

Plano Geral de Regularização do Rio Paraíba Visando o Reerguimento Econômico do Vale — Aproveitamento Hidroelétricos

Conferência proferida no "INSTITUTO DE
ENGENHARIA DE SÃO PAULO"
a 8 de Novembro de 1962

por

ALFREDO BANDINI

Professor Catedrático da Escola de Engenharia
de São Carlos da Universidade de São Paulo —
Professor da Faculdade de Engenharia Indus-
trial da P.U.C. de São Paulo — Consultor
Técnico do Departamento de Águas e Energia
Elétrica, da Secretaria de Viação e Obras
Públicas do Estado de São Paulo.

(Continuação)

III. OS PROJETOS DOS APROVEITAMENTOS HIDROELÉTRICOS, DO PLANO N.º 3

A) Os aproveitamentos hidroelétricos, cujas características foram fixadas pelo PLANO N.º 3, podem ser subdivididos em 3 grupos:

1.º — Aproveitamento do PARAÍBA superior (rios PARAITINGA e PARAIBUNA), com as Usinas de: PARAITINGA, PARAIBUNA e CARAGUA-TATUBA.

2.º — Barragens-Usinas de S. BRANCA, JAGUARI e BUQUIRA.

3.º — Barragem-Usina de FUNIL.

Omitiremos os aproveitamentos de S. BRANCA e FUNIL.

Quanto ao primeiro, como todos sabem, a S. PAULO LIGHT já projetou e construiu a barragem. A realização do 2.º é de responsabilidade da CHEVAP, que elaborou os projetos e iniciou a construção.

Limitar-nos-emos, portanto, a uma sucinta exposição dos projetos relativos aos outros aproveitamentos; exposição que, por motivos de tempo, será limitada aos poucos esclarecimentos necessários, para uma melhor interpretação dos desenhos.

(NOTA — Durante a conferência foram apresentados 70 desenhos originais, relativos às obras projetadas — Por motivos óbvios, limitar-nos-emos a introduzir no texto apenas as reduções fotográficas de alguns dos mais significativos).

B) APROVEITAMENTO DO PARAÍBA SUPERIOR.

1 — No ano de 1956, em virtude de um contrato celebrado em 6 de fevereiro, com o D.A.E.E., então dirigido pelo Ilustre Eng. MÁRIO LOPES LEÃO o "Escri-

tório Técnico O.M.F." esboçou um exame comparativo entre os três grupos de alternativas possíveis, para realizar, de acôrdo com as características do PLANO N.º 2, o desvio para a vertente oceânica, respectivamente, nas imediações de CARAGUATATUBA, MOCÓCA e MARANDUBA.

Ponderando os resultados obtidos naquele trabalho, o D.A.E.E. concluiu pela sensível equivalência econômica-energética, de duas das alternativas examinadas: a primeira com desvio para CARAGUATATUBA, a segunda para MARANDUBA. O Ilustre Ministro ALVARO DE SOUZA LIMA, novo Diretor Geral do Departamento, em vista da amplitude dos projetos, decidiu, em 19-2-58, que a CONSULTORIA TÉCNICA do D.A.E.E. elaborasse o projeto da primeira alternativa e da Barragem-Usina de BUQUIRA, deixando para o "Escritório Técnico OMF" a segunda e a Barragem-Usina do JAGUARI.

A barragem do PARAITINGA em PAIOL GRANDE, obra comum às duas alternativas, seria igualmente projetada pelo mencionado Escritório.

Em seguida, os motivos precedentemente expostos, nos levaram a modificar o PLANO N.º 2, substituindo-o pelo PLANO N.º 3, que eliminou qualquer dúvida, sobre a escolha da alternativa CARAGUATATUBA, que se tornara, na nova configuração, muito mais simples e econômica, em virtude das características funcionais do próprio PLANO N.º 3.

2 — As obras previstas nos rios PARAITINGA e PARAIBUNA, formadores do rio PARAÍBA, são as seguintes (DESENHO N.º I/2).

- a) — Barragem, para represar o rio PARAITINGA, em PAIOL GRANDE.
- b) — Barragem, para represar o rio PARAIBUNA, em "LOCAL B" com Usina hidroelétrica, localizada logo à jusante.
- c) — Ligação dos dois referidos reservatórios, com Usina hidroelétrica, para aproveitar o desnível entre os mesmos.
- d) — Derivação para a vertente oceânica, constando das seguintes partes:
 - túnel de baixa pressão;
 - chaminé de equilíbrio;
 - túnel de alta pressão;
 - usina subterrânea (de Caraguatatuba), com túnel de acesso;
 - túnel de fuga;
 - canal de descarga, que receberá as águas do túnel de fuga e constituirá o novo álveo, retificado e regularizado do rio SANTO ANTONIO.

C) OBRAS PARA O REPRESAMENTO DO RIO PARAIBUNA

1 — A realização do Reservatório de PARAIBUNA torna necessária a construção de uma grande barragem em "LOCAL B" e de 7 barragens menores, das quais 3 localizadas à esquerda e 4 à direita, do LOCAL B.

2 — BARRAGEM DE "LOCAL B". (DESENHO N.º II/b)

a) — O perfil geológico indica essencialmente gnaisses xistosos com fases de gnaisses graníticos e de granitos aplíticos, encimadas por rocha alterada e terra.

Os resultados dos levantamentos geológicos e as disponibilidades de material "in loco" não limitaram, a priori, a escolha do tipo de barragem, mesmo levando em consideração a configuração topográfica do local, que faz propender para o tipo de gravidade.

Foram, portanto, esboçados ante-projetos para os seguintes tipos:

- a) de gravidade, maciço;
- b) de contrafortes;
- c) de terra;
- d) de enrocamento;
- e) de arco-gravidade;

fixando para todos um mesmo padrão de estabilidade e segurança.

