

## UTILIZAÇÃO DE CCR NA UHE XINGÓ

CASSIO GUIDO MARCHETTI - Promon Engenharia Ltda.

ALBERTO JORGE C.T. CAVALCANTI - Companhia Hidro Elétrica do São Francisco.

GILTON PARENTE RIBEIRO DE ALENCAR - Companhia Hidro Elétrica do São Francisco.

**RESUMO:** Este trabalho apresenta considerações sobre a utilização de CCR na UHE Xingó e os correspondentes benefícios advindos considerando tanto os aspectos de custo como também os de redução dos prazos de execução das estruturas. São relatadas primeiramente as premissas que definiram a proteção com CCR do maciço galgável incorporado à barragem e posteriormente a aplicação de CCR no preenchimento do desnível sob a calha direita do vertedouro da UHE Xingó.

### DESCRIÇÃO DA OBRA

A Usina Hidrelétrica de Xingó é constituída da barragem de enrocamento com face de concreto com 150m de altura máxima, vertedouro, localizado na margem esquerda com capacidade de escoar uma vazão máxima de 33.000 m<sup>3</sup>/s e na margem direita de tomadas d'água, casa de força do tipo semi-abrigada onde serão instaladas 6 turbinas/geradores com potência total de 3000 MW na primeira etapa, conforme figura 1.

### UTILIZAÇÃO DE CCR NO MACIÇO DA BARRAGEM

#### Histórico

Durante a fase do projeto básico, foi desenvolvida uma análise para avaliação das consequências resultantes do galgamento da ensecadeira ou da barragem em construção. Esta análise foi realizada em duas etapas. Na primeira foi determinado o escoamento sobre a ensecadeira ou sobre a barragem em construção. Na segunda foi considerado o rompimento da ensecadeira ou da barragem e a conseqüente propagação da onda de cheia para jusante. Para minimizar os danos a jusante, decorrentes do eventual galgamento da ensecadeira e da barragem em construção, foram realizados estudos sobre as etapas de construção da barragem e foram determinados os riscos envolvidos em cada uma dessas etapas. Esses estudos concluíram pela conveniência de se prever uma operação contingencial de Sobradinho, conjugada a um esquema de etapas de construção da barragem descrito como segue:

- Construção do encontro da barragem na margem direita;
- Construção da ensecadeira de jusante a ser incorporada à barragem e de uma porção da barragem a montante da ensecadeira até a El. 50m.

- Construção da zona de montante da barragem, até a El. 50m e posteriormente até a El.118m, junto à margem direita, permanecendo uma brecha, com cerca de 200m de largura junto à margem esquerda, na El. 50m.
- A finalidade da brecha era garantir que não houvesse grande armazenamento d'água à montante acima da El. 50m e que a barragem fosse protegida contra o galgamento de cheias excepcionais, de modo a manter mínimo o risco de danos a jusante.
- Construção da zona de montante da barragem, fechando a brecha, até a El. 118m de modo a eliminar o risco de galgamento no último período de cheia, durante a construção.
- Construção da barragem em seção plena, até a El. 141m.

Como proteção contra erosões resultantes do galgamento, foi prevista a utilização de enrocamento armado tanto no talude de jusante da ensecadeira de montante quanto no talude de jusante do maciço da barragem.

Durante o projeto executivo, as reavaliações no planejamento da operação dos reservatórios a montante e a atualização dos dados hidrológicos, elevaram a vazão máxima de galgamento associada a um período de retorno de 180 anos, anteriormente prevista em 17.500 m<sup>3</sup>/s, para 20.500 m<sup>3</sup>/s. Em função disso, e também do maior estrangulamento do canal do rio devido à liberação da construção dos encontros da barragem nas duas margens, a lâmina d'água máxima de galgamento foi substancialmente incrementada, aumentando os riscos de danos dos taludes que seriam protegidos com enrocamento armado.

Assim sendo, em função do aumento da carga de galgamento de 5,0m para 7,0m, para se manter as mesmas condições do projeto básico, quanto aos riscos durante a fase de desvio o projeto teve que ser adaptado com a introdução de proteções adicionais.

