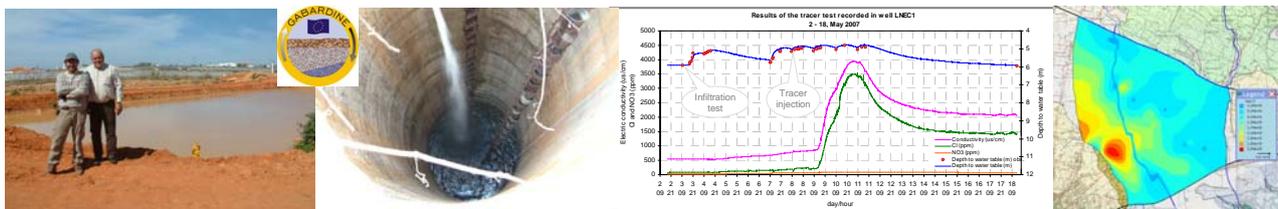


Área temática Inec	Ambiente e sustentabilidade (AS), Dimensões humanas e sócio-economia (DHSE)
Projecto de investigação	P3: Avaliação de recursos hídricos subterrâneos e modelação numérica em hidrogeologia E11: Recarga artificial de aquíferos (Projecto Gabardine)
Investigador responsável	João Paulo Lobo Ferreira
Processo nº	0607/11/16252 (0607/17/15405)



Objectivos

Os principais objectivos do projecto são: (1) identificar fontes alternativas de água e investigar a viabilidade económica e ambiental da sua utilização em zonas semi-áridas, no contexto de uma gestão integrada dos recursos hídricos, (2) investigar os aquíferos como fonte principal para o armazenamento sazonal e a longo prazo destas fontes alternativas de água e (3) melhorar conhecimento sobre as formas de introdução destas fontes de água no aquífero, nomeadamente através da recarga artificial.

As fontes alternativas de água para a recarga artificial de aquíferos podem incluir o excedente do escoamento superficial gerado durante eventos de precipitação, efluentes

urbanos tratados, o excedente de água dessalinizada ou a importação de água.

O desenvolvimento deste estudo abordou diversos assuntos relacionados com o tema tais como: análise das taxas de precipitação, balanços de água e de recarga, identificação de fontes potenciais alternativas de água destinadas à recarga do aquífero e a identificação e estudo das tecnologias existentes para a sua utilização, desenvolvimento de ferramentas para a gestão dos recursos subterrâneos sob influência de recarga artificial, avaliação da vulnerabilidade de aquíferos e caracterização da zona não saturada. Para este Estudo foi proposto também o desenvolvimento e a implementação de um projecto de recarga artificial.

Metodologia

O Projecto foi estruturado em *Work-packages*, dos quais se destacam os que abordam os seguintes temas: a) Precipitação, recarga de aquíferos e balanço hídrico (WP2); b) Fontes alternativas de água e recarga artificial (métodos de investigação, tecnologias, operações de gestão e de utilização) (WP3); c) Metodologias auxiliares (modelos, calibração, análise de sensibilidade, vulnerabilidade) (WP4); d) Casos de estudo (WP5); e) Integração (sistemas de apoio à decisão e de gestão) (WP6); f) Aspectos socio-económicos (WP7) e Disseminação (WP8).

Quatro casos de estudo foram seleccionados para experiências reais de sistemas de recarga artificial de aquíferos: o Llobregat Valley (Espanha), o sistema aquífero da Campina de Faro (Portugal), o aquífero costeiro de Israel e Palestina (na faixa de Gaza) e a Baía de Thessaloniki (Grécia). Estes casos de estudos enfrentam problemas diversos de abastecimento de água devido a sobreexploração, intrusão salina ou poluição por más praticas agrícolas, constituindo a recarga artificial com recurso a fontes de água alternativas uma metodologia viável para a resolução ou minimização dos mesmos.

