

OBSERVAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE FUNDAÇÕES ROCHOSAS DE BARRAGENS DE ATERRO

Observation of fill dams rock foundations behaviour

A. SILVA GOMES*

F. GUEDES DE MELO*

RESUMO — Até há alguns anos os planos de observação das barragens de aterro fundadas em maciços rochosos tinham por objectivo essencial o estudo do comportamento do aterro. Mais recentemente, no entanto, o planeamento da observação passou a visar também o estudo do comportamento das fundações, particularmente do ponto de vista hidráulico, de modo a contribuir não só para o controlo de segurança do conjunto estrutural em que se integram, mas também, nos casos em que há necessidade de melhorar as características de permeabilidade do maciço rochoso de fundação mediante injeções de caldas, para avaliar a eficiência do tratamento realizado.

A aplicação destes conceitos ao planeamento da componente relativa à fundação do sistema de observação de uma grande barragem portuguesa recentemente construída complementará a apresentação introdutória de algumas considerações sobre as grandezas a observar e os correspondentes instrumentos ou dispositivos.

SYNOPSIS — Up to some years ago the essential object of the observation plans for fill dams constructed on rockmass foundations was the study of the fill behaviour. More recently, however, the observation planning has began also to envisage the study of the foundations behaviour, namely under the hydraulic point of view, in order to contribute not only for the safety control of the whole structure, but also, and whenever the need for improving the impervious characteristics of the rockmass by means of grout injections arises, for the assessment of the efficiency of the executed treatment.

The application of those concepts to the planning of the component of the observation scheme concerning the foundation of a recently built large Portuguese dam will complement the previous presentation of some considerations on the control variables to be observed and on the corresponding instruments or devices.

1 — INTRODUÇÃO

A componente fundação do conjunto estrutural barragem-fundação tem, como se sabe, uma grande importância na segurança desse conjunto. Por outro lado, é corrente despende com a correcção das características do maciço de fundação, designadamente as hidráulicas, quantias significativas em relação ao custo total das obras, as quais em geral superam, e nalguns casos largamente, as quantias estimadas na fase de orçamentação do projecto.

* Investigador-Coordenador do LNEC

As razões anteriormente referidas justificariam que, no planeamento do sistema de observação de uma barragem de aterro fundada num maciço rochoso para o qual se prevê um significativo tratamento por injeções de caldas, a componente fundação merecesse uma atenção correspondente à sua importância estrutural e económica. Constatou-se, no entanto, que a observação das barragens foi marcada, durante decénios, por uma sobrevalorização, em termos relativos, da superestrutura, visando essencialmente verificar a validade das hipóteses de projecto dos aterros, designadamente no que se referia à evolução das tensões neutras, da superfície de saturação e das deformações. Daí que a observação hidráulica da fundação se limitasse à instalação de alguns piezómetros localizados em certas zonas, definidas, não em função das características da fundação, mas em função da distribuição dos instrumentos e dispositivos de observação preconizados para o aterro. A consideração específica do comportamento hidráulico da fundação era ainda dificultada pelo facto de, para a maior parte das barragens de aterro, e até há alguns anos atrás, o projecto praticamente não incluir nada sobre o tratamento da fundação, questão cuja resolução era atribuída a outros técnicos com alguma experiência neste domínio, muitas vezes pertencentes à própria empresa encarregada do tratamento. Este tipo de procedimento tem vindo a ser progressivamente modificado mediante a inclusão no projecto de, pelo menos, uma definição das orientações gerais a ter em conta no tratamento. Esta nova atitude reforçou naturalmente a necessidade de atender, quer no antepiano integrado no projecto, quer no plano de observação, aos problemas específicos da fundação. Assim, no que se refere às grandes barragens de aterro portuguesas, há já alguns anos que se tem vindo a procurar ter em devida conta, por um processo de implementação progressiva de novos conceitos, os aspectos essenciais relativos ao comportamento das fundações. Simultaneamente com este processo tem sido também modificada a filosofia do planeamento da observação do corpo da barragem mediante a aplicação de critérios mais adequados (passando, por exemplo, a privilegiar a observação global, ao invés de concentrar a observação no perfil de maior altura ou nas zonas de transição entre materiais com características muito distintas).

No presente trabalho, após uma referência às diferentes fases de planeamento dos sistemas de observação, tendo em conta o cumprimento da legislação portuguesa sobre a matéria (SCRRB, 1990), e, no âmbito desse planeamento, às grandezas a observar e aos instrumentos e dispositivos correspondentes, apresenta-se um exemplo relativo à observação do comportamento hidráulico da fundação de uma grande barragem de aterro portuguesa recentemente construída.

2 — PLANEAMENTO DA OBSERVAÇÃO DAS FUNDAÇÕES

De acordo com as disposições do Regulamento de Segurança de Barragens (RSB), o planeamento da observação de uma barragem envolve os procedimentos seguintes:

- elaboração do antepiano de observação, documento que deve integrar o projecto, no qual devem ser indicadas, com a respectiva justificação, as grandezas a observar, ajustadas à importância das obras, para verificação dos critérios do projecto e para controlo da segurança estrutural, para cenários correntes e de rotura;
- elaboração do plano de observação, após a aprovação do projecto e previamente ao início da construção, documento de carácter vinculativo cuja organização e conteúdo o RSB define;

- adaptação do plano de observação, em particular durante a fase de construção, de modo a ter em conta as alterações ou adaptações que se tornem necessárias ou recomendáveis face às informações recolhidas no decurso desta fase.