#### Análise das alternativas estudadas

Durante a fase de estudos para definição da proteção adicional mais adequada foram analisadas as alternativas abaixo indicadas:

- a) Ensecadeira de montante em CCR até a El. 50m (com proteção do talude de jusante com CCR).
- b) Ensecadeira de jusante em CCR até a El. 50m (estrutura maciça ou proteção de talude de jusante com CCR).
- c) Ensecadeira de jusante de CCR até a El. 30m.
- d) Quinto túnel de desvio.
- e) Maciço galgável de enrocamento até a El. 50m com proteção do talude de jusante com CCR.

A alternativa (a) teria a vantagem de eliminar os riscos durante a primeira cheia após o desvio independentemente da operação do reservatório de Sobradinho. Tinha porém, a desvantagem de não permitir a proteção da barragem contra o galgamento. Seu custo adicional seria de US\$ 8,6 x 10<sup>6</sup> ou US\$ 6,0 x 10<sup>6</sup> para a proteção de jusante do talude.

A alternativa (b) teria as mesmas vantagens da alternativa (a) e além disso protegeria adequadamente a barragem. Seu custo adicional seria de US\$ 15,0 x 10<sup>6</sup> ou US\$ 11,0 x 10<sup>6</sup> para a proteção do talude de jusante com CCR.

A alternativa (c) somente protegeria a barragem até a El. 30,0m no caso de galgamento, permitindo uma rápida retomada dos serviços, após a passagem da cheia.

A alternativa (d) permitiria que o galgamento se desse nas mesmas condições previstas no projeto básico, porém o seu custo de US\$ 33,0 x 10<sup>6</sup> era o mais caro.

A última alternativa (e) constituída pela execução do maciço galgável na posição antes destinada à ensecadeira incorporada à barragem e protegido a jusante com concreto compactado a rolo (CCR) até a elevação de galgamento, transformou-se na solução mais adequada pois atendia aos requisitos de segurança do projeto básico e seu custo adicional de US\$ 2,0 x 10<sup>6</sup> era o mais baixo. A figura 2, indicada a seguir, mostra a localização do maciço galgável.

## UTILIZAÇÃO DE CCR NA CALHA DIREITA DO VERTEDOR

### Histórico

O vertedouro está situado na margem esquerda, fundado em rocha gnáissica, sendo do tipo de encosta com canal rápido e salto de esquí. A estrutura é formada por 12 blocos de 18,83m de largura e altura máxima de 40m. O comprimento total da calha é de aproximadamente 250m. O canal rápido é constituído de duas calhas adjacentes com diferentes traçados altimétricos, de modo a minimizar os volumes de concreto e de escavação. Sua fundação é constituída por rochas migmatíticas fraturadas do embasamento cristalino, comuns a todo o projeto da UHE de Xingó.

O topo rochoso nessa região, condicionado à morfologia do terreno, foi exposto após a remoção da cobertura de aluvião e do manto de alteração (saprolito). Essa superfície foi inferida a partir de uma malha de sondagens rotopercursivas definidas para esse fim. Resultou, então, na extremidade do salto de esquí da calha direita um desnível entre a superfície do topo rochoso e a base da estrutura.

### Alternativa em CCR

Como os estudos realizados durante a fase do projeto básico indicavam que o desnível entre a superfície da rocha e a base da estrutura era de pequeno porte, a solução adotada seria o preenchimento do mesmo com concreto convencional.

Durante o desenvolvimento do projeto executivo, em função de novas investigações geotécnicas, definiu-se acuradamente o perfil do topo rochoso resultando em um desnível máximo de 11,0m conforme pode ser observado nas figuras 3 e 4. Desse modo, a solução original tornou-se inadequada pelo seu alto custo, sendo necessário o desenvolvimento de um estudo de alternativas.

O preenchimento com concreto compactado a rolo, resultou dessa análise ser a alternativa mais adequada ao preenchimento da região sob a calha direita, tanto do ponto de vista de segurança dos muros laterais do salto de esquí como do ponto de vista econômico. A economia alcançada comparando-se com a utilização de concreto convencional foi da ordem de 40%.

## CONCLUSÕES

A utilização do CCR na UHE Xingó permitiu a adoção de alternativas mais econômicas para a proteção do maciço galgável da barragem e na reconstituição da rocha da fundação da calha direita do vertedor.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CHESF - Companhia Hidro Elétrica do São Francisco, à Promon Engenharia Ltda, pelo apoio e colaboração recebidos na execução deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- HOLANDA, Francisco Gladston; Maciço Galgável da Barragem de Enrocamento da UHE Xingó-Proteção com CCR. Anais XX Seminário Nacional de Grandes Barragens, Vol. II, P. 313.
- HOLANDA, Francisco Gladston; Concreto Compactado a Rolo. Aplicação sob o Salto de Esqui do Vertedor da UHE Xingó. Anais XX Seminário Nacional de Grandes Barragens, Vol. II, P. 189.