No caso de estudo da Campina de Faro, o principal objectivo consistiu na optimização da reabilitação das águas subterrâneas através da implementação de recarga artificial, minimizando os efeitos da poluição difusa causados pelas práticas agrícolas. Pretendeu-se que este objectivo fosse concretizado numa área de estudo onde os problemas resultantes destas práticas estão bem documentados, em termos de qualidade das águas subterrâneas, designada em 2004 como zona vulnerável relativamente à concentração nitratos pela aplicação da Directiva dos nitratos. Simultaneamente com "o bom estado de qualidade" referido pela Directiva Quadro da Água, estas são as motivações que serviram de base à implementação de infra-estruturas destinadas a melhoria da qualidade da água subterrânea numa secção deste aquífero, permitindo por outro lado, aumentar a disponibilidade de água subterrânea de qualidade na região Algarvia.

Com este Estudo pretendeu-se assim melhorar o conhecimento científico de uma metodologia que visa não só a melhoria da qualidade da água subterrânea mas também que permite armazenar subterraneamente água de qualidade

em períodos de maior disponibilidade durante eventos de precipitação intensa.

Desenvolveu-se um método indexado para identificação preliminar de áreas candidatas à instalação de sistemas de recarga artificial de aquíferos.

Diversas experiências de recarga artificial foram realizadas neste local de estudo durante o segundo ano do Projecto, exemplificadas nas fotografias seleccionadas (Figura 1). O objectivo das experiências realizadas consistiu em determinar a aplicabilidade das diferentes metodologias de recarga artificial de aquíferos de forma que os resultados obtidos possam contribuir para a elaboração de um sistema de apoio à decisão. Complementarmente incluiu-se o desenvolvimento de um modelo de optimização que incorporará as restrições e os parâmetros conseguidos para a função objectivo. A sua aplicação permitirá a selecção das técnicas mais adequadas

em função da maximização da melhoria da qualidade da água e minimização dos custos totais.



Figura 1 • Ensaio de recarga artificial realizados na Campina de Faro

Principais desenvolvimentos

- Caracterização dos cinco casos de estudo - WP5/Deliverable D51
- Avaliação dos principais componentes de recarga de aquíferos (Caso de estudo Português) - WP2 (Figura 2)
- Quantificação das necessidades de água para recarga artificial do aquífero da Campina de Faro, tendo como objectivo a melhoria da qualidade da água e o cumprimento da Directiva Quadro da Água - WP2/Deliverable D24
- Identificação de fontes de água alternativas para recarga artificial e quantificação de volumes de água - WP3/Deliverable D31
- Plataforma em SIG para cada caso de estudo - WP5/Deliverable D52 (Figura 3)
- Metodologia para identificação preliminar de áreas candidatas a implementação de recarga artificial - WP4 (Figura 4)
- Ensaio de recarga artificial no caso de estudo da Campina de Faro - WP5/Deliverable D54 (Figura 5, Figura 6, Figura 7)
- Monitorização sazonal da piezometria e qualidade da água subterrânea. Monitorização continua nas bacias de infiltração (Figura 8, Figura 9, Figura 10)
- Modelação matemática do escoamento subterrâneo e do transporte de nitratos face a diferentes cenários de recarga artificial no caso de estudo da Campina de Faro (Figura 11)
- Aplicação de um sistema de apoio à decisão com base numa análise multicritério para selecção de metodologias de recarga artificial, considerando critérios ambientais e económicos (Figura 12)
- Workshop on *Assessment Methods* (Lisboa, LNEC, Nov., 6, 2006) – WP8

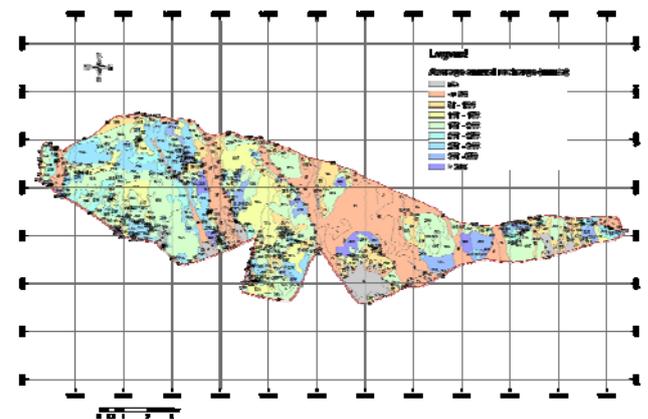


Figura 2 • Recarga de aquíferos determinada pelo modelo numérico de balanço hídrico sequencial diário BALSEQ_MOD

