

XII SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS
SÃO PAULO
ABRIL 1978

CONJUNTO HIDROELÉTRICO DIVISA-ITAPEBI
"ESTUDO PROBABILÍSTICO DE ALTERNATIVAS DE DESVIO"

TEMA IV - OBRAS DE DESVIO

Autores: Engº Erton Carvalho *
Engº Jerson Kelman **

* FURNAS-CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.

**CEPEL-CENTRO DE PESQUISAS DE
ENERGIA ELÉTRICA

CONJUNTO HIDROELÉTRICO DIVISA-ITAPEBI
"ESTUDO PROBABILÍSTICO DE ALTERNATIVAS DE DESVIO"

RESUMO

O estudo se refere a alternativas de desvio do Aproveitamento Hidroelétrico de Itapebi. Foram consideradas, para a definição da solução sugerida, as características do regime torrencial do Rio Jequitinhonha e a capacidade do reservatório de Salto da Divisa, situado a montante, de absorver cheias durante a fase de desvio. O estudo de viabilidade anteriormente desenvolvido, considerou independentemente os dois Aproveitamentos, resultando num desvio de alto custo para Itapebi, da ordem de 204 milhões de cruzeiros (valor atual).

A disponibilidade de novos dados hidrológicos, inexistentes quando da execução do ante-projeto, propiciaram uma nova concepção de desvio, de igual risco, estimada em 10 milhões de cruzeiros.

1. INTRODUÇÃO

Os Aproveitamentos Hidroelétricos de Salto da Divisa e Itapebi localizam-se no Rio Jequitinhonha, próximos à divisa dos estados de Minas Gerais e Bahia. A distância que os separa é de aproximadamente 30 Km (Fig. 1).

Por solicitação de FURNAS - CENTRAIS ELÉTRICAS S.A., concessionária destes Aproveitamentos, foram elaborados, pela ENGEVIX S.A.(1), estudos de viabilidade que serviram de subsídios aos trabalhos aqui desenvolvidos.

A concepção e dimensionamento das obras basearam-se em estudos hidrológicos preliminares que foram posteriormente revistos e complementados. No que se refere particularmente ao enchimento do reservatório de Salto da Divisa, não foram definidos, para os níveis característicos do reservatório, as respectivas probabilidades de enchimento, estimando-se apenas que em 90 dias o reservatório poderia atingir o nível mínimo de operação.

As obras de desvio dos dois Aproveitamentos foram projetadas isoladamente, isto é, sem considerar-se retenções de cheias no reservatório de montante. No caso particular do Aproveitamento de Itapebi foram estudadas duas alternativas de desvio, uma em túnel e a outra com uso de ensecadeiras celulares. Foi sugerida esta última, cujo custo, apesar de ser o mais favorável, corresponde ao valor atual de Cr\$ 204.000.000,00, isto é, aproximadamente 10% do custo total da obra.

Após a realização dos estudos hidrológicos básicos, foram elaborados pelo CEPEL(2) estudos probabilísticos do enchimento do reservatório de Salto da Divisa. Verificou-se que o mês de novembro é o mais favorável para iniciar-se o processo de enchimento. Mesmo assim, considerando-se uma vazão mínima de jusante de $10 \text{ m}^3/\text{s}$, estima-se que o tempo mais provável (valor modal) para que o reservatório atinja o N.A. max. normal, corresponda aproximadamente a 14 meses.

Diante desse fato desfavorável, procurou-se conjugar o cronograma das duas obras, de modo a permitir a construção da parte mais crítica de Itapebi durante a fase de enchimento do

reservatório de Salto da Divisa. A viabilidade desta hipótese aumentou consideravelmente com o fato de que o Rio Jequitinhonha apresenta um período de estiagem bem definido, principalmente durante os meses de maio a outubro. Com estas condições, mais precisamente, enchimento do reservatório intercalado entre estiagens rigorosas e prolongadas, definiu-se uma solução para desvio com duração de 18 meses. A vazão máxima para esta fase, $1562 \text{ m}^3/\text{s}$, é tal que o nível de risco mantém-se praticamente idêntico ao valor adotado no estudo de viabilidade.

2. TEMPO DE ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO DE SALTO DA DIVISA

A série de vazões mensais observada no posto fluviométrico de Salto da Divisa pode ser vista como uma realização de um processo estocástico. Quando as características deste processo são conhecidas, fica possível efetuar experiências aleatórias em que séries temporais distintas da observada no passado são "sorteadas". Como por hipótese estas séries, chamadas sintéticas, tem a mesma origem da série histórica, tudo se passa como se o projetista dispusesse de vários segmentos com "n" anos de observação, em vez de apenas "um". Pode-se desta forma simular o enchimento do reservatório um número suficiente de vezes para se obter uma idéia razoável da distribuição de probabilidades de sua duração.

No presente trabalho foi adotado um modelo do processo estocástico que se acha minuciosamente descrito na referência 3. É suficiente destacar as principais características do modelo:

Se $X_{j,k}$ é vazão no ano j, mês k e $Y_{j,k} = \log X_{j,k}$, tem-se

$$Y_{j,k} = \mu_k + \frac{\rho_k \sigma_k}{\sigma_{k-1}} (Y_{j,k-1} - \mu_{k-1}) + \sigma_k \sqrt{1 - \rho_k^2} \xi_{j,k}$$

para $k = 2, 3, \dots, 12$ (1)

onde $\mu_k =$ média de $Y_{j,k}$, $j = 1, \dots, n$ (2)

$\sigma_k =$ desvio padrão de $Y_{j,k}$; $j = 1, n$ (3)

$\rho_k =$ correlação entre $Y_{j,k-1}$ e $Y_{j,k}$; $j = 1, \dots, n$ (4)

$n = n^o$ de anos

$\xi_{j,k} \sim N(0,1)$

A adequação do modelo pode ser verificada de duas maneiras:

a) por hipótese, a série $\{\xi_{j,k}\}$ é aleatória, ou seja, o modelo pressupõe independência entre todos os $\xi_{j,k}$, V_j , V_k . Portanto, o correlograma de $\{\xi_{j,k}\}$ deve corresponder ao do "ruído branco", que teoricamente é horizontal e igual a zero. A Fig. 2 mostra este correlograma. Está claro que devido a variações amostrais o correlograma de $\{\xi_{j,k}\}$ não é constantemente nulo. No entanto, os valores encontrados estão em geral dentro do intervalo de confiança de 95%, que é 0,07, e a série $\{\xi_{j,k}\}$ pode perfeitamente ser vista como aleatória.

b) a distribuição marginal de $\xi_{j,k}$ é suposta normal padrão. Um teste de aderência da frequência dos $\xi_{j,k}$, associados à série histórica com aquela distribuição, é um natural quesito que o modelo deve satisfazer. A Fig. 3 mostra o gráfico de frequências de $\xi_{j,k}$ para Salto da Divisa. É aparente a forma gaussiana desta curva, fato aliás comprovado pelo valor do quiquadrado de 9,8 (o crítico, para nível de significância de 5% é 12,6). Também o teste de Kolmogorov não pode ser rejeitado com 5% de nível de significância, uma vez que o valor encontrado, 0,036 é inferior ao valor crítico de 0,059.