No que se refere ao antepiano de observação o autor do projecto, face às características da barragem e aos resultados dos estudos de reconhecimento e tendo presente os objectivos enunciados, deve procurar definir, pelo menos em termos conceptuais, as grandezas que, do ponto de vista da segurança da obra e considerando os cenários de comportamento mais desfavoráveis, interessará controlar. Isto significa que a concretização do sistema de observação pode ser remetida para o plano de observação. No entanto, no que se refere aos componentes do sistema de observação relativos à fundação, o antepiano de observação deverá, tendo em conta as orientações gerais relativas ao tratamento preconizadas no projecto, definir o tipo de informações a obter e a analisar por forma a considerar, entre outros, os resultados do tratamento, concretizar, na fase final desse tratamento, aqueles componentes.

Nos pontos que se seguem far-se-á uma referência aos tipos de grandezas e aos correspondentes instrumentos e dispositivos que interessará considerar no planeamento da observação das fundações que não apresentem problemas especiais de comportamento. A importância, para a compreensão dos fenómenos ligados à percolação, da caracterização físico-química da água da albufeira e da que afluí, após atravessar o aterro ou a fundação, às galerias ou a jusante, bem como dos materiais do aterro, da fundação e dos utilizados no tratamento, justifica que a referência enunciada seja complementada com a abordagem sucinta desta caracterização.

2.1 – Grandezas a observar

As grandezas a observar numa barragem devem naturalmente ter em conta as dimensões da obra e as suas características próprias. No entanto, e independentemente da adequação dos tipos de grandezas e das quantidades e localização dos correspondentes instrumentos e dispositivos a cada caso concreto, dever-se-á equacionar sistematicamente o interesse da observação das seguintes grandezas:

- subpressões;
- caudais;
- deslocamentos.

No que se refere às subpressões, interessará, do ponto de vista do controlo de segurança, medir os níveis piezométricos e analisar a respectiva evolução nas zonas onde haja risco para a estabilidade da estrutura se esses níveis atingirem valores excessivos face à sobrecarga disponível. A avaliação da segurança poderá, por isso, ser efectuada sem ter explicitamente em conta as diferentes contribuições para a redução da perda de carga, relativamente à albufeira, do maciço de fundação e dos dispositivos de consolidação, impermeabilização e drenagem adoptados. No caso de, complementarmente, se pretender analisar a forma como se processam as perdas de carga ao longo da fundação, tendo em conta as características das respectivas formações e os dispositivos acima referidos, de modo a avaliar a eficiência relativa destes dispositivos, em termos das referidas perdas de carga, interessará medir os níveis piezométricos em várias zonas de modo a procurar quantificar as diferentes contribuições.

Como se sabe, em condições normais, é através da fundação que se processa uma parte significativa da percolação. Este facto, conjugado com o cenário de rotura que causa maiores preocupações em barragens de aterro (a erosão interna), implica que a medição de caudais drenados deva ser efectuada, sempre que possível, de modo a individualizar a contribuição das diferentes zonas da fundação. Essa medição é assim um elemento essencial a considerar, em consonância com a medição das subpressões, dado que, por exemplo, um aumento do caudal percolado, associado a uma diminuição do valor das subpressões na mesma zona, pode indiciar a formação de um percurso de percolação com maior condutividade hidráulica, enquanto uma diminuição de caudal associada a um aumento dos valores da subpressão pode significar a colmatção de um percurso. Em ambos os casos é urgente diagnosticar o problema e avaliar as respectivas consequências para as condições de segurança da obra.

Na generalidade dos casos em apreço (barragens de aterro fundadas em maciços rochosos) a medição dos deslocamentos nas fundações não é essencial, embora, em casos especiais, possa ser, conforme referido, equacionada.

2.2 – Instrumentos e dispositivos de observação

2.2.1 – Piezómetros

Em fundações rochosas de barragens de aterro portuguesas têm sido instalados piezómetros hidráulicos e células de pressão, estas essencialmente nas zonas a montante da cortina de impermeabilização, relativamente às quais o acesso dos piezómetros hidráulicos à superfície do aterro é inviabilizado pela albufeira.

As câmaras de tomada de pressão devem ser dimensionadas de modo a ter em conta as características do maciço rochoso, devendo ser, por um lado, suficientemente longas para intersectar as fissuras ou diaclases mais significativas e, por outro lado, pouco extensas para que a qualidade da análise não seja excessivamente prejudicada pela medianização das pressões que ocorre na câmara.

Para além da fundação pode também interessar medir as pressões ao nível do contacto aterro-fundação dado que podem verificar-se passagens de água quer pela zona superficial do maciço, devido à descompressão que normalmente ocorre nessa zona ou à sua inadequada preparação, quer pela zona vizinha do aterro, devido a eventuais dificuldades de compactação ou tratamento.

