



Lisboa, 5-6 Março 2009



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DE RECARGA ARTIFICIAL NO SISTEMA AQUÍFERO DA CAMPINA DE FARO (PROJECTO GABARDINE)

J.P. Lobo Ferreira
Catarina Diamantino



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

**P3: Avaliação de recursos hídricos subterrâneos
e modelação numérica em hidrogeologia**

E11: Recarga artificial de aquíferos (Projecto Gabardine)

**J. P. Lobo Ferreira
C. Diamantino
Manuel Oliveira
Teresa Leitão
Maria José Henriques
Maria João Moinante**

NAS

Projecto GABARDINE



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

6º Programa-Quadro de Investigação da UE (Nov. 2005 – Abr. 2009)

“Groundwater artificial recharge based on alternative sources of water:
Advanced integrated technologies and management”

Internet site: www.gabardine-fp6.org

Principal objectivo: “*Identificar fontes de água alternativas destinadas à recarga artificial de aquíferos e investigar a viabilidade ambiental e económica da sua utilização no contexto de uma gestão integrada dos recursos hídricos*”

- (a) Investigar a possibilidade de incrementar os recursos hídricos disponíveis em zonas semi-áridas através de **fontes de água alternativas** artificialmente recarregadas nos aquíferos, e.g.:
- Escoamento superficial gerado durante eventos de precipitação intensos
 - Águas residuais tratadas
 - Água dessalinizada excedentária
- (b) Investigar a **viabilidade de utilização dos aquíferos** como meio principal para o armazenamento sazonal e a longo prazo destas fontes alternativas de água. Melhorar o conhecimento sobre as metodologias para a sua recarga artificial.
- (c) Avaliar o **impacto de fenómenos modificadores** (alterações climáticas, intrusão salina, etc) e propor medidas para prevenir ou mitigar o seu impacto.
- (d) Desenvolver um **Sistema de Suporte à Decisão** destinado a uma gestão eficiente do uso da água no contexto da recarga artificial de aquíferos.



Projecto GABARDINE

6º Programa-Quadro de Investigação da UE (Nov. 2005 – Abr. 2009)



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



“Groundwater artificial recharge based on alternative sources of water:
Advanced integrated technologies and management”

Internet site: www.gabardine-fp6.org

Work packages

Coord.
*Technion – Israel Institute of
Technology e Aristotle
University of Thessaloniki*

Coord.
*Universitat Politecnica de
Catalunya*

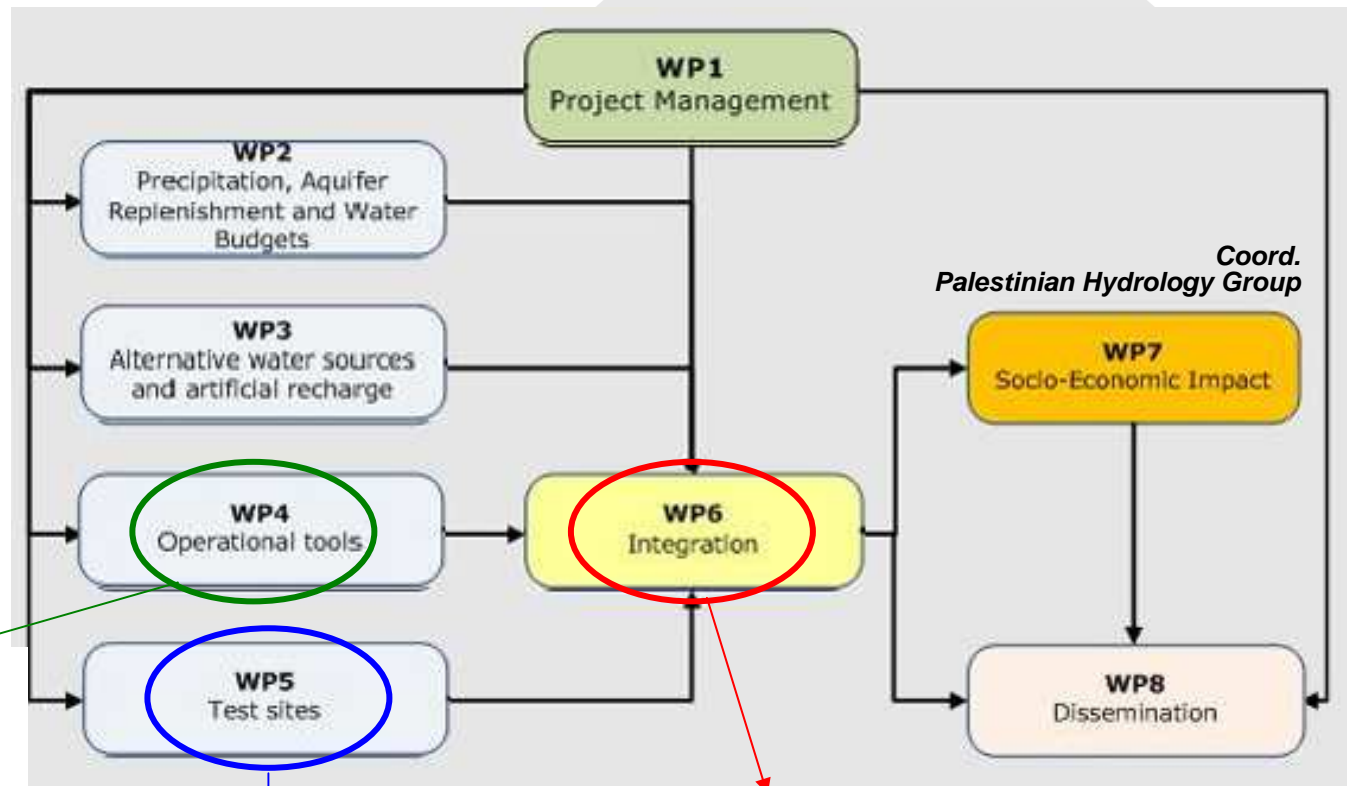
Coord. University of Nottingham

- Groundwater numerical model
- Multi-component flow and transport processes
- Rating methodology for a preliminary identification of candidate areas for artificial recharge.

