



SUBSIDÊNCIA DE TERRENOS DEVIDO À EXTRAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

João Paulo LOBO FERREIRA¹, Luís G. S. OLIVEIRA² e Sandra HELENO³

¹ Doutor em Engenharia Civil, Núcleo de Águas Subterrâneas, LNEC, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, lferreira@lneec.pt

² Mestre e Engenheiro do Ambiente no Núcleo de Águas Subterrâneas, LNEC, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, loliveira@lneec.pt

³ Doutora em Engenharia Física Tecnológica, Investigadora – Coordenadora do projeto SUBSIn, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1, 1049-001 Lisboa, sandra.helena@ist.utl.pt

Palavras-chave: Subsidência de terrenos; Risco e segurança no espaço urbano; Ordenamento, ambiente e habitabilidade; Extração de água subterrânea.

RESUMO ALARGADO

Sumário: A subsidência de terrenos é um problema com dimensão mundial (e.g. Cidade do México, com elevada velocidade de subsidência, Xangai, Veneza, etc.), sendo uma das suas principais causas a exploração não sustentável de água dos sistemas aquíferos.

O presente artigo relata os trabalhos realizados para a componente de águas subterrâneas do projeto “SUBSIn - Utilização do InSAR na deteção e caracterização de subsidência e deslizamentos do solo na região de Lisboa” (http://www.lneec.pt/organizacao/dha/organizacao/dha/nas/estudos_id/pdf/Site_SUBSIn.pdf), financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia e desenvolvido no Núcleo de Águas Subterrâneas do Laboratório Nacional de Engenharia Civil e Instituto Superior Técnico. Os trabalhos realizados no LNEC/NAS permitiram o desenvolvimento e aplicação de uma metodologia para a análise e resolução do problema de subsidência devido à extração de água subterrânea.

O caso de estudo da zona industrial de Vialonga apresenta velocidades máximas de subsidência de 27 mm/ano (de 1992 a 2006, valores obtidos em PSInSAR no âmbito do serviço pan-europeu GMES-TerraFirma) como resultado da exploração de água subterrânea e de características geológicas desfavoráveis.

O modelo conceptual aplicado à região resultou de várias análises, permitindo o desenvolvimento da modelação (programa MODFLOW) para três períodos: a) antes dos dados PSInSAR; b) durante a obtenção dos dados; e c) o futuro. Considerou-se a possibilidade de três cenários futuros: i) continuação da extração atual de água; ii) paragem (ou diminuição elevada) da extração atual; iii) o mesmo que o anterior mas com a aplicação de recarga artificial. Os dois pontos anteriores verificaram-se ser medidas de mitigação para o problema na região.

A metodologia aplicada permitiu uma boa análise do problema da subsidência de terrenos e medidas de mitigação (resposta) em Vialonga.

1. INTRODUÇÃO

Os principais objetivos do projeto SUBSIn foram a identificação, a monitorização e a análise de zonas de subsidência na Grande Lisboa. Para tal, utilizou-se a tecnologia de Interferometria de Permanent Scatter de imagens Radar de Abertura Sintética (PSInSAR) para a identificação das zonas e velocidades médias de subsidência. A técnica PSInSAR permite a obtenção, através de imagens de radar de abertura sintética, do movimento vertical do terreno na ordem dos milímetros por ano. A Figura 1, retirada de Heleno et al. (2008),

representa as velocidades médias PSInSAR (mais de 350 000 pontos) para o período 1992-2006 e processados pela agência ALTAMIRA (Heleno et al., 2008) para a zona da Grande Lisboa.