A simplicidade, robustez e fiabilidade dos piezómetros hidráulicos e a possibilidade de serem instalados em furos de sondagem executados no final da construção, portanto sem que constituam obstáculo às operações construtivas, posiciona-os como um dos instrumentos mais frequentemente instalados em barragens de aterro e de maior durabilidade. Já no que se refere às células de pressão que mais têm sido usadas (tipo Maihak), a sua durabilidade e, nalguns casos, a própria fiabilidade, enquanto aparentemente operacionais, nem sempre têm sido satisfatórias.

2.2.2 – Medidores de caudais

A importância, já salientada, da medição de caudais (complementada, como se verá em 2.3, pela análise físico-química das águas de percolação) justifica que, a nível do projecto, devam ser adoptadas, sempre que viável, as disposições construtivas que assegurem a possibilidade da recolha de caudais percolados de modo a individualizar as contribuições das diferentes zonas.

A existência de galerias de fundação facilita obviamente a prossecução destes objectivos.

2.2.3 – Marcas superficiais, extensómetros de fundação, tacos de nivelamento e bases de alongâmetro

A medição de deslocamentos em marcas colocadas à superfície dos aterros integra os deslocamentos do corpo da barragem e da fundação. No entanto, no caso de fundações rochosas, os deslocamentos serão praticamente devidos apenas à superestrutura, pelo que não haverá particular interesse na determinação das componentes devidas à fundação.

No caso de se preverem deslocamentos significativos da fundação, quer devidos ao peso próprio da barragem quer às cargas hidrostáticas durante a exploração, quer ainda às acções devidas ao tratamento das fundações (pressões durante os ensaios de absorção de água ou pressões de injeção de caldas), podem utilizar-se extensómetros de fundação, com ancoragens fixadas a diferentes cotas, cuja instalação resultará muito facilitada se existirem galerias.

A inclusão de galerias proporciona, por outro lado, um modo simples de medir eventuais deslocamentos significativos da fundação, mediante a instalação de tacos de nivelamento nas soleiras das galerias, inseridos em redes que acedem a pontos considerados fixos, e de bases de alongâmetro nas juntas de dilatação entre os diferentes blocos. Eventuais deslocamentos significativos devidos à instalação de pressões em fissuras ou diaclases durante o tratamento das fundações podem também ser detectados mediante dispositivos simples colocados nas juntas. Tais dispositivos podem mesmo estar ligados às bombas de injeção, permitindo assim suspender automaticamente o seu funcionamento sempre que se verifique a ocorrência de valores excessivos.

2.3 – Caracterização físico-química dos materiais

Em certas condições, as deteriorações em fundações de barragens de aterro, do tipo da lixiviação dos produtos de injeção, dissolução de materiais ou erosão interna, podem ser detectadas, desde a fase inicial do seu desenvolvimento, mediante análises físico-químicas das águas de percolação, cujos resultados são comparados com idênticas análises efectuadas anteriormente, e com os resultados das análises das águas da albufeira (Silva Gomes et al., 1987). Por outro lado, quando ocorrem ressurgências ou fontes a jusante das barragens, as análises físico-químicas das águas podem dar também indicações úteis sobre a sua origem, perspectivas de evolução e incidência nas condições de segurança da obra (Veiga Pinto et al., 1990).

O estudo das características dos materiais que constituem o corpo da barragem e a fundação e dos produtos injectados durante o tratamento, conjugado com idêntico estudo das águas

da albufeira e de percolação, potenciará naturalmente a interpretação dos resultados das análises físico-químicas a realizar posteriormente. De facto, será não só possível prever o tipo de fenómenos que se poderá desenvolver, como também diagnosticar mais facilmente os que efectivamente venham a ocorrer.