O modelo adotado revelou-se, portanto, satisfatório para a representação do esquema gerador de vazões. Uma série sintética de vazões afluentes com 1000 anos de duração foi o produto final desta etapa.

A simulação do tempo de enchimento faz-se aplicando mês a mês a equação do balanço hídrico:

$$V(t) = V(t-1) + A(t) \Delta t - E(t) \Delta t - P(t), \text{ onde} \quad (5)$$

$V(t)$ = volume armazenado no mês t

$A(t)$ = vazão afluente no mês t

$E(t)$ = vazão efluente no mês t

$P(t)$ = perdas por evaporação no mês t

Δt = nº de segundos de um mês

$P(t)$ é uma variável aleatória que depende da evaporação potencial no mês t , $h(t)$, e da área do espelho d'água. Por simplicidade, tomou-se para a taxa potencial os valores médios expressos na tabela 1.

Tabela 1 - Evaporação Mensal (em mm)

JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN
119,7	105,0	110,5	89,5	70,1	55,3
JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
52,4	64,3	84,6	109,3	102,6	114,7

A área média do espelho d'água, $S(t)$, pode ser obtida através de integração da curva volume-área ao longo do mês "t".

No início do mês t o valor de $S(t)$ não é conhecido, visto que depende de $V(t)$, dado pela equação 5. O programa realiza um processo iterativo de cálculo ilustrado pela Fig.4.

Para o reservatório de Salto da Divisa, o valor de $E(t)$ foi fixado em 0, 10, 20, 50 e 100 m³/s, constituindo-se pois, em cinco casos a serem estudados independentemente.

O tempo $t = 1$ foi feito coincidir com os doze meses do ano. A série sintética de 1000 anos foi dividida em 200 segmentos de 5 anos cada. O número de simulações executado, foi portanto de 5 (vazões efluentes) x 12 (meses) x 200 (segmentos) = 12.000 (simulações).

Cada simulação considera três níveis de enchimento: cotas 155,0 (N.A. mínimo), 159,5 (soleira do vertedouro) e 178,0m (N.A. max. normal). Para cada mês t o valor de $V(t)$ é

calculado pela equação 5 e a cota correspondente obtida da relação cota x volume. Se a cota $c(t) \geq c_i$, $i = 1,2,3$, onde c_i adquire os valores expressos acima, então o T (tempo de enchimento) correspondente ao nível i é feito igual a t . Ou seja, pode-se garantir que o tempo real de enchimento, para o nível i , situa-se entre $t-1$ e t . Entretanto, para efeitos computacionais é tomado o valor t .

As distribuições de probabilidades corresponde a 5 (vazões efluentes) x 12 (meses) x 3 (níveis) = 180 (distribuições), encontram-se na referência 3. A tabela 2 sintetiza as principais características das 180 distribuições: moda, média e desvio padrão.

Pode-se notar que o menor valor esperado de tempo de enchimento corresponde ao fechamento do reservatório no mês de novembro. Esta é a situação mais favorável sob o ponto de vista de geração de energia. Consequentemente, no exemplo que se segue foi adotado o referido mês para fechamento do reservatório. Arbitrou-se a descarga efluente em 10 m³/s. A tabela 3 mostra a distribuição de probabilidades do tempo de enchimento para este caso.

3. AVALIAÇÃO DO RISCO

As distribuições de probabilidades para as vazões máximas diárias afluentes a Salto da Divisa, mês a mês, encontram-se especificadas na referência 4. A avaliação de vazões afluentes a Itapebi depende da hipótese que se faça sobre a contribuição correspondente à bacia incremental entre Salto da Divisa e Itapebi. Neste trabalho admitiu-se a ...

- Hipótese nº 1: a "vazão incremental", entre Salto da Divisa e Itapebi é 2,5x da vazão afluente a Salto da Divisa. De forma que, se fixarmos em 1.500 m³/s a "vazão crítica" em Salto da Divisa, resultará a vazão de 1,025 x 1.500 = 1538 m³/s como "valor crítico" para Itapebi. Inferior, portanto, aos 1562 m³/s considerados como vazão de projeto para a Alternativa de Desvio apresentada no item 4.

Tabela 2 - Características do Tempo Enchimento em Salto da Divisa.