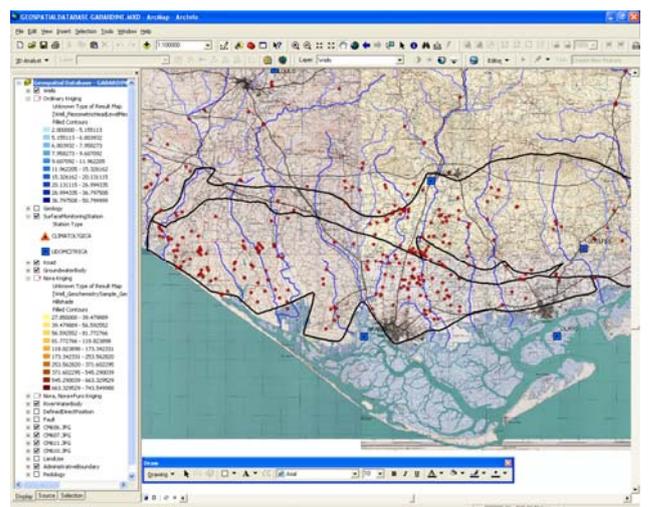


Figura 3 • Plataforma em SIG para o caso de estudo da Campina de Faro

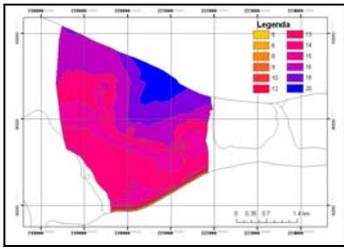


Figura 4 • Aplicação preliminar do índice GABA-IFI à área de estudo da Campina de Faro

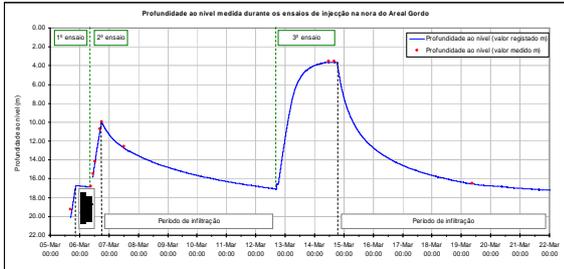


Figura 5 • Ensaios de injeção numa nora da Campina de Faro (Areal Gordo)

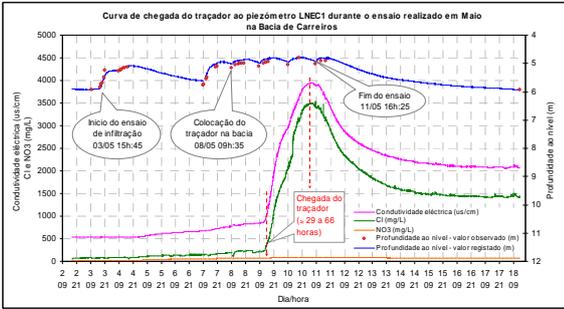


Figura 6 • Curva de chegada durante o ensaio de traçador na bacia de infiltração no rio Seco (Carreiros)

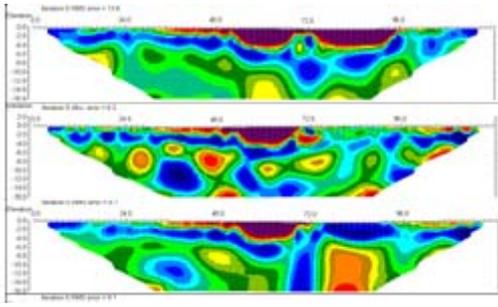


Figura 7 • Modelos de resistividade eléctrica obtidos antes, durante e após o ensaio de traçador na bacia de infiltração do leito do rio Seco, Carreiros (Mota, 2007)