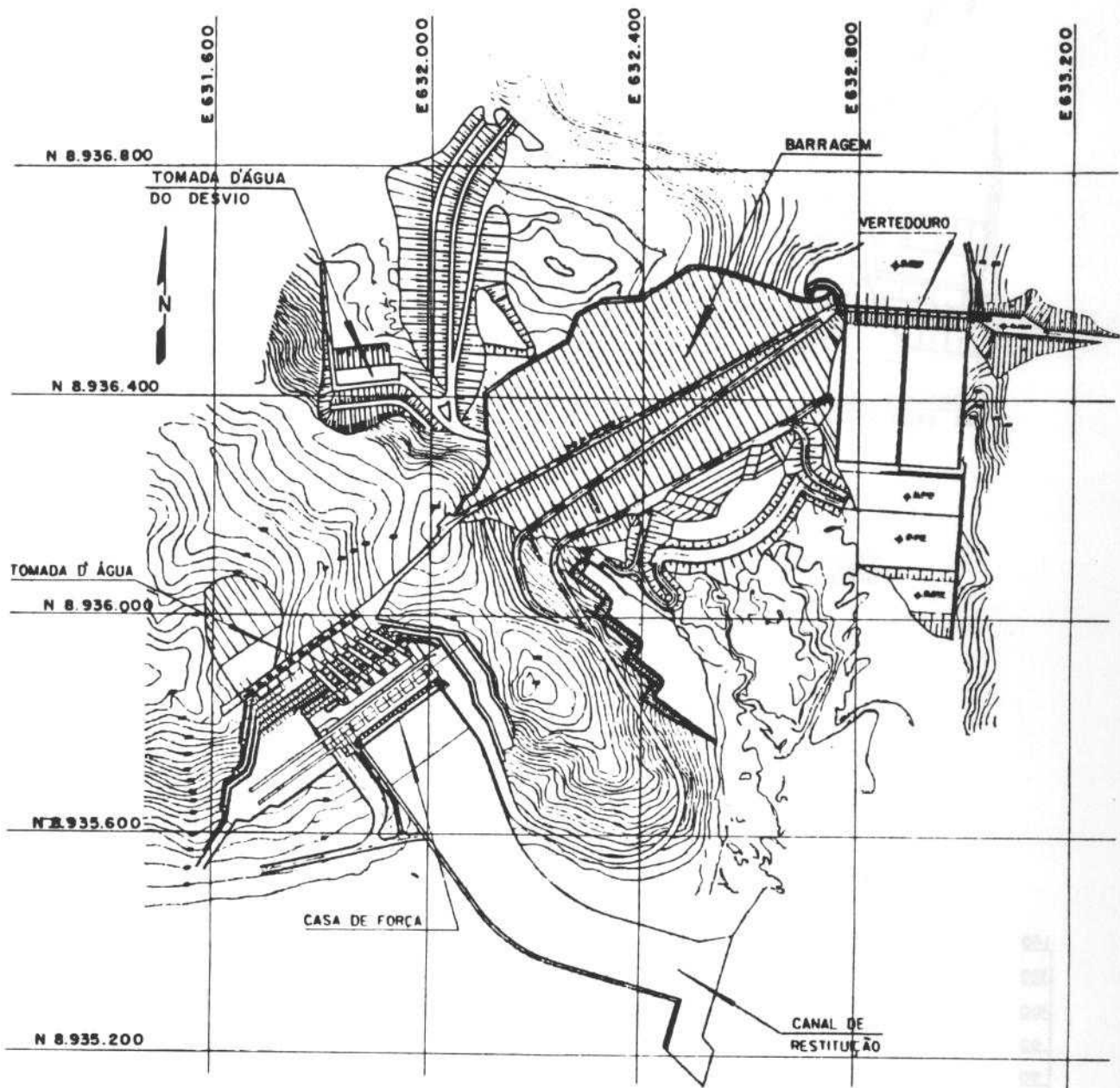
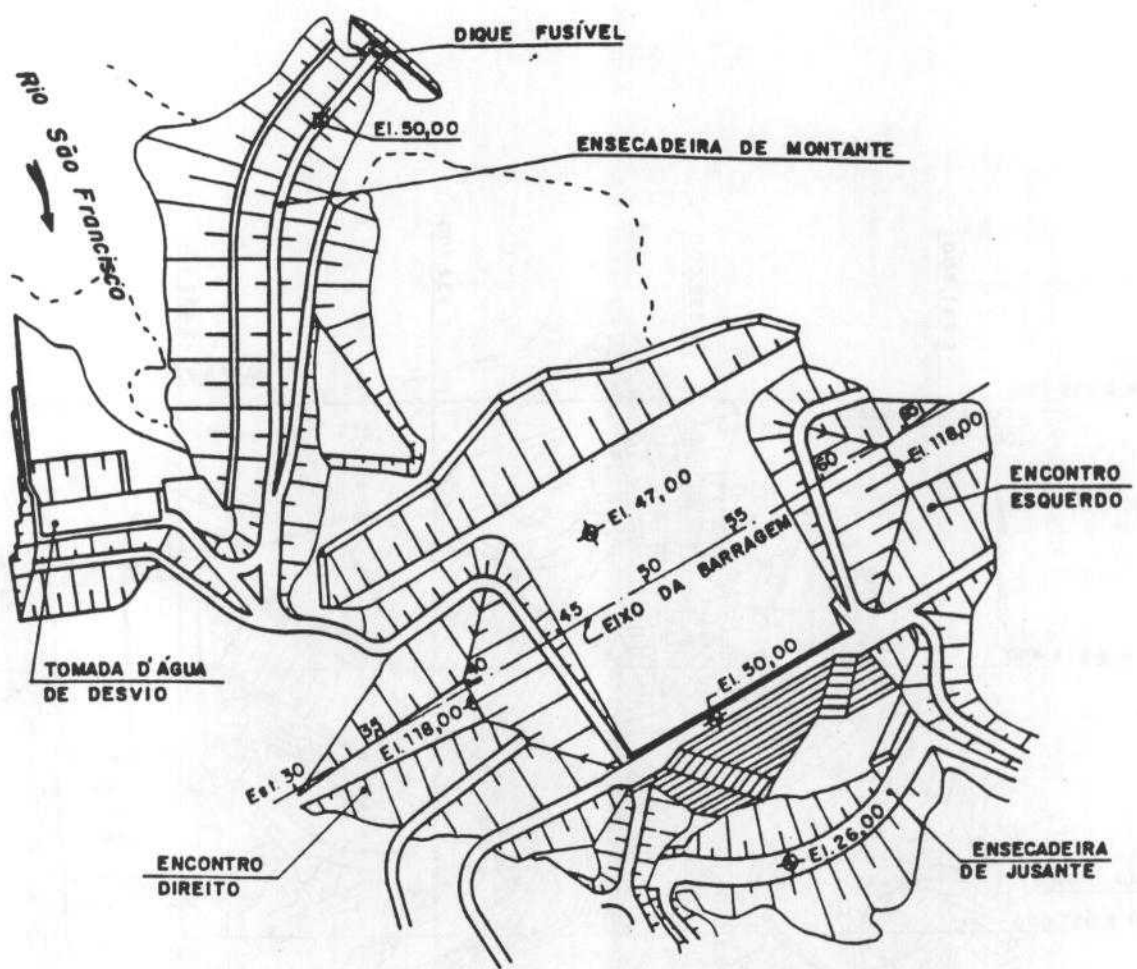