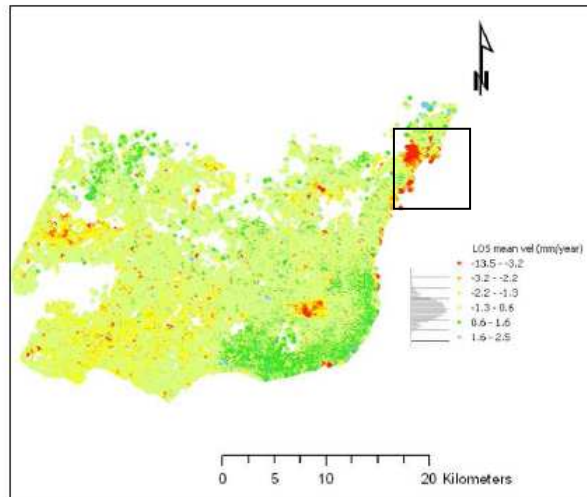


Figura 1 – Mapa da velocidade de movimentos verticais do solo em Lisboa pelo método PSInSAR (Agência ALTAMIRA, período 1992-2006) (retirado de Heleno *et al.*, 2008)

O valor máximo de velocidade média anual obtido foi de 8,10 mm/ano (i.e. uma subida de terreno de 8 mm/ano) e o valor mínimo de velocidade média anual obtido foi de -27,51 mm/ano (i.e. uma subsidência média de 27,5 mm/ano).

Como é possível analisar na figura anterior existe uma forte mancha vermelha de valores negativos nos arredores de Lisboa, na zona Nordeste da área metropolitana de Lisboa, a Oeste do rio Tejo. Esta mancha corresponde ao caso de estudo de Vialonga (cf. Figura 2), localizado no concelho de Vila Franca de Xira, entre as freguesias de Alverca, Vialonga, Forte da Casa e Póvoa de Santa Iria.

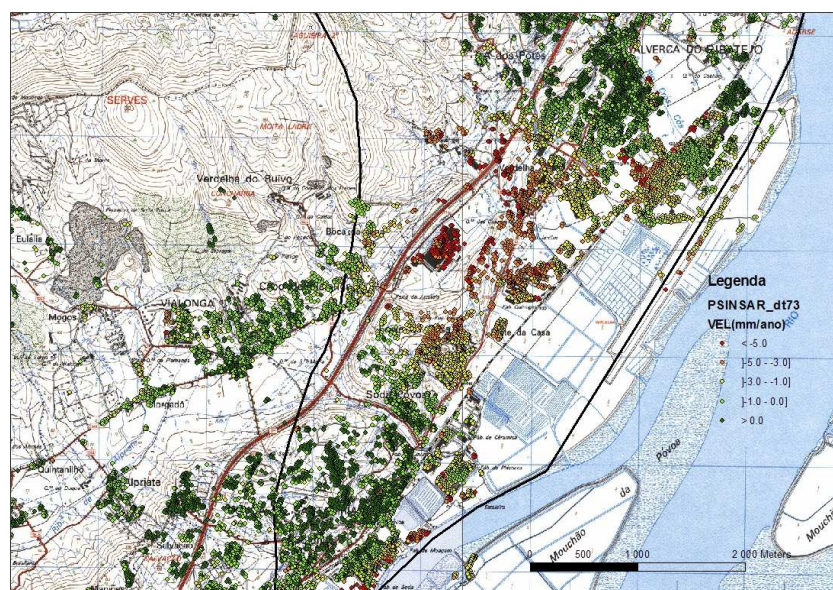


Figura 2 – Localização da zona de Vialonga e velocidades médias de subsidência

O caso de estudo é uma zona maioritariamente coberta por baixa vegetação ou campo livre, o que explica as várias lacunas de dados PSInSAR na zona. Em relação à altimetria as cotas variam entre os 5 metros (junto ao Tejo) e os 289 metros junto a Calhandriz.

Em termos de estruturas urbanísticas a zona identificada é uma zona maioritariamente industrial, sendo a fábrica da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A. (SCC) uma das maiores empresas localizada nessa área. O caso de estudo apresenta, ainda, algumas estruturas habitacionais e é atravessada pela autoestrada A1 e pela via-férrea que liga Lisboa ao Norte do País.

2. MODELAÇÃO DA SUBSIDÊNCIA

Um dos passos da metodologia foi a aplicação de cenários futuros para analisar de que forma o terreno reage face às várias possíveis respostas para a resolução do problema.

A subsidiência de terreno apresenta dois problemas maiores à sua resolução: a) por um lado é um problema que pode ser irreversível e, logo, não apresenta uma solução adequada mas medidas de mitigação ou medidas de resolução dos impactes da subsidiência e b) por outro lado, a compressão do material geológico não cessa assim que é interrompida a pressão por parte do rebaixamento do nível da água. Dessa forma uma medida de mitigação proposta é a aplicação de recarga artificial por injeção na zona da fábrica de cervejas, i.e. a estrutura mais em risco, de forma a fazer com que o estado de equilíbrio estrutural do material geológico a compactar seja atingido antecipadamente (cf. Oliveira et al., 2010).

Tendo em conta o acima exposto foram modelados quatro cenários futuros (até 2015):

1. Os furos não param e mantém-se os mesmos valores de caudal de extração;
2. Os furos diminuem a sua extração para metade e há um isolamento dos ralos nas zonas mais afetadas pela compactação;
3. Todos os furos param de extrair;
4. Os furos param de extrair e existe uma injeção por recarga artificial na zona mais afetada pelo problema (central de cervejas). Este cenário foi subdividido em três:
 - a) Injeção com um valor total de 400 m³/dia de água (100 m³/dia por furo em funcionamento);
 - b) Injeção com um valor total de 800 m³/dia de água (200 m³/dia por furo em funcionamento);
 - c) Injeção com o mesmo valor de caudal que estava a ser extraído.

A Figura 3 representa os resultados da corrida dos cenários 1, 2 e 3 na zona da central de cervejas e a Figura 4 representa os resultados da corrida dos cenários da aplicação da medida de mitigação.

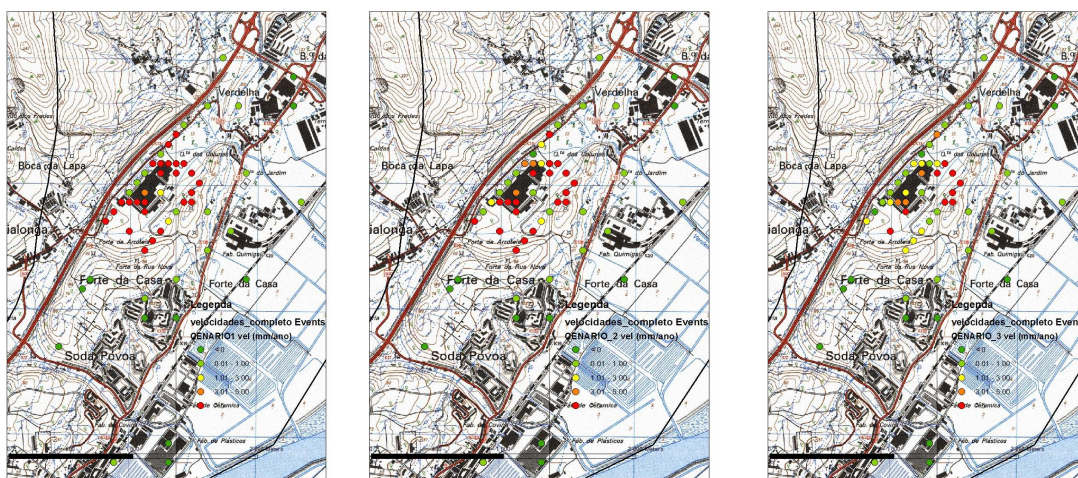


Figura 3 – Resultado das velocidades de subsidiência (em mm/ano) dos cenários futuros (1, 2 e 3)

