKEW. = -.0745

## STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.88569 STD. DEV. = .14603 COEF. OF SKEW. = -.0759

## FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	81.20	76.86	77.70	76.86	72.88	77.49	77.18
2.33	86.13	81.63	82.49	81.83	77.45	82.36	81.96
5.00	104.51	102.21	102.49	103.42	100.85	102.70	102.32
10.00	116.84	118.85	118.02	121.00	125.04	118.40	118.50
20.00	127.15	134.83	132.51	137.86	153.69	132.89	133.81

50.00	138.96	155.77	150.95	159.69	200.72	151.06	153.56
100.00	146.97	171.80	164.71	176.04	245.17	164.39	168.45
200.00	154.42	188.19	178.48	192.34	299.25	177.54	183.47
500.00	163.61	210.59	196.90	213.84	389.27	194.81	203.72
1000.00	170.18	228.21	211.10	230.09	474.87	207.87	219.42

		FREQUENCY DISTRIBUTION						
CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL ( mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	TYPE I EXTREMAL ( mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL ( mm)	PEARSON TYPE III ( mm)	LOG PEARSON TYPE III ( mm)
0	.00000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1	.14286	51.86	53.68	53.43	52.68	54.22	54.29	53.71
2	.28571	65.65	63.54	63.99	63.00	61.52	64.84	63.36
3	.42857	76.25	72.34	73.11	72.16	68.81	74.15	72.05
4	.57143	86.15	81.65	82.51	81.88	77.49	83.82	81.32
5	.71429	96.76	92.97	93.62	93.79	89.65	95.30	92.69
6	.85714	110.55	110.05	109.87	112.08	112.13	111.99	110.09
7	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		4.712	.678	.441	.915	4.949	1.864	.678

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =12.596

RETURN PERIOD  (YRS)	LOG PEARSON TYPE III WITH WEIGHTED REGIONAL SKEW ( mm)
2.00	77.11
2.33	81.89
5.00	102.30
10.00	118.58
20.00	134.04
50.00	154.05
100.00	169.19
200.00	184.50
500.00	205.21
1000.00	221.32

