

APROVEITAMENTO HIDRÁULICO DE ODELOUCA-FUNCHO

BARRAGEM DO FUNCHO

REAPRECIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE DISSIPAÇÃO DE ENERGIA E DAS PROTECÇÕES DO CANAL DE RESTITUIÇÃO

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DA BACIA DE DISSIPAÇÃO DE ENERGIA E DEFINIÇÃO DE MEDIDAS DE REABILITAÇÃO

Lisboa, Outubro de 1999

1 INTRODUÇÃO

1.1 Antecedentes

Este relatório insere-se no âmbito da prestação de serviços prevista na proposta que mereceu a aprovação do INAG através do ofício 3253/DSPO/1999, Proc.º. ODEF99 datado de 01/07/99.

No conteúdo deste relatório estão contemplados apenas os aspectos relacionados com a avaliação das deteriorações ocorridas na bacia de dissipação de energia da Barragem do Funcho, em resultado da acção dos jactos provenientes das descargas de fundo, e com a definição de medidas correctivas a adoptar com vista à sua reabilitação.

1.2 Considerações Gerais

A barragem do Funcho localiza-se na ribeira de Arade, a montante da barragem de Silves, Fig. 1.

Trata-se de uma barragem abóbada com cerca de 50m de altura e 210m de desenvolvimento no coroamento que se situa à cota (99,20). A albufeira criada pela barragem dispõe, à cota do NPA, de uma capacidade de cerca de $45 \times 10^6 \text{ m}^3$ ⁽¹⁾.

De acordo com o projecto, as estruturas de descarga de cheias (duas descargas de fundo, por orifícios, e um descarregador de superfície), foram concebidas por forma a reduzir os valores máximos dos caudais efluentes.

Assim, a cheia com probabilidade de ocorrência, em média, de 1 vez em 500 anos, à qual corresponde um valor de caudal de ponta afluente de $728 \text{ m}^3/\text{s}$ e um volume de $49 \times 10^6 \text{ m}^3$, será descarregada por forma a garantir que o valor máximo do caudal, referente ao hidrograma efluente, não ultrapasse $350 \text{ m}^3/\text{s}$.

Em complemento, os orifícios profundos de elevada capacidade de descarga, possibilitaram um adequado controlo do primeiro enchimento da albufeira e permitem a gestão da albufeira numa perspectiva da adequação do NPA às condições impostas no projecto em relação à descarga do caudal de dimensionamento (variação sazonal do NPA) e à transferência de grandes volumes de água da albufeira do Funcho para a da barragem de Silves.

¹ COBA - Barragem do Funcho. Projecto de Execução. 1985

1.3 Características gerais das estruturas de descarga

As descargas de fundo são constituídas por dois orifícios dispostos em planta segundo a orientação definida na Fig. 2.

Estes orifícios são constituídos por uma entrada de secção rectangular com as dimensões de 3,84m x 4,80m, à qual se segue um convergente e um trecho de secção rectangular. A definição dos orifícios, baseada num estudo em modelo reduzido realizado no LNEC², consta da Fig. 2.

De acordo com este estudo o perfil dos orifícios foi definido por forma a criar, à saída, jactos mergulhantes e desta maneira criar condições para confinar o impacto dos jactos no interior da bacia de dissipação de energia.

A bacia de dissipação de energia, localizada no pé de jusante da barragem, é uma estrutura assimétrica, com soleira de fundo à cota (51,50) e o contorno de montante condicionado à geometria da barragem, Fig. 3.

As paredes laterais, que se elevam até à cota (61,50), apresentam uma inclinação de 1:1 por forma a aproveitar a capacidade de carga do maciço.

Estas paredes dispõem no topo de muros deflectores que têm por finalidade provocar o enrolamento do escoamento na zona terminal da bacia e, em particular, junto aos cantos, criando condições que impedem o galgamento do seu coroamento.

A soleira terminal, com o coroamento à cota (54,00), é confinada lateralmente por muros inclinados a 1V:0,5H. Ainda de acordo com os estudos em modelo, foi previsto, nas zonas não rochosas e numa extensão de 10m, um tapete de protecção a jusante constituído por blocos de enrocamento com 0,40m de diâmetro médio. A espessura prevista para este tapete foi de 0,80 m, tendo, no entanto, sido considerada no projecto essa protecção apenas para a zona do leito.

Neste pressuposto o estudo em modelo considerou que as encostas eram constituídas por formações geológicas suficientemente capazes de resistir à acção do escoamento, tendo admitido, por isso, que as margens no modelo eram constituídas por um "fundo fixo".

Este aspecto não foi, no entanto, verificado no protótipo, onde o maciço apresenta umas características que conduzem à necessidade da fixação das margens, por forma a satisfazer a necessidade de garantir a sua resistência à acção do escoamento.

² LNEC - Barragem do Funcho. Estudo hidráulico em modelo reduzido das estruturas de descarga de cheias. Lisboa, Outubro de 1987.

No relatório elaborado pelo INAG³ estes aspectos são analisados, constatando-se que as margens são constituídas por alternâncias de grauaques e plitos, estes últimos com baixa capacidade de resistência à acção do escoamento, designadamente na zona onde a turbulência é ainda elevada, ou seja, imediatamente a jusante da bacia de dissipação de energia.