Posto 154

Cota 1 - 155,0m
Cota 2 - 159,5m
Cota 3 - 178,0m

Q ³ (m ³ /s) efluente	COTA 1				COTA 2			COTA 3		
	MES	MODA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MODA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MODA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
0	1	2	2.9	1.9	3	4.8	3.0	13 e 15	16.5	4.8
	2	2	4.4	2.7	10	7.0	3.3	23	17.8	5.0
	3	9	5.7	2.9	10	7.9	2.8	22	18.2	5.2
	4	8	7.0	2.1	9	8.5	1.7	27	18.5	5.1
	5	8	7.3	1.2	8	8.2	1.0	21	18.3	5.2
	6	7	6.7	0.8	7	6.7	1.2	19	17.8	5.2
	7	6	5.9	0.7	6	6.0	1.3	17	16.5	5.2
	8	5	5.2	0.9	5	5.1	1.3	16	15.8	5.2
	9	4	4.3	0.8	4	4.3	1.4	15	15.0	5.2
	10	3	3.4	0.9	4	3.6	1.6	14	14.4	5.2
	11	2	2.7	1.0	3	3.4	1.7	14	14.5	5.3
	12	2	2.3	1.2	2	3.4	2.3	14	14.5	5.3
10	1	3	3.0	2.1	3	5.1	3.3	13	17.0	5.1
	2	2	4.7	3.0	10	7.3	3.4	23	18.4	5.3
	3	9	6.0	3.0	10	8.7	2.9	22	18.8	5.5
	4	8	7.2	2.1	9	8.4	1.7	21	19.0	5.4
	5	8	7.4	1.2	8	8.3	1.1	20	18.7	5.4
	6	7	6.8	0.8	7	7.6	1.2	19	18.2	5.3
	7	6	6.0	0.8	6	6.9	1.3	18	17.6	5.3
	8	5	5.2	0.8	5 e 6	6.0	1.4	17	16.9	5.3
	9	4	4.4	0.9	5	5.2	1.5	16	16.2	5.3
	10	3	3.5	0.9	4	4.4	1.5	15	15.4	5.4
	11	2	2.7	1.0	3	3.6	1.7	14	14.8	5.5
	12	2	2.3	1.3	2	3.5	2.4	14	15.0	5.5
30	1	2	3.2	2.3	3	5.4	3.5	24	17.7	5.3
	2	2	5.0	3.1	11	7.6	3.5	23	19.1	5.5
	3	9	6.3	3.1	10	8.3	2.9	22	19.3	5.7
	4	9	7.4	2.1	9	8.8	1.7	22	19.4	5.6
	5	8	7.6	1.1	8	8.4	1.3	20	19.2	5.5
	6	7	6.9	0.9	7	7.8	1.4	19	18.7	5.8
	7	6	6.1	0.9	6	7.9	1.4	18	18.1	5.8
	8	5	5.3	0.9	5	6.1	1.5	17	17.4	5.6
	9	4	4.4	1.0	5	5.3	1.6	16	16.7	5.7
	10	3	3.6	1.0	4	4.4	1.6	15	15.9	5.7
	11	2	2.8	1.2	3	3.7	1.9	14	15.3	5.8
	12	2	2.3	1.4	2	3.6	2.6	14	15.5	5.8
50	1	2	3.4	2.9	3	6.3	4.2	24	19.5	6.1
	2	2	5.9	3.7	11	8.4	3.6	23	20.8	6.2
	3	10	7.2	3.3	10	8.9	3.0	22	21.0	6.4
	4	9	8.0	2.1	9	9.3	1.9	22	21.3	6.3
	5	8	7.9	1.3	8	9.0	1.7	21	21.2	6.4
	6	7	7.2	1.2	8	8.3	1.9	20	20.6	6.5
	7	6	6.4	1.2	7	7.4	2.0	19	19.9	6.6
	8	5	5.5	1.2	6	6.6	2.0	18	19.1	6.6
	9	4	4.7	1.3	5	5.7	2.1	17	18.3	6.7
	10	3	3.7	1.3	4	4.9	2.3	16	17.5	6.7
	11	2	2.9	1.4	3	4.2	2.7	15	16.9	6.7
	12	2	2.6	1.9	2	4.2	3.3	13	17.0	6.7
100	1	1	5.3	4.4	12	7.7	4.7	24	23.4	8.0
	2	12	7.4	4.2	12	9.8	4.0	24	24.8	8.4
	3	10	8.4	3.4	10	10.2	3.9	24	25.3	9.0
	4	10	9.1	2.6	10	10.8	3.6	22	25.4	8.9
	5	8	8.8	2.0	10	10.4	3.5	22	25.1	8.9
	6	8	8.0	2.0	8	9.6	3.6	20	24.5	8.9
	7	6	7.1	2.0	8	8.9	3.8	20	23.7	8.9
	8	6	6.1	2.0	6	8.0	3.9	18	22.8	9.0
	9	6	5.7	2.0	6	7.3	4.0	20	21.9	9.0
	10	4	4.2	2.0	4	6.1	4.0	16	21.1	9.0
	11	4	3.5	2.4	4	5.4	4.1	26	20.5	9.2
	12	2	3.3	3.2	2	5.4	4.7	14	20.7	9.4

Tabela 3

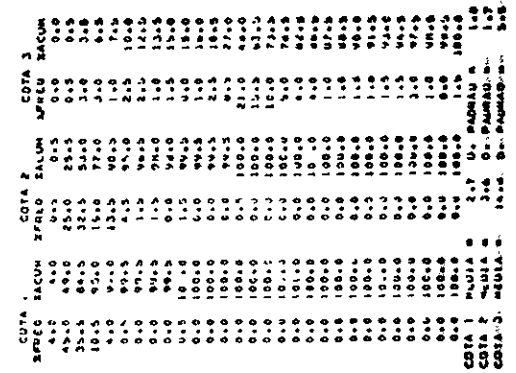
CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA - CEPREL

POSTO 154

TEMPO DE ENCHIMENTO DE RESERVAÍRIOS

VAZÃO EFFLUENTE - 10 m³/s
MÊS INICIAL - NOV
TAR. DA ANOSTRA - 206

COTA 1 - 155,0 m
COTA 2 - 159,5 m
COTA 3 - 178,0 m



O problema é descobrir qual a probabilidade P de que entre maio do ano 1 e outubro do ano 2, período de dezoito meses, ocorra uma vazão em Itapebi superior a 1538 m³/s. Tal evento só acontecerá se o reservatório de Salto da Divisa estiver cheio e a vazão a ele afluente for superior a 1500 m³/s. Um exame da referência 4 revela que descargas superiores a 1500 m³/s em Salto da Divisa só podem ser esperadas no período de outubro a abril. Nos demais meses de estiagem, a probabilidade de ocorrência de vazões superiores ao valor crítico é praticamente nula. Portanto para o presente trabalho basta que se definam os eventos:

A₁ ≡ A₈ ≡ vazão máxima diária afluente a Salto da Divisa superior a 1500 m³/s, ocorrida em outubro.

A₂ ≡ idem, em novembro

⋮

A₇ ≡ idem, em abril

De acordo com a referência 4, tem-se:

$$P(A_1) = P(A_8) = 0,015$$

$$P(A_2) = 0,34$$

$$P(A_3) = 0,62$$

$$P(A_4) = 0,62$$

$$P(A_5) = 0,32$$

$$P(A_6) = 0,23$$

$$P(A_7) = 0,05$$

Sejam os eventos:

B₁ ≡ reservatório incapaz de reter cheia, em outubro do ano 1.

B₂ ≡ idem, novembro do ano 1.

⋮

B₆ ≡ idem, março do ano 2.

B₇ ≡ idem, abril do ano 2.

B₈ ≡ idem, outubro do ano 2.

Note que se o fechamento de Salto da Divisa se dá em novembro do ano 1, então P(B₁) = 1. Por outro lado P(B_i), i = .. 2,3, ... 8 é dada pela probabilidade de que o reservatório esteja cheio no mês i.

Para avaliar esta grandeza, é feita a ...