Coordenado pelo LNEC
(4 Test sites)

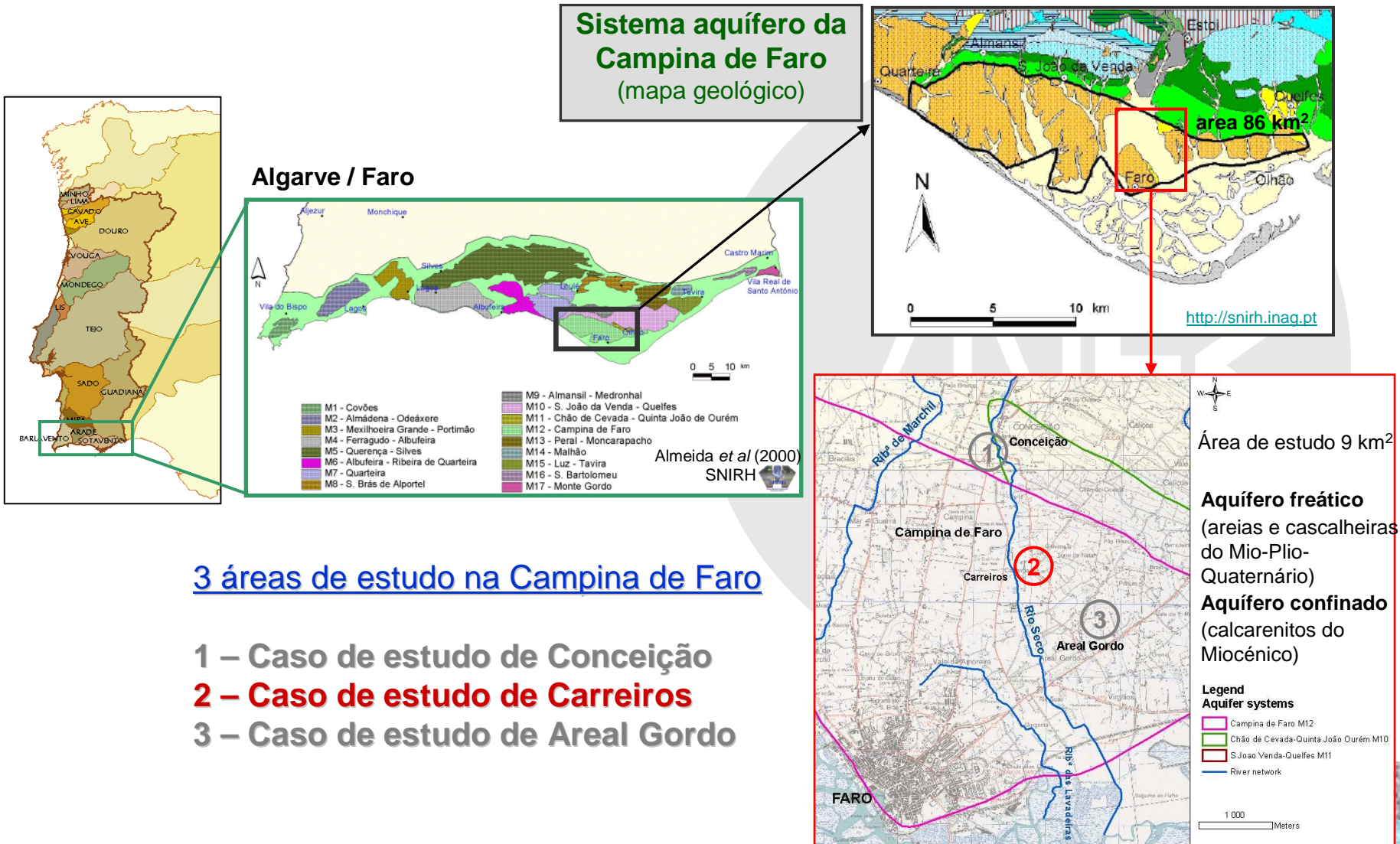
Coord. University of Liège

- GIS-based management
- Decision Support System



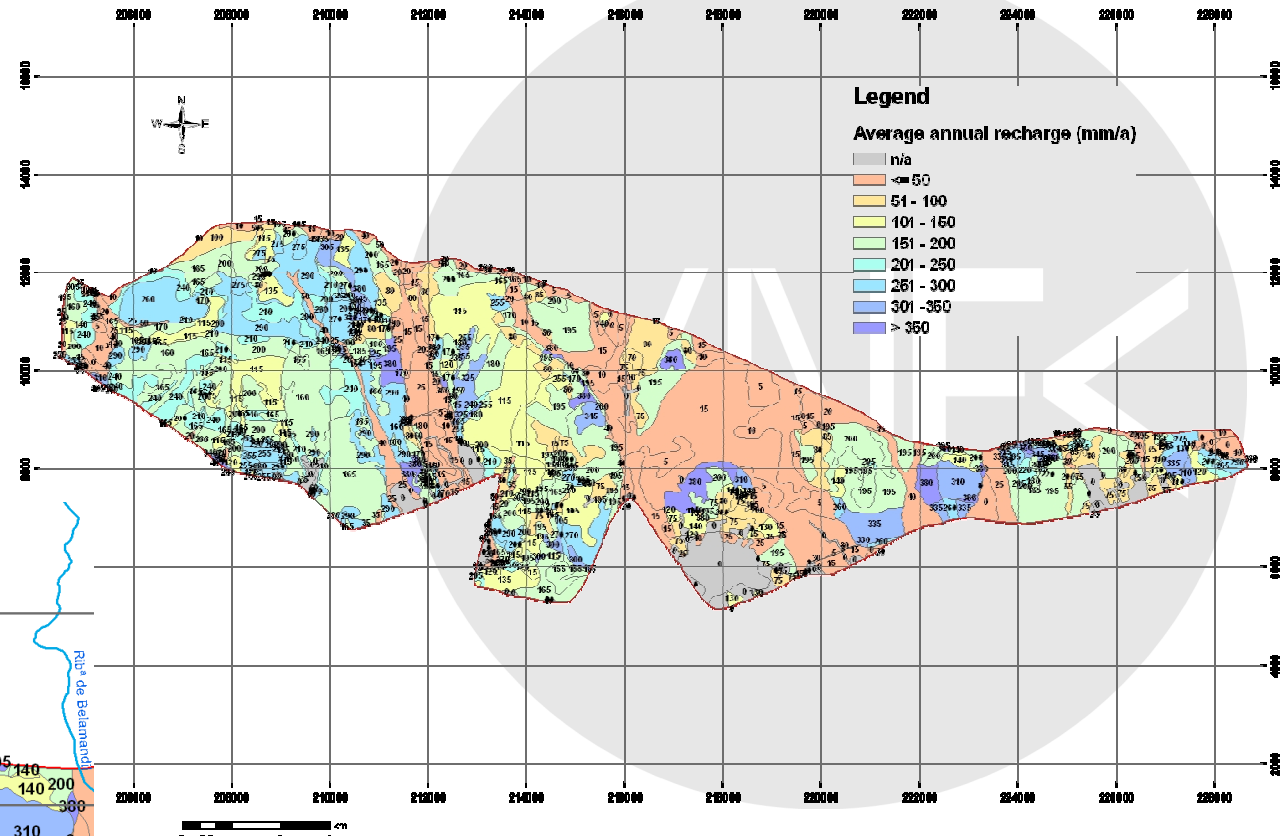
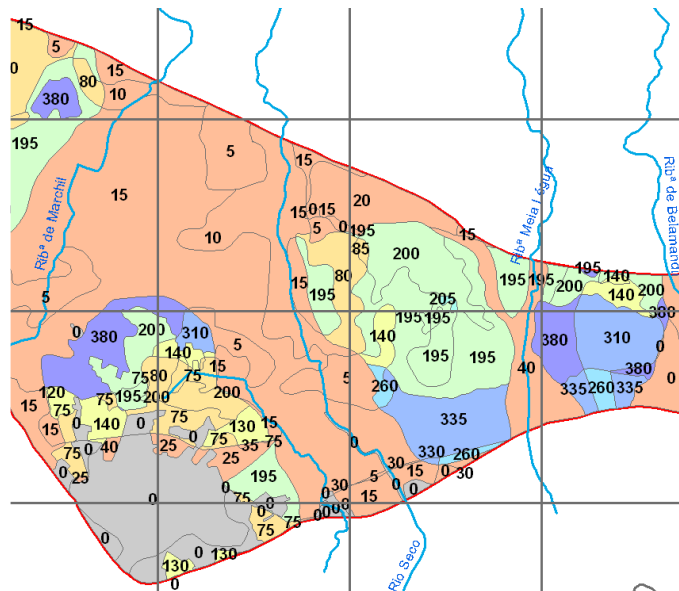
Coord.