3 — ADAPTAÇÃO DO PLANO DE OBSERVAÇÃO DURANTE A FASE DE CONSTRUÇÃO

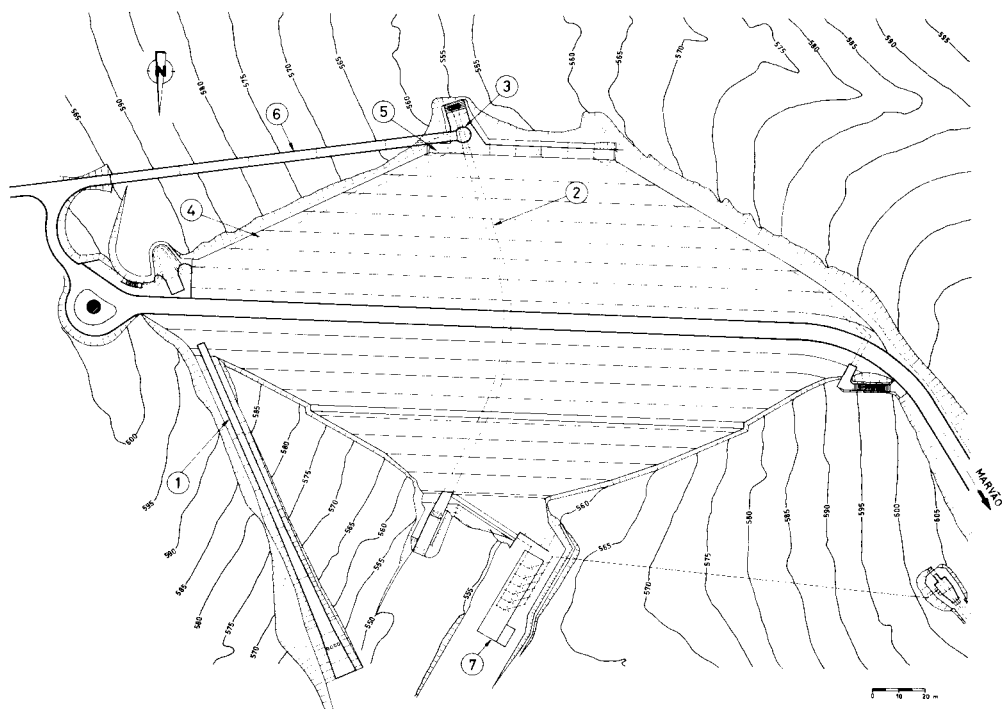
Os planos de observação das barragens necessitam, em regra, de adaptações de modo a ter em conta, conforme referido, as alterações ou adaptações que se tornem necessárias ou recomendáveis face às informações recolhidas no decurso do processo construtivo. Sendo este um facto comum quer para o corpo da barragem quer para a fundação, ele assume uma particular relevância para a fundação dado que não só o conhecimento das suas características é, em grande medida, complementado durante a execução da sua preparação e tratamento, como também algumas das características essenciais são modificadas em resultado desse tratamento.

Essas adaptações, que podem, em princípio, incidir sobre qualquer tipo de grandezas a observar, referem-se, em particular, aos piezómetros. A prática em geral seguida até há bem pouco tempo era caracterizada pelo cumprimento de um plano de observação, elaborado previamente à construção e, portanto, sem atender aos resultados obtidos durante a fase correspondente, que visava essencialmente, como se disse, ou a observação do perfil de maior altura ou uma observação, por amostragem, condicionada pela distribuição dos correspondentes instrumentos e dispositivos pelo corpo da barragem. Os critérios mais recentemente adoptados incluem a adaptação do plano a situações que, no decurso da construção, revelem carecer de particular atenção. A detecção de situações desse tipo passa, entre outras acções, pela análise dos resultados obtidos durante o tratamento que permitam identificar, por exemplo, zonas de elevada permeabilidade, nas quais possa haver risco de o tratamento não ter atingido os objectivos preconizados.

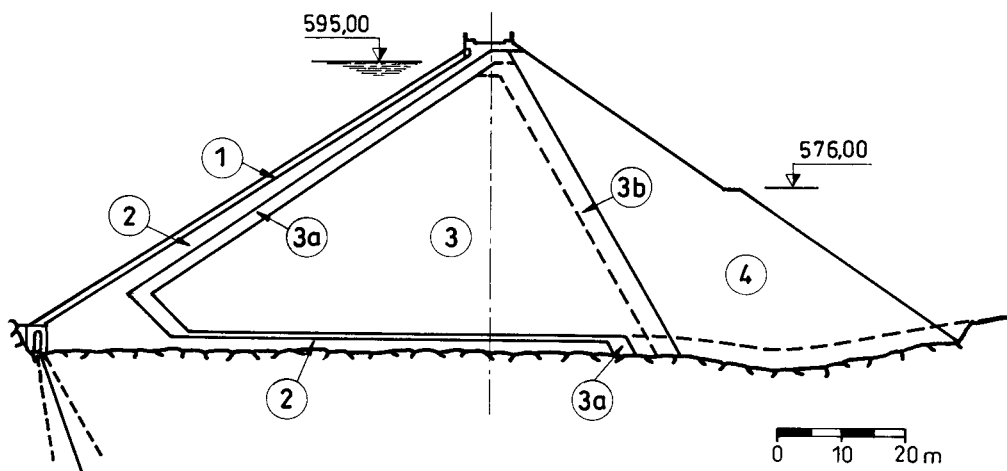
4 — OBSERVAÇÃO DO COMPORTAMENTO HIDRÁULICO DA FUNDAÇÃO DA BARRAGEM DA APARTADURA

A barragem da Apartadura (CNPGB, 1992) é uma barragem de enrocamento de 46 m de altura, com cortina de betão betuminoso a montante, no extremo inferior da qual existe uma galeria de injeções, drenagem e controlo de segurança, fundada num maciço essencialmente constituído por xistos com intercalações de quartzitos e xistos grauvacóides (Fig. 1).