- Hipótese nº 2: se o reservatório encher, não mais deplecionará. No que diz respeito ao estudo de desvio, esta suposição é conservadora. Uma consulta à tabela 3 nos dá:

$$P(B_2) = 0,000$$

$$P(B_3) = 0,005$$

$$P(B_4) = 0,035$$

$$P(B_5) = 0,065$$

$$P(B_6) = 0,075$$

$$P(B_7) = 0,100$$

$$P(B_8) = 0,185$$

A probabilidade que se busca, P, é dada por:

$$P = P\left[\bigcup_{i=1}^8 (A_i \cap B_i)\right] = \sum_{i=1}^8 P(A_i \cap B_i) - \sum_{i < j} P(A_i \cap B_i \cap A_j \cap B_j) + \sum_{i < j < k} P(A_i \cap B_i \cap A_j \cap B_j \cap A_k \cap B_k) \dots - P(A_1 \cap B_1 \cap A_2 \cap B_2 \dots \cap A_8 \cap B_8) \quad (6)$$

É razoável aceitar que a ocorrência de uma vazão diária acima do valor crítico independa do estado do reservatório. Formalmente tem-se ...

- Hipótese nº 3: A_i e B_j são independentes, $\forall i, j$

$$\text{Note que } P(A_i \cap B_j) = P(A_i) P(B_j), \forall i, j \quad (7)$$

Supõe-se ainda que vazões máximas diárias correspondentes a meses distintos sejam independentes. A rigor, pode-se ter a mesma cheia ocasionando picos de descarga em meses sucessivos, invalidando, portanto, esta suposição. Entretanto, para efeitos estimativos, a hipótese é aceitável. Portanto, formalmente tem-se ...

$$\text{Hipótese nº 4: } A_i \text{ e } A_j \text{ são independentes, } \forall i \neq j \text{ novamente } P(A_i \cap A_j) = P(A_i) P(A_j), \forall i \neq j \quad (8)$$

Finalmente a expressão em (6) pode ser calculada com ajuda de (7) e (8). Convém ressaltar que se o reservatório estiver cheio no mês i , também o estará no mês j , para $i < j$ (Hipótese nº 2). Ou seja, $B_i \cap B_j = B_i$, para $i < j$.

A avaliação da expressão (6) nos dá o valor de $P = 0,076$. Ou seja, a probabilidade de que ocorra a vazão de projeto de desvio, no período de 18 meses, é de 7,6%.

O estudo de viabilidade prevê um desvio de aproximadamente 2 anos, projetado para uma vazão máxima correspondente ao tempo de recorrência de 25 anos. Ou seja, a probabilidade de que este valor seja ultrapassado é de $1 - \left(1 - \frac{1}{25}\right)^2 = 0,078$.

Portanto, os dois esquemas estão associados às probabilidades de falha quase idênticas (7,6% e 7,8%).

4. NOVA CONCEPÇÃO DE DESVIO PARA O APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO DE ITAPEBÍ

A concepção da alternativa de desvio aqui apresentada considerou que, durante a construção da obra, ocorra 3 períodos de estiagem sendo dois deles incluídos na série contínua de 18 meses, conforme demonstrado no item anterior. Esta alternativa abrange 3 fases:

- a primeira consiste de uma ensecadeira de solo compactado em cota baixa, elevação +35,00m, a ser implantada no primeiro período de estiagem disponível, cobrindo um intervalo de 7 meses, isto é, de abril a outubro. Para esta fase pode-se admitir uma vazão de projeto da ordem de $Q = 3.000 \text{ m}^3/\text{s}$, com um risco de ocorrência inferior a 7,6%.

Durante este período serão construídos, conforme Fig. 5, os blocos situados entre a calha do rio e a elevação +40,00m. Prevê-se que dois blocos permanecerão na elevação +20,00m e os demais acima da elevação +46,50m.

Os blocos de concreto acima da elevação +40,00m, em ambas as margens, poderão ser construídos dentro de qualquer período, pois se situam acima do N.A. correspondente a vazão máxima anual com 25 anos de recorrência. Este critério de segurança foi o adotado no projeto original.

- para a segunda fase, Fig. 6, dispõe-se da série contínua de 18 meses acima citada. Neste período, deverão ser construídas duas ensecadeiras de solo compactado na elevação +35,00m, e um canal de desvio na margem esquerda. Deverão ser previstas 3 Adufas de 5,00m x 12,00m, e blocos de concreto nas elevações +31,00m e +46,50m, conforme indicado na Fig. 6. Nesta fase de desvio, o escoamento passará sobre os blocos de concreto que permaneceram na elevação +20,00m.

- na terceira fase, Fig. 7, o escoamento, após a remoção das ensecadeiras, processar-se-á pelas Adufas ou, em caso de grandes cheias, também sobre os blocos parcialmente construídos do Vertedouro, situados na elevação +31,00m. Nesta fase deverão ser elevados os blocos da Tomada d'Água e adjacências, bem como iniciada a construção da Casa de Força.

Para fins comparativos, apresentamos nas Fig. 8 e 9 a solução anteriormente projetada na fase de viabilidade. Esta solução prevê em ambas as fases de desvio, o uso de ensecadeiras celulares de grande porte. O custo total estimado, atualizado para dezembro de 1977, é da ordem de Cr\$ 204.000.000,00. A solução sugerida dentro do esquema de compatibilização do cronograma dos dois Aproveitamentos, foi avaliada em Cr\$ 9.940.000,00.

