SUBSIn – Utilização do InSAR na detecção e caracterização de subsidência e deslizamentos do solo na região de Lisboa

Projecto FCT PTDC/CTE-GEX/65261/2006

Financiamento: Fundação para a Ciência e a Tecnologia

Duração: 2008 – 2009

Instituições: Instituto Superior Técnico; Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Investigador responsável do LNEC: João Paulo C. Lobo Ferreira

Introdução

A subsidência de terrenos é um problema com dimensão mundial (e.g. em determinadas áreas da cidade do México a velocidade de subsidência é de 30 cm/ano), sendo uma das suas principais causas a exploração não sustentável de água dos sistemas aquíferos.

Entre outras aplicações, a técnica InSAR tem vindo a provar ser muito eficaz na detecção de subsidência do solo devida a extracção de águas subterrâneas. Os melhores resultados têm sido obtidos quando a técnica é aplicada em regiões planas, secas e com pouca vegetação, ou urbanizadas.

A região de Lisboa foi escolhida como área de estudo por ser densamente urbanizada, e por apresentar condições favoráveis à ocorrência de deformações geológicas ou antropogénicas. É composta por duas sub-regiões: a Norte, a Grande Lisboa, com cerca de 2 milhões de habitantes, integra 9 municípios (Lisboa, Oeiras, Cascais, Sintra, Amadora, Odivelas, Loures, Mafra e Vila Franca de Xira); a Sul, a Península de Setúbal, com cerca de 700.000 habitantes, integra igualmente 9 municípios (Almada, Barreiro, Seixal, Moita, Montijo, Alcochete, Palmela, Setúbal e Sesimbra).

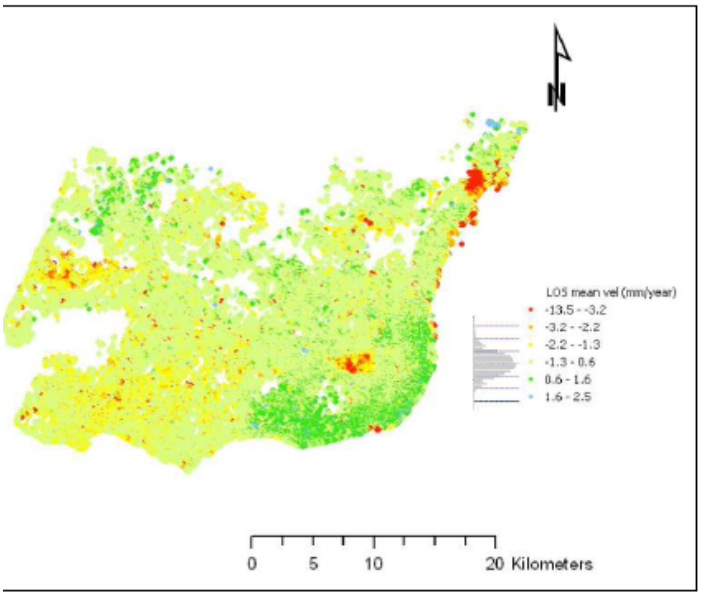

Figura 1 - Mapa da velocidade de movimentos verticais do solo em Lisboa pelo método PSInSAR (Agência ALTAMIRA, período 1992-2006)

O programa MODFLOW, em conjunto com o seu pacote SUB, permite analisar cinco tipos de informações relacionadas com a ligação extracção de água – subsidência. Estas informações poderão dizer respeito ao sistema no geral ou apenas as camadas que compactam: a) Subsidência; b) Compactação; c) Deslocamento Vertical; d) Nível crítico (ou de pré-consolidação) e e) Balanço volumétrico.