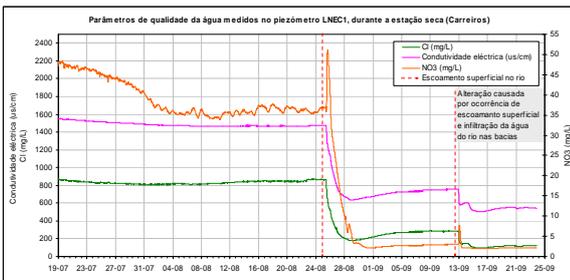


Figura 8 • Variação da qualidade da água no aquífero superior da Campina de Faro, após episódios de escoamento superficial no rio Seco (bacias de infiltração de Carreiros)

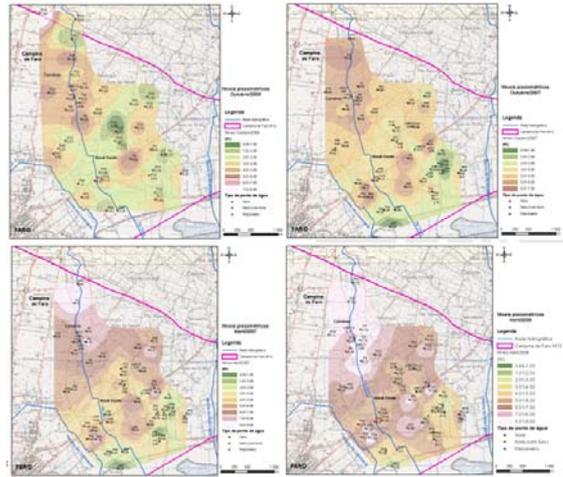


Figura 9 • Distribuição sazonal da piezometria na Campina de Faro

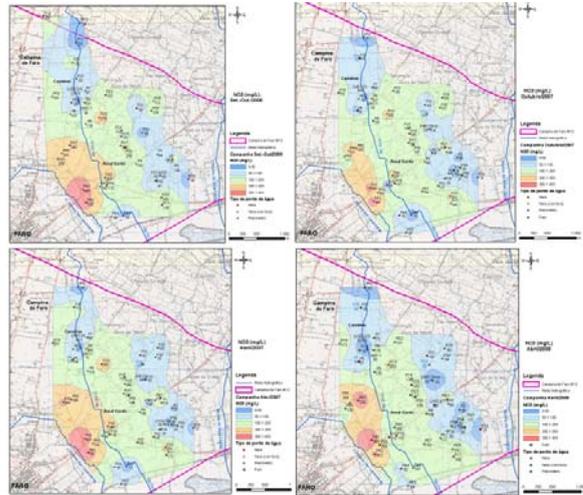


Figura 10 • Mapeamento sazonal da concentração de nitratos na Campina de Faro

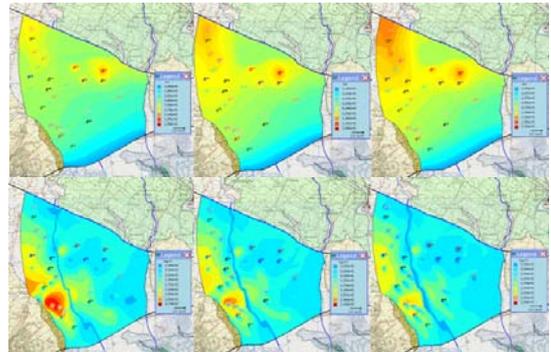


Figura 11 • Modelação matemática do escoamento subterrâneo e do transporte de nitratos face a cenários de recarga artificial do aquífero superficial da Campina de Faro

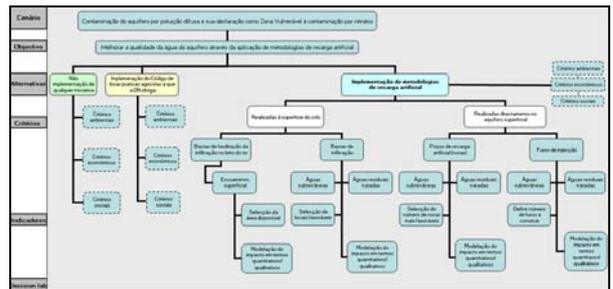


Figura 12 • Organograma para a estruturação do problema de decisão a formular para o Desion Lab