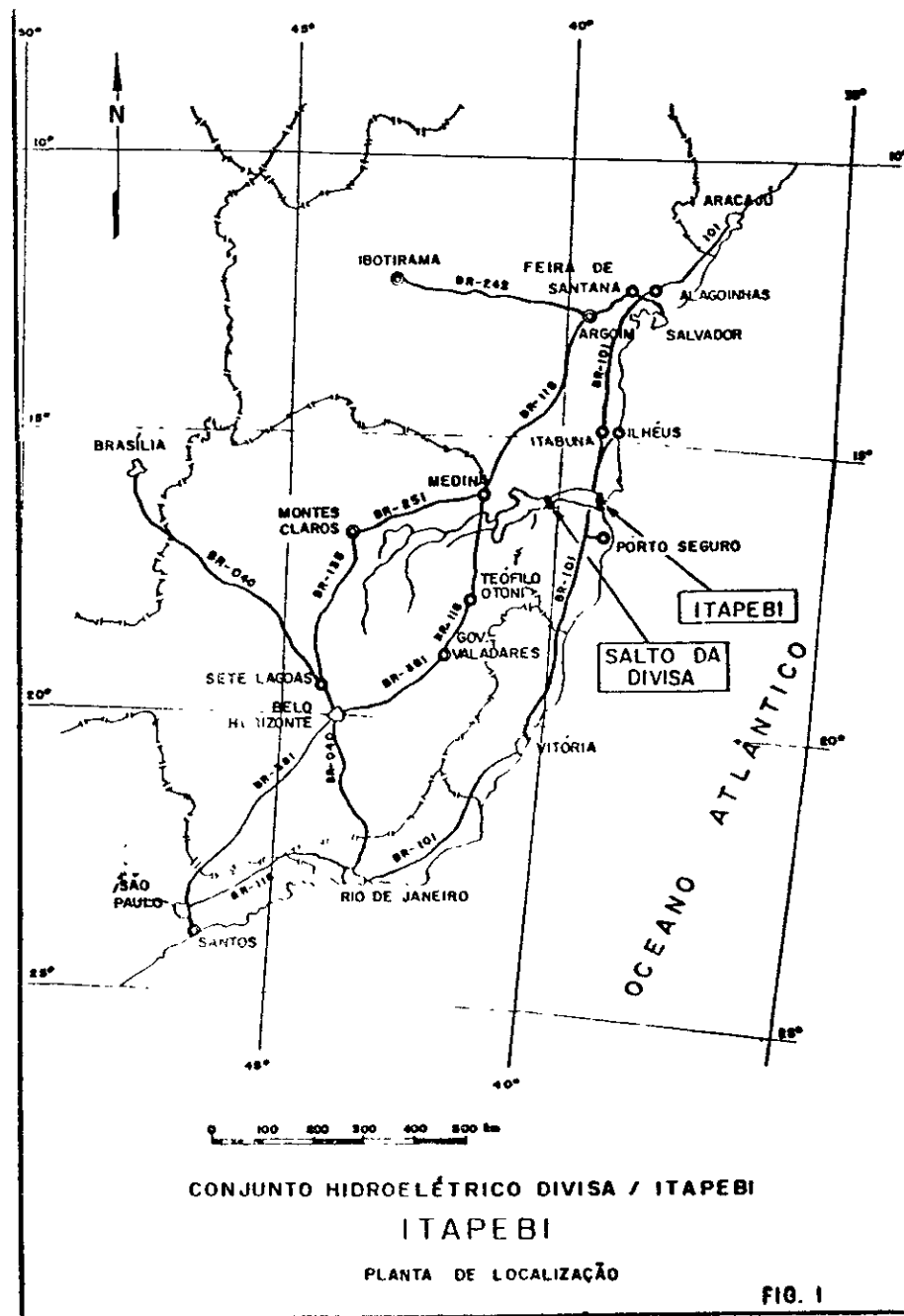
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Foi demonstrada a viabilidade de um desvio de baixo custo para o Aproveitamento Hidroelétrico de Itapebí, desde que este empreendimento se faça conjugado ao enchimento do reservatório de Salto da Divisa.

Duas alternativas dimensionadas para vazões de projeto de igual probabilidade de ocorrência não são necessariamente equivalentes. A melhor alternativa será aquela associada ao menor valor esperado de custo. Recomenda-se, portanto, que por ocasião da elaboração dos projetos básicos, este fator seja considerado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Conjunto Hidroelétrico Divisa-Itapebi - Projeto de Viabilidade - ENGEVIX S.A. - Estudos e Projetos de Engenharia - Janeiro de 1976.
- 2) Tempo de enchimento dos Reservatórios de Salto da Divisa e Itapebi - Relatório Técnico CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica 208/77 - Outubro de 1977.
- 3) Geração de Séries Hidrológicas Mensais para Estudos Energéticos - P.Guerrero, M.V.Ferraz, J.Kelman e F.B.M.Gomes - IV Seminário Nacional de Transmissão de Energia Elétrica, R.J., 1977.
- 4) Conjunto Hidroelétrico Divisa-Itapebi - Rio Jequitinhonha - Estudos Hidrológicos - Descargas de Cheias - Relatório Preliminar - ENGEVIX S.A. - Estudos e Projetos de Engenharia - Janeiro de 1977.



ANALISE DOS PARAMETROS MENSIS - PRATO 134 - SALTO DIV. MODELO 2

CORRELOGRAMA GERAL - SERIE INDEPENDENTE

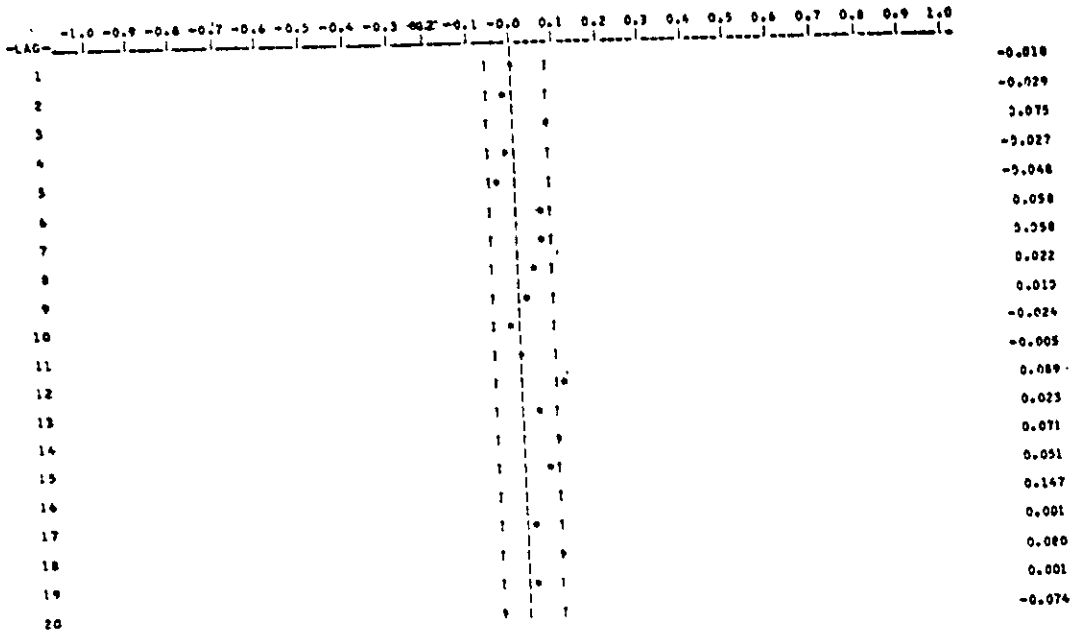
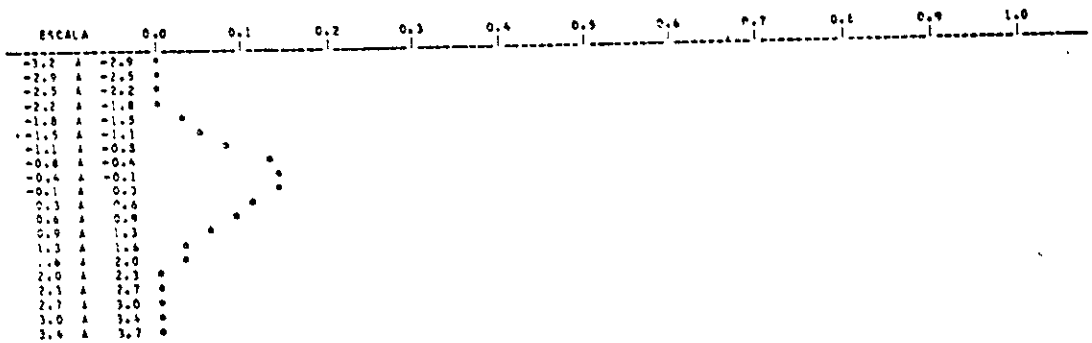