Palestinian Hydrology Group

Localização das áreas de estudo no âmbito do Projecto Gabardine – componente Portuguesa



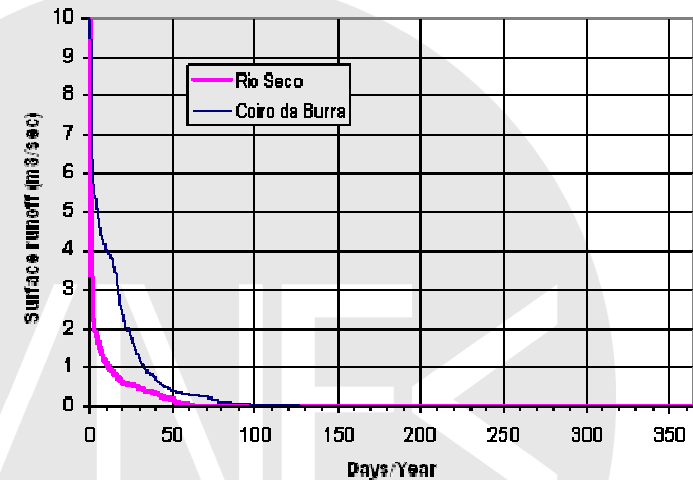
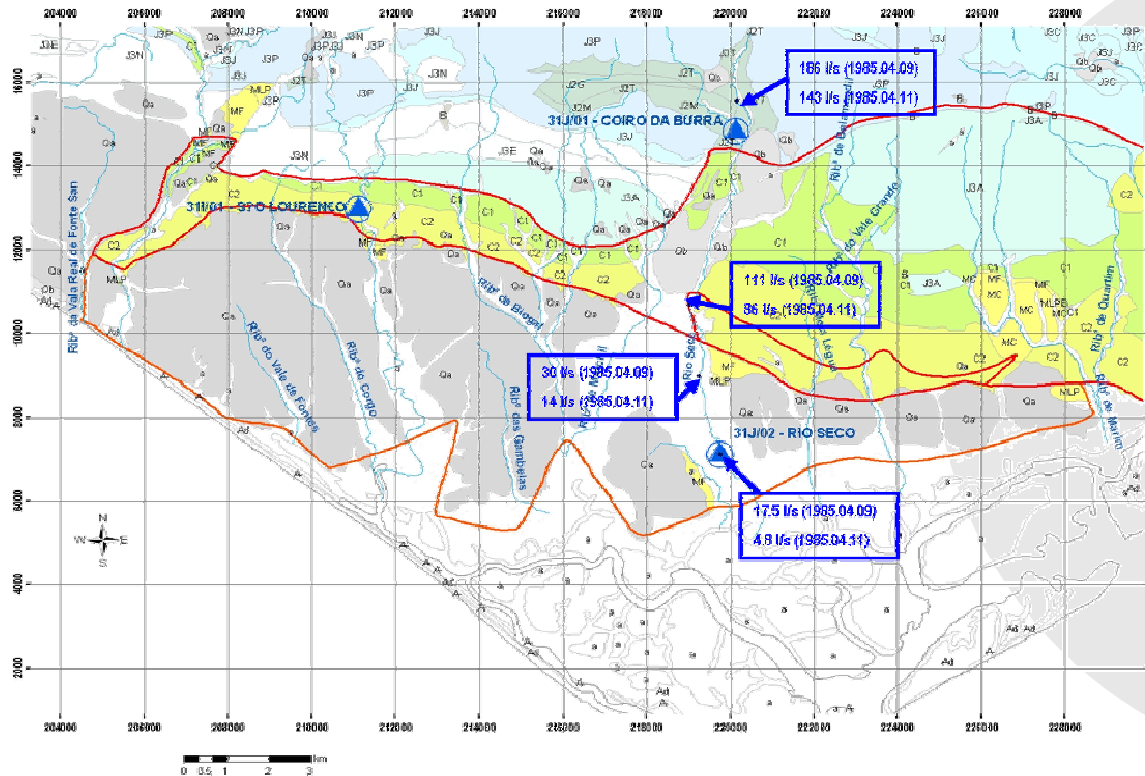
> Computation of precipitation groundwater recharge