Equipa de trabalho LNEC	Nome	Função
	João Paulo Lobo Ferreira	Investigador responsável
	Catarina Diamantino	Bolseira de Doutoramento
	Manuel M. Oliveira	Investigador Auxiliar
	Teresa E. Leitão	Investigadora Principal
	Maria João Moinante	Assistente de Investigação
	Maria José Henriques	Técnica Superior
	Rogério Mota	Investigador Auxiliar

Equipa de trabalho Externa	Nome	Observações
	Albino Medeiros	Prestação de Serviços

Outras fontes de financiamento

6.º Programa-Quadro de Investigação da União Europeia, Projecto GABARDINE - "Groundwater artificial recharge based on alternative sources of water: advanced integrated technologies and management".

Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT); Bolsa de Doutoramento de Catarina Diamantino.

Publicações mais relevantes internacionais

Reuniões técnico-científicas

Diamantino C.; Lobo Ferreira, J.P., Leitão T. (2007) - "Artificial aquifer recharge experiments in the Portuguese Campina de Faro Case-Study area". In Proceedings XXXV IAH Congress, Groundwater and Ecosystems, Ribeiro, L., Chambel, A., Condeso de Melo, M.T. Eds, 17 a 21 de Setembro de 2007, Lisboa, 10 pp.

Relatórios

Lobo Ferreira, L.F., Diamantino, C., Oliveira, M., Moinante, M.J., Dimitriadis, K., Styllas, M., Soupilas, T., Maheras, P., Anagnostopoulou, C., Tolika, K., Vafiadis, M., Machairas, C., Sanchez-Vila, X., Vazquez-Suné, E., Barbieri, M., Bensabat, J., Hadad, A., Rabi, A. e Tamimi, A. (2006) - "Questionnaire on Test Site Characterization" - Five Questionnaires are available for each test site: Portugal, Spain, Greece, Israel and Palestine (Month 03). Milestone M21 of GABARDINE Project. LNEC. February, 2006.

Lobo Ferreira, J.P., Oliveira, M., Diamantino, C., Moinante, M.J., Medeiros, A., Dimitriadis, K., Styllas, M., Soupilas, T., Maheras, P., Anagnostopoulou, C., Tolika, K., Vafiadis, M., Machairas, C., Sanchez-Vila, X., Barbieri, M., Bensabat, J., Hadad, A., Rabi, A., Tamimi, A. (2006a) - "Identify potential alternative sources of water for each Test Site". Deliverable D31 of GABARDINE Project.

Lobo Ferreira, L.F., Diamantino, C., Moinante, M.J., Oliveira, M., Leitão, T., Henriques, M.J., Medeiros, A., Dimitriadis, K., Styllas, M., Soupilas, T., Maheras, P., Anagnostopoulou, C., Tolika, K., Vafiadis, M., Machairas, C., Sanchez-Vila, X., Barbieri, M., Bensabat, J., Hadad, A., Rabi, A., Tamimi, A. (2006b) - "Test Sites and their characteristics". Deliverable D51 of GABARDINE Project of GABARDINE Project.

Lobo Ferreira, J.P., Diamantino, C., Oliveira, M., Leitão, T., Moinante, M.J., Henriques, M.J., Medeiros, A., Charneca, N., Mota, R., Oliveira, M. (2006) - "First Year Activity Report on Work Package 5".

Oliveira, M. (2006) - "Ensaio com Georadar num terreno em Conceição, Faro". LNEC, Relatório 4/2006 DG/NGE.

Mota, R. (2006) - "Prospecção geofísica pelo método da resistividade eléctrica, no âmbito do Projecto Gabardine, em Conceição, Faro. LNEC, Relatório 6/2006 DG/NGE.

Medeiros, A. (2006) - "Geophysical Assessment of Campina de Faro Case Study Area with Vertical Electrical Sounding", Nota Técnica 1/2006/NAS.

Lobo Ferreira, J.P.C., Diamantino, C., Oliveira, M., Leitão, T. (2007) - "Gabardine - Second Year Activity Report - LNEC Activity, Nov." 31 pp.
Lobo Ferreira, J.P. (2007) - "Gabardine - Second Interim Activity Report - WP5 Activity. Junho". 7 pp.