WEIGHTED SKEW CHI-SQUARE VALUE: .678

COMPUTED SKEW (LOG10)= -.0759

REGIONAL SKEW (LOG10)= .000

WEIGHTED SKEW (LOG10)= -.0581

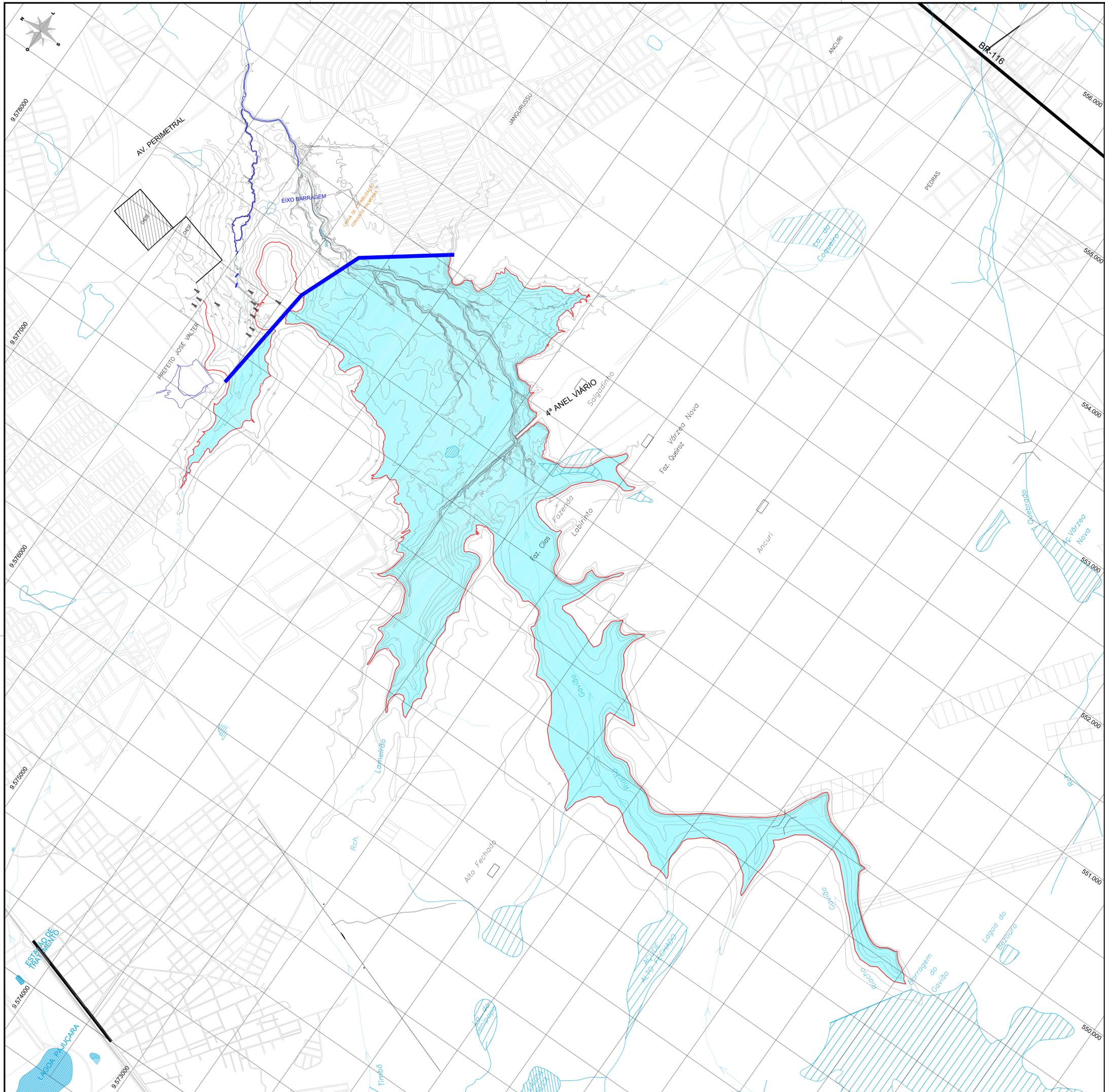
MEAN SQUARE ERROR OF LOG10 SKEW= .0926

MEAN SQUARE ERROR OF REGIONAL SKEW= .3020

---

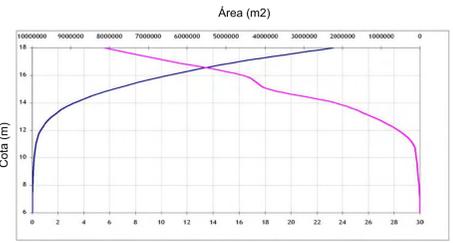
## **Anexos : Desenhos**

---



NOTA:  
 - COORDENADAS UTM  
 - DATUM SAD-69

COTA (m)	ÁREA (m <sup>2</sup> )	VOLUME ACUMULADO (hm <sup>3</sup> )
6	0	0
7	0.00	0.00
8	15,221.91	0.01
9	35,111.37	0.03
10	66,809.79	0.08
11	111,247.15	0.17
12	370,523.64	0.41
13	976,642.93	1.09
14	1,764,532.40	2.46
15	3,398,286.79	5.04
16	4,571,675.24	9.02
17	5,725,308.68	14.17



Volume - Volume (m3) Área -

LEGENDA:

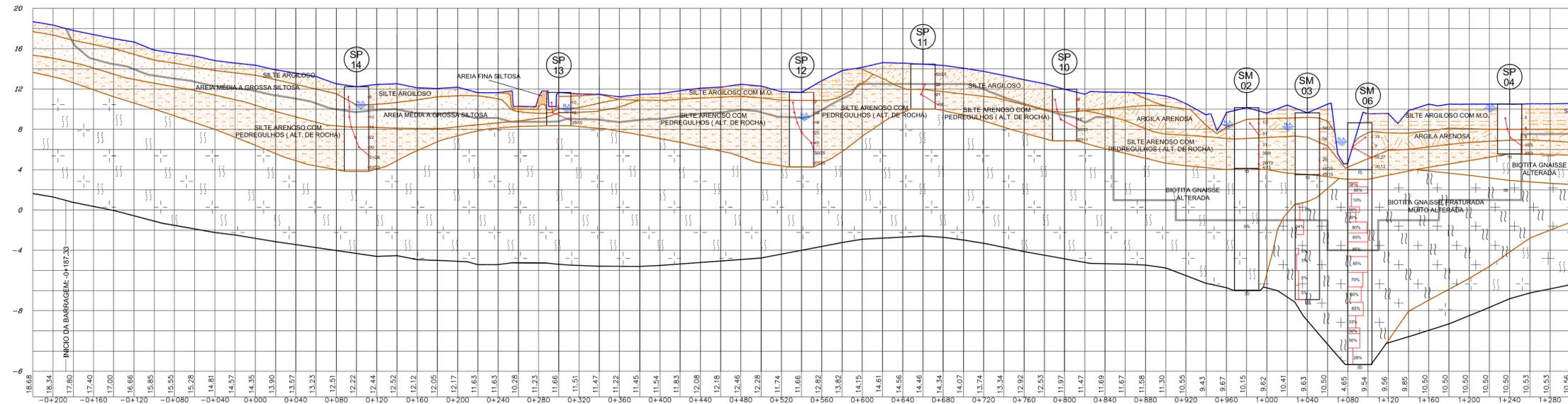
- Ruas
- Hidrografia
- Nivel de Máxima Acumulação
- Cerca
- TORRES DE TRANSMISSÃO CHESF
- POSTE DE CONCRETO

REV. N°	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA

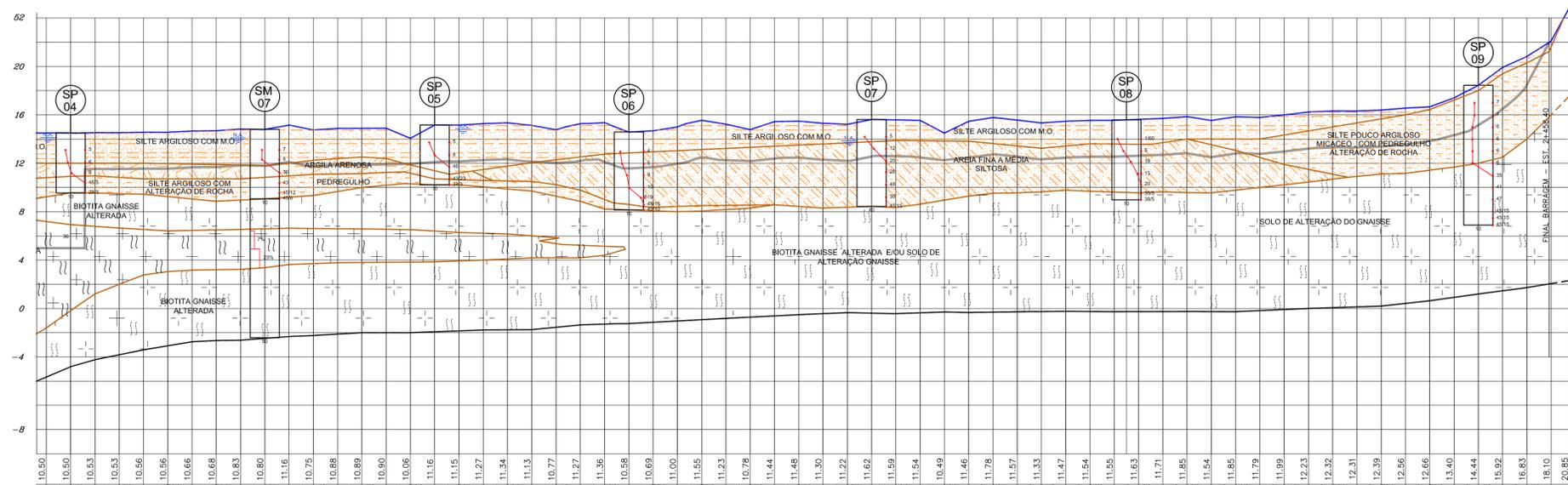
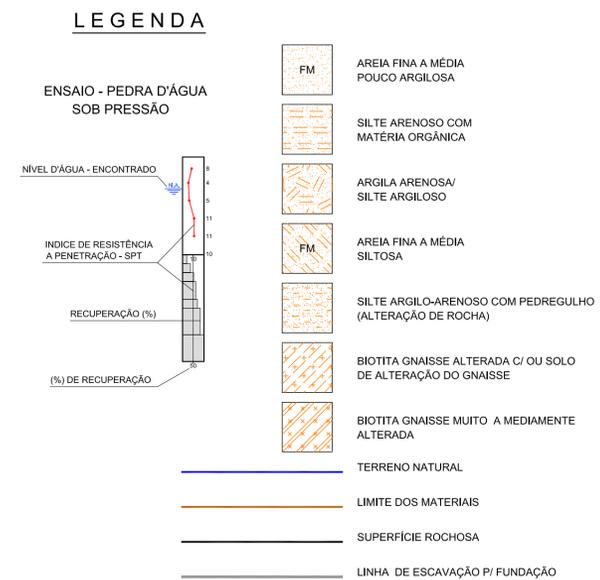
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ  
 SECRETARIA DAS CIDADES  
 INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ

ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS  
 BACIA HIDRÁULICA E CURVA COTA x ÁREA x VOLUME



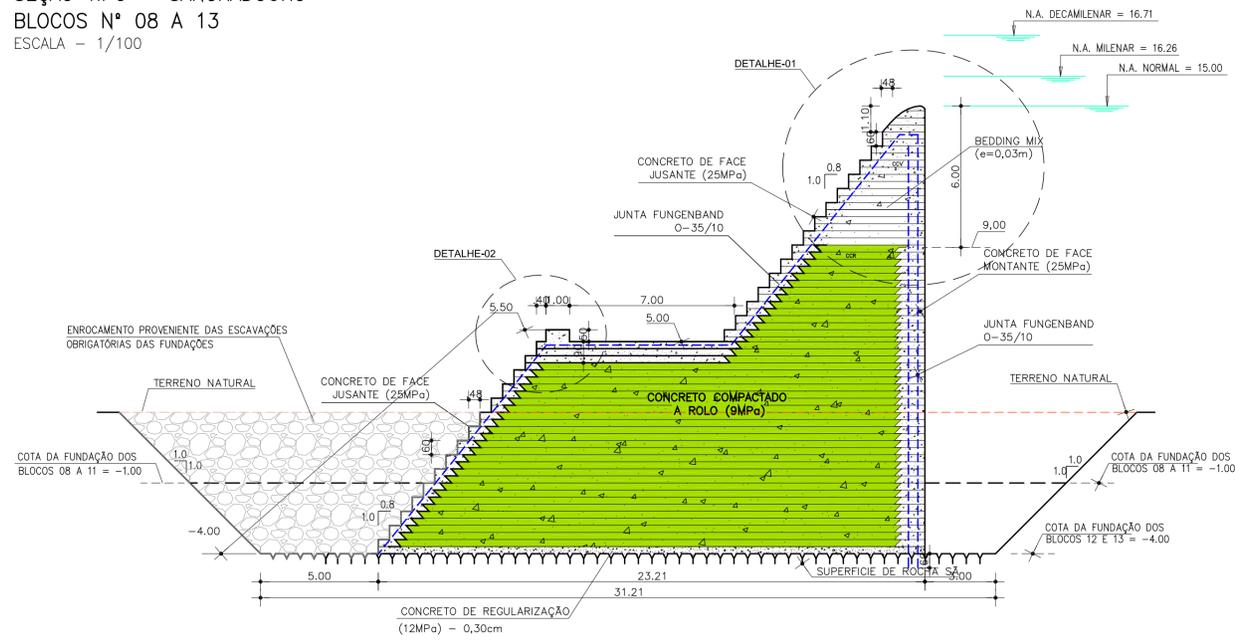
PERFIL GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO



PERFIL GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO

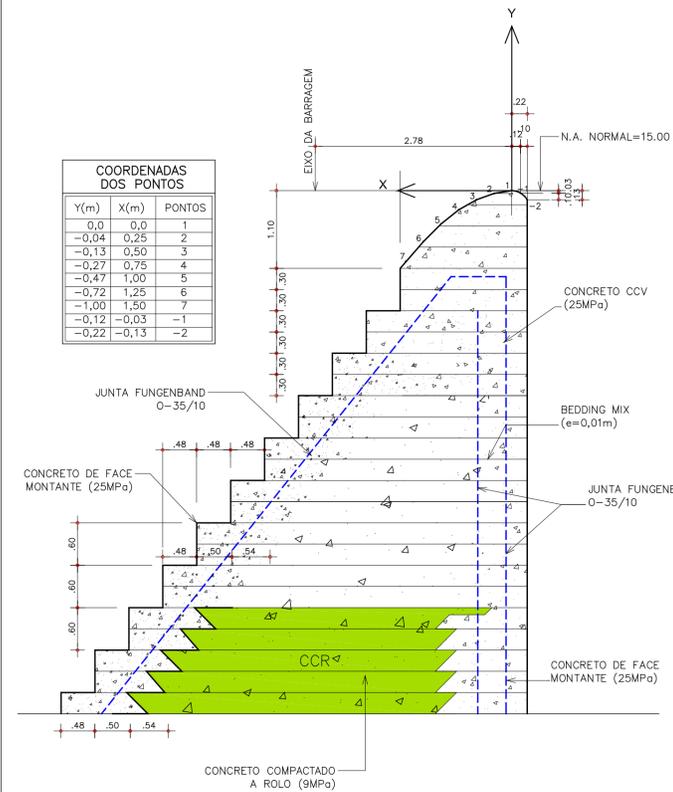
REV. N°	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA
<b>GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ</b> <b>SECRETARIA DAS CIDADES</b> <b>INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ</b>				
<b>ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS</b> <b>SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO</b> <b>E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO</b>				
<b>PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS</b> <b>PERFIL GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO</b>				
PROJETO:				
<b>EngSoft - Engenharia e Consultoria S/S</b>				
ARQUIVO MAGNÉTICO	ESCALA	H= 1: 2.500	DESENHO:	DATA:
BP_06_20 -Perfil Geológico-Geotécnico.dwg	H= 1: 2.500	V= 1: 2.50	06/20	REV. 001/09

SEÇÃO TIPO – SANGRADOURO  
BLOCOS Nº 08 A 13  
ESCALA – 1/100

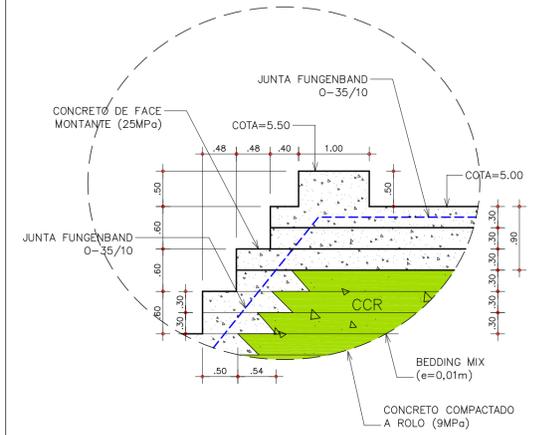


COORDENADAS DOS PONTOS

Y(m)	X(m)	PONTOS
0,0	0,0	1
-0,04	0,25	2
-0,13	0,50	3
-0,27	0,75	4
-0,47	1,00	5
-0,72	1,25	6
-1,00	1,50	7
-0,12	-0,03	-1
-0,22	-0,13	-2