A comparação econômica deu, como resultado, uma sensível equivalência para os tipos b), c), d) e e).

Foi dada, contudo, a preferência à barragem de contrafortes, que, por ser constituída de elementos separados e independentes, garante uma razoável flexibilidade, no que diz respeito a deformações locais e não sofre, praticamente, os efeitos da sub-pressão.

Numerosas, aliás, são as barragens de concreto em contrafortes, construídas depois do ano 1.900 e que corresponderam muito bem às exigências previstas, constituindo exemplos de bem acertadas obras de engenharia. Menciona-mos, entre as mais significativas, as barragens de:

Pracana	(Portugal)	— altura	60 m
Scais	(Itália)	— altura	57 m
Bau Muggeris	(Itália)	— altura	62 m
S. Giacomo de Fraelé	(Itália)	— altura	75 m
Sabbione	(Itália)	— altura	62 m
Avio	(Itália)	— altura	63 m
Aucipa	(Itália)	— altura	95 m
Valgrisanche	(Itália)	— altura	76 m
Sallent	(Espanha)	— altura	54 m
Chandreja	(Espanha)	— altura	84 m
Rincón del Bonete	(Uruguai)	— altura	36 m
Las Virgenes	(México)	— altura	47 m
Cruz del Eje	(Argentina)	— altura	40 m
Juquiá	(Brasil)	— altura	45 m
Loch Eloy	(Inglaterra)	— altura	50 m
Dixence	(Suíça)	— altura	87 m
Rheinwald	(Suíça)	— altura	122 m
Val de Cleuson	(Suíça)	— altura	87 m
Lucendro	(Suíça)	— altura	69 m
Ratherichshoden	(Suíça)	— altura	89 m

b) Características construtivas.

Altura máxima	89 m
Comprimento do coroamento	480 m
Volume de concreto	424.000 m ³

Contrafortes principais em T, com larguras: da mesa ($s = 16 m$); da alma, variável entre 9 m na fundação (cota 620) e 5 m na imposta (cota 682) da estrutura superior maciça.

Contrafortes menores em T, para alturas ($h \leq 40 m$), com largura reduzida ($s = 8 m$).

5 contrafortes em duplo T na margem direita, em correspondência do vertedor, ao fim de realizar, à juzante, um paramento contínuo.

As duas extremidades da barragem, maciças, penetrando no terreno natural, para evitar infiltrações.

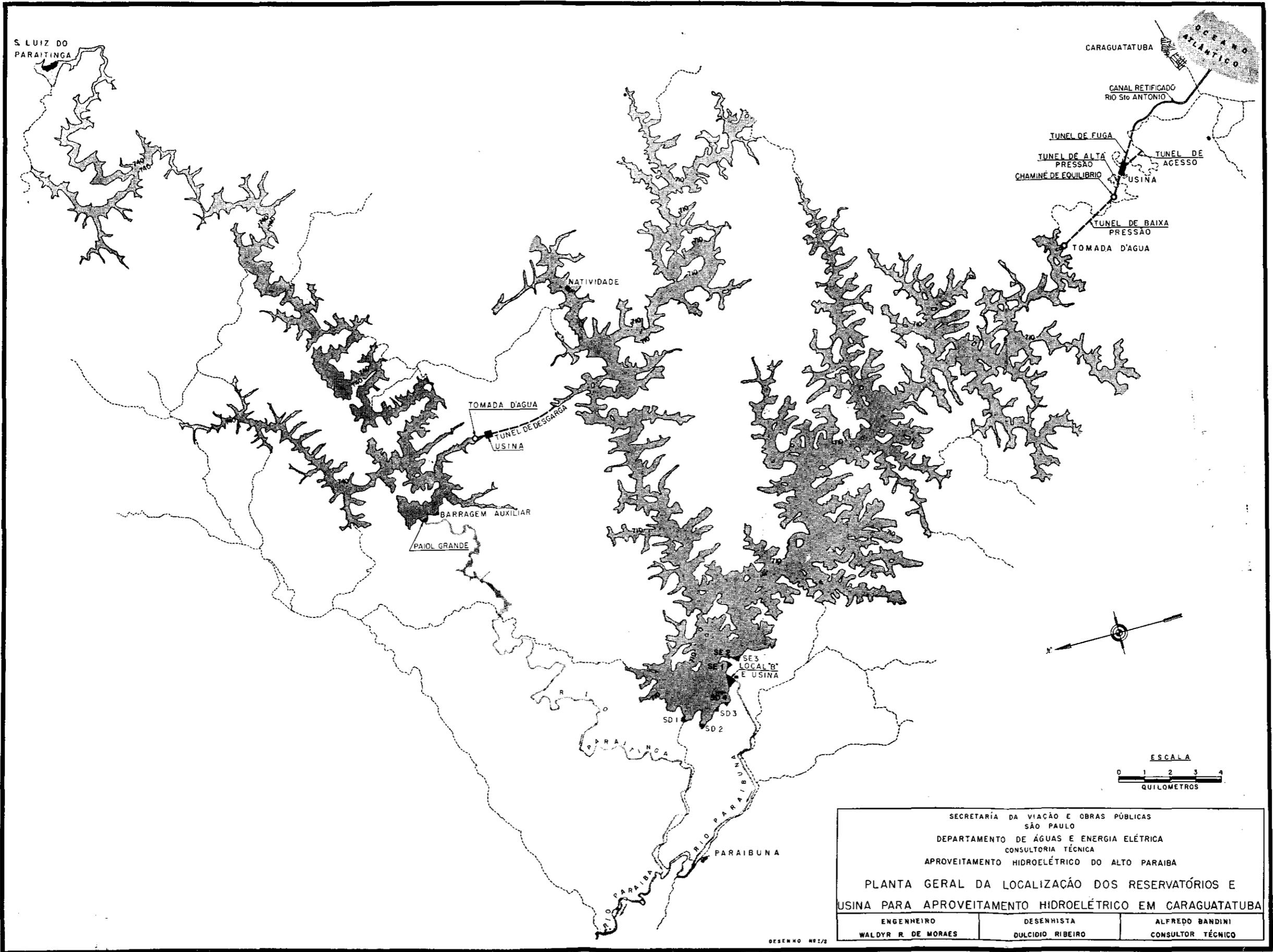
Na margem direita, onde a rocha firme toma uma configuração horizontal na cota 670, os contrafortes são fundados na rocha alterada (de suficiente resistência), atingindo a rocha firme, por um muro cortina de concreto.