2 CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO DA BACIA DE DISSIPACÃO DE ENERGIA

2.1 Estudos em modelo

2.1.1 Funcionamento hidráulico

De acordo com o relatório do estudo em modelo, datado de Outubro de 1987, poderá inferir-se que "na solução proposta, que serviu de base aos desenhos do projecto de execução, os jactos, em condições de descarga simétrica, alcançam a bacia na zona inicial".

A orientação dos jactos em planta dá origem a que "a restituição se processe com um alinhamento coincidente com o eixo da ribeira".

O relatório refere ainda que "se deve proceder à observação sistemática, após cada período de cheias, da zona a jusante da bacia de dissipação de energia. Esta observação deverá incluir a execução de um levantamento topográfico da zona do tapete de protecção".

As fotografias dos estudos em modelo correspondentes às diferentes situações de funcionamento indicam um comportamento regular e aproximadamente simétrico para aberturas das comportas das descargas de fundo com um valor até cerca de 75% da abertura total.

Para aberturas da ordem de 100% o modelo evidenciou a ocorrência de um escoamento altamente turbulento, com desenvolvimento de ondulações pronunciadas junto aos cantos da bacia e que, de forma alternada, se propagam com alguma atenuação no sentido de jusante.

Para evitar que estas ondulações dessem origem a galgamentos dos muros laterais, a forma proposta e executada contém muros deflectores no topo por forma a provocar o enrolamento do escoamento.

³ INAG - Barragem do Funcho. Canal de restituição Relatório geológico. Outubro de 1999

A análise das fotografias dos estudos em modelo indicam igualmente a ocorrência na zona imediatamente a jusante da bacia de dissipação de energia e numa extensão da ordem dos 10m, de um escoamento com elevada turbulência.

A expansão do escoamento, na transição entre a soleira terminal e o leito do rio, associada às ondulações e à turbulência, dão origem a acções de natureza dinâmica muito acentuadas e que se reflectiram no protótipo sobre a estabilidade do leito e margens. Estas acções, dado que no modelo as margens eram "rígidas", não foram bem evidenciadas.

Após o trecho inicial, observa-se uma grande atenuação da turbulência, verificando-se uma transição para a zona de turbulência normal característica do regime natural do rio a jusante.

Observa-se, igualmente, embora de forma pouco visível no modelo, a ocorrência de correntes de retorno junto aos cantos da soleira terminal.

Um aspecto que o estudo em modelo não analisou foi o do arrastamento de material sólido proveniente de jusante, supondo-se porque considerou que o leito e margens seriam estáveis.

Estas correntes de retorno estão associadas às ondas geradas na bacia de dissipação de energia que provocam, embora com carácter intermitente, diferenças dos níveis de água de jusante para montante. São estas diferenças que provocam um escoamento de jusante para montante.

Da análise dos resultados constata-se que a turbulência normal do escoamento é atingida no canal de jusante a uma distância da bacia de dissipação da ordem dos 20m.

Os resultados do estudo em modelo apontavam para o facto de que um tapete constituído por blocos de enrocamento com diâmetro médio de 0,40m e 0,80m de espessura e 10m de comprimento seria suficiente para garantir a estabilidade do leito.

É referido no relatório dos estudos em modelo que "a extensão do tapete no sentido transversal dependerá da profundidade do maciço rochoso".

2.1.2 Campo de pressões

Posteriormente à realização dos estudos que deram origem ao relatório datado de Outubro de 1987, foram realizados estudos complementares na bacia de dissipação de energia com vista a uma mais completa caracterização do campo de pressões

induzido pela acção dos jactos provenientes das descargas de fundo e do descarregador de superfície⁴.

Da análise dos resultados pode inferir-se que os valores máximos da pressão média e os máximos "instantâneos" na soleira de fundo da bacia de dissipação são da ordem dos 17 m.c.a. (170 kPa) e de 24 m.c.a. (240 kPa), respectivamente. Estes valores foram obtidos na zona próxima do impacto do jacto proveniente dos orifícios e são, praticamente, independentes das cotas dos níveis de água a jusante.

Em relação às flutuações de pressão, constata-se que o maior valor do desvio padrão, σ , é de 3 m.c.a. (30 kPa).

Na situação de funcionamento mais desfavorável sob o ponto de vista de valores negativos, ou seja, quando os níveis de água a jusante são os correspondentes ao regime natural do rio, o valor extremo negativo da pressão, entendido como sendo definido por $p_{\min} = p - 3\sigma$, é de -4 m.c.a., representando p a pressão média, σ o desvio padrão e $p_{\min}$ a pressão mínima instantânea. Estes valores foram registados a jusante da zona de impacto dos jactos e próximo de uma das juntas de contracção transversais (a localizada sensivelmente a meio da bacia).

Pressente-se assim que a ocorrência de erosões do betão nessa junta, por acção da abrasão, poderá ter potenciado, em resultado da criação de grandes descontinuidades, o agravamento dos valores das pressões negativas e o desenvolvimento de pressões cavitantes. Nesta conformidade, considera-se que as erosões mais pronunciadas ocorridas nessa junta, Fig.5 e Foto 15, poderão ter sido resultado da acção conjunta da abrasão e da cavitação.

Outro aspecto importante relaciona-se com os elevados valores das velocidades na bacia de dissipação, designadamente na zona de impacto dos jactos, dado que a espessura do colchão de água criado pela bacia não é suficiente para introduzir uma atenuação desses valores.