Results of the daily sequential water balance model BALSEQ_MOD model (1/10/1981-30/09/1991) – average values in mm/year



WP2 (2)

> Evaluation of Rio Seco river bank infiltration



Surface runoff (m ³ /s)	Colro da Burra	Rio Seco
Maximum	20.42	57.08
Maximum characteristic (overpassed 10 days/yr)	4.06	1.17
Median	0.00	0.00
Exceeded 1 month/yr	1.27	0.46
Exceeded 3 month/yr	0.08	0.00
Minimum	0.00	0.00
Average	0.364	0.135

There is a loss of 0.23 m³/s →

→ average loss of 0.026 m³/s/(km of river) = 810 m³/year/(m of river).

→ river bed recharge: 1.8 hm³/yr

WP2 (3)



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

- > Computation of the water needs for artificial recharge
- > Average nitrate content: **130 mg/L**
- > Volume of polluted ground water: **75 hm³**
- > Water Framework Directive: **50 mg/L NO₃**
- > Required volume of water to achieve 50 mg/L NO₃: $130/50 * 75 \text{ hm}^3 =$ **195 hm³**
- > Volume of water to be injected: $195 \text{ hm}^3 - 75 \text{ hm}^3 =$ **120 hm³**
- > AR needs with “good” agricultural practices: **2 hm³/yr.**
- > Total inflow in the studied 6.5 km² aquifer area: **6 hm³/yr** (river bed recharge: **1.8 hm³/yr**; natural precipitation recharge: **1.0-2.1 hm³/yr**, confining Cretaceous northern aquifer system: **2.8 hm³/yr.**
- > Water Management Plans will be developed according to the requirements of the Water Framework Directive, during 2008 and 2009.
- > Rehabilitation measures may start being applied in 2010.
- > This will give a time frame of 5 years for bringing back conformity for groundwater quality parameters:
AR needs: $[120 \text{ hm}^3 - 5 \text{ years } (6 \text{ hm}^3/\text{yr} - 2 \text{ hm}^3/\text{yr})] \text{ hm}^3 =$ **100 hm³.**
- > AR needs for cleaning Campina de Faro polluted aquifer in 5 years (2010-2015):

> Alternative Water Sources and Artificial Recharge

Three types of envisaged artificial recharge systems/experiments:

- (1) two infiltration ponds located in Rio Seco river bed, at Carreiros test site: the water source is the river itself. It was estimated that annually there are 5.6 hm³ of water available for artificial recharge, not uniformly distributed;
- (2) three infiltration ponds, with depths accordingly with different local sandy layers depth, at the Areal Gordo test site;
- (3) several large diameter wells equipped with a water extraction device (in Portuguese: “nora”) where it is intended to artificially recharge water.

