

VERTEDOIRO DA USINA CANOAS II - OTIMIZAÇÃO DO PROJETO COM VISTAS À REDUÇÃO DE CUSTOS, UTILIZANDO-SE DETALHES NÃO TRADICIONAIS.

GERALDO MAGELA PEREIRA-Engevix Engenharia S/C, RJ.

OTHON JOSÉ ROCHA-Engevix Engenharia S/C, RJ.

JOSÉ CARLOS MAZZO-Companhia Energética de São Paulo, SP.

JOSÉ EUSTÁQUIO DE OLIVEIRA FILHO-Companhia Energética de São Paulo, SP.

RESUMO: Este trabalho tem por objetivo apresentar as otimizações realizadas no projeto executivo do vertedouro da Usina Canoas II, da CESP, ora em construção, visando economia no projeto e construção desta obra. Estas otimizações tornaram-se possíveis face ao detalhamento das características do maciço rochoso no local, que se revelou um basalto compacto muito resistente. As alterações realizadas, mudando-se basicamente o tipo de dissipação de energia - de ressalto hidráulico em bacia plana para uma bacia negativamente inclinada (ou contra-inclinada), conduziram a uma economia da ordem de 3% do custo total do empreendimento. Destaca-se ser esta bastante significativa, uma vez que o sistema de extravasão envolve recursos da ordem de 11% do custo total da obra.

INTRODUÇÃO

A Usina Canoas II (Fig. 1), de propriedade da Companhia Energética de São Paulo - CESP, ora em construção, situa-se no rio Paranapanema, na divisa entre os Estados de São Paulo e Paraná, a jusante da Usina Salto Grande, em operação desde 1958, e a montante da Usina Canoas I, também em construção.

É uma usina a fio d'água, com queda líquida da ordem de 15 m e potência instalada total de 72 MW obtida através da **utilização pioneira de máquinas bulbo no Brasil**, 3 de 24 MW cada.

O vertedouro, com capacidade de descarga decamilenar de $5.650 \text{ m}^3/\text{s}$, foi concebido no projeto básico como uma estrutura tradicional-um perfil Creager, com dissipação de energia por ressalto hidráulico, numa bacia plana curta com soleira terminal ("end-sill"). É dotado de 4 vãos com 15 m de largura cada e a bacia tinha 48,5 m de comprimento (Fig.2).

Em função do número de Froude situar-se na faixa de transição ($2,5 < Fr < 4,5$) tem-se um ressalto instável.

A eficiência da bacia como verificado em modelo reduzido é da ordem de 30 a 40%, ou seja, 70 a 60% da energia que entra é restituída ao leito do rio sobre o maciço rochoso a jusante.

Durante o projeto executivo, com o aprofundamento das investigações geológico-geotécnicas em geral, e particularmente na área a jusante da bacia de dissipação, pode-se conhecer detalhadamente as características do maciço rochoso, o qual se revelou composto de um basalto compacto, com uma a três fraturas por metro, bastante resistente, inclusive a esforços hidrodinâmicos.

Nesta ocasião, decidiu-se então pesquisar-se uma alternativa de dissipação de energia mais econômica para o empreendimento. Destaca-se que o custo do vertedouro significava 11% do custo total da obra e que qualquer economia, principalmente em empreendimentos de pequeno porte, é desejável.

OTIMIZAÇÃO DO PROJETO

Com base nas considerações acima, partiu-se então para mais uma otimização do projeto.

Na busca de soluções alternativas, estava claro que o sistema de dissipação, por ressalto, não poderia ser alterado face os parâmetros hidráulicos do empreendimento. A carga hidráulica de 13 m sobre a crista do vertedouro, não permitiria, por exemplo, a utilização de um salto de esquí.

Partiu-se então para a alternativa em rampa contra-inclinada, variando-se os ângulos de saída e as cotas da concha. A inclusão de blocos de desvio de fluxo também foi testada, porém sem resultar em benefícios.

A escolha recaiu sobre uma bacia inclinada 10° negativamente, com restituição do escoamento direto sobre o maciço rochoso (Fig. 2), reduzindo-se o comprimento total da mesma em cerca de 22 m.

Esta redução deve-se, em parte, como já mencionado, às características favoráveis do maciço rochoso, e também à componente do peso da massa líquida contrária ao escoamento, proporcionado pela declividade negativa da rampa.

A solução foi exaustivamente testada em modelo reduzido tridimensional, construído na Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica-FCTH da USP, tanto em ensaios com fundo fixo quanto com fundo móvel visando-se, nestes últimos, pesquisar a erosão ao longo dos muros laterais.

O comprimento dos muros da solução do projeto básico não foi alterado, sendo apenas otimizadas as cotas de fundação.

Esta nova concepção de bacia teve um desempenho hidráulico excelente, sendo os resultados dos ensaios considerados satisfatórios. Decidiu-se, então, alterar o projeto.

Esta decisão foi tomada porque já se havia quantificado o benefício econômico que seria alcançado e havia tempo suficiente para realizar a modificação, face o atraso na contratação do Empreiteiro das Obras Civis.

ECONOMIA PARA O PROJETO

O resultado final para o projeto em termos de redução de volume de concreto pode ser visto no quadro abaixo:

ESTRUTURA	VOL. PROJ. BÁSICO m³	VOL. PROJ. EXECUT. m³	ECONOMIA m³
Vertedouro	27.495	22.930	4.565
Bacia(laje de fundo)	7.940	2.400	5.540
Muros laterais	12.510	8.950	3.560
Total	47.945	34.280	13.665

O volume de concreto foi reduzido em cerca de 30%, relativamente ao do projeto básico. A maior redução proporcional ocorreu na bacia, face à eliminação quase total da laje de fundo, seguindo-se os muros e por último o vertedouro.

Esta redução de volume proporcionou uma substancial economia de recursos, da ordem de 3% do custo total do empreendimento, reduzindo-se para cerca de 8% o custo relativo das estruturas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As condições de escoamento a jusante do vertedor mostraram-se satisfatórias (Fotos 1 e 2). O escoamento é subcrítico e em nenhum ensaio observou-se o retorno de material do leito de jusante para o interior da concha. As erosões verificadas a jusante das estruturas de concreto (Fotos 3 e 4), não indicaram tendências regressivas que comprometessem a estabilidade da obra.

REFERÊNCIAS

CESP/ENGEVIX; UHE Canoas II, Dimensionamento Hidráulico do Vertedouro e Estrutura de Dissipação. CAN3-RH02-60.001-MC, Out/89.

CESP/ENGEVIX; UHE Canoas II, Vertedouro - Bacia Contra-Inclinada. CN2-5VT-C32-001-MC, Jan/92.

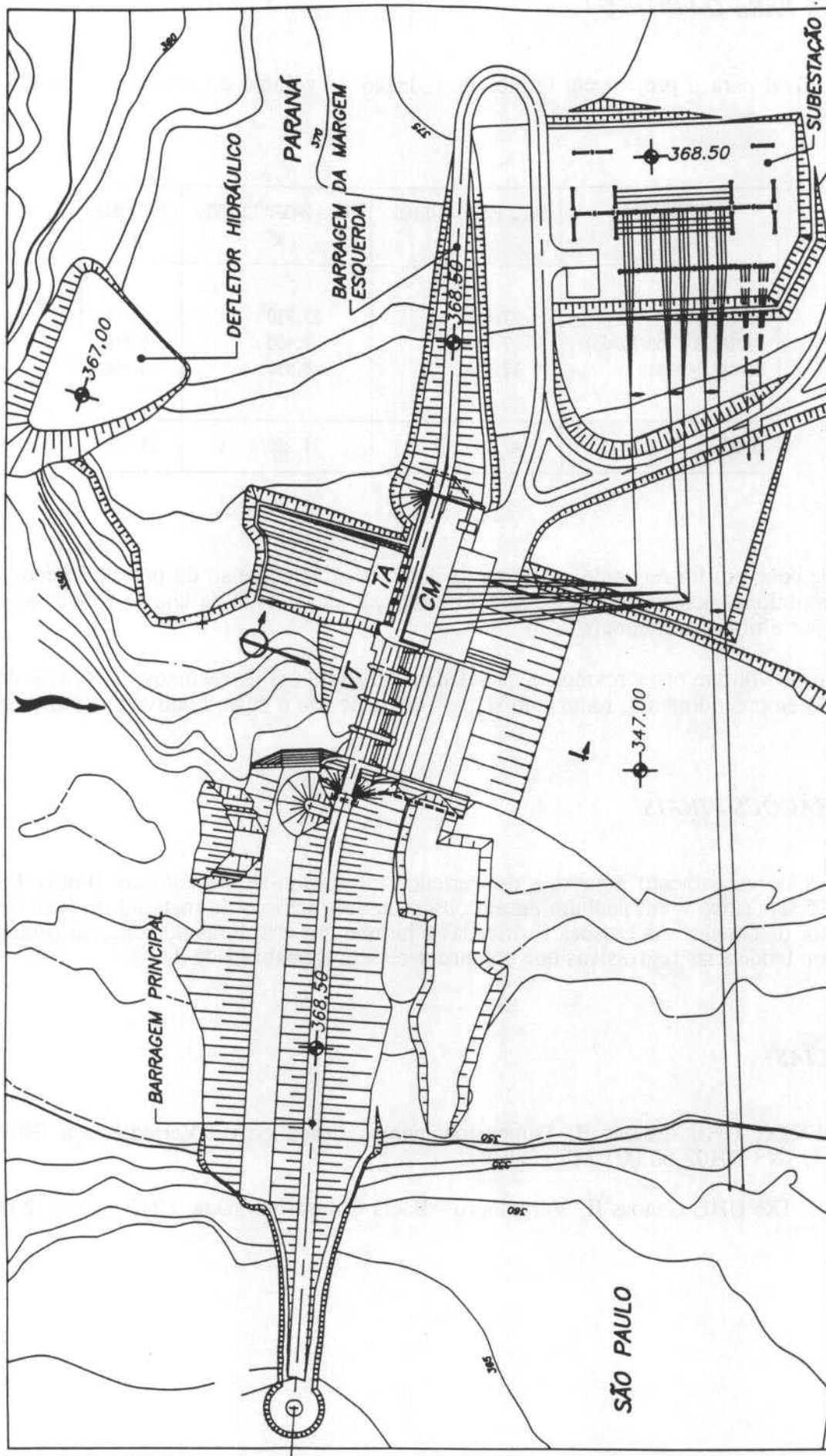


FIG. 1; UHE CANOAS II - ARRANJO GERAL

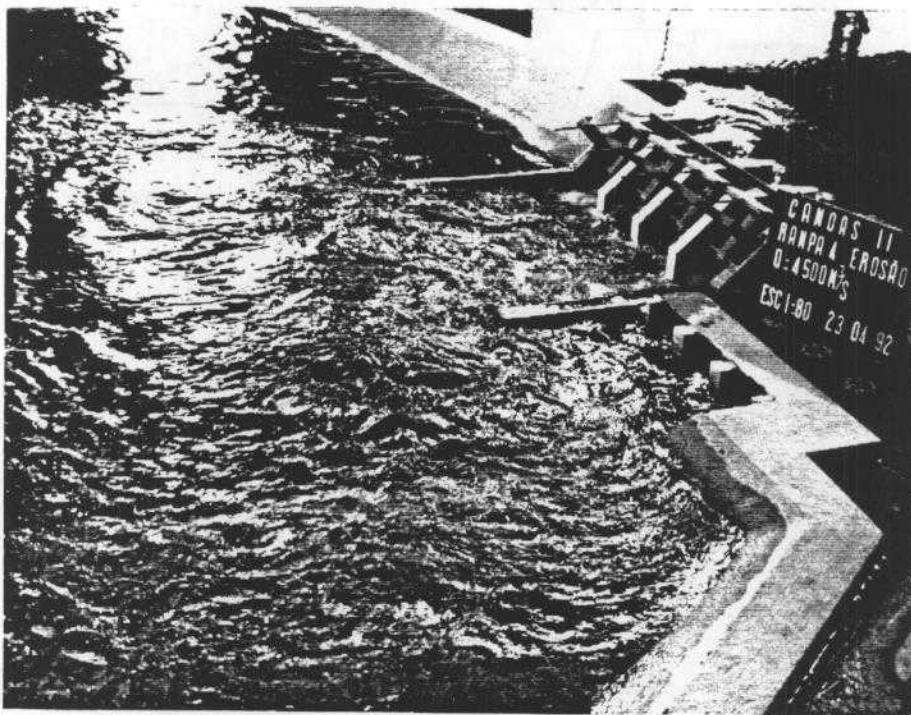


FOTO 1 : OPERAÇÃO DA BACIA - VAZÃO DE 4.500 m³/s (PROJETO DA BACIA)

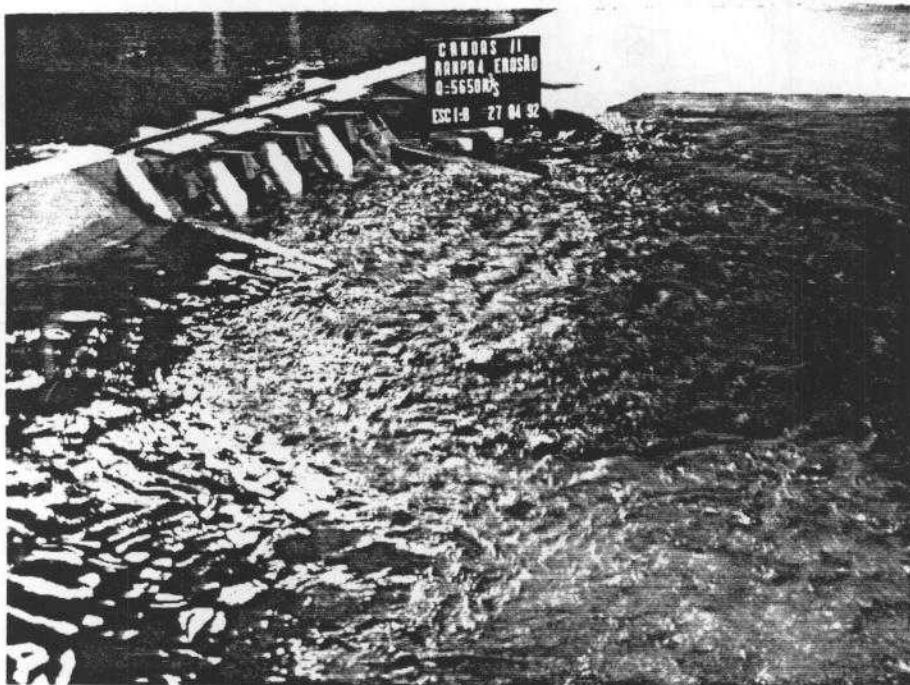


FOTO 2 : OPERAÇÃO DA BACIA - VAZÃO DE 5.650 m³/s (PROJETO DO VERTEDOIRO)