2.2 Análise do comportamento da bacia (Protótipo)

2.2.1 Funcionamento hidráulico

Desde o final da construção da barragem foram efectuadas descargas através dos orifícios, tendo por finalidade o controlo do primeiro enchimento e a transferência de água da albufeira do Funcho para a da barragem de Silves.

No Quadro 1 apresentam as datas em que foram efectuadas essas descargas, assim como os valores das aberturas das comportas e os respectivos caudais.

⁴ LNEC - Barragem do Funcho. Estudos complementares da bacia de dissipação. Rel. 156/92-NHE, Outubro de 1992

Durante um dos períodos de funcionamento o INAG procedeu ao registo de imagens sob a forma de um vídeo e de fotografias, estando algumas delas disponíveis em formato digital.

Da análise destas fotografias, Fotos 1 a 4, dos dados do estudo em modelo, bem como da observação directa do escoamento durante as visitas ao local, as quais permitiram observar as condições de funcionamento para diversas situações de abertura das comportas até à abertura total, podem inferir-se os seguintes aspectos principais em termos de funcionamento hidráulico da bacia de dissipação:

- a) ocorrência de duas correntes de circulação no interior da bacia de grande intensidade, assimétricas em relação ao eixo da bacia, tendo uma o sentido directo (a do lado esquerdo) e a outra o sentido inverso;
- b) desenvolvimento de velocidades muito elevadas na soleira de fundo e nas paredes laterais, aspecto que se mantém até à soleira terminal;
- c) formação de ondulações de grande amplitude às quais estão associados períodos relativamente pequenos e grande energia;
- d) desenvolvimento de um escoamento com inversão intermitente de sentido na zona imediatamente a jusante da bacia e junto aos muros laterais da soleira terminal e arrastamento de blocos para o interior (estas inversões estão associadas às ondulações referidas em c) que originam desníveis acentuados entre jusante e montante);
- e) ocorrência de macroturbulência residual de grande intensidade na zona imediatamente a jusante da bacia de dissipação, designadamente nos 10m iniciais;
- f) protecções do leito e margens constituídas por blocos de enrocamento de pequena dimensão face às solicitações;
- g) perfil longitudinal do leito a jusante com inclinação, no troço inicial, em contrapendente (as cotas do leito são superiores à da soleira terminal).

Da análise destes aspectos ressaltam, pela sua maior importância, os relacionados com os elevados valores das velocidades na soleira de fundo, associados a correntes de circulação de grande intensidade, e com a ocorrência de escoamentos a jusante da bacia que provocam o arrastamento de blocos para o seu interior.

Nas Fotos 5 a 7, fornecidas pelo Eng.º Jovelino Matos de Almeida do INAG, são evidenciadas a dimensão e quantidade dos blocos de enrocamento arrastados para o interior da bacia e a sua disposição em planta, reveladora da assimetria das correntes de circulação.

Efectivamente, a corrente de circulação esquerda, com orientação no sentido directo, tem menor "dimensão" que a da direita. A zona de deposição, que corresponde à junção das duas correntes, indicia igualmente que o escoamento à saída da bacia não é simétrico, aspecto que já se referiu.

Na Foto 7 pode ainda observar-se a ocorrência de duas zonas imediatamente a jusante da bacia de dissipação onde as erosões são mais pronunciadas. Estas zonas correspondem à expansão dos jactos à saída da bacia, evidenciando a existência de movimentos de circulação de eixo vertical e de relativamente pequeno diâmetro.

Estes movimentos, associados às diferenças de nível e às elevadas velocidades, são responsáveis pelo arrastamento de blocos para o interior da bacia.

Os elevados valores das velocidades do escoamento na soleira, associados ao material sólido que foi arrastado do leito para o interior da bacia, deram origem a uma acção abrasiva muito intensa que teve como consequência uma destruição da camada superior do betão com profundidades bastante variáveis e a remoção de armaduras, Fotos 8 a 13.

Salienta-se o facto de tanto o leito como as margens serem constituídas por material bastante erodível. Os blocos existentes no leito são de dimensão muito reduzida, sendo transportados pelo escoamento para o interior da bacia.

No interior da bacia as condições de escoamento não são favoráveis à remoção desses blocos que assim permanecem no seu interior durante as descargas, sendo arrastados pelas correntes de circulação.

2.2.2 Comportamento estrutural

Em consequência das acções de natureza hidráulica referidas no número anterior o betão que define as fronteiras da bacia de dissipação de energia sofreu erosões por abrasão que nalgumas zonas são bastante acentuadas, Fotos 8 a 15 e Fig. 4.

Na Fig.4 estão representados as curvas de nível que traduzem com aproximação as zonas de igual profundidade de erosão do betão que se verificaram na soleira de fundo. Estas curvas foram obtidas com base num levantamento topográfico que cobriu toda a bacia.

Através desta figura é possível observar as zonas de maior intensidade de erosão, que estão associadas fundamentalmente às áreas de impacto dos jactos e, em particular, do jacto proveniente do orifício mais próximo da margem esquerda. De salientar a ocorrência de erosões localizadas junto à junta de contracção referida em 2.1.2 com profundidades que atingem os 0,30m, Fig.4.