Juntas de dilatação entre contrafortes, deixando espaços intersticiais de 2-3 cm, preenchidos por cimento injetado, durante os períodos frios. Impermeabilização da junta, por chapa de cobre dobrada.

Injeções profundas de cimento, abaixo das mesas e do muro cortina, para impermeabilizar a rocha.

Injeções de soldadura, de profundidade de 4 m, ao longo de cada contraforte.

Previstos dispositivos de controle: das filtrações, deformações, etc.



SECRETARIA DA VIAÇÃO E OBRAS PÚBLICAS
 SÃO PAULO
 DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
 CONSULTORIA TÉCNICA
 APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO DO ALTO PARAIBA

PLANTA GERAL DA LOCALIZAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS E
 USINA PARA APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO EM CARAGUATATUBA

ENGENHEIRO WALDYR R. DE MORAES	DESENHISTA DULCÍDIO RIBEIRO	ALFREDO BANDINI CONSULTOR TÉCNICO
-----------------------------------	--------------------------------	--------------------------------------

c) Características estáticas:

Elemento estático *equivalente*: contraforte retangular de largura média (e).

Para calcular as inclinações (θ_j), e (θ_m) dos paramentos de juzante e montante, aplicou-se um processo moderno (CONTESSINI), amplamente desenvolvido no nosso VOL. II de APROVEITAMENTOS HIDROELÉTRICOS (*que, em seguida, será indicado, por brevidade VOLUME II.º*), equacionando as condições de equilíbrio em relação aos esforços e ao deslizamento.

Coefficientes numéricos introduzidos no cálculo:

coef. de esbeltez:	$r = 1,6$
coef. de subpressão:	$r_1 = 0$
relação $\frac{\gamma_m}{\gamma \alpha}$:	$= 2,2$
coef. de atrito:	$f = 0,65$
coef. que define o ponto de aplicação da resultante	$\alpha = 0,376$ (valor prudente)

Nas barragens européias tomou-se ($r = 2$). Experiências executadas sobre modelos evidenciaram que, em virtude de flexões laterais (aliás de modesta intensidade) que se produzem na estrutura, fica ligeiramente alterada a *distribuição linear* dos esforços entre paramentos, podendo-se verificar trações não previstas no cálculo. Decidimos, portanto, aumentar a espessura média do contraforte. O valor (1,6) ao qual chegamos através de rigorosos estudos, que fazemos para a barragem de MORUMBI 3, do rio IAPÓ (Paraná) reduz para um mínimo as flexões laterais e melhora, outrossim, as condições econômicas do contraforte, em virtude do menor volume e do menor *custo unitário* do concreto.

Resultaram as declividades:

$$\begin{aligned}\theta_j &= 0,592 \\ \theta_m &= 0,282 \\ \hline (\theta_j + \theta_m) &= 0,874\end{aligned}$$

Verificou-se, pelos cálculos feitos para secções horizontais localizadas em diferentes cotas, que resultam sempre satisfeitas as condições dos esforços principais, nos paramentos de montante e juzante, com reservatório cheio e vazio.

