

TRATAMENTO DE CONSOLIDAÇÃO DA BARRAGEM DE ODELOUCA. PLANO DE INSPECÇÃO E ENSAIOS

SURFACE GROUTING TREATMENT OF ODELOUCA DAM. INSPECTION AND TRIALS PLAN

Sousa, João Dias de, *Engenharia, Coordenação e Gestão de Empreendimentos, Lda, Lisboa, Portugal, joao@diasdesousa.org*

RESUMO

Para a execução de barragens, quer em betão, quer em aterro, pode haver necessidade de proceder à melhoria das características geomecânicas dos terrenos de fundação (resistência e deformabilidade). No caso específico da barragem de Odelouca, optou o projectista, face à informação geotécnica disponível, pela realização de injeções de calda de cimento ao longo do eixo da barragem. Assim, tendo como suporte o Projecto Base, Cadernos de Encargos e as Especificações Técnicas da empreitada, foi elaborado pela fiscalização um Plano de Inspeção e Ensaio com o objectivo de garantir a realização das injeções de consolidação dentro dos parâmetros definidos no Projecto.

Através da execução do referido Plano, foi possível sistematizar o tipo e a quantidade de informação a registar. Com base na interpretação dessa informação definiu-se o modo de execução dos trabalhos, nomeadamente a quantidade de calda a injectar, realização de sondagens e ensaios de controlo, que permitiram obter economias significativas sem deixar de se obterem as mesmas características geomecânicas preconizadas no projecto. No presente artigo, apresentam-se as medidas adoptadas.

ABSTRACT

During the construction of concrete or embankment dams, it is sometimes necessary to improve the geomechanical characteristics of their foundations (e.g. deformability and strength). In the particular case of Odelouca dam and according to the available geotechnical data, the designer decided to perform a grout treatment (cement) along the dam axis. Therefore, an Inspection and Trials Plan was implemented by the superintendence following the project, the bid and the construction technical specifications.

The Plan implementation allowed to outline the type and the amount of data necessary to be registered. After the interpretation of these data, grout investigations were carried out. The aim was to develop alternative methods/concepts for grout treatment compared to the methods/concepts described in the contract, while cutting the cost of treatment. This article focuses the main measures implemented by the superintendence.

1. INTRODUÇÃO

A barragem de Odelouca (Fig. 1) insere-se num conjunto mais vasto de obras denominado Aproveitamento Hidráulico Odelouca-Funcho, gerido pelo Instituto da Água (INAG), cujo objectivo é o fornecimento de água ao Barlavento Algarvio; compreende as seguintes partes: Barragem de Odelouca, em construção, e Túnel Odelouca-Funcho, Barragem do Funcho e Adutor Funcho-Alcantarilha, em funcionamento. O Projecto Base levado a concurso para a barragem de Odelouca foi elaborado pela COBA.