As elevadas velocidades do escoamento, associadas aos valores das pressões negativas, levam a admitir a possibilidade de, como se referiu, ocorrer cavitação na descontinuidade devidas às erosões nas juntas de contracção, podendo ser uma causa de agravamento do processo erosivo.

Em geral, as erosões que se observam ao longo de toda a bacia são resultantes, por um lado, dos elevados valores das velocidades e da intensidade das correntes de

circulação e, por outro, da ocorrência de condições para arrastamento de blocos para o interior da bacia. É a conjugação destes aspectos que dá origem ao desenvolvimento das referidas erosões por abrasão. O aspecto geral das superfícies de betão que sofreram erosão é típico da acção da abrasão.

Pode então concluir-se o seguinte:

- a) a bacia de dissipação está num estado elevado de deterioração que é provocado pela ocorrência de erosão generalizada, por abrasão, das superfícies de betão;
- b) as erosões mais pronunciadas verificam-se junto às juntas de contracção, nas arestas definidas pela intersecção da superfície da soleira de fundo com as paredes laterais e com a soleira terminal e no coroamento desta soleira que se situa à cota de projecto de (54,00);
- c) as erosões ocorrem fundamentalmente pela acção conjunta das velocidades elevadas resultantes dos jactos provenientes dos orifícios, das correntes de circulação induzidas, e do material abrasivo (blocos) arrastado de jusante para o interior da bacia, através de correntes inversas ao sentido normal do escoamento, sendo estas correntes mais intensas nas extremidades da soleira terminal, isto é, junto às paredes laterais;
- d) o perfil longitudinal do leito do rio, em contrapendente e com cotas do leito na zona imediatamente a jusante da bacia superiores à da soleira terminal, é igualmente favorável ao arrastamento de blocos para o interior da bacia;
- e) em consequência da acção abrasiva do escoamento, as armaduras previstas no projecto para a camada superior, constituídas por varões de 20mm afastados de 0,20m, foram removidas em diversas zonas, em particular, nas referidas em b). As Fotos 8 a 13 mostram aspectos destas armaduras, após sofrerem a acção do escoamento;
- f) as erosões por abrasão no coroamento da soleira terminal são mais intensas nas zonas próximas das paredes laterais, estando associadas ao facto de que é nessas zonas que se processa fundamentalmente o arrastamento dos blocos para o interior da bacia.

Salienta-se ainda o facto de nas paredes laterais o betão apresentar em geral um aspecto bastante rugoso e com alguns "buracos" que evidenciam a "extração" dos inertes de maiores dimensões, Fotos 13 e 14. As Fotos 14 e 15 evidenciam as deteriorações nas juntas de construção e de contracção.

O aspecto rugoso das superfícies de betão está associado à acção abrasiva do escoamento, evidenciando a necessidade de, a par da execução de uma protecção do leito e margens a jusante que as fixe e impeça o arrastamento de blocos para o interior da bacia, se proceder à reconstrução da bacia por forma a garantir um revestimento de elevada resistência mecânica à abrasão, uma vez que o betão normal é um material pouco resistente a esta acção.

3 MEDIDAS A ADOPTAR NA REABILITAÇÃO

3.1 *Deteriorações nas bacias de dissipação de energia das Barragens de Libby e de Dworshak*

Os descarregadores de chelas das barragens de Libby e de Dworshak, duas das maiores barragens construídas nos E.U.A., dispõem de bacias de dissipação de energia por ressalto hidráulico.

Estas bacias sofreram deteriorações com características muito semelhantes às observadas na bacia de dissipação de energia da Barragem do Funcho.

Efectivamente, as deteriorações ocorreram fundamentalmente em resultado da acção abrasiva do escoamento induzida pelas altas velocidades e pelos materiais sólidos (blocos e outros detritos), que foram arrastados para o interior da bacia. A título de exemplo refere-se que na bacia de dissipação de energia da Barragem de Libby após um primeiro período de funcionamento, foram removidos 2300 m³ de materiais rochosos e outros detritos.

Foi igualmente detectada uma erosão por acção da cavitação, embora de menor influência em todo o processo de erosão⁵.

Nestas estruturas de dissipação de energia foram observadas erosões generalizadas e extensas ao longo de várias zonas das soleiras de fundo, sendo as mais acentuadas nas ligações destas soleiras com as soleiras terminais e no topo destas soleiras. Os volumes de betão erodido nas bacias de dissipação de energia das Barragens de Libby e de Dworshak foram de aproximadamente 1330 m³ e 1530 m³, respectivamente.

Em determinadas zonas a erosão removeu as armaduras, sendo bem visível as zonas das paredes laterais onde a remoção do betão as colocou a descoberto.

Trata-se, portanto, dum comportamento muito semelhante ao verificado na bacia de dissipação de energia da Barragem do Funcho.