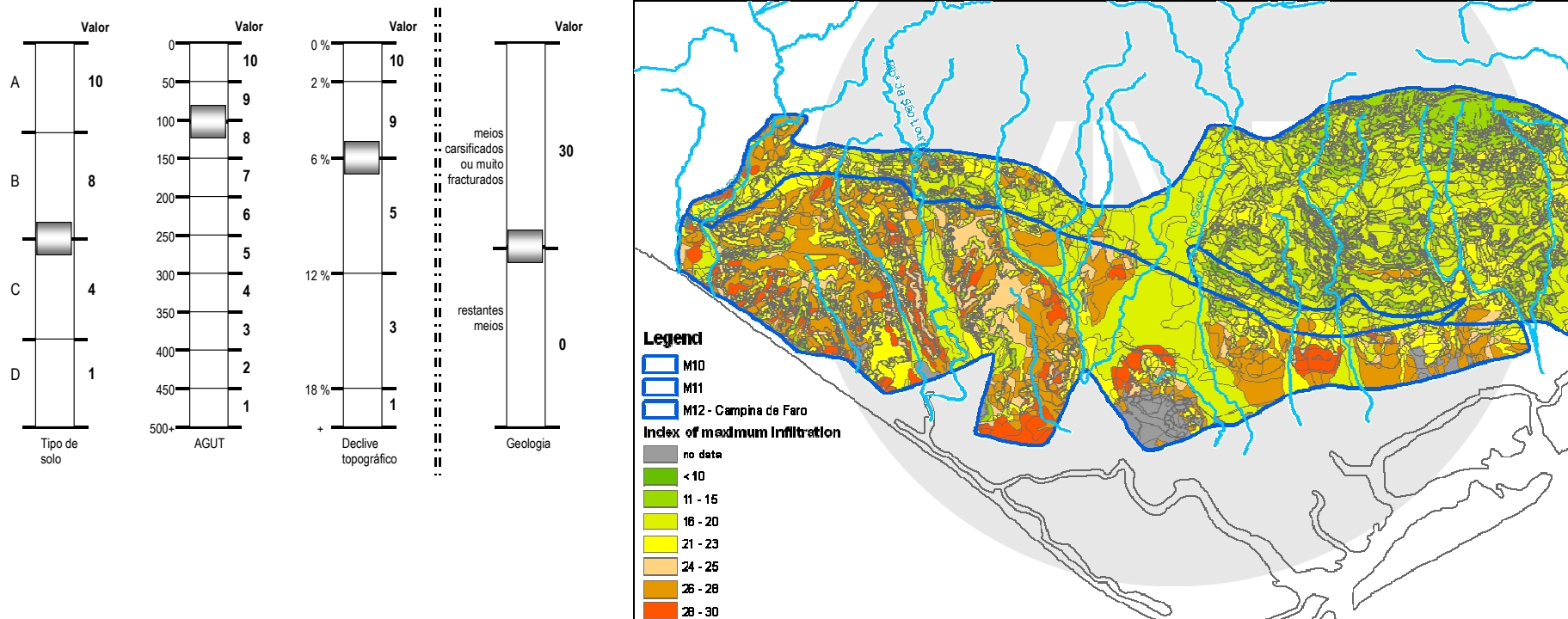
The water sources for the last two systems is the water from the deep Carbonated Miocene aquifer, to be abstracted from the confined Miocene aquifer, during winter time when the abstractions from this aquifer are stopped.

Natural inflow from the river to the Miocene aquifer system is 5058 m³/d (~ 58 l/s), natural recharge was estimated between 5836 m³/d (~ 68 l/s) and 2743 m³/d (~ 32 l/s), flow from the Cretaceous northern aquifer system is 7730 m³/d (~ 89 l/s). Hence, the total flow in is estimated between 15531 m³/d (~ 180 l/s) and 18576 m³/d (~ 215 l/s).

Abstraction for irrigation from the Miocene aquifer system is estimated as 11659 m³/d (~ 135 l/s), and the outflow of the modelled area to the southern boundary (sea) is estimated to be 3873 m³/d (~ 45 l/s).

WP4 (1)

> Natural maximum infiltration areas – Application of the IFI Method



WP4 (2)

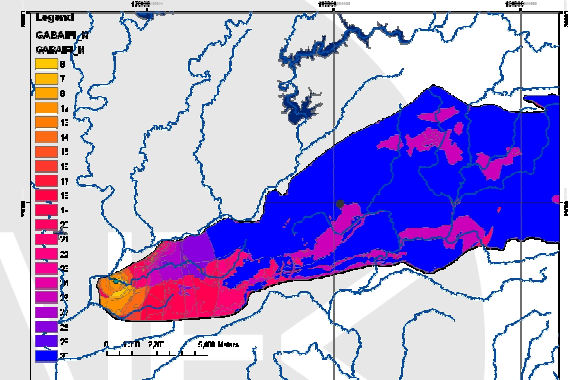
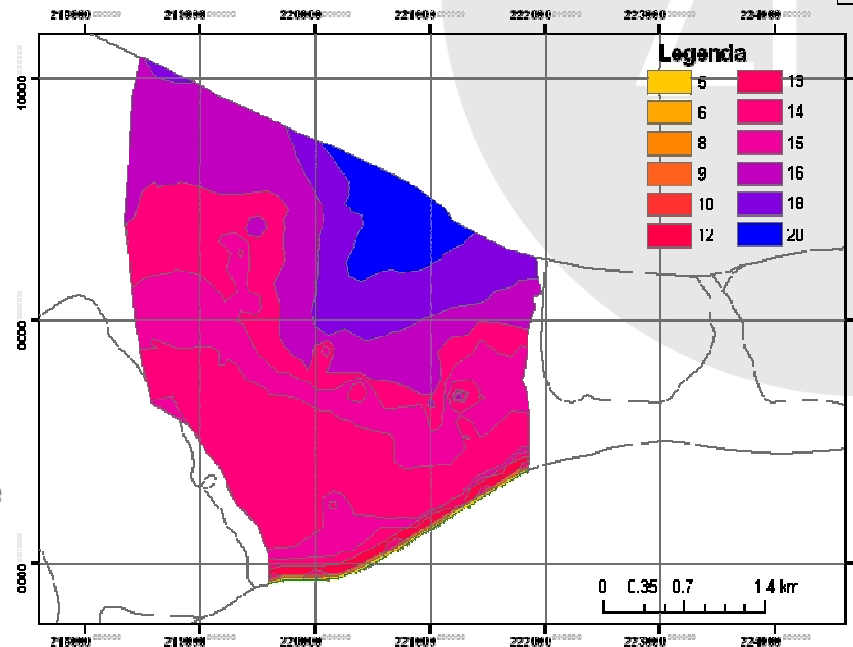
> Candidate areas for the artificial recharge –
Development and application of the GABA-IFI Method

GABA-IFI_N

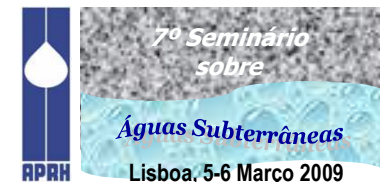
Maximum = 30
More favourable

Minimum = 3
Less favourable

Querença-Silves (storage)