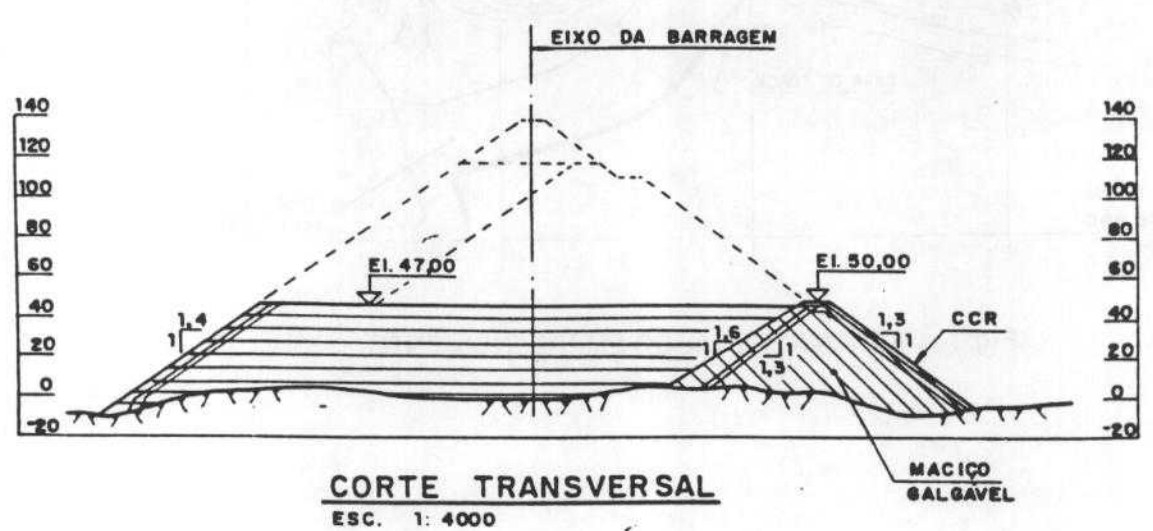