3.2 – *Soluções adoptadas nas reparações de deteriorações em bacias de dissipação devidas à abrasão*

As reparações das deteriorações ocorridas nas bacias de dissipação de energia das barragens de Libby e de Dworshak foram feitas de acordo com os seguintes procedimentos:

⁵ REGAN, P. R. et al.- Cavitation and Erosion Damage of Sluices and Stilling Basins at Two High-Head Dams. 13th. Congress on Large Dams, New Delhi, Q. 50 – R.11, 1979

- ♦ Nas zonas em que a erosão na soleira atingiu profundidades entre 6cm e 38cm o betão foi removido até uma profundidade de 38cm, sendo as zonas removidas preenchidas posteriormente por betão com fibras. O processo incluiu a reposição das armaduras, acompanhado pela execução de pregagens com 1,5 m de profundidade afastadas de 1,2 m.
- ♦ Nas zonas onde as profundidades de erosão foram inferiores, a reparação foi feita com recurso a argamassas epóxi.
- ♦ Nas paredes laterais o betão foi polimerizado. A polimerização foi igualmente adoptada numa extensão de 0,60m para cada lado das juntas de contracção.
- ♦ Na soleira de fundo na zona das juntas de contracção foi aplicada a polimerização numa extensão para cada lado da junta de 0,60 m.

As inspecções efectuadas após a ocorrência de descargas, mostraram que as zonas reconstruídas com betão com fibras e as superfícies de betão que foram impregnadas com polímeros apresentaram um comportamento adequado. O mesmo não aconteceu, no entanto, com as zonas preenchidas com argamassa epóxi.

Uma publicação da ICOLD⁶ subordinada ao tema da sedimentação refere um estudo sobre diversos materiais resistentes à acção da abrasão, entre os quais as resinas, as argamassas epóxi e os betões de alta resistência à compressão (60 MPa), salientando a baixa resistência do betão comum a esta acção.

Esta publicação chama igualmente a atenção para o facto de as juntas constituírem sempre pontos fracos que, por isso, merecem um tratamento especial.

LOWE, J.⁷ refere os estudos desenvolvidos e as soluções adoptadas nas bacias de dissipação de energia das descargas de fundo da barragem de Tarbela com recurso a betões com fibras e betões epóxi e com utilização das resinas epóxi nas ligações entre betões antigos e novos.

Estes autores apresentam igualmente as dosagens adoptadas nos estudos relativos às resistências dos betões e argamassas utilizadas, chamando a atenção para o efeito das elevadas temperaturas e, em particular, das grandes variações de temperatura no comportamento dos materiais com resina.

Este aspecto é particularmente importante dado que se trata de dois materiais com comportamento térmico bastante diferente.

⁶ BASSON, G.R.; ROOSEBOOM, A. - Dealing with Reservoir Sedimentation. ICOLD, Jan. 1997

⁷ LOWE, J. III et al. - Some Experiences with High Velocity Flow at Tarbela Dam. 13th. Congress on Large Dams, New Delhi, Q. 50 - R.13, 1979.

3.3 - Solução proposta para a bacia de dissipação da barragem do Funcho

Face ao estado de deterioração do betão da bacia de dissipação e uma vez identificadas as causas do processo erosivo, as soluções a adoptar terão que passar necessariamente pela remoção da camada superficial do betão nas zonas erodidas, pela cuidadosa limpeza de todos os detritos, pelo preenchimento dessas zonas com betão e pela execução de uma camada superficial que garanta uma adequada resistência às acções dinâmicas devidas ao escoamento e, em particular, à acção abrasiva.

A execução dessa camada, bem como do preenchimento das zonas onde existem erosões mais pronunciadas deve ser de modo a garantir uma adequada aderência entre o betão antigo (actual) e o novo.

Serão obrigatoriamente retirados da bacia todos os blocos ou detritos doutra natureza. Em complemento deverão ser adoptadas medidas de protecção do leito e margens, na zona imediatamente a jusante da bacia, que impeçam a ocorrência de erosões e, consequentemente, a formação de blocos soltos capazes de serem arrastados pelo escoamento para o interior da bacia.

Face à natureza das acções e à extensão das erosões, a solução que se propõe para a reparação da bacia de dissipação baseia-se nos seguintes procedimentos:

- a) escarificação das superfícies actuais por forma a garantir, nas zonas de erosão superficial generalizada, menos profunda, uma superfície desempenada e regularizada, ligeiramente rugosa, sólida, seca, isenta de partículas friáveis, isolada de humidade ascensional e sem leitanças superficiais;
- b) execução de uma nova superfície de regularização com resistência suficiente à acção dinâmica do escoamento, garantindo uma resistência à tracção na ligação entre camadas de no mínimo 1,5 MPa, permitindo assim uma perfeita ancoragem mecânica do revestimento a aplicar;
- c) aplicação de uma camada fina à base de resinas epóxi, isenta de solventes, baixa viscosidade e elevado poder de impregnação e colagem;
- d) esta camada deve ser aplicada na soleira de fundo, na soleira terminal e nas paredes laterais até pelo menos à cota (54,00).

As temperaturas limite da camada de suporte e ambiental deverão obedecer às especificações técnicas do material a aplicar.

A camada de acabamento, à base de resinas epóxi isentas de solventes e elevada resistência mecânica e química, deverá ter as seguintes características mínimas:

- ♦ Resistência à compressão ≥ 80 MPa
- ♦ Resistência à flexão ≥ 30 MPa
- ♦ Aderência ao betão > 2 MPa (ruptura do betão)

- ♦ Elevada resistência química
- ♦ Elevada resistência à abrasão
- ♦ Espessura mínima de 2mm.

A escarificação referida em a) será acompanhada da remoção das zonas de betão em deficientes condições e colocação de uma camada em Micro Betão devidamente compactado e talochado mecanicamente, com introdução de um agente de aderência entre o betão antigo e o betão novo.