Objectivos

O projecto SUBSIn teve como principal objectivo a utilização de interferometria de imagem de radar de abertura sintética (InSAR convencional e PSInSAR) na detecção e caracterização de deformação do solo na zona da grande Lisboa. Após a detecção por InSAR (ou PSInSAR) foi necessário proceder à caracterização e análise das zonas marcadas como problemáticas, tendo como principal objectivo a resolução do problema.
O Núcleo de Águas Subterrâneas teve a seu encargo a componente das águas subterrâneas cujos objectivos foram essencialmente dois:

- Caracterização hidrogeológica dos casos de estudo;
- Realização de estudos de modelação do fluxo de água subterrânea e deformação elástica/inelástica da superfície de forma a analisar possíveis ligações entre extracção de água subterrânea e subsidência de terreno nos casos de estudo.

Considerando estes dois objectivos, realizou-se um estudo metodológico que permitirá servir de base a novos estudos ou projectos que envolvam a modelação de subsidência de terrenos devido à exploração não sustentável de água subterrânea.

Actividades desenvolvidas e resultados

De uma forma simplificada as actividades principais desenvolvidas foram:

- Análise a nível mundial do problema da subsidência de terrenos;
- Caracterização da problemática da subsidência e sua ligação à extracção não sustentável de água subterrânea;
- Identificação das áreas de estudo: zona industrial de Vialonga, três estádios em Lisboa;
- Caracterização simplificada do caso de estudo dos três estádios em Lisboa;
- Caracterização da área de estudo de Vialonga segundo: a) Geologia, b) Climatologia, c) Influência das falhas tectónicas na hidrogeologia, d) Pressões e e) Extracção de água subterrânea;
- Análise DPSIR nos casos de estudo;
- Modelação do fluxo de água subterrânea e subsidência de terreno no caso de estudo em Vialonga;
- Modelação de futuros cenários com vista a resolução do problema do caso de estudo em Vialonga.

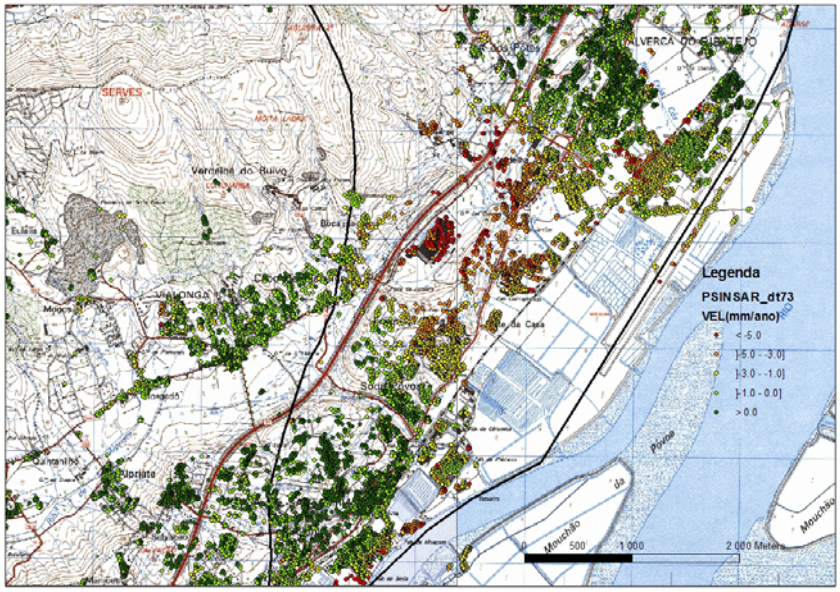

Figura 2 – Localização da zona de Vialonga e velocidades médias de subsidência

Quadro 1 – Histórico do nível piezométrico estático de furos da central de cervejas

Furo	Ano	Nível piezométrico estático (m)
AC1_cerv	03-03-1966	21
	25-06-1993	-44
AC2_cerv	20-06-1966	22,2
	25-06-1993	-37,8
TD1_cerv	22-01-1981	9,5
	19-07-1983	-5
	25-06-1993	-35,3
TD2_cerv	10-08-1986	-10,7
	25-06-1993	-35

Verificou-se através do modelo matemático desenvolvido que existe, na zona de Vialonga, uma correlação entre a água subterrânea extraída e a subsidência de terreno registada.