No plano de observação desta barragem não foi incluída a pormenorização dos componentes do sistema de observação relativos à fundação, a qual foi remetida para a fase final do respectivo tratamento. Este tratamento consistiu na injeção de caldas de cimento ao longo de três fiadas de furos (Fig. 2). As fiadas exteriores tiveram funções essencialmente de contenção (de modo a evitar um caminhamento excessivo das caldas de injeção aplicadas ao longo dos furos da fiada central), e a fiada central, orientada por forma a intersectar, o mais perpendicularmente possível, as famílias de descontinuidades em princípio mais responsáveis por percolações no sentido montante-jusante, teve por objectivo primordial melhorar as caracte-



- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| 1 — Descarregador | 5 — Pé de montante |
| 2 — Galeria de desvio | 6 — Passadiço |
| 3 — Tomade de água | 7 — Estação de bombagem |
| 4 — Galeria de drenagem | |



- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1 — Cortina de betão betuminoso | 3a e 3b — Material de transição |
| 2 — Enrocamento de montante | 4 — Enrocamento de jusante |

Fig. 1 — Barragem da Apartadura. Planta e perfil transversal

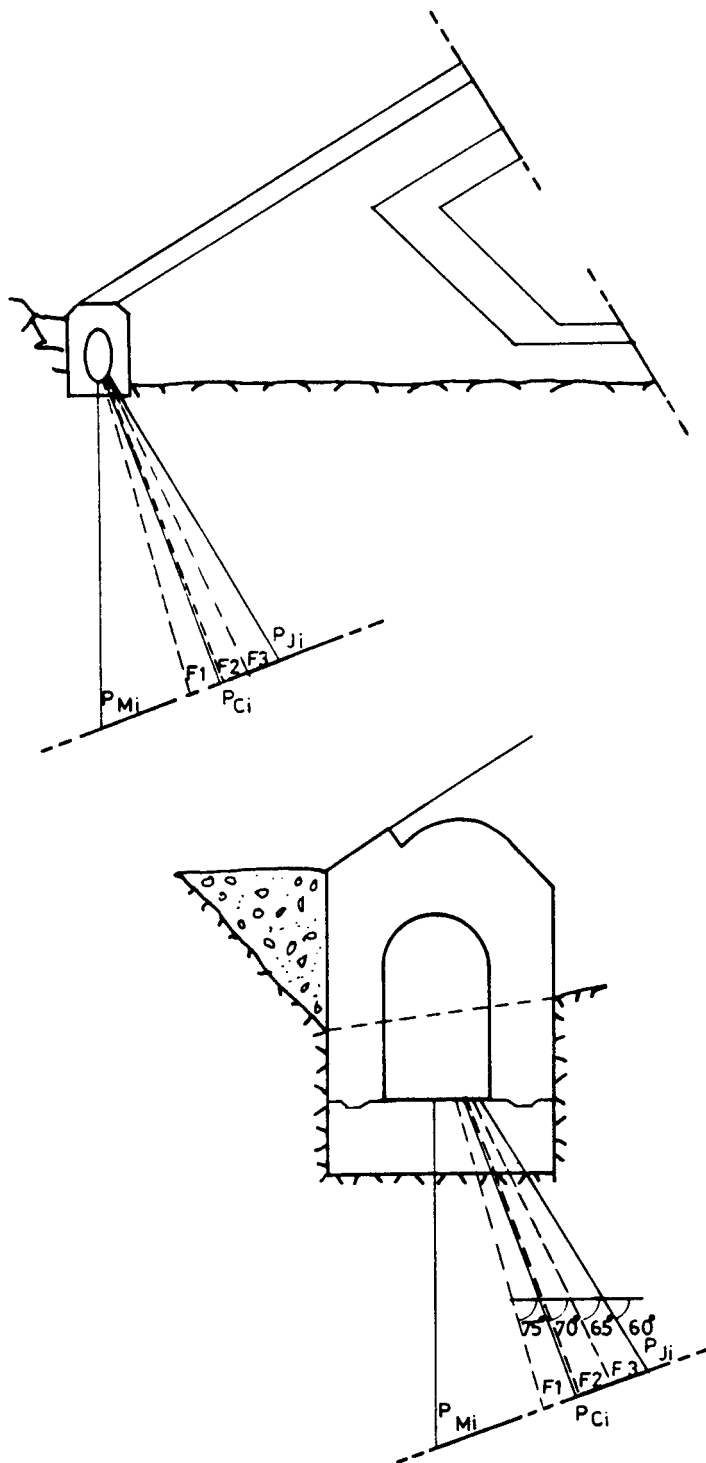


Fig. 2 — Barragem da Apartadura. Cortinas (de contenção e impermeabilização), furos de verificação e leques piezométricos

rísticas de permeabilidade do maciço. As caldas aplicadas na fiada central integravam pequenas percentagens de bentonite destinadas a melhorar as suas condições de estabilidade.

Com o objectivo de contribuir para a definição dos componentes do sistema relativo à fundação procedeu-se, desde o início do tratamento, a uma recolha sistemática dos dados obtidos durante o tratamento da fundação, recolha que foi facilitada pela intervenção do LNEC no âmbito do apoio à Fiscalização no controlo de qualidade do tratamento.

Na fase final do tratamento foi preconizada uma série de furos de verificação da cortina nos quais, tendo em conta uma metodologia previamente definida, poderiam vir a ser instaladas câmaras de tomada de pressão de piezómetros a integrar, eventualmente, em leques definidos num plano normal à galeria.