A espessura mínima desta camada será de 0,07m, sendo 0,04m destinados ao recobrimento da nova armadura que será colocada à cota (51,50). Com esta solução, que conduz a que a soleira da bacia se localize à cota (51,54), pretende-se evitar a necessidade de remoção da armadura existente e que não foi danificada. Chama-se a atenção para a necessária vibração e compactação por forma a conseguir uma massa de betão o mais compacta e homogênea possível.

As juntas de contracção e de construção deverão obedecer à modulação do projecto, sendo no caso das juntas de contracção depois de abertas e refeitas, refechadas com mastique de poliuretano autonivelante com elevado poder de colagem.

Nas juntas de contracção deverão ser considerados pormenores construtivos, tais como o reforço dos bordos.

A nova armadura superficial deverá ser constituída por varões com 12 mm de diâmetro afastados de 0,15 m. Serão igualmente executadas pregagens com afastamento de 1,50 m e profundidades de 1,50 m.

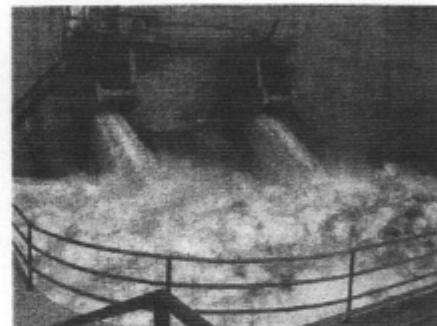
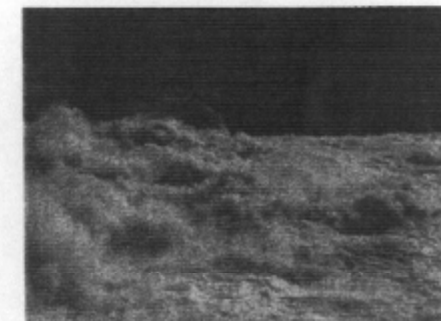
Estas especificações correspondem às exigências mínimas que devem ser garantidas pelo empreiteiro que for encarregue da obra. Poderão, no entanto, ser admitidas soluções variantes desde que devidamente fundamentadas.

O empreiteiro deverá, antes de iniciar a obra, submeter ao INAG para apreciação e aprovação, as especificações dos materiais que se propõe aplicar, a metodologia de aplicação desses materiais e o processo de construção, dedicando particular atenção ao modo como vai garantir a satisfação das condições estabelecidas nas alíneas a) a c) deste sub-capítulo.