Fig 2 - Correlograma de $(\xi_{j,k})$

ELETRORÁS

ANALISE DOS PARAMETROS MENSIS - PRATO 134 - SALTO DIV. MODELO 2

IMPRESSÃO DO GRÁFICO DE FREQUÊNCIAS - 134



TESTE DE CHI-QUADRADO

LIMITES	FREQ. OBSERVADA	FREQ. ESPERADA
-1.2206	50	59.6667
-0.7847	51	59.6667
-0.4377	57	59.6667
-0.1397	55	59.6667
0.1397	55	59.6667
0.4307	52	59.6667
0.7847	41	59.6667
1.2206	49	59.6667
*****	50	59.6667

DISQUADRAM CALCULADO = 0.8182 PARA 42 DEGR. DE LIB. EM 0.1% SIGNIFIC. (134)

TESTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV

DELTA CALCULADO = 0.0766 PARA 428 VOL. (134)

Fig. 3 - Distribuição Marginal de $\xi_{j,k}$

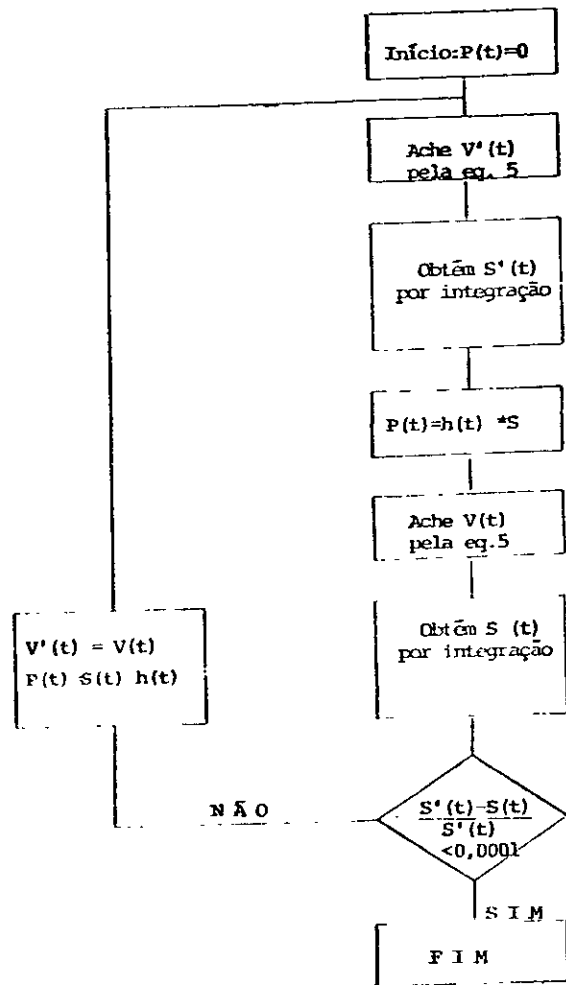
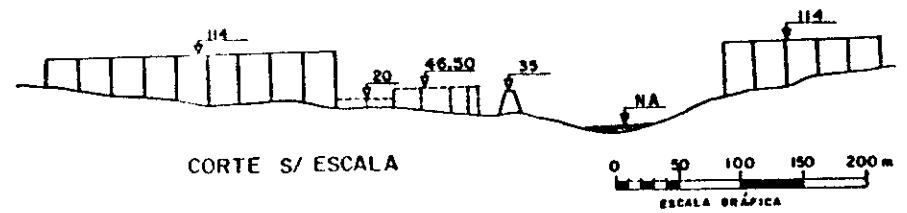
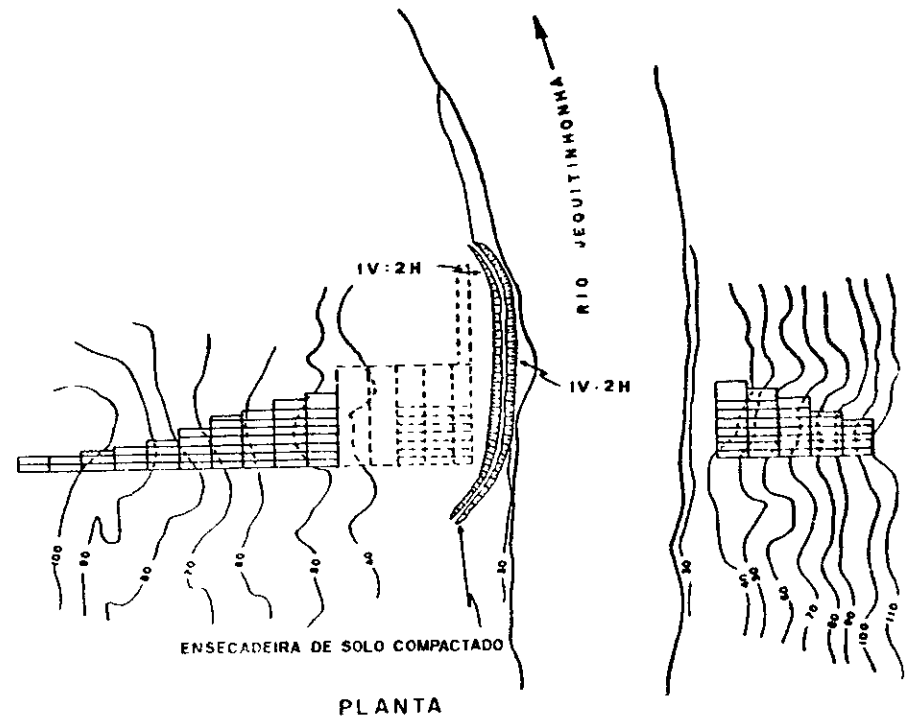


Fig. 4 - Algoritmo para Determinação de P(t)