Wojda, P., Oliveira, M.M. (2007) - "GIS platforms for each Test Site. Algarve Test Site - Draft". Deliverable D52 of GABARDINE Project. 19 pp.
Lobo Ferreira, J.P.; Oliveira, M.M.; Diamantino, C.; Leitão, T.E. (2007) - "LNEC Contribution to D24: AR needs in Campina de Faro. Julho". 6 pp.

Sánchez-Vila, X., Barbieri, M., Abarca, E., Vazquez-Suné, E., Carrera, J., Lobo Ferreira, J.P.C., Oliveira, M., Diamantino, C., Leitão, T., Dimitriadis, K.,

Bensabat, J. (2007) - "Current necessities for artificial recharge in the Test Sites". Deliverable D24 of GABARDINE Project. Julho, 24 pp..

Mota, R. (2007) - "Time-lapse resistivity tomography with a saline tracer for the Gabardine Project in Carreiros, Faro". LNEC, Relatório 325/2007 DG-NGEA.

Dimitriadis, K.; Styllas, M.; Lobo Ferreira, J.P.C.; Diamantino, C.; Leitão, T.E.; Henriques, M.J.; Oliveira, M.M.; Mota, R.; Anagnostopoulou, C.; Tolika, K.; Sanchez-Vila, X.; Barbieri, M.; Bensabat, J.; Hadad, A.; Rabi, A.; Tamimi, A.R. (2007) - "Gabardine - Deliverable 54. Results of the field investigations". Draft version. 53 pp.

Publicações mais relevantes nacionais

Revistas

Diamantino, C.; Lobo Ferreira, J.P.; Mota, R. (2008) - "Ensaio de recarga artificial e aplicação de métodos geofísicos no leito do Rio Seco (Projecto Gabardine)". Revista Tecnologia da Água de Julho/ Setembro de 2008.

Reuniões técnico-científicas

Lobo Ferreira, J.P. (2007) - "First year achievements of GABARDINE Project in Portugal". Artigo apresentado no "Seminário sobre Águas Subterrâneas", Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, Lisboa, 1-2 Março, 2007, 10 pp.

Diamantino, C.; Lobo Ferreira, J.P.; Mota, R. (2008) - "Ensaio de recarga artificial e aplicação de métodos geofísicos no leito do Rio Seco (Projecto Gabardine)". 9.º Congresso da Água. 2-4 de Abril de 2008, Cascais, 15 pp.

Mota, R.; Monteiro dos Santos, F.; Diamantino, C.; Lobo Ferreira, J.P. (2008) "Evolução temporal da resistividade eléctrica aplicada a estudos ambientais e hidrogeológicos". XI Congresso Nacional de Geotecnia. 7 a 11 de Abril de 2008, Coimbra, 10 pp.

Lobo Ferreira, J.P. (2008) - Apresentação dos objectivos e dos resultados alcançados para o Algarve no Projecto Gabardine e na Acção de Coordenação ASEMWaterNet". Workshop International Year of Planet Earth (IYPE) - "Groundwater: reservoir for a thirsty planet. Aquifer storage and recovery methodologies aiming at drought mitigation and integrated water resource Management of the Algarve". Centro de Congressos do LNEC, 27 de Novembro de 2008 (comunicação oral).

Diamantino, C. (2008) - "Modelação matemática do aquífero da Campina de Faro e optimização num projecto de recarga artificial de aquíferos". Workshop International Year of Planet Earth (IYPE) - "Groundwater: reservoir for a thirsty planet. Aquifer storage and recovery methodologies aiming at drought mitigation and integrated water resource Management of the Algarve". Centro de Congressos do LNEC, 27 de Novembro de 2008 (comunicação oral).

Tese e Programas de Investigação

Doutoramento

Diamantino, C. (2008) - "Recarga Artificial de Aquíferos: Aplicação ao Sistema Aquífero da Campina de Faro", Dissertação de Doutoramento a submeter à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Doutor em Geologia (Hidrogeologia) - Documento provisório, Julho de 2008, 291 pág.