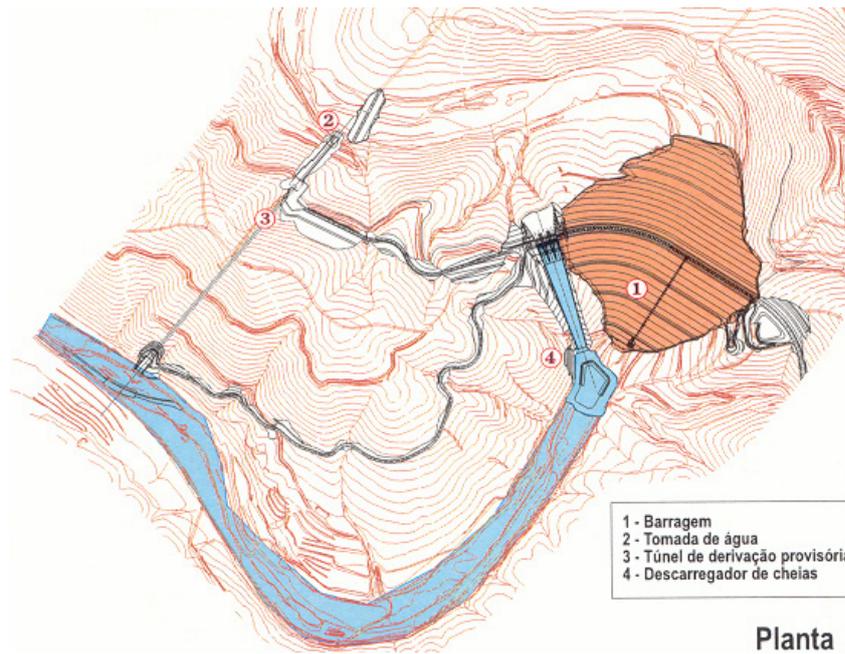


Figura 1- Esquema geral da barragem de Odelouca.

Foi previsto no Projecto Base da barragem a execução de injeções de consolidação (Fig. 2) de calda de cimento ao longo do respectivo eixo. Este trabalho visava melhorar as características geomecânicas (resistência e deformabilidade) dos terrenos de fundação.

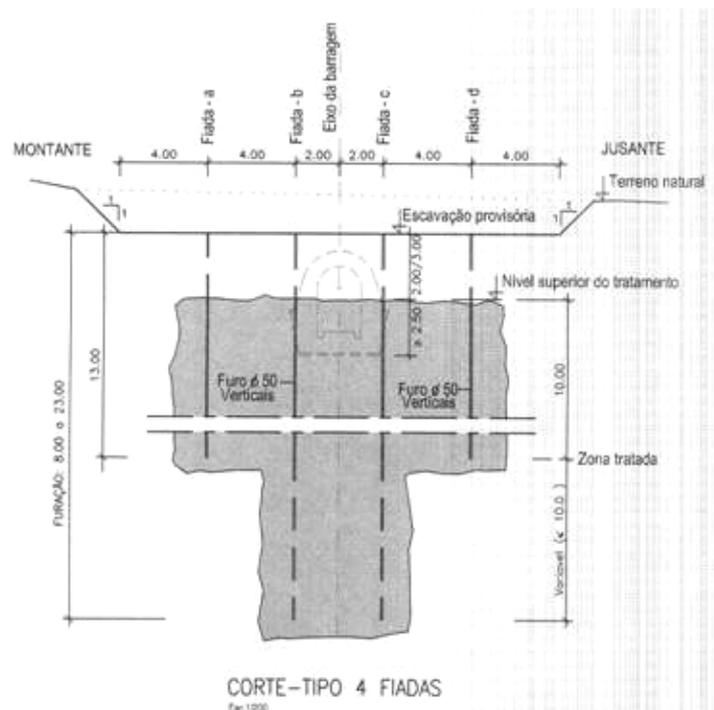


Figura 2 – Esquema tipo da injeção de consolidação executada (NESCO/TÂMEGA e AQUALOGUS , 2002).

Para a execução deste tratamento de consolidação, houve necessidade de realizar um conjunto de obras preparatórias que constaram na desmatagem e decapagem da zona do eixo da barragem (Fig. 3) onde futuramente será instalada a galeria de injeção e o núcleo. Após o tratamento de consolidação, serão realizadas as escavações finais para o encastramento da galeria de injeção.



Figura 3 – Aspecto dos trabalhos na margem direita, na zona do eixo da barragem.

2. PREPARAÇÃO DA EMPREITADA

A qualidade de qualquer obra, e em particular de uma obra geotécnica, assenta numa clara definição dos objectivos que se pretende atingir com a sua execução.

Para além da elaboração cuidada do projecto posto a concurso, existe um conjunto de instrumentos (Caderno de Encargos, Plano de Segurança e Saúde, Anúncio Público, Especificações Técnicas, Memória descritiva, etc.) que devem ser elaborados/adaptados para cada empreitada.