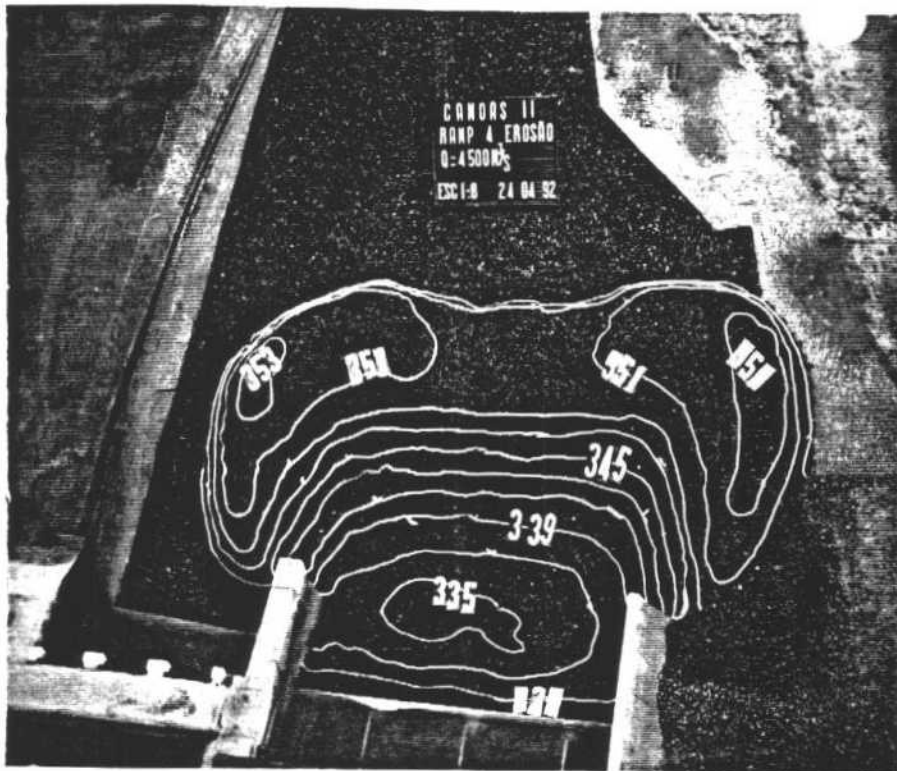


FOTO 3 : FOSSA DE EROSAO APÓS A PASSAGEM DA VAZÃO DE 4.500 m³/s.

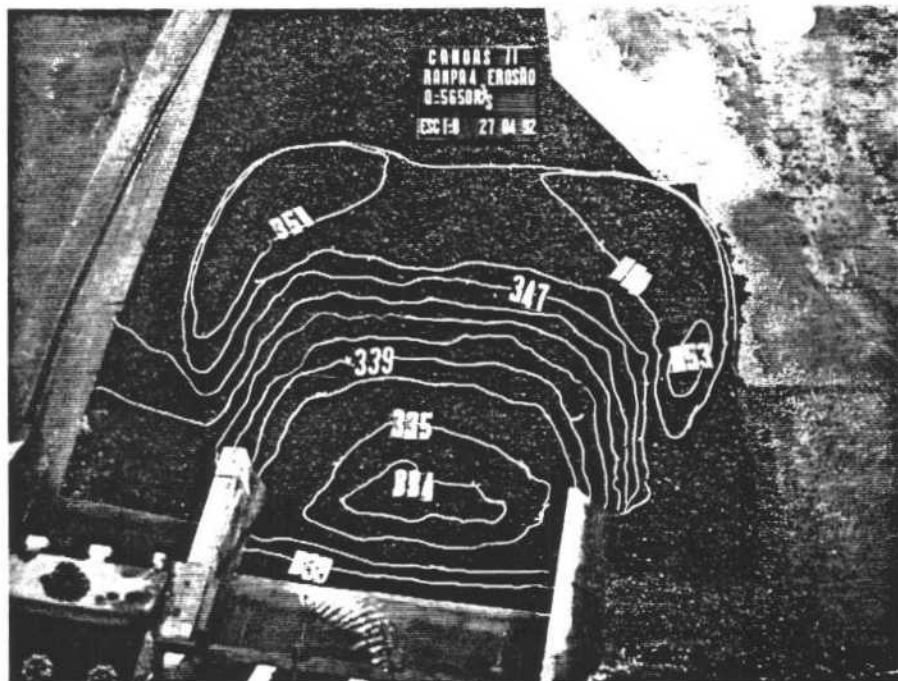


FOTO 4 : FOSSA DE EROSAO APÓS A PASSAGEM DA VAZÃO DE 5.650 m³/s.