Figura 3 - Resultados espaciais da subsidência modelada com o pacote SUB em zonas específicas do caso em estudo e comparação com os valores de PSInSAR (velocidades médias anuais em mm / ano)

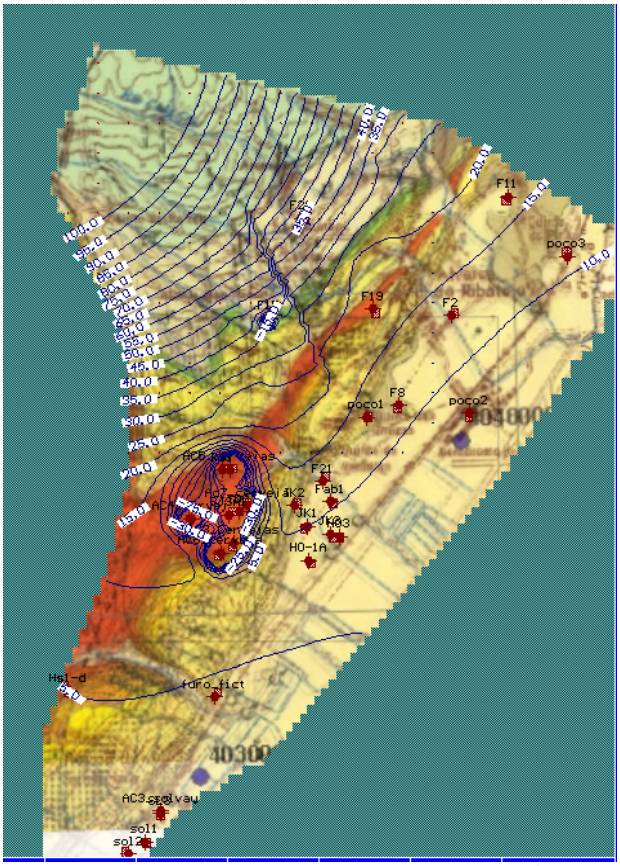

Figura 4 - Resultados em planta da corrida em estado transitório do passo temporal de 1993 a 2007 (nível piezométrico em metros e linhas de fluxo) (resultados da quinta camada e último dia de corrida)

Foram modelados quatro cenários futuros (até 2015):

1. Os furos não param e mantém-se os mesmos valores de caudal de extracção;

2. Os furos diminuem a sua extracção para metade e há um isolamento dos ralos nas zonas mais afectadas pela compactação;

3. Todos os furos param de extrair;

4. Os furos param de extrair e existe uma injecção por recarga artificial na zona mais afectada pelo problema (fábrica da SCC). Este cenário foi subdividido em três:

a) Injecção com um valor total de 400 m^3/dia de água (100 m^3/dia por furo em funcionamento);

b) Injecção com um valor total de 800 m^3/dia de água (200 m^3/dia por furo em funcionamento);

c) Injecção com o mesmo valor de caudal que estava a ser extraído.