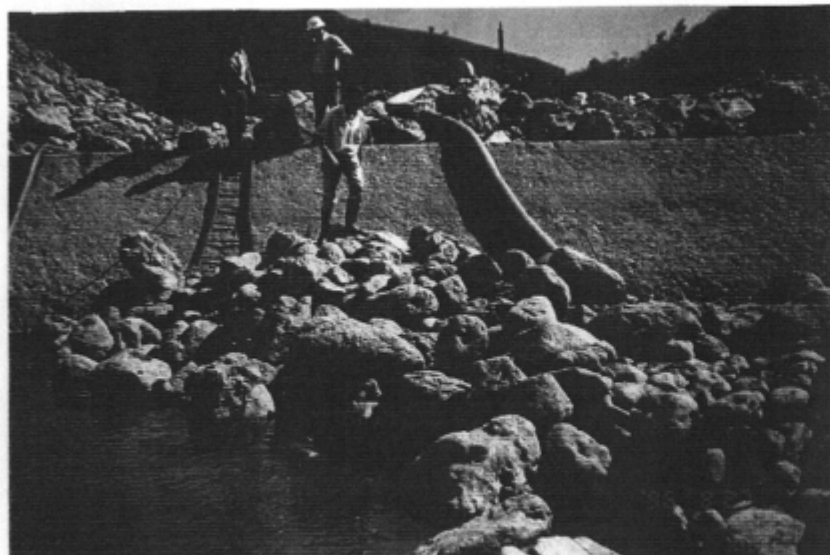
Lisboa, Outubro de 1999-



C. Matias Ramos



Fotos 1 a 4 - Aspectos do escoamento na bacia de dissipação



Fotos 5 e 6—Aspectos da deposição dos blocos no interior da bacia de dissipação

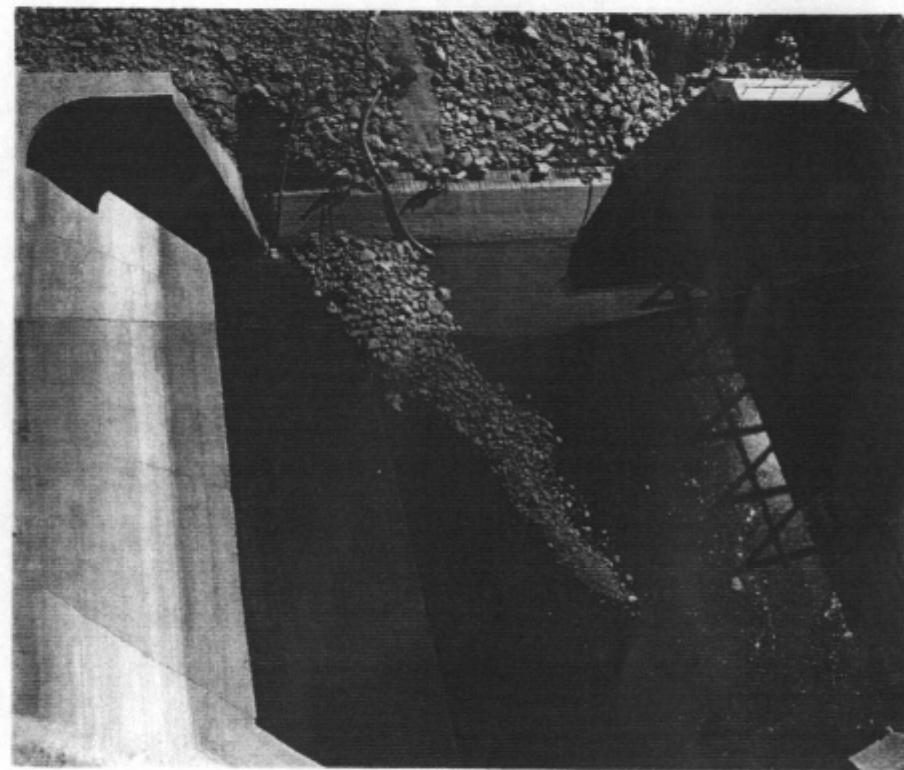
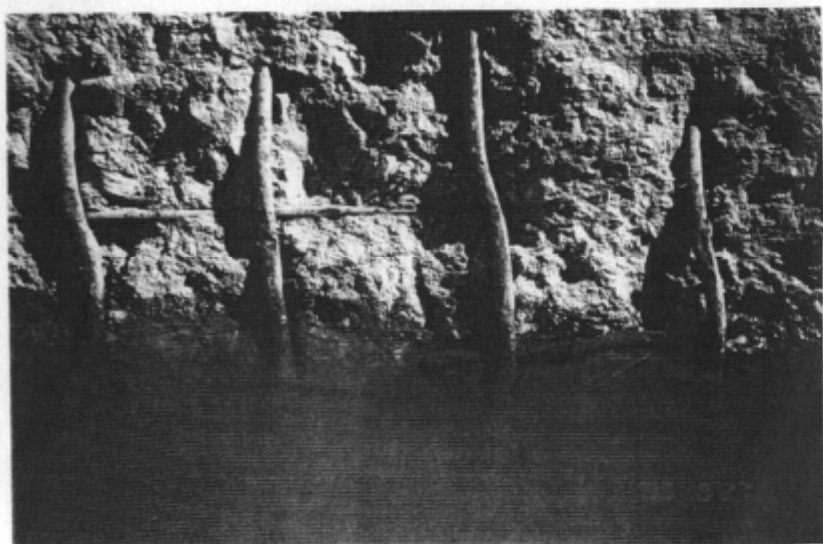
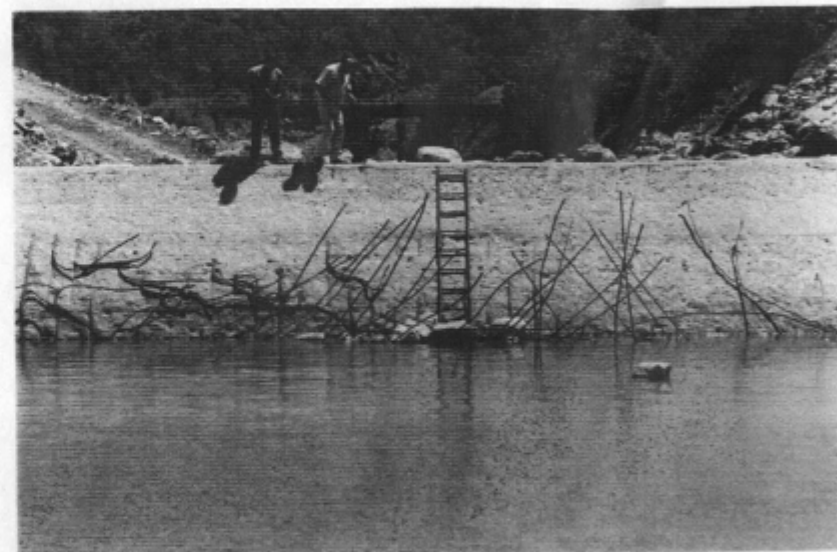


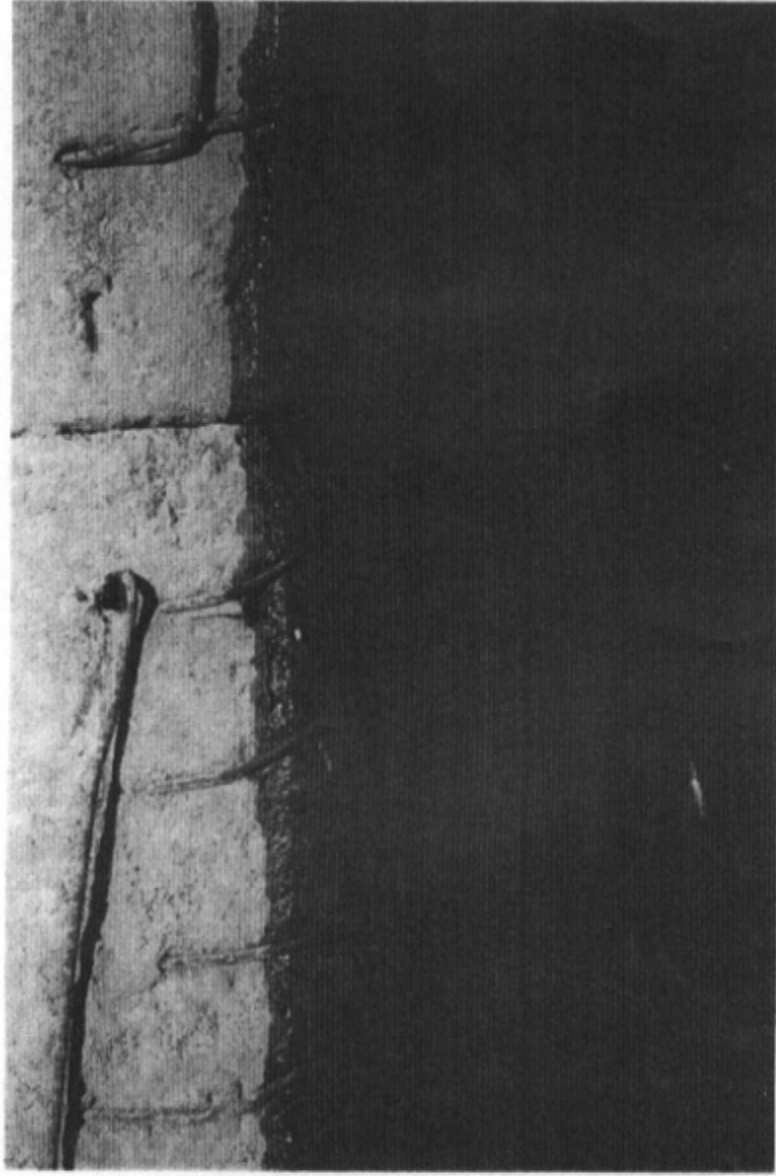
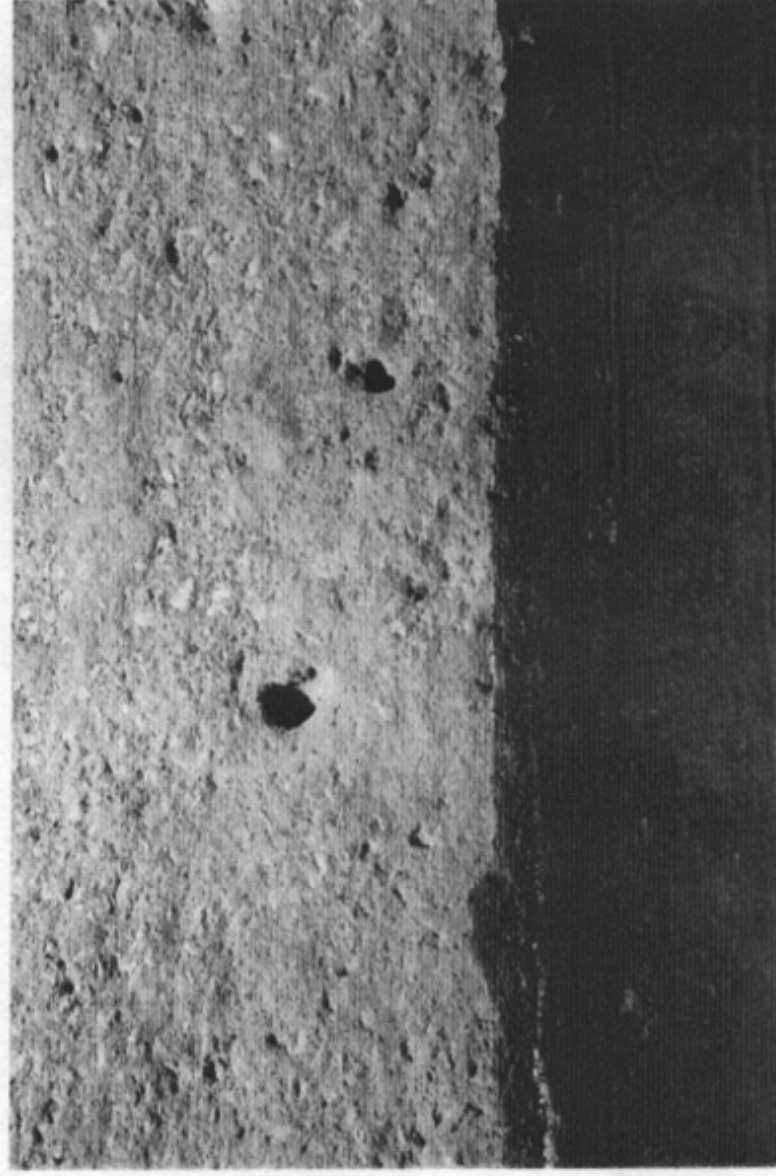
Foto 7- Aspecto da deposição dos blocos no interior da bacia de dissipação e das erosões a jusante



Fotos 8 e 9- Aspectos das armaduras e do betão após a erosão



Fotos 10 e 11- Aspectos das armaduras na soleira terminal após a acção das erosões. São visíveis os blocos de enrocamento.



Fotos 12 e 13- Aspectos das superfícies das paredes laterais após a erosão.