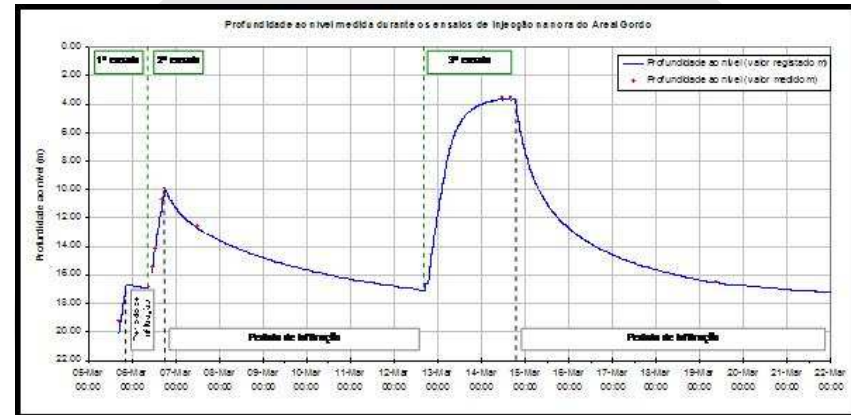


Campina de Faro (cleaning)



WP4 (3)

- > Application of the Nottingham code to the Nora.
- > Developed by the Nottingham University



Campina de Faro case-study
Injection test in a large diameter well ("nora")

Data for the groundwater flow simulation model

Data from the injection test (consider just the last injection test performed)

Injection rate = 20 m³/h

Duration of the injection test = 50 hours

Diameter of the well = 5 m

Depth to the water table before the injection test = 17 m

Depth of the well = 24 m

Data from the aquifer

Unconfined aquifer (sandy aquifer)

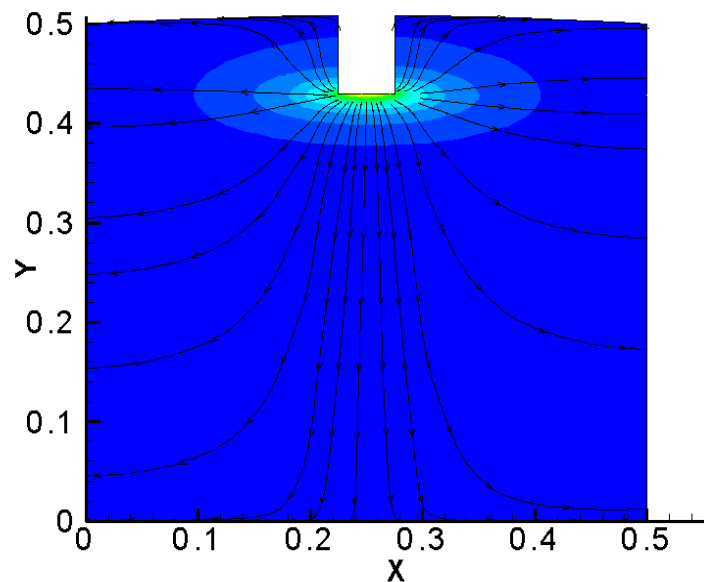
Estimated hydraulic conductivity = 35-45 m/d

Porosity = 0.33

Estimated saturated thickness = 50 m

Portuguese Infiltration well

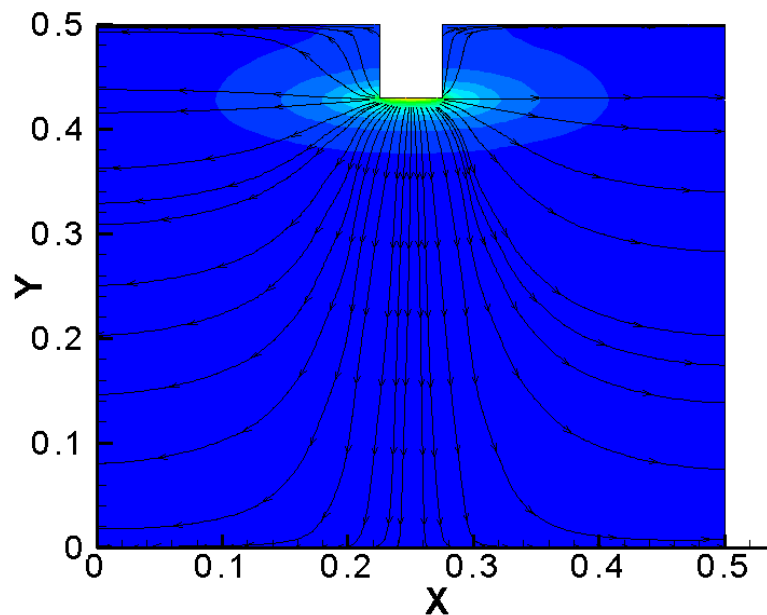
> Piezometric head contour and streamlines at t=50hours



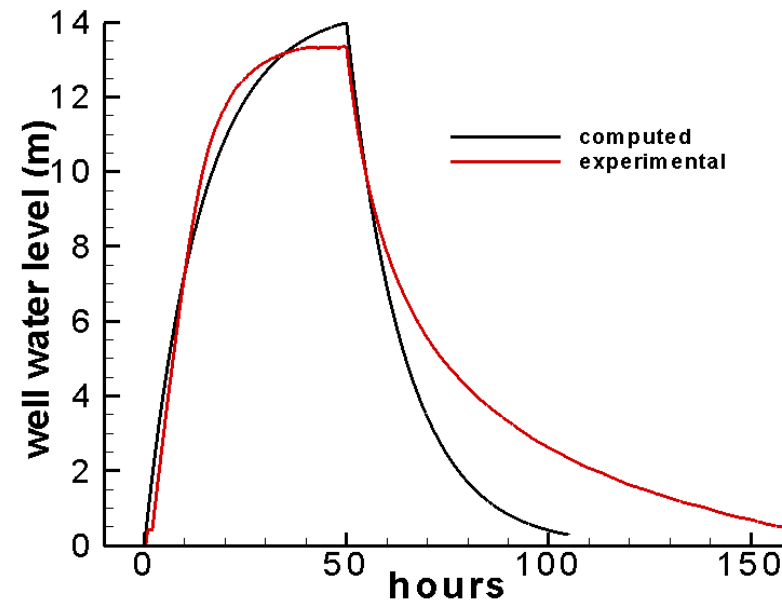
Water table maximum
elevation:
0.84m

Portuguese Infiltration well

- > $t=110$ hours
- > $k_x/k_y=15$



plane at $z=25$ m



Well water level



WP5

Objectivo da recarga artificial (RA)