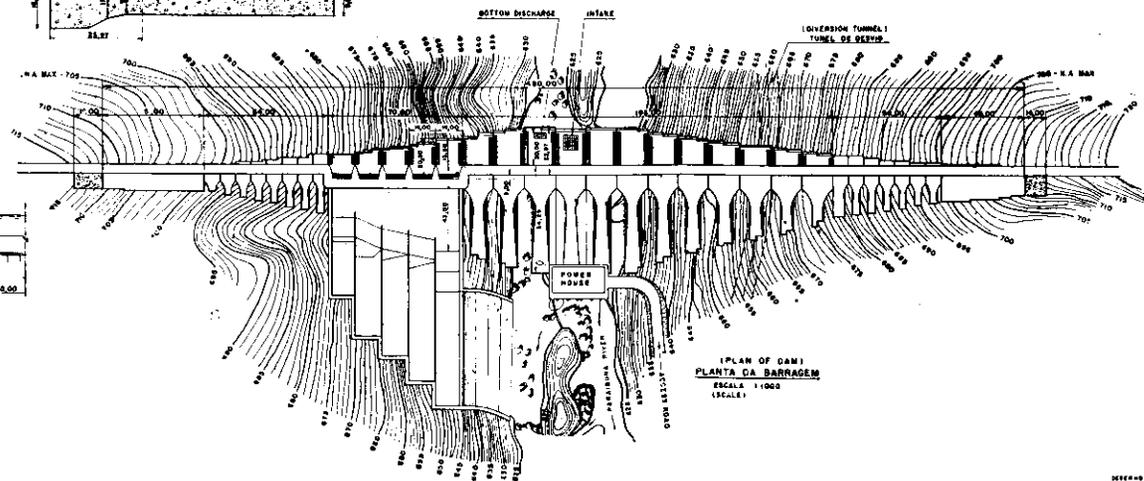
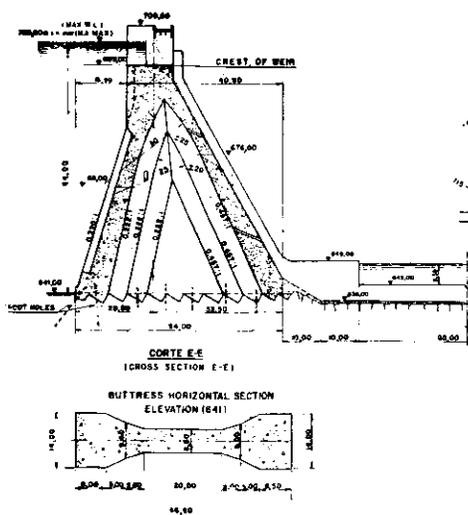
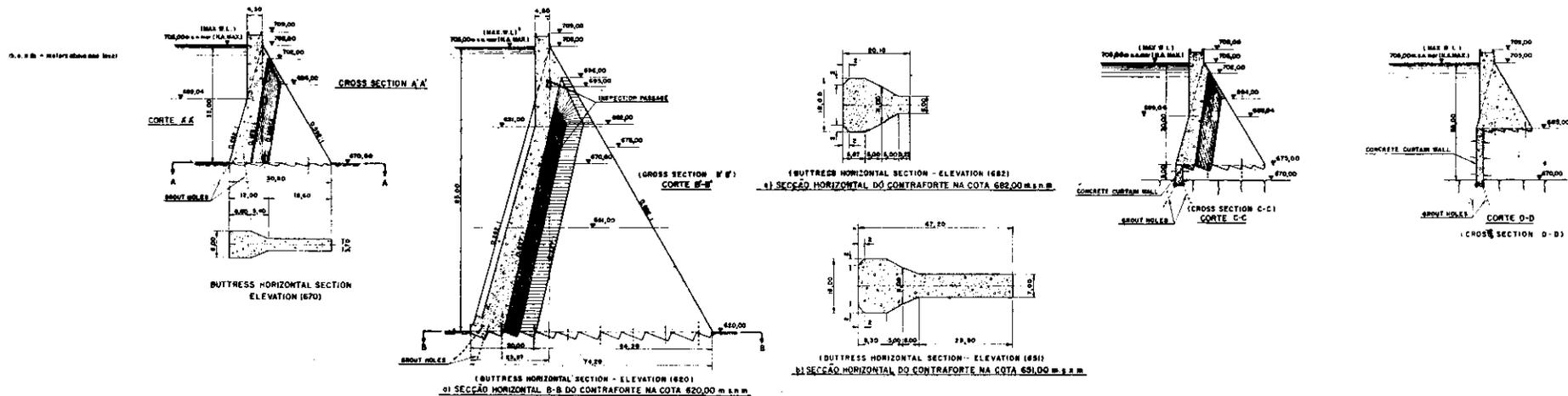
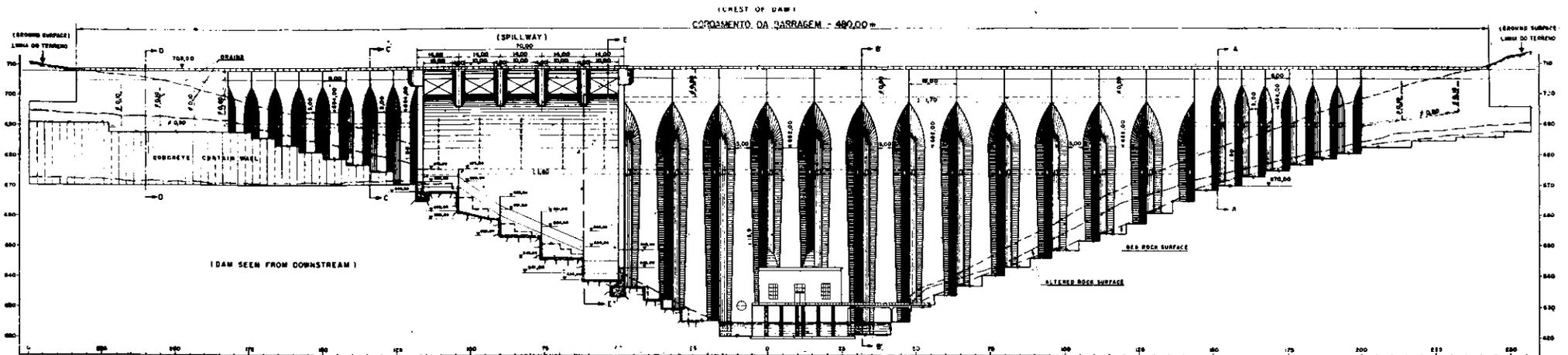
Contudo, em vista das ponderações precedentemente expostas, pretendemos fazer as necessárias verificações sobre MODELO REDUZIDO, para eliminar qualquer incerteza sobre a lei de distribuição das pressões entre os dois paramentos, e sobre a possibilidade de se verificarem esforços de tração que possam alterar as condições de estabilidade da estrutura.

d) VERTEDOR — Consta de 5 vãos de 10 x 5 m, controlados por comportas.

Capacidade: 1500 m^3/s .

vazão correspondente ao máximo valor diário, na enchente crítica de 2000 anos.

O dispositivo de descarga do vertedor foi dividido em 5 degraus, constituindo outros tantos canais, cada um correspondente a um dos vãos do vertedor da barragem e com a parede externa funcionando como soleira.