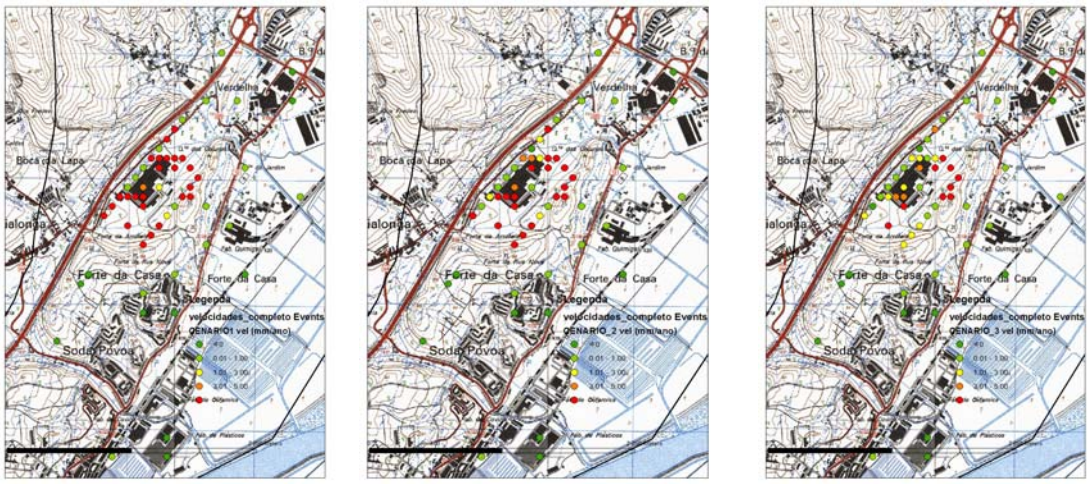

Figura 5 – Resultado das velocidades de subsidência (em mm/ano) dos cenários futuros (1, 2 e 3)

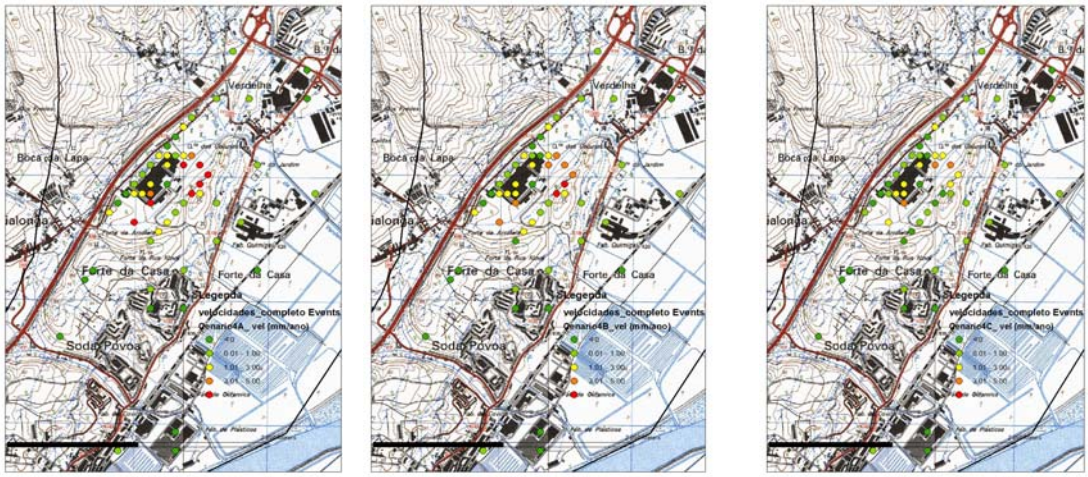

Figura 6 – Resultado das velocidades de subsidência (em mm/ano) dos cenários futuros com aplicação recarga artificial por injecção (A, B e C)

De realçar que a subsidência abranda com a modelação da paragem total da extracção e, como tal, tem de ser a medida considerada prioritária para uma análise mais pormenorizada.

Publicações

Oliveira L. G. S., Lobo Ferreira, J.P.C e Heleno, S. (2009) – “Subsin - Utilização Do INSAr Na Detecção e Caracterização De Subsidência e Deslizamentos Do Solo Na Região De Lisboa: Componente Águas Subterrâneas - Primeiro relatório de progresso referente às bases teóricas e caracterização dos casos em estudo”. Relatório 236/2009- NAS. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil. 82 pp.

Oliveira L. G. S., Lobo Ferreira, J.P.C e Heleno, S. (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 em publicação. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil. 57 pp.

Oliveira, L.G.S., Lobo Ferreira, J.P.C., Cabral, J., Medeiro, A., Heleno, S. (2010) - "Subsidência de terrenos por extracção de água subterrânea: Aplicação ao caso de estudo da zona industrial de Vialonga". 10.º Congresso da Água, Hotel Pestana Alvor Praia, Algarve, 17 pp.