A referida metodologia, quando aplicada à definição de um furo de verificação e aos procedimentos subsequentes (ensaios e definição das câmaras de tomada de pressão), desenvolveu-se, no essencial, de acordo com a seguinte sequência:

- i) definia-se a localização, orientação e profundidade do furo de verificação numa determinada zona, a partir da análise dos resultados correspondentes à fiada central, dado que esta foi a última a ser executada; o furo de verificação era localizado na vizinhança dos furos da fiada central nos quais tinham sido registadas absorções ainda significativas de água e/ou de calda, pelo que não havia garantia de que a zona envolvente tivesse ficado adequadamente tratada;
- ii) o furo de verificação era executado na intersecção do plano da fiada central com o plano normal à galeria, por troços descendentes, até atingir a profundidade preconizada, o primeiro de 3 metros, contados a partir do contacto betão da galeria-fundação, e os seguintes de 5 m;
- iii) em cada um dos troços eram efectuados ensaios de absorção de água, do tipo Lugeon, com três patamares de pressão (os mesmos que os adoptados nos ensaios de absorção efectuados ao longo dos furos da fiada central e mantidos, também, durante um período de 10 min);
- iv) nos troços em que os valores, em unidades Lugeon, calculados para a pressão máxima de ensaio, ultrapassavam limites previamente fixados (5 Lu, para os troços dos 0 aos 8 m, 6 Lu para os troços dos 8 aos 18 m, 7 Lu, para os troços dos 18 aos 28 m e 8 Lu, para os troços a partir dos 28 m)¹ procedia-se a uma injeção complementar, de acordo com uma metodologia semelhante à adoptada para os troços análogos da fiada central (embora usando pressões ligeiramente superiores, uma vez que o tratamento tinha já, no essencial, terminado); os restantes troços não eram injectados;
- v) a partir da análise dos valores das absorções de água e de calda registados e tendo em conta as características que tinha sido possível deduzir da análise global dos resultados do tratamento (designadamente a que se refere à existência de uma zona na parte superior do maciço de fundação onde se registaram, em regra, valores de absorções

(¹) Embora no projecto tivessem sido estabelecidos limites para as permeabilidades admissíveis de 4 Lu para as fiadas de contenção e 2 Lu para a fiada central, afigurou-se aconselhável adoptar, para os furos de verificação, valores superiores que se aproximam, embora por defeito, dos sugeridos por especialistas de renome (Houlsby, 1985, 1990 ou Kutzner, 1991) para barragens do tipo da Apartadura.

relativamente elevados nos furos secundários das três fiadas), definiam-se as câmaras de tomada de pressão, de acordo com o mesmo princípio que justifica a adopção de valores admissíveis da permeabilidade mais elevados à medida que aumenta a profundidade do troço;

- vi) em alguns dos planos normais à galeria onde foram executados furos de verificação, nos quais se instalaram câmaras de tomada de pressão de piezómetros hidráulicos, foram também executados furos, em leque, um a montante da fiada de contenção de montante e outro a jusante da fiada de contenção de jusante.

Das Figs. 3 e 4 constam elementos que permitem exemplificar a metodologia atrás sucintamente referida em termos conceptuais. Assim, na Fig. 3 estão representados, na forma esquemática habitual, os resultados relativos aos ensaios de absorção de água e às injeções de calda obtidos, numa zona da margem esquerda da barragem adjacente ao fundo do vale, nos furos primários e secundários da cortina central (de impermeabilização), bem como os resultados análogos obtidos ao longo dos furos de verificação FV1, FV2 e FV3. Na Fig. 4, estão representados os resultados obtidos no leque de furos que inclui o furo de verificação FV1.

O conjunto de piezómetros permite, para além da leitura directa, nos respectivos manómetros, das pressões, a sua utilização como drenos temporários, mediante a abertura das torneiras de que os seus sistemas de medida dispõem. A abertura das torneiras dos vários piezómetros é feita de acordo com um processo que visa caracterizar a contribuição individual de cada um dos “drenos” e, somando essas contribuições, obter o caudal que acederia a uma cortina de drenagem materializada por cada um dos três conjuntos de “drenos” (a montante e a jusante da cortina e na sua zona intermédia). Torna-se assim possível, em princípio, avaliar a eficiência da cortina de impermeabilização, quer em termos da perda de carga até cerca de metade da cortina e após o seu atravessamento, quer em termos da redução do caudal proporcionada pela cortina.

À data da elaboração da presente publicação (Abril de 1993) estavam em execução os últimos furos de verificação, prevenindo-se que o primeiro enchimento da albufeira venha a ocorrer durante o próximo Inverno (a partir de Outubro de 1993). Será durante esta fase da vida da obra que a análise dos resultados da observação piezométrica poderá dar indicações relevantes sobre a adequação da metodologia adoptada e, se essa adequação se confirmar, sobre a eficiência do tratamento da fundação da barragem.

5 — CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tal como deverá acontecer para todo o conjunto estrutural barragem-fundação, o planeamento da observação da componente fundação das barragens de aterro deve efectuar-se de modo a procurar integrar, não só as informações contidas no projecto, como também as recolhidas durante a respectiva preparação e tratamento, proporcionando assim, pela identificação dos aspectos mais significativos do ponto de vista da segurança, um adequado controlo nas fases subsequentes da vida da obra (primeiro enchimento e exploração).

No que respeita ao comportamento das fundações foram iniciados há alguns anos estudos, visando um aumento da qualidade do controlo da segurança deste tipo de barragens, que conduziram à adopção de novos conceitos, parte dos quais já aplicados a barragens recentemente construídas.

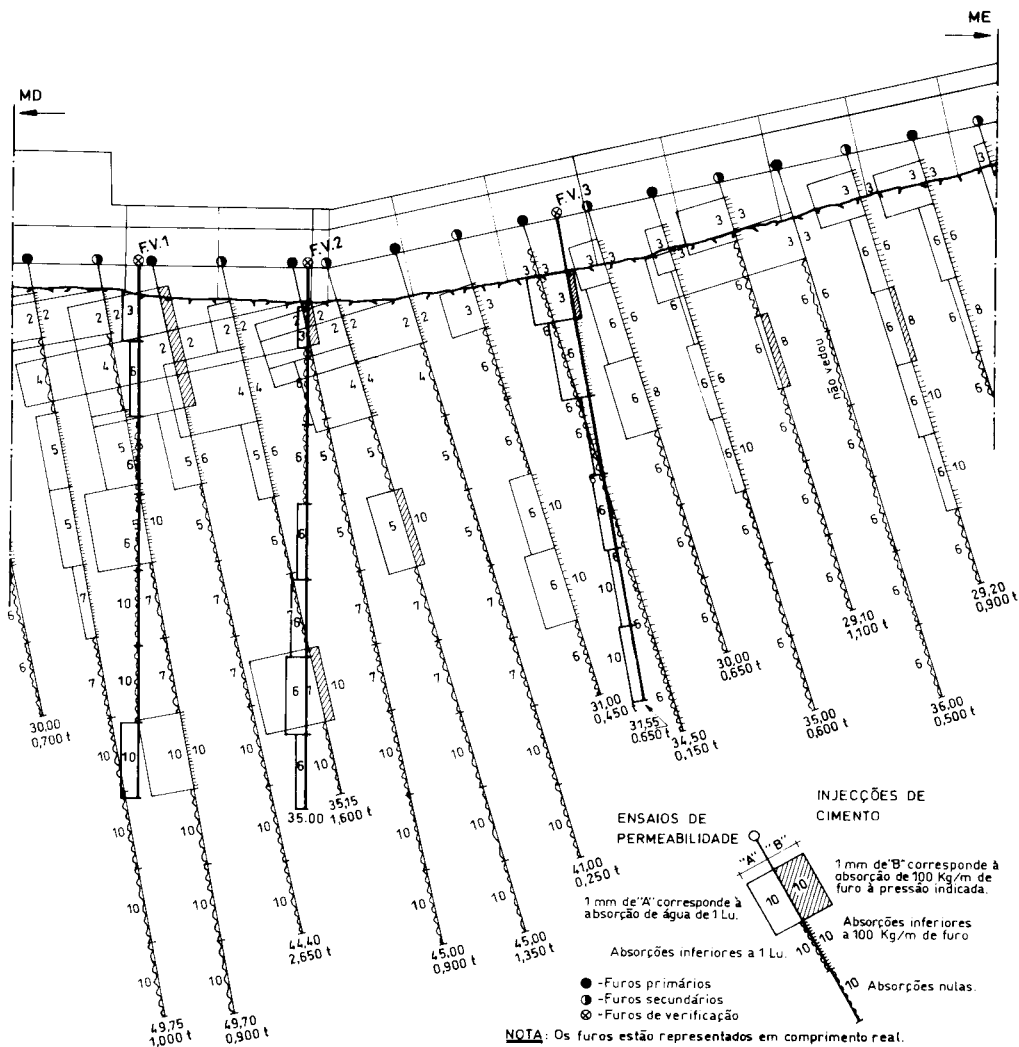


Fig. 3 — Barragem da Apartadura. Resultados obtidos na fiada central (F2) e nos furos de verificação FV1 a FV3