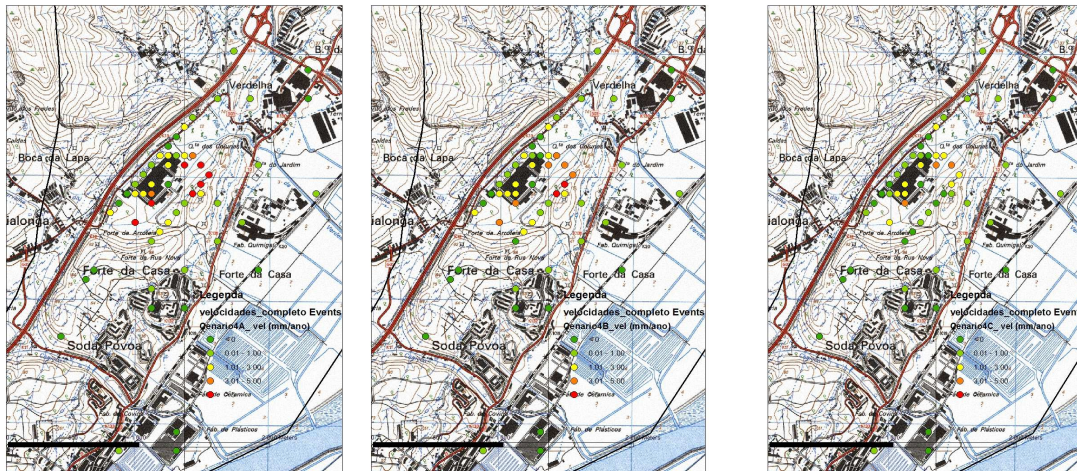


Figura 4 – Resultado das velocidades de subsidência (em mm/ano) dos cenários futuros com aplicação recarga artificial por injeção (A, B e C)

3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo desenvolvido pela componente de águas subterrâneas do projeto SUBSIn permitiu uma boa caracterização, análise e modelação do caso de estudo em Vialonga.

Em relação à modelação do fluxo e subsidência do caso de estudo em Vialonga verifica-se que:

- Os valores de subsidência modelados são aproximadamente iguais aos valores obtidos por PSInSAR. De destacar que os valores PSInSAR são valores de subsidência medidos diretamente e os valores modelados são indiretos e dependem muito do grau de rigor dos dados usados no modelo;
- A subsidência abranda com a modelação da paragem total da extração e, como tal, tem de ser a medida considerada prioritária para uma análise mais pormenorizada.

Como passos a seguir para o problema apresentado é de destacar os seguintes pontos:

- Continuação da monitorização: a) Da subsidência e b) Dos níveis de água subterrânea.
- Melhoramento do modelo através de dados mais precisos sobre as características dos materiais geológicos, nomeadamente relativos: a) À condutividade hidráulica, b) À porosidade, c) Aos coeficientes de armazenamento.

Destaca-se que o estudo efetuado pela componente das águas subterrâneas do projeto SUBSIn, permitirá auxiliar outros estudos ou projetos que envolvam a modelação de subsidência de terrenos devido à exploração não sustentável de água subterrânea.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HELENO, S., LOUREIRO, A., FONSECA, J., MATOS, J., CARVALHO, J., COOKSLEY, G., FALCÃO, A. P. e FERRETTI, A. (2008) - "Detection Of Ground Motion In The Lisbon Region With Persistent Scatterer Interferometry (Psi)", 13th FIG Symposium on Deformation Measurement and Analysis e 4th IAG Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering, Lisboa, 12-15 Maio.

OLIVEIRA, L.G.S., LOBO FERREIRA, J.P., SILVA, S. I. N. H. (2010) - "SUBSIn – utilização do InSAR na detecção e caracterização de subsidência e deslizamentos do solo na região de Lisboa: componente águas subterrâneas: Segundo relatório de progresso referente à análise DPSIR (Driving Forces-Pressures-State-Impact-Responses) e à modelação de subsidência do caso de estudo em Vialonga". Relatório 6/2010-NAS, 47 pp.