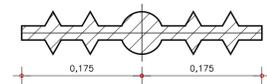
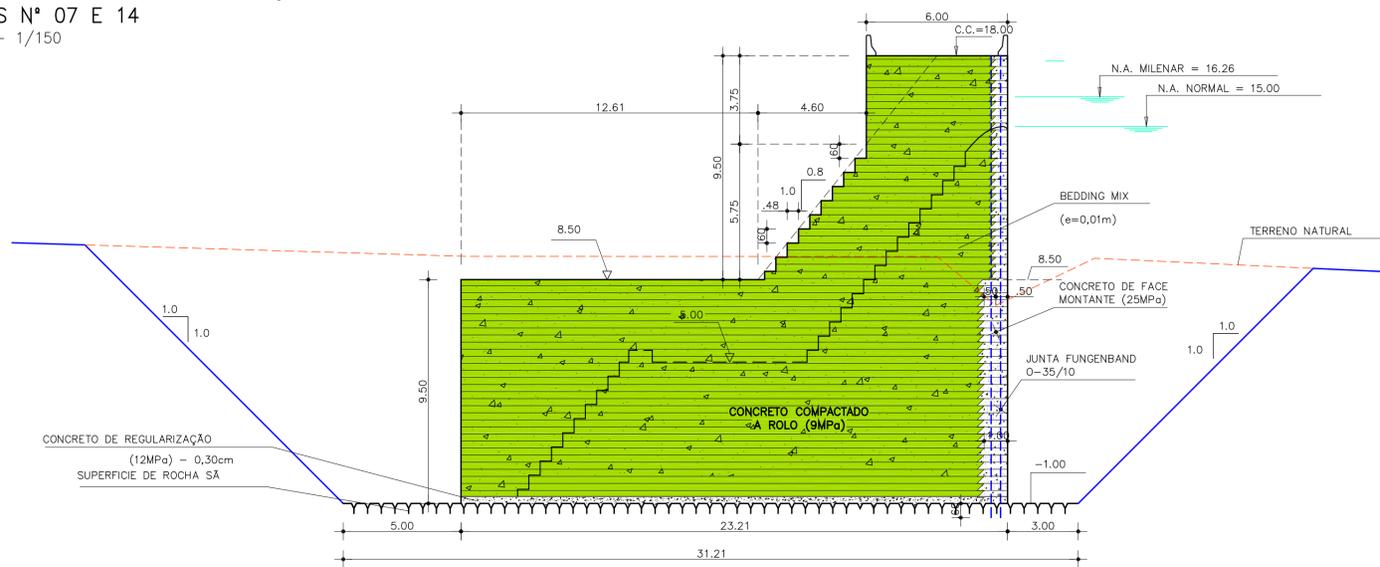


DETALHE-01/CRISTA DO CREAGER  
ESCALA – 1/50



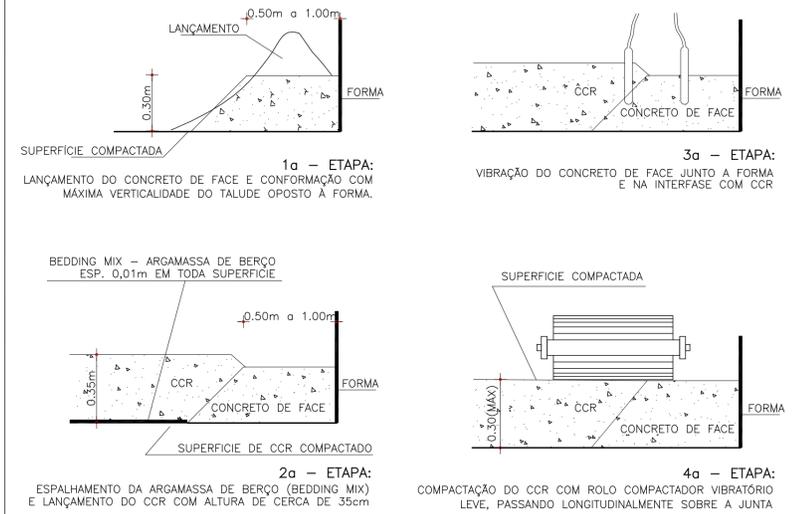
DETALHE-02/VETEDOURO DA BACIA  
ESCALA – 1/50

SEÇÃO TIPO – BLOCOS DE PROTEÇÃO  
BLOCOS Nº 07 E 14  
ESCALA – 1/150



DETALHE-03  
JUNTA FUNGENBAND 0-35/10  
ESCALA – 1/5

DETALHES CONSTRUTIVOS  
ESCALA – SEM



REV. Nº	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ  
SECRETARIA DAS CIDADES  
INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ

ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS  
SEÇÃO TIPO - SANGRADOURO E BLOCOS DE PROTEÇÃO

PROJETO: EngenSoft - Engenharia e Consultoria S/S

ARQUIVO MAGNÉTICO BP_12_20-Sangradouroa_ST.dwg	ESCALA INDICADA	DESENHO: 12/20	DATA: REV. FEV/09
---	--------------------	-------------------	----------------------



---

Engesoft Engenharia e Consultoria S/S  
Av. Pe. Antônio Tomás, 2420 – 10º Andar – Aldeota – CEP 60140-160  
PABX 3261-4890 – Fax: 3268-1972  
Fortaleza – Ceará – Brasil