Fig.1 - ARRANJO GERAL DO EMPREENDIMENTO



**PLANTA**  
ESC. 1:8000



**CORTE TRANSVERSAL**  
ESC. 1:4000

Fig. 2 - LOCALIZAÇÃO DO MACIÇO GALGÁVEL

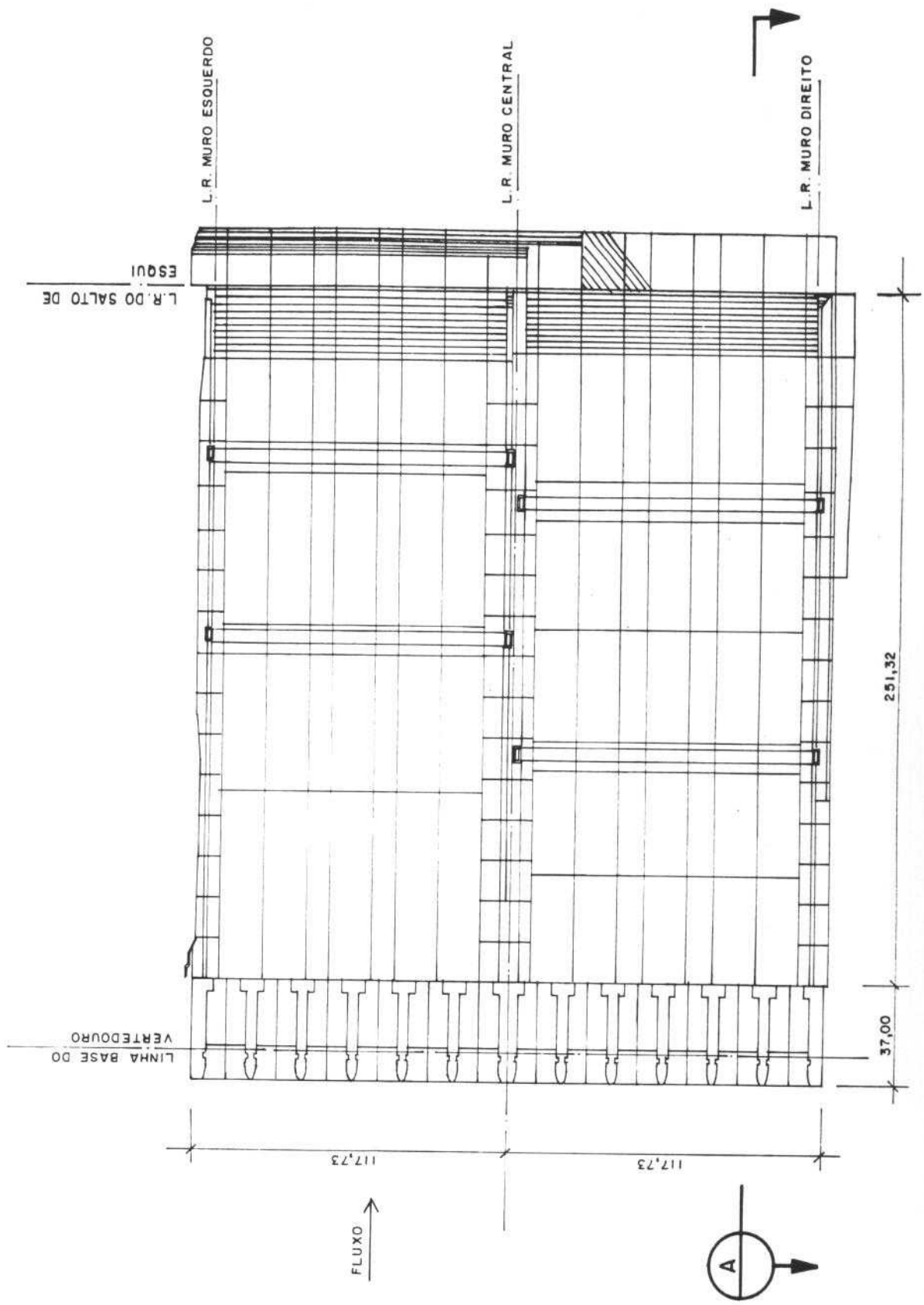


Fig.3 - PLANTA DO VERTEDOURO

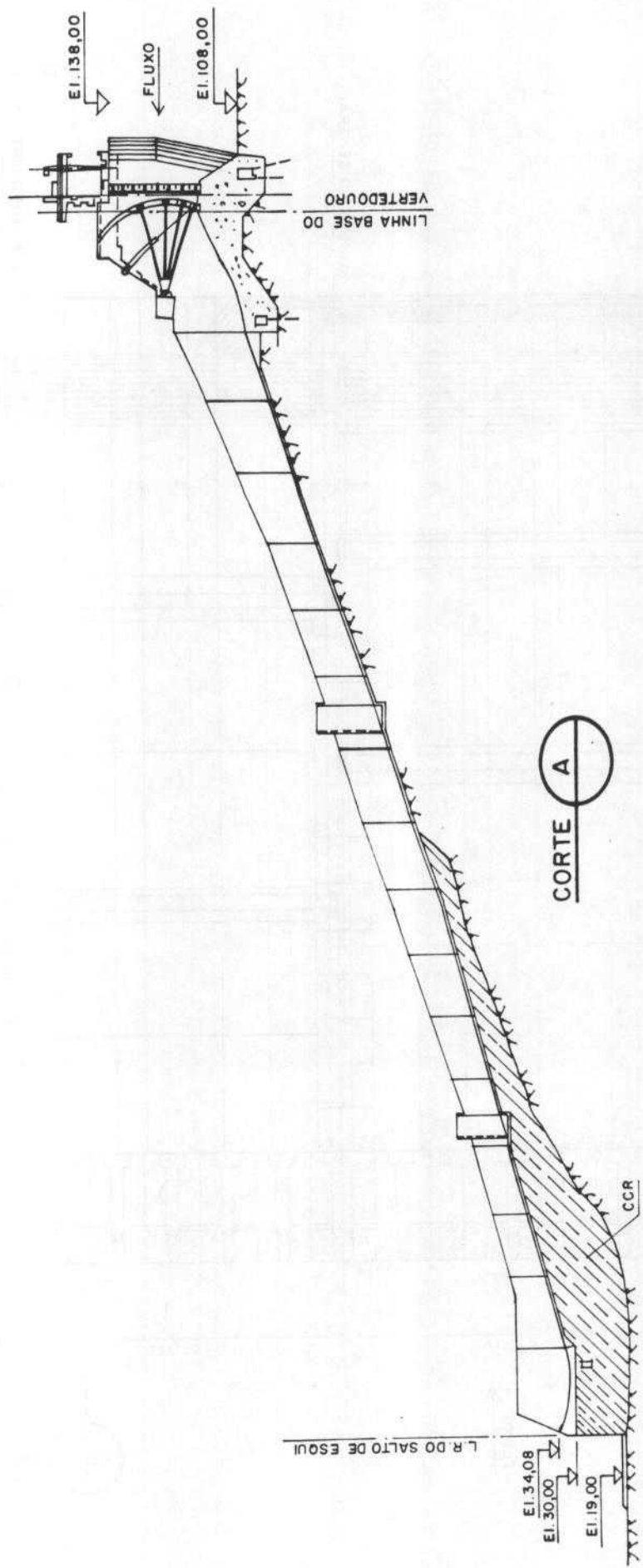


Fig.4 - CORTE LONGITUDINAL