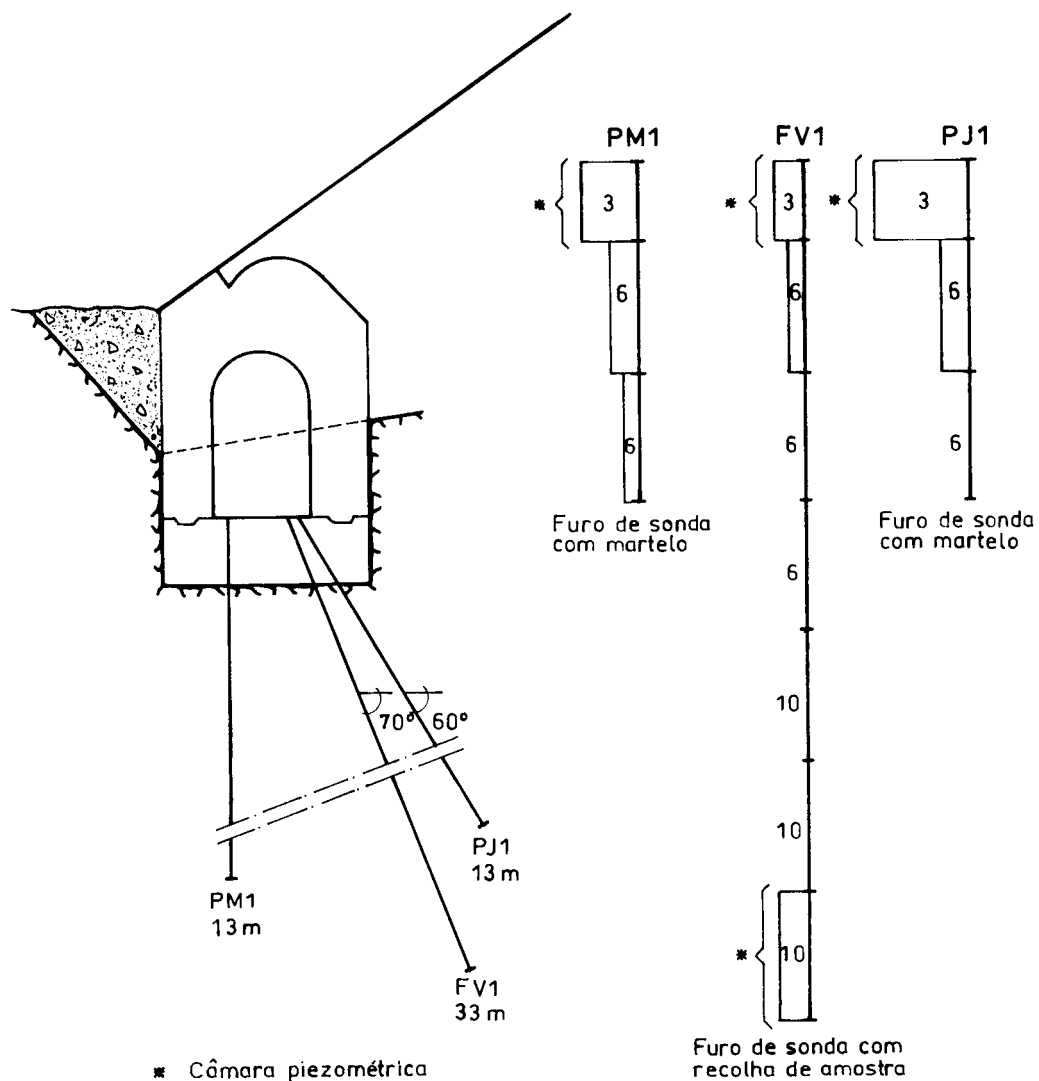


Fig. 4 — Barragem da Apartadura. Resultados dos ensaios de absorção de água e localização das câmaras de tomada de pressão num leque piezométrico

Salienta-se, neste contexto, a adequação da distribuição dos piezómetros às características da fundação, particularmente as que são determinadas em função dos resultados obtidos durante o seu tratamento, a realização de análises físico-químicas dos materiais da barragem e a individualização, sempre que possível, das contribuições de zonas do corpo da barragem e da fundação.

A análise dos resultados da observação das fundações das barragens, particularmente dos obtidos no decurso do primeiro enchimento das respectivas albufeiras, permitirá certamente apreciar a validade dos conceitos que têm vindo a ser objecto de aplicação, adoptar as correcções recomendáveis e, provavelmente, inferir novos conceitos.

NOTA: Os autores expressam o seu agradecimento à Direcção Geral dos Recursos Naturais pela permissão para apresentar, neste trabalho, resultados relativos à barragem da Apartadura

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CNPGB — COMISSÃO NACIONAL PORTUGUESA DAS GRANDES BARRAGENS — *Large dams in Portugal*, Lisboa. 1990.
- HOULSBY, A. C. — *Design and construction of cement grouted curtains*. R60, Q58. 15th ICOLD, Lausanne. 1985.
- HOULSBY, A. C. — *Construction and design of cement grouting. A guide to grouting in rock foundations*. John Wiley & Sons, New York. 1990.
- KUTZNER, C. 1991 — *New criteria for rock grouting in dam engineering*. R18, Q66. 17th ICOLD, Vienne. 1991.
- SILVA GOMES, A.; A. VEIGA PINTO — *Observação da barragem da Meimoa*. Relatório interno, LNEC. 1987.
- SCRRB — SUB-COMISSÃO DE REVISÃO DOS REGULAMENTOS DE BARRAGENS (CSOPT) — *Regulamento de Segurança de Barragens* (Dec.-Lei n.º 11/90, de 6 de Janeiro). 1990.
- VEIGA PINTO, A. et al. — *Beliche dam. Study of a foundation leakage*. 17th ICOLD, Vienne. 1990.