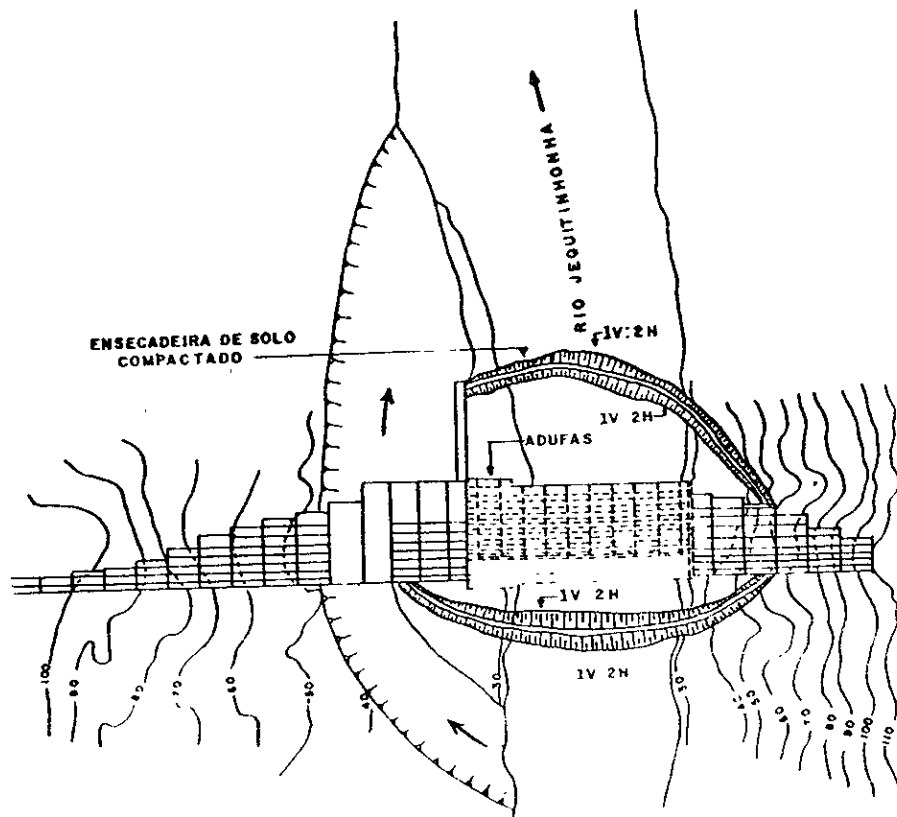


CONJUNTO HIDROELÉTRICO DIVISA - ITAPEBI

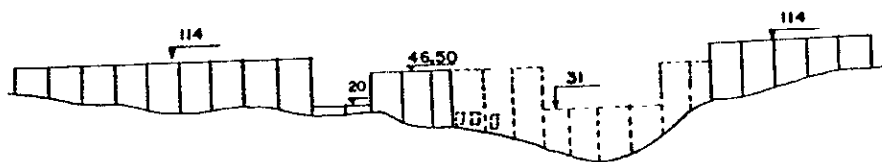
ITAPEBI

DESVIO - 1ª FASE

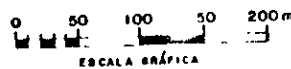
-/-



PLANTA



CORTE S / ESCALA



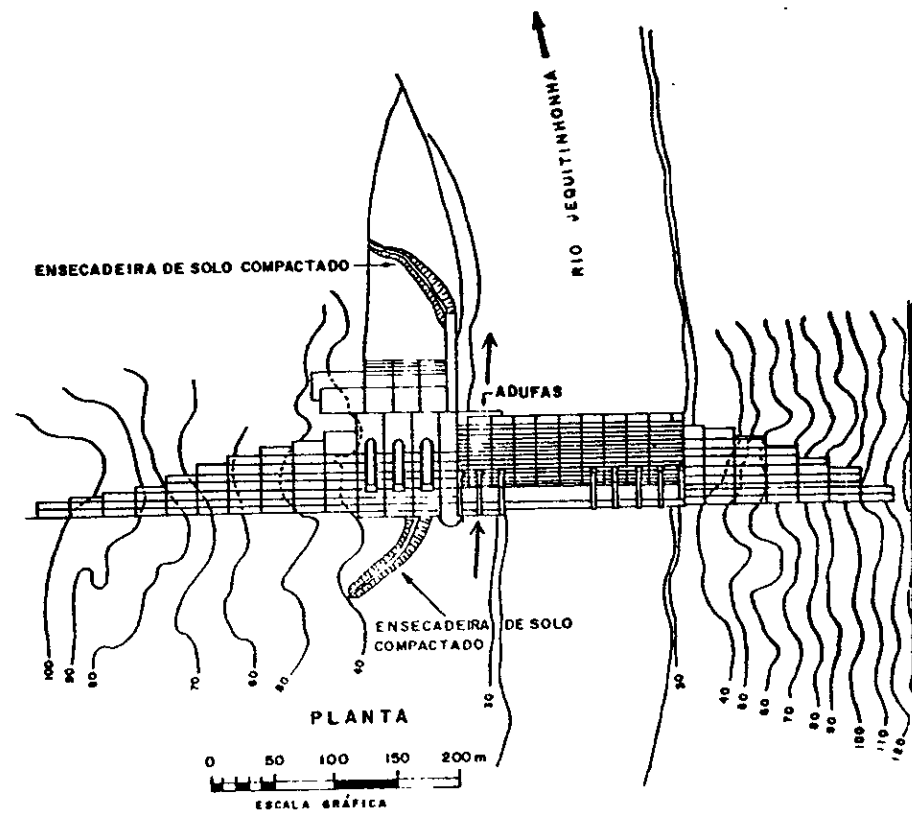
CONJUNTO HIDROELÉTRICO DIVISA / ITAPEBI

ITAPEBI

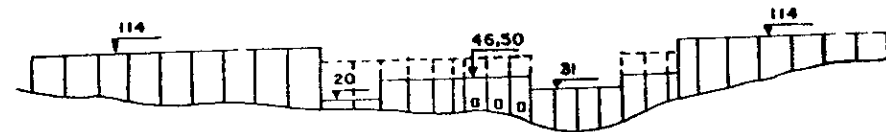
DESVIO - 29 FASE

376

FIG 6



PLANTA



CORTE S / ESCALA

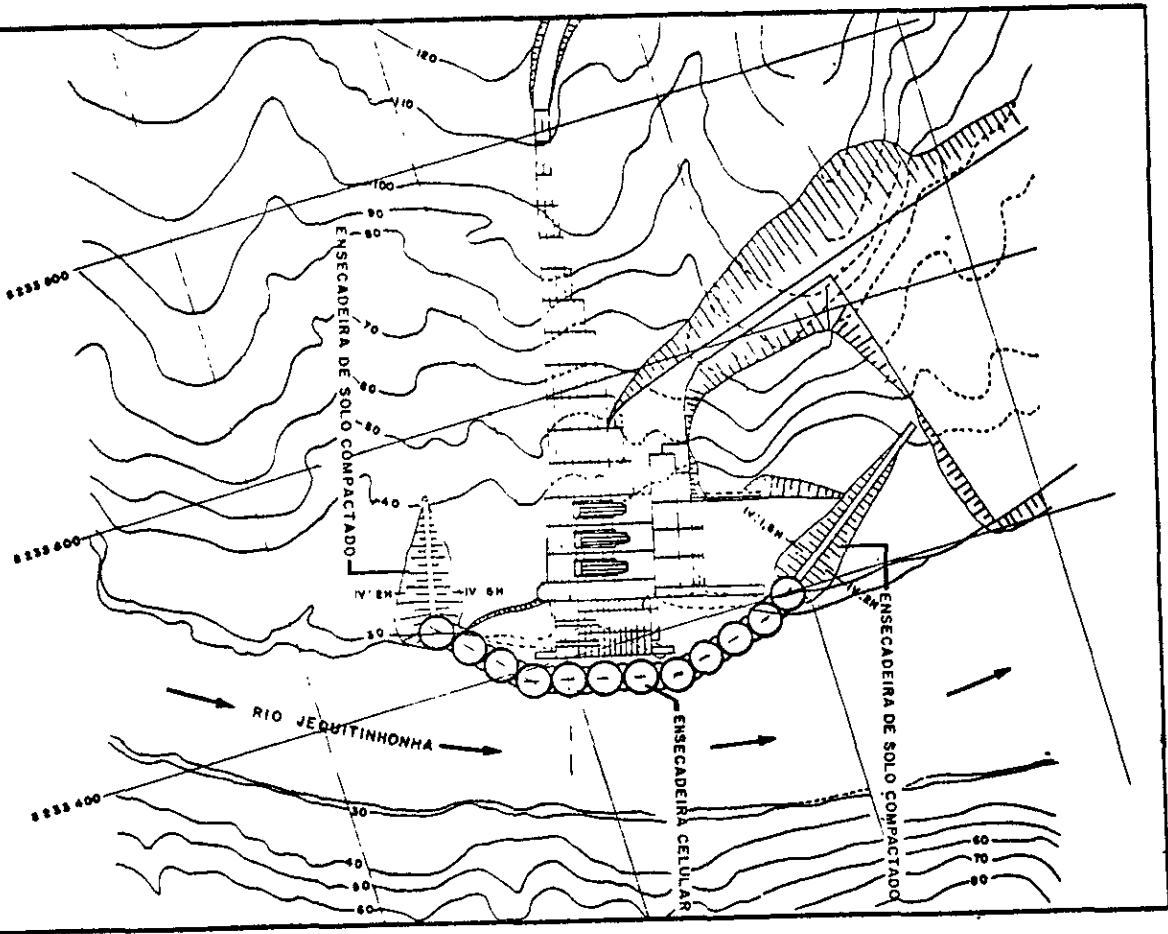
CONJUNTO HIDROELÉTRICO DIVISA / ITAPEBI

ITAPEBI

DESVIO - 39 FASE

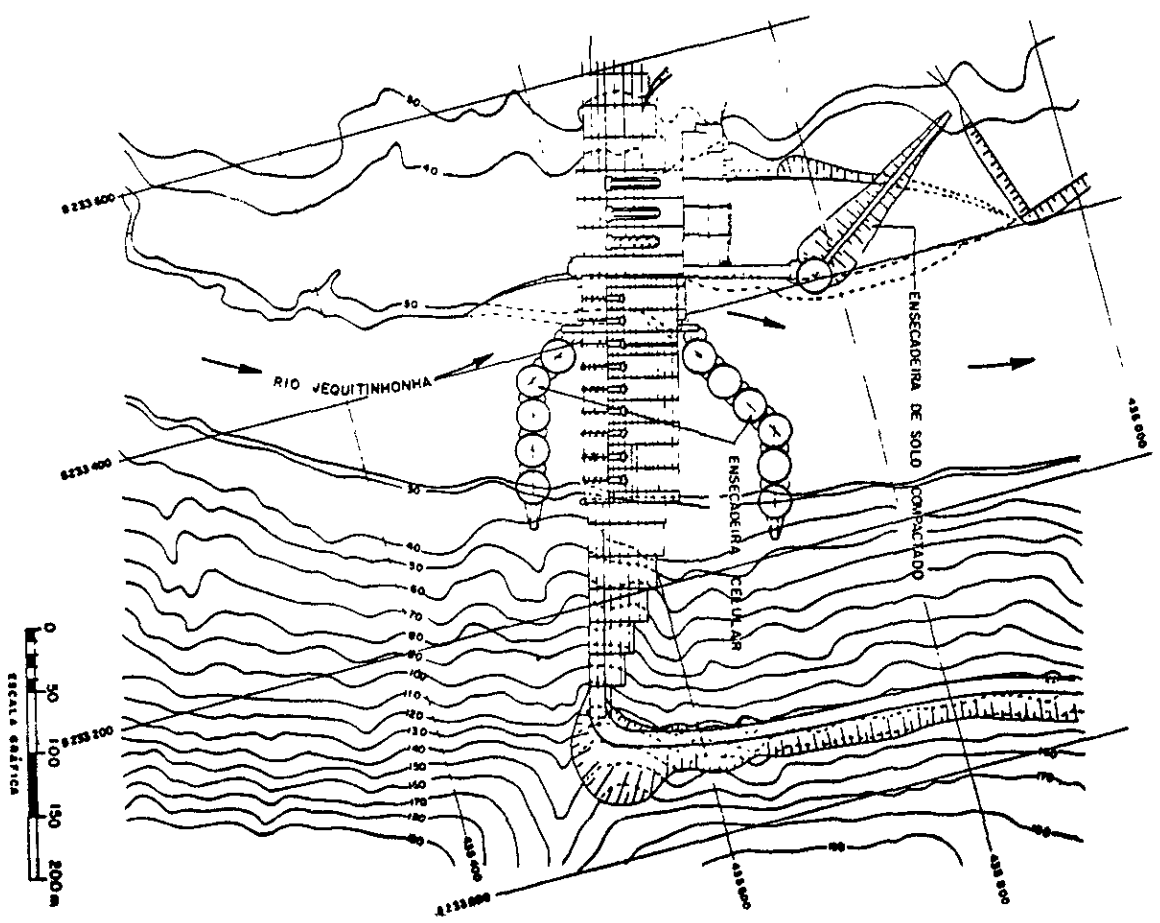
377

FIG. 7



CONJUNTO HIDROELÉTRICO DIVISA / ITAPEBI
 ITAPEBI
 DESVIO - 1ª FASE
 378

FIG. 8



CONJUNTO HIDROELÉTRICO DIVISA - ITAPEBI
 ITAPEBI

DESVIO - 2ª FASE
 379

FIG. 9