HIGH PARANA HYDROELECTRIC DEVELOPMENT
PARAIBUNA (LOCAL B) DAM

SECRETARIA DA VIAÇÃO E OBRAS PUBLICAS SÃO PAULO	
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA	
APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO DE CARAGUATATUBA	
ESTUDO DE UMA BARRAGEM NO LOCAL "B" RIO PARAIBUNA	
ENGENHEIROS WALDIR RODRIGUES DE MORAIS ALVARO PAES JOSE DE MESQUITA	PROF. ALFREDO BANGANI CONSULTOR TÉCNICO
DESENHISTA: BENEDITO B. SOARES	(SCALE) ESCALA: 1:500

REVISÃO 2/74
13/08/82/70

Esse dispositivo tende a amortecer gradativamente a força viva possuída pela descarga de $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ que, descendo do paramento da barragem, atingiria uma ladeira de forte declividade e alcançaria em seguida o rio, criando problemas relacionados com a erosão do álveo e a estabilidade das obras de montante.

O efeito amortecedor é produzido:

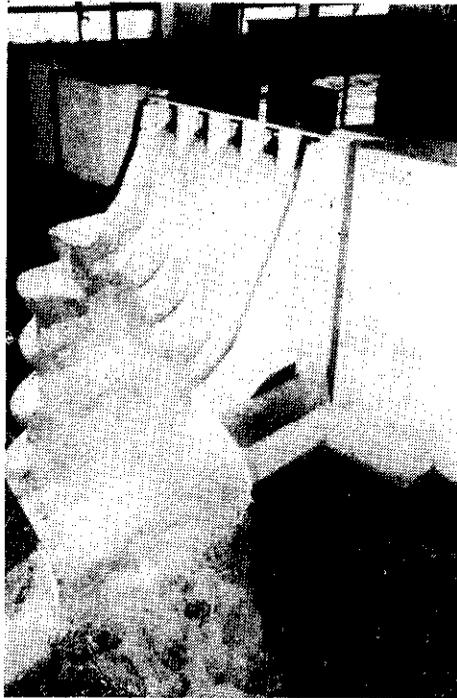
- pelo ressalto hidráulico, em cada canal;
- pelo lençol que, do canal superior, verte para o inferior (efeito martelo)

Em vista da originalidade do dispositivo, achei necessário fazer logo verificações, operando sobre um modelo reduzido, que foi construído, na escala 1:100, junto ao LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA DA E.E.S.C. da USP, com meios e verba do Departamento homônimo, que tenho a honra de dirigir.

Desejo aqui agradecer o apoio recebido pelo Ilustre Diretor daquela Escola, Prof. Dr. THEODORETO DE ARRUDA SOUTO, e mencionar a valiosa colaboração dos meus Assistentes da Cadeira de Hidráulica e Saneamento; em particular do Eng. IVANILDO HESPANHOL, adido ao Laboratório.

As primeiras experiências indicaram que os ressalto hidráulicos formavam-se, muito a jusante da unha da barragem, inutilizando pois uma parte dos canais e impelindo a massa de água, além dos bordos de extremidade. Particularmente apresentavam-se críticas, as condições de escoamento no canal mais elevado, em virtude da falta do efeito martelo.

Após pacíficas tentativas e modificações, chegamos à solução indicada na fotografia, que elimina os aludidos inconvenientes por meio de um diafragma-soleira transversal, com vãos livres na parte inferior, que detém os ressaltos, na unha da barragem. Eliminamos, outrossim, o canal longitudinal superior (essa foi a providência mais elegante), desviando, por uma curva, o fluxo concentrado, em direção transversal e criando assim uma corrente que amacia as violentas turbulências do eixo horizontal, concentradas nos sucessivos ressaltos.

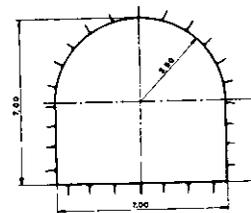
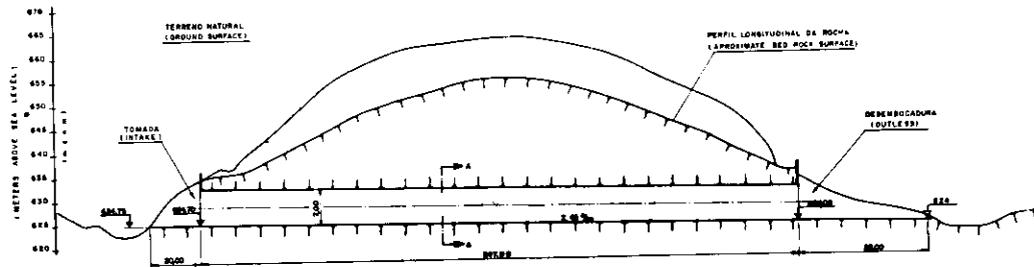
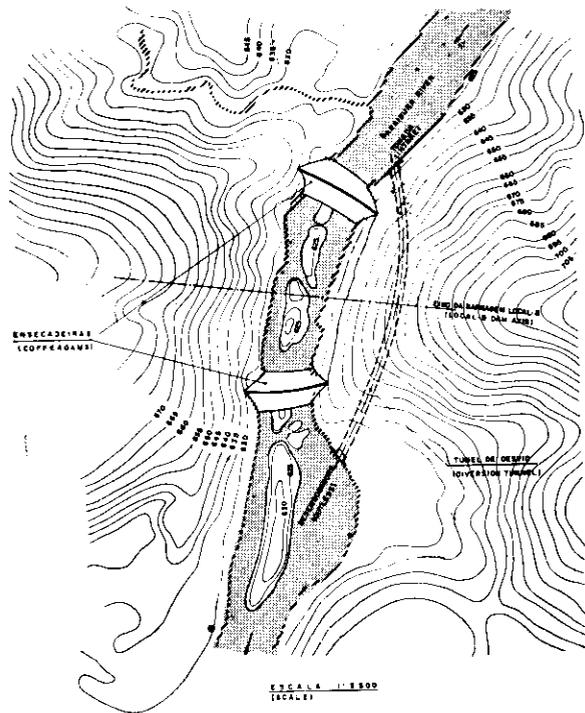


Foi também modificada a parte externa, que se tornou contínua por meio de concordâncias e foram reduzidas as alturas dos flancos externos dos canais.

O escoamento resulta, agora, normalizado e bem distribuído ao longo do inteiro comprimento dos canais; penso que, com poucos retoques, chegaremos ao ponto final, quanto às experiências possíveis, com o modelo na escala 1:100.

e) **DESCARREGADOR DE FUNDO** — Conduto de aço, munido de grampos para solidarizar com o concreto. Veicula a vazão máxima de $642 \text{ m}^3/\text{s}$, com a velocidade na secção crítica de $22,7 \text{ m/s}$, inferior ao *valor limite* de 34 m/s .

f) **TUNEL DE DESVIO (DESENHO II/d)** que, junto com as duas ensecadeiras, torna possível a construção da barragem.



USH PARAIBA HYDROELECTRIC DEVELOPMENT
 PARAIBA (LOCAL B) DAM
 DIVERSION TUNNEL

SECRETARIA DA VIAÇÃO E OBRAS PÚBLICAS - DA PARAIBA	
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA	
APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO DO ALTO PARAIBA BARRAGEM DO RIO PARAIBA (LOCAL B) - TUNEL DE DERVIO -	
ENGE. M. YAMAMOTO	ENGE. ALFREDO DAMPPI
DES. M. H. BELLE	CONSULTOR TÉCNICO
ESCALAS - DIVERSAS	N.º: 2/A - (DRAWING 2/3) LND.

Tem a secção transversal de um semi-quadrado encimado por um semi-círculo, com altura de 7 m. Com a declividade longitudinal ($i = 0,00245$), o coeficiente ($n = 0,018$) e o "coeficiente de forma" ($R = 0,527$), terá a capacidade de veicular ($260 \text{ m}^3/\text{s}$), valor que tem a duração de 40%, considerando as máximas vazões diárias no período 1928-1955.

3) USINA DE PARAIBUNA — DESENHO N.º II/f) — Localizada no pé da barragem; adução realizada por um tubo de aço, com grampos, localizado na base maciça de um contraforte.

Prevê-se a instalação de 2 turbinas FRANCIS, rápidas, de eixo vertical, tendo cada unidade as características seguintes:

$$\begin{aligned} \text{máx. queda} &= 80 \text{ m} \\ \text{máx. vazão} &= 31 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (} f_c = 0,645 \text{)} \\ n &= 360 \text{ r.p.m.} \\ n_c &= 267 \text{ r.p.m.} \\ \text{máx } h_c &= 2,00 \text{ m} \\ \epsilon_1 &= 0,37 \\ r_{t1} &= 0,92 \\ u_1 &= 27,88 \text{ m/s} \\ D_1 &= 1,50 \text{ m} \end{aligned}$$

Geradores síncronos, diretamente acoplados com as turbinas, trifásicos, para funcionamento em 60 ciclos/s. Capacidade nominal de 22.900 kVA sob um fator de potência (0,9); tensão 13,8 kV, com margem $\pm 5\%$; enrolados em estrela, com neutro externo, ligado à terra através do transformador.

Transformadores de 22.900 kVA; tensão de serviço primária 13.800 V, secundária: $188.000 \text{ V} \pm 2 \div 5\%$.

Chaves disjuntoras a volume reduzido de óleo; com tensão trifásica de serviço de 88 kV e corrente nominal 600 — 800 A.

Chaves desligadoras do tipo pantográfico (88 kV).

Transformadores de medida no corpo dos disjuntores.

Cada classe de tensão com um sistema de terra independente.

Serviços auxiliares da Usina alimentados desde uma subestação interna de 250 kVA, do tipo "UNIT SUBSTATION".

Tôda a central será comandada a distância desde a casa de comando da Usina de CARAGUATATUBA.

4) BARRAGENS SECUNDÁRIAS

Trata-se de 7 barragens menores, para vedar outras tantas selas (saddle-dikes), 4 à direita e 3 à esquerda do LOCAL B.

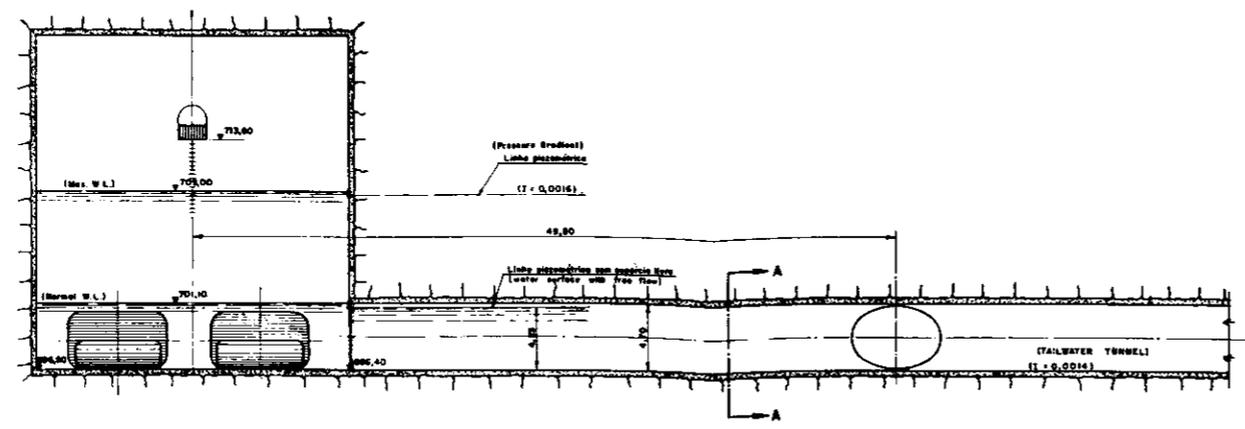
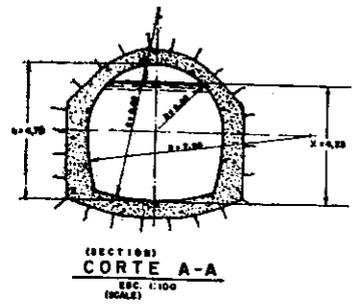
Têm alturas variáveis de 4 a 21 m e comprimentos dos coroamentos entre 30 e 400 m. Volume total de atêrro compactado: $1.500.000 \text{ m}^3$.

Foi dada a preferência ao tipo *em atêrro* com filtros horizontal e vertical e drenos de esgotamento.

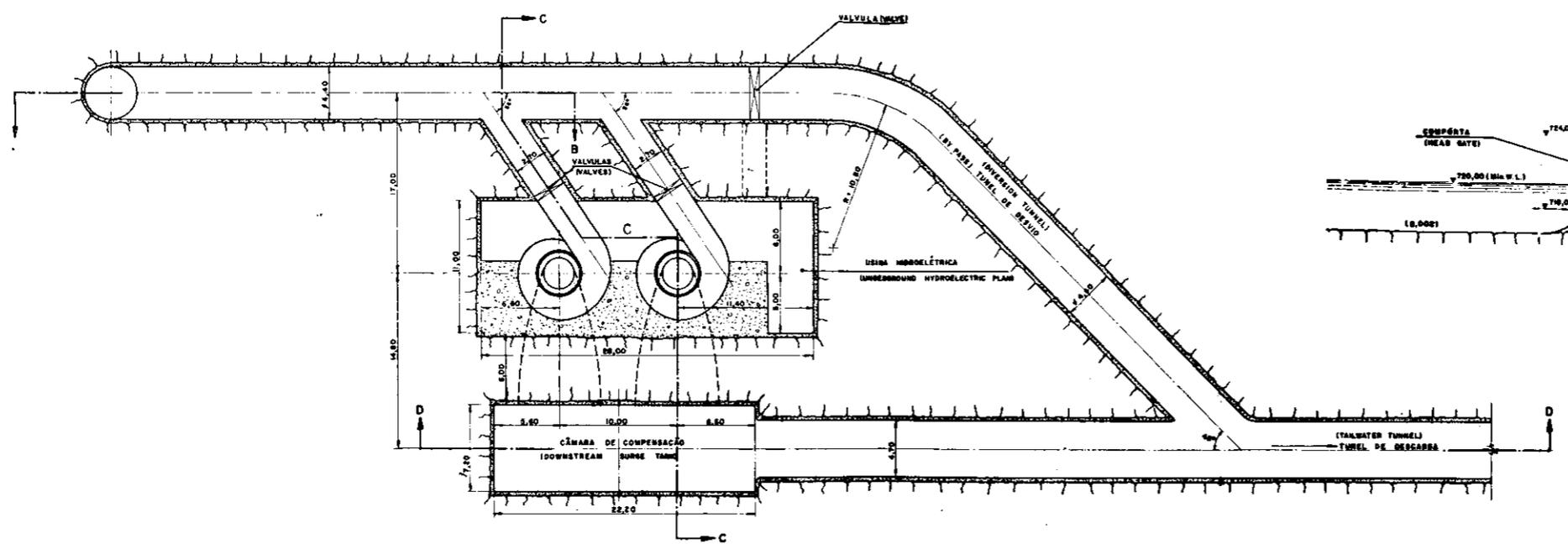
No paramento a montante, revestido por lages pré-fabricadas, foram previstas declividades de taludes, de (1 : 2,5), (1 : 3).

No paramento a montante, revestido por capeamento vegetal, as declividades dos taludes são (1 : 1,5) (1 : 2).

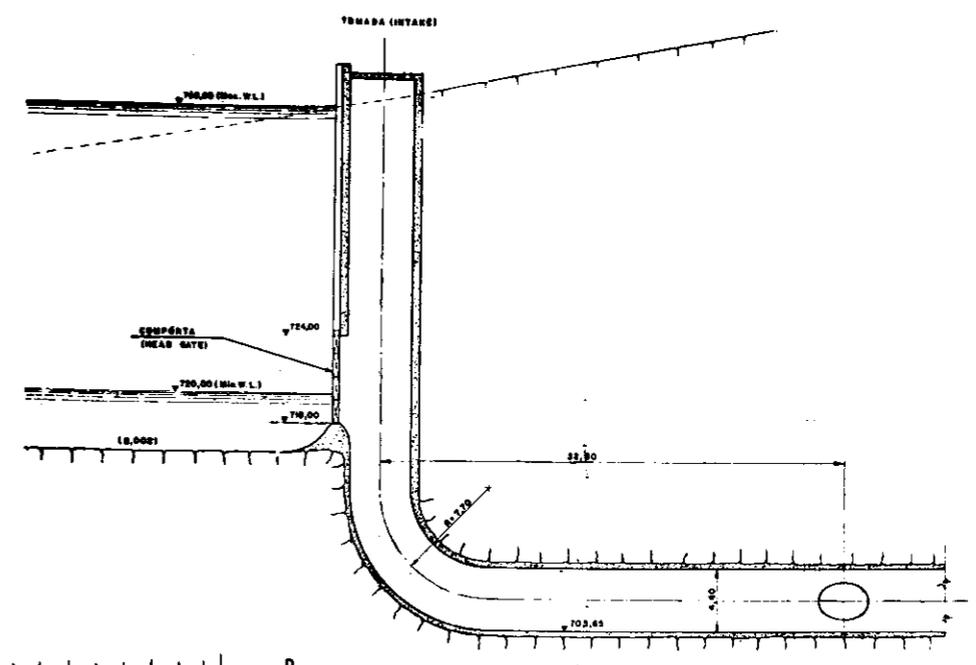
Nenhum problema quanto à construção de barragens, cujas bases estão bem acima do rio.



(SECTION)
CORTE D-D
ESC. 1:200



(HORIZONTAL SECTION ON TURBINE ELEVATION)
CORTE HORIZONTAL NO NÍVEL DA TURBINA
ESCALA 1:200
(SCALE)



(SECTION)
CORTE B-B
ESC. 1:200
(SCALE)

(HIGH PARAIBA HYDROELECTRIC DEVELOPMENT)
PARAIBUNA AND PARANUNA RESERVOIRS
CONEXÃO - UNDERGROUND HYDROELECTRIC PLANT

SECRETARIA DA VIAÇÃO E OBRAS PÚBLICAS SÃO PAULO	
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA	
APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO DO ALTO PARAIBA INTERLIGACÃO ENTRE OS RESERVATÓRIOS DE "PAIOL GRANDE" (PARAIBUNA) E "LOCAL B" (PARANUNA) USINA HIDROELÉTRICA E DETALHES	
ENG. HIROSE YAMAMOTO	PROF. ALFREDO BANDINI
VISTO:	CONSULTOR TÉCNICO
DES. BENEDITO S. SOARES	
ESCALA: 1:200	Nº III - 2 (DRAFGO Nº 2-2) ARQ.

D) REPRESAMENTO DO RIO PARAITINGA, Projetado pelo "Escritório Técnico O M F (DESENHO N.º pp 27).

Realizado por meio de uma barragem em atêrro, com filtros de areia, vertical e horizontal, e drenos.

Altura máxima	65 m
Comprimento do coroamento	240 m
Volume do atêrro compactado	1.600.000 m ³

Paramento de juzante: Inclinações dos taludes de (1:2) a 1:3)

Paramento de montante: Inclinações dos taludes de (1:3,5) a (1:4,5)

Patamares cada 10 m.

Enrocamento nas unhas.

E) INTERLIGAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS DE PARAITINGA E PARAIBUNA.

1 — A interligação é realizada por um túnel, que consta de duas partes:

— a primeira, de curto comprimento ($\div 35$ m), constitui o conduto adutor, para uma Usina subterrânea que aproveita o desnível existente entre as cotas de água nos dois reservatórios;

— a segunda, de 2.000 m de comprimento, constitui o túnel de fuga da referida Usina.

Os tubos alimentadores das turbinas são *derivados* do adutor, de modo que, fechando as válvulas obturadoras das máquinas e abrindo outra válvula, colocada no mesmo conduto adutor, êste e o túnel de fuga formam um único conduto, que interliga os reservatórios, ficando a Usina completamente isolada.

Dois rebaixos garantem, respectivamente, o acesso para a tomada e a desembocadura do túnel de fuga.

2 — Tomada com embocadura horizontal, na cota (618), protegida por tórre de manobra, tendo na base um vão de acesso de 5,80 x 6 m, controlado por comporta.

Com reservatório vazio, o vão, funcionando como vertedor, garante a passagem de 32,8 m³/s, tomando-se como coeficiente de descarga ($\mu = 0,45$).

Com reservatório cheio, o vão funciona como orifício.

Está sendo estudada também outra alternativa, com aberturas em alturas diferentes, para facilitar as condições de afluxo, em função das cotas de inundação na Reprêsa.

3 — USINA HIDROELÉTRICA — (DESENHO III/2)

A usina hidroelétrica subterrânea é constituída por um poço de secção rectangular de 11 x 28 m, que se prolonga para cima, aflorando na cota (736); a desembocadura será protegida por uma simples estrutura coberta por um telhado.

O acesso e saída, durante a exploração, serão garantidos por elevadores verticais.

É prevista a instalação de 2 turbinas FRANCIS rápidas de eixo vertical, tendo cada unidade as características seguintes:

Máxima queda bruta	33,88 m
máxima vazão	31,00 m ³ /s
$n =$	200 r.p.m.
$n_s =$	266 r.p.m.
max $h_s =$	4,70 m
$\varepsilon_r =$	0,58
$\tau_{it} =$	0,92
$u_1 =$	18,3 m/s
$D_1 =$	1,75 m

Geradores síncronos, diretamente acoplados às turbinas, trifásicos, para funcionamento em 60 ciclos/s, da capacidade nominal de 9750 kVA, sob um fator de potência (0,9).

Tensão 13,8 kV, com margem de $\pm 5\%$.

Transformadores elevadores trifásicos de 9750 kVA; tensões de serviço primária 13.800 V e secundária 188.000 V, com tolerância (2,5%).

A central será comandada a distância desde a casa de comando da Usina de CARAGUATATUBA.

Tôdas as características da aparelhagem elétrica, análogas às da Usina do LOCAL B.

4 — TUNEL DE FUGA — Com secção “ferradura” e declividade de fundo 0,0014. Terá a capacidade de transporte de 62 m³/s, funcionando com superfície livre, quando no Reservatório de PARAIBUNA se verificar o mínimo nível de inundação (697,50 m.s.n.m.). Superada esta cota, o túnel funcionará a pressão com declividade piezométrica de 0,0016.

(conclui no próximo número)

—o0o—

Os interessados na obtenção do trabalho completo do Prof. Bandini, poderão comunicar-se com a Consultoria Técnica do DAEE — Viaduto D. Paulina 80 — 4.º andar tel. 36-5804