Quando não é possível, na fase de projecto, indicar com objectividade a solução a implementar, como por exemplo a determinação das pressões e tipos de calda a injectar para a cortina de impermeabilização de uma barragem, deve prever-se a realização de áreas de teste. No presente caso, foram aferidos os diferentes tipos de calda, as pressões e quantidades de caldas previstas, permitindo testar a respectiva aplicabilidade ou a necessidade de proceder a alterações relativamente ao preconizado no projecto e adaptando os resultados entretanto obtidos à finalidade da empreitada.

Após a consignação desta empreitada, foram apresentados pelo empreiteiro os diversos documentos previstos no Caderno de Encargos, Especificações Técnicas e Plano de Segurança e Saúde, no prazo estipulado.

Um dos documentos apresentados foi o Plano de Qualidade da empreitada, que incluía o Plano de Inspeção e Ensaios para cada actividade. O Plano é submetido à análise e, sendo necessário, à aprovação pelo Dono de Obra/Fiscalização.

No presente caso, para o tratamento de consolidação da fundação da barragem de Odelouca, foi efectivada a execução de duas zonas experimentais, uma em cada margem (Fig. 4). Foram assim testados os vários tipos de calda propostos pelo empreiteiro, assim como as pressões de injeção e a central de injeção, definidas as sequências de injeção, aferidos os manómetros, etc.



Figura 4 – Aspecto do desenrolar de um ensaio de absorção de água tipo Lugeon, na margem direita.

Com base na análise da informação preexistente, bem como nos novos elementos obtidos no decurso desta fase experimental, foi definido pela Fiscalização o Plano de Inspeção e Ensaios para os trabalhos de consolidação.

3. MEDIDAS IMPLEMENTADAS

Com o novo Plano de Inspeção e Ensaios foram monitorizados todos os trabalhos relativos ao tratamento de consolidação. Ele veio permitir sistematizar as acções de controlo de qualidade dos trabalhos e aferir, diariamente, os trabalhos executados, consubstanciando as decisões necessárias relativamente aos trabalhos em curso.

No geral, redefiniram-se o modo de execução dos trabalhos, nomeadamente a quantidade de calda a injectar, a necessidade de realização de sondagens, total ou parcialmente carotadas, e os tipos de inspeção e de ensaios de controlo a implementar (Quadros 1 a 3).

Este tipo de actuação, alicerçado no respectivo Plano de Inspeção e Ensaios, permitiu ao Dono de Obra uma razoável economia em relação ao número de ensaios Lugeon e volumes de materiais para caldas de cimento previstos inicialmente, tendo-se contudo obtido as características geomecânicas preconizadas no Projecto.

Quadro 1 – Barragem de Odelouca: Tratamento da fundação - Plano de inspecção e ensaios para os ensaios *in situ* (INAG/CENOR/DHVFBO/Fiscalização).

Designação dos trabalhos e materiais	Inspeção/ensaios	Tolerâncias	Referência		Acção correctiva	Frequência	Ficha	Observações
			Volume	Alínea				
Tratamento dos Terrenos de Fundação								
Ensaio in situ								
Ensaio de absorção de água	Permeabilidade/ensaio tipo Lugeon 1 em trechos de 5 m com 3 patamares de pressão		Projecto de Execução, desenho BAR-500-C de Abril 2002		a não realização por motivos não imputáveis ao Dono de Obra implica a sua repetição	Consolidação da Fundação furos primários, realizados em furos alternados, em toda a sua extensão; furos terciários, realizados nos furos das fiadas b e c, em toda a sua extensão. todos os furos primários e terciários deverão ser ensaiados ao longo de todo o seu comprimento. Para os furos terciários espaçados de 12m e quaternários espaçados de 6m, de ensaios no patamar que antecede a profundidade prevista para a cortina (mínimo). No caso do valor superior ao especificado, prosseguir-se-á a furação e os ensaios nos dois seguintes até se obter o valor especificado.	Ficha Técnico ref. O. 1719.03- "Ensaio de Absorção de Água do Tipo Lugeon - Registo de resultado"	Se não se atingirem os valores especificados de absorção, caberá à Fiscalização decidir do aprofundamento ou do tratamento.
			Especificações técnicas B.3.1					
Materiais de Injecção								
Cimento	granulometria	% de retidos (peneiro #200) < a 2%	Especificações técnicas B.4.2		segregação para local próprio, identificado como material não conforme e posteriormente retirado da Obra	por remessa	rubrica do responsável na Guia de remessa	cimento tipo Portland ou Vulcarno compatível com a qualidade das águas

Quadro 2 – Barragem de Odelouca: Tratamento da fundação - Plano de inspeção e ensaios relativos aos materiais de injeção (INAG/CENOR/DHVFBO/Fiscalização).

Designação dos trabalhos e materiais	Inspeção/ensaios	Tolerâncias	Referência		Acção correctiva	Frequência	Ficha	Observações
			Volume	Alínea				
Tratamento dos Terrenos de Fundação								
Areia	granulometria	A areia penetrada recorrendo a um peneiro n.8. Não deverá apresentar mais de 10% de elementos inferiores a 0,1 mm, e a dimensão máxima será de 0,2 mm (de acordo com a norma ASTM C33)	Especificações técnicas	B.4.2.3	segregação para local próprio, identificado como material não conforme e posteriormente retirado da Obra	por remessa	rubrica do responsável na Guia de remessa	Fina, com grãos de preferência rolados, não contendo matérias orgânicas
Água	visual		Especificações técnicas	B.4.2.4	mudança do local de fornecimento de água			A água destinada às injeções apresentar-se-á visualmente limpa, não conterá percentagens exageradas de óleos, de materiais dissolvidos, de sulfatos e de materiais coloidais em suspensão, assim como de elementos de dimensão superiores a 00,80 mm e de matéria orgânica em suspensão ou dissolvida.
Adjuvantes			Especificações técnicas	B.4.2.5	segregação para local próprio, identificado como material não conforme e posteriormente retirado da Obra		rubrica do responsável na Guia de remessa	O emprego de adjuvantes, fluidificantes, aceleradores ou retardadores de presa e de um modo geral, de quais quer produtos adicionados ao cimento deverá ser submetido à autorização da Fiscalização, após a realização de ensaios de laboratório a serem efectuados por conta do empreiteiro, que procurará mostrar as vantagens do seu emprego. É proibido o uso de qualquer produto com composição química desconhecida ou <u>perjudicial</u> à <u>saúde</u> .
Bentonite	limite de liquidez	mais ou menos 400%	Especificações técnicas	B.4.2.6	segregação para local próprio, identificado como material não conforme e posteriormente retirado da Obra		rubrica do responsável na Guia de remessa	A bentonite a ser utilizada na preparação das caldas bentonite-cimento deve apresentar um LL da ordem de 400%

Quadro 3 – Barragem de Odolouca: Tratamento da fundação - Plano de inspeção e ensaios relativos às pressões e controlo das injeções (INAG/CENOR/DHVFBO/Fiscalização).

Designação dos trabalhos e materiais	Inspeção/ensaios	Tolerâncias	Referência		Acção correctiva	Frequência	Ficha	Observações
			Volume	Alínea				
Tratamento dos Terrenos de Fundação								
Produtos Químicos			Especificações técnicas	B.4.2.7	segregação para local próprio, identificado como material não conforme e posteriormente retirado da Obra		rubrica do Guia de remessa	Pontualmente poder-se-á a produtos químicos (em princípio silicato de sódio comercial e bicarbonato de sódio como reactivo)/ O silicato de sódio poderá igualmente ser misturado com caldas de bentonite-cimento de mod a tornar mais rígidas (a adição não deve ultrapassar 2% em peso dos materiais secos)
Caldas de Injecção			Especificações técnicas	B.4.3				as dosagens são definidas pela relação C/A (cimento/água); podem variar entre 1/1 (mais viscosa) e 1/3 (mais fluida)
Argamassa de Injecção	resistência à compressão	não deve ser inferior aos 7 dias a 10,0 Mpa	Especificações técnicas	B.4.3.3				argamassas do tipo coloidal. Não deve apresentar segregação apreciável antes da presa, nem exsudação excedendo 5% em volume/ a quant. De areia expressa em peso não deve exceder 3 vezes a quantidade de
Pressões de injeção								
Pressão de Injecção	Controle da validade de calibração do manómetro		Especificações técnicas	B.4.3.4				a nega é atingida quando a absorção do troço submetido à pressão máxima, e excluindo o volume de preenchimento do furo, for inferior a 0,5 l/min/m, durante 10 min. A pressão máxima será então mantida durante 10 minutos suplementares e a injeção será considerada terminada.
Controlo das Injecções								
Controlo das caldas	Densidade (g/m3)	C/A 1:1 den. >1,45 1:2 den.> 1,25 1:3 dens.>1,20	Especificações técnicas	B. 4.5				será feita uma amostragem regular da calda de injeção na cabeça de injeção para aferição da qualidade. As amostras serão submetidas a ensaios de lab. Para aferir se estão de acordo com as especificações. Em particular para as caldas estáveis bentonite-cimento, determinar-se-á a exsudação ou decantação, tempo de escoamento medido em cone, decantação limite e, resif. mecânica correspondente à doseagem preconizada.
	viscosidade (cone de Marsh) 5mm (seg.)	C/A 1:1 < 40 1:2 < 35 1:3 < 20			rejeição da calda ensaiada, repetição dos ensaios na calda seguinte	uma vez por dia e por cada tipo de calda fabricada; os ensaios são realizados em frente de obra,	Fiscalização antes do início dos trabalhos dos manómetros existentes em obra e a validade da calibração	
	Decantação (%)	C/A 1:1 < 5 1:2 < 15 1:3 <20						

4. CONCLUSÕES

Por norma, a elaboração do Plano de Inspeção e Ensaios para cada tarefa/actividade numa empreitada deve ser uma actividade usual.

Os elementos contratuais e a experiência entretanto obtidas nas zonas de ensaio em cada margem, constituíram um contributo importante para a qualidade e segurança da empreitada, racionalizando e sistematizando a monitorização dos trabalhos, com significativa economia de custos para o Dono de Obra, mantendo a qualidade preconizada.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Instituto da Água a autorização para publicar alguns elementos incluídos no presente artigo.

REFERÊNCIAS

- [1] INAG, Especificações Técnicas, parte B (2001).
- [2] NESCO/TÂMEGA e AQUALOGUS. Tratamento de Fundação. Nota Justificativa introdutória da discussão da metodologia (2002). (7 pp.)
- [3] NESCO/TÂMEGA e AQUALOGUS. Nota Técnica BAR1. Tratamento da Fundação da Barragem (2002) (11+2 pp.).
- [4] NESCO/TÂMEGA e TECNASOL – Tratamento de Fundações. Nota Técnica (2002). (13 pp.)
- [5] COBA. Tratamento da Fundação. NT14_CO (2002). (7 pp.)
- [6] COBA. Análise da Nota Técnica “Barragem de Odelouca. Tratamento de Fundação” (TECNASOL, 2002-05-31), NT17_CO (2002). (3 pp.)
- [7] COBA. Tratamento da Fundação da Barragem. Comentários ao desenho BAR500-A, NT22_CO (2002). (9 pp.)
- [8] INAG. Tratamento de Fundação da Barragem. FAX 2776/DSPO/2002 de 2002/07/30. (2002). (3pp.)
- [9] NESCO/TÂMEGA. Tratamento de Fundação. Metodologia de Injecção – FAX f-726-02-Ar de 2002/08/08 (2002) (4 pp.).