**LLOBREGAT LOWER VALLEY
(Espanha)**

Gestão integrada/recuperação do *good status* (qualidade e quantidade) através de recarga artificial de água superficial

**SISTEMA AQUÍFERO DA
CAMPINA DE FARO (Portugal)**

Reabilitação da qualidade da água subterrânea através da recarga artificial do escoamento superficial

**AQUÍFERO COSTEIRO
PARTILHADO POR
ISRAEL E PALESTINA
(Faixa de Gaza)**

A recarga artificial de aquíferos constitui uma metodologia amplamente implementada.
Definir propostas de gestão que integrem a recarga artificial com recurso a diferentes fontes de água disponíveis (água subterrânea, água residual tratada, água dessalinizada, etc.)

**BACIA DE SINDOS -
THESSALONIKI
(Grécia)**

Controlo da intrusão salina e armazenamento subterrâneo de água residuais tratadas.

Diversos problemas de abastecimento de água :
Sobre-exploração,
Intrusão salina,
Poluição difusa,
etc.

Solução viável ?
Recarga Artificial
de fontes de água
alternativas

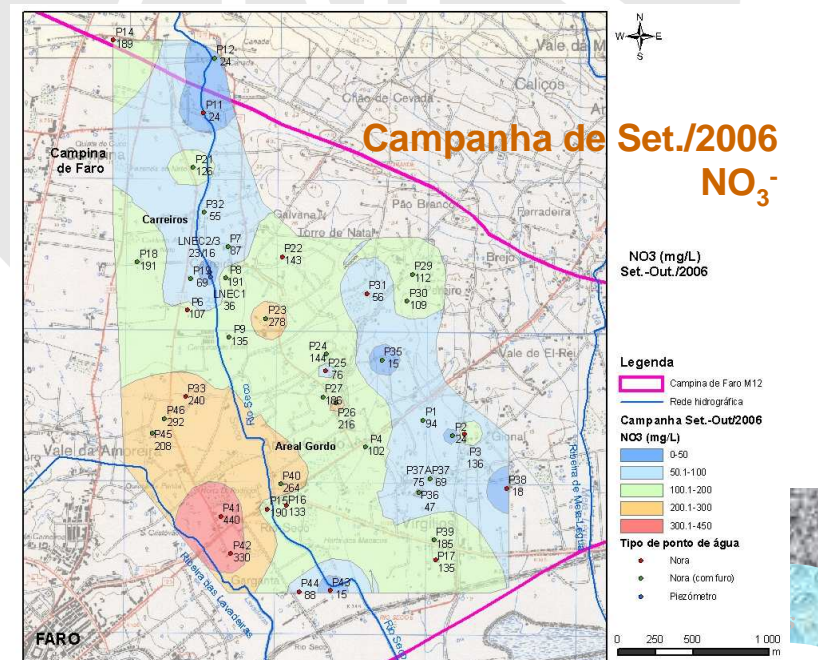
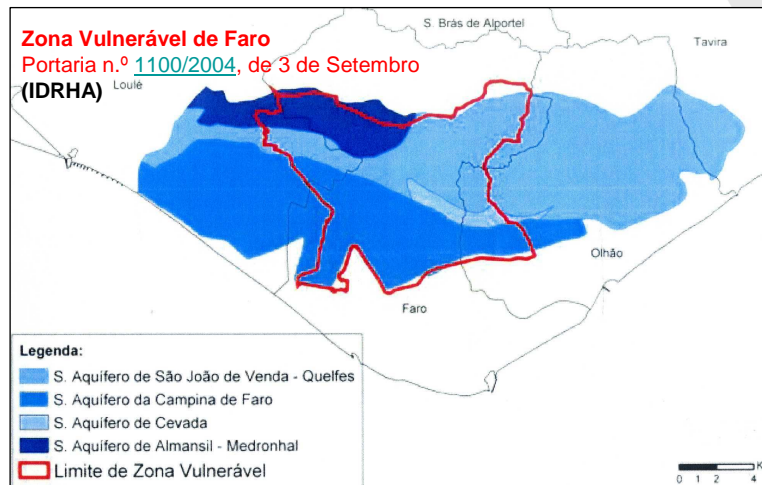
SPAIN			
Location	Main Objective	Source	Technology
Llobregat river Barcelona	control of seawater intrusion	surface water surpluses & floods	bank filtration
PORTUGAL			
rio Seco Algarve – Faro	groundw. quality improvement	river discharge during winter	Infiltration ponds
ISRAEL & PALESTINE			
Coastal aquifer Gaza strip	water storage (regional IWRM)	Treated effluent	Infiltration ponds
GREECE			
Coastal aquifer Thessaloniki	water storage	Treated effluent	Infiltration pond (pilot plant)

Principais problemas nas águas subterrâneas

- > Concentrações elevadas de nitratos detectadas nas águas subterrâneas, desde o início da década de 90, causadas por fontes poluentes difusas associadas à agricultura.
- > Sistema aquífero da Campina de Faro integra a **Zona Vulnerável de Faro** pela aplicação da Directiva dos Nitratos (desde 1997 pela Portaria n.º 1037/97, revogada em 2004 pela Portaria n.º 1100/2004)

Objectivo da aplicação de metodologias de RECARGA ARTIFICIAL:

- > Optimização da reabilitação do aquífero superficial da Campina de Faro através da aplicação de metodologias de RA e recorrendo a fontes de água alternativas,
- > Minimizar os efeitos da poluição difusa – cumprimento da Directiva-Quadro da Água de atingir “o bom estado de qualidade” até 2015.

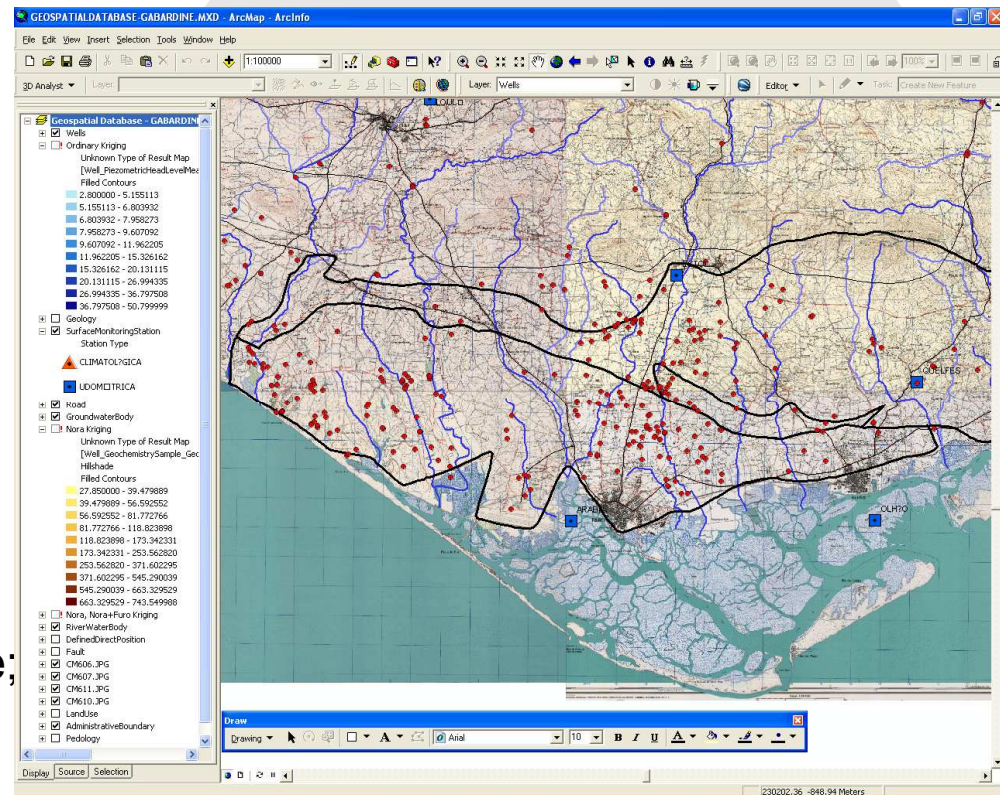


WP5 (1)

> GIS platform

- Developed in collaboration with the University of Liège (ULG).
- It is an ArcMap project named GeospatialDatabase-GABARDINE.mxd that presents the following general information:

- wells;
- geology;
- faults;
- surface monitoring stations;
- roads; groundwater bodies;
- river water bodies;
- cartographic base maps;
- land use (Corine Land cover);
- administrative boundaries;
- pedology (soil map);
- piezometric interpolated surface;
- nitrate interpolated surface.



- The Geospatial database links to the Microsoft Access database GDB_GABARDINE.mdb.

Sistema de recarga artificial em Carreiros

METODOLOGIA:

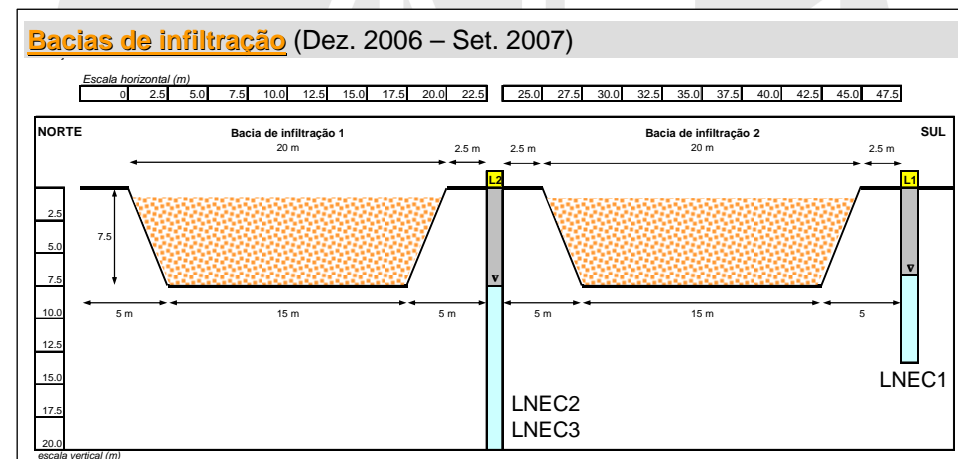
Sistema de recarga artificial composto por duas **bacias de infiltração**, construídas no leito do rio Seco e preenchidas até à superfície por cascalho grosseiro, que facilitam a infiltração natural do escoamento superficial.

Fonte de água para a recarga – **escoamento superficial do rio**

Monitorização dos aquíferos superficial freático e confinado – **3 piezómetros**

OBJECTIVOS:

- 1) Avaliar a eficiência deste tipo de estruturas para facilitar a infiltração da água do rio
- 2) Determinar os seus efeitos no aquífero superficial/confinado em termos de quantidade e qualidade da água.
- 3) Ensaio de recarga artificial seguido de um ensaio de traçador, de forma a estimar taxas de infiltração e velocidades de escoamento subterrâneo.



Características das bacias:

Aquífero arenoso superficial

Dimensões: 20m (C) x 5m (L) x 5m (P)

Área = 100 m² Volume = 2 x 363 m³

Equipamento de monitorização:

3 sondas multiparamétricas Troