



## INJEÇÃO DE CALDAS CIMENTÍCIAS EM TERRENOS ARENOSOS. MODELAÇÃO FÍSICA

João Bilé Serra <sup>1</sup>, Edgar Tomé <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, Lisboa, [biles@lnec.pt](mailto:biles@lnec.pt)

<sup>2</sup> Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Monte da Caparica [edgartome@gmail.com](mailto:edgartome@gmail.com)

**Palavras-chave:** Areia; Calda; Permeação; Protótipo

**Sumário:** Neste trabalho é apresentado um protótipo experimental para a preparação de modelos físicos de terrenos arenosos melhorados através da permeação de calda cimentícia com bentonite. Descreve-se o equipamento e o seu funcionamento. São apresentados e discutidos os resultados dum programa experimental laboratorial de caracterização de areia permeada com calda de cimento e bentonite com diversos traços. O efeito do tempo de cura foi considerado na escolha do momento de ensaio (7, 14 e 28 dias). Os resultados apresentados permitem avaliar a sensibilidade da permeabilidade, da deformabilidade volumétrica em carga isotrópica e da resistência à tracção relativamente à composição da calda.

### 1. RESUMO

O melhoramento dos terrenos arenosos através da injeção com caldas cimentícias visa a obtenção de características adequadas, em primeiro lugar, do ponto de vista da condutividade hidráulica e, num nível secundário de importância, da deformabilidade e da resistência (Rawlings et al., 2000).

A gama de permeabilidade dos terrenos arenosos propicia a injeção de caldas cimentícias puras ou com adição de argila, com preenchimento dos vazios através da permeação da calda. A injeção de calda por permeação é do tipo selectiva, com recurso a *tubo à manchete*, para permitir uma adequada eficiência de injeção, se necessário recorrendo a repetição de injeção por troços. A eficiência da injeção por permeação depende da adequação entre os parâmetros definidores da injeção – composição da calda, viscosidade corrente da calda, pressão de injeção – e a estrutura do terreno definida pela sua porosimetria.

Neste trabalho apresenta-se um equipamento original, construído no Laboratório de Geomateriais do Departamento de Geotecnia do LNEC, para a simulação laboratorial da injeção de permeação em areias. O equipamento consta de: uma interface água/calda em perspex (cf. Figura 1.a)), um molde cilíndrico em perspex reforçado (cf. Figura 1.b)), uma prensa servo-controlada por pressão (cf. Figura 1.c)), dois controladores digitais de pressão/volume, um transdutor de pressão e diversos tubos de interconexão. Foi desenvolvido no âmbito de uma Dissertação de Mestrado (Tomé, 2010).

Adicionalmente, são apresentados e discutidos os resultados de um programa de ensaios laboratorial visando a caracterização da sensibilidade da eficiência da injeção por permeação aos parâmetros do processo de injeção anteriormente referidos.

Neste programa foram preparados provetes cilíndricos, com diâmetro e altura de 10 cm, de duas areias grosseiras com adensamento prévio seguido de permeação com caldas cimentícias com bentonite. Consideraram-se seis composições distintas, resultantes do cruzamento de três rácios distintos de água cimento (2:1, 3:1 e 4:1) com duas diferentes percentagens de bentonite (2% e 4%). No âmbito do controlo de qualidade dos provetes, estes foram classificados segundo um critério dependente da massa total e da regularidade geométrica, numa escala de 1 a 5 (cf. Figura 2)



Figura 1: a) Interface de pressão água/calda; b) molde de injeção (com visualização do injector no seu interior), c) Fase de injeção do provete arenoso com aplicação de tensão de confinamento vertical no topo do molde

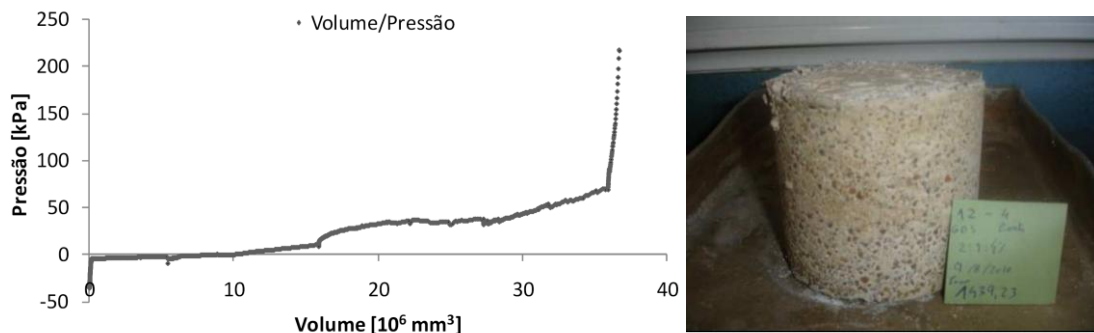


Figura 2: a) Relação pressão de injeção versus volume de calda injectada; b) provete de índice de qualidade 5

São apresentados resultados experimentais de caracterização dos provetes quanto à permeabilidade axial (paralela à direcção do fluxo de injeção), da deformabilidade volumétrica isotrópica e da resistência à tracção em função do traço da calda e do tempo de cura (7, 14 e 28 dias). Na Figura 3 ilustra-se o resultado dum dos ensaios de compressão isotrópica, em que é possível identificar o efeito da história de tensão no declive das linhas de compressão e de descompressão-recompressão.

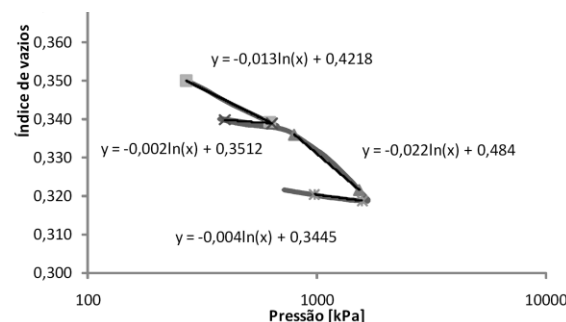


Figura 2: Relação índice de vazios-pressão de confinamento num ensaio de compressão isotrópica

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Rawlings, C. G., Hellawell, E. E. e Kikenny, W. M. (2000) – *Grouting for ground engineering*. Londres, CIRIA.
- [2] Tomé, E. (2010) – *Injecção de caldas cimentícias em terrenos arenosos. Modelação física*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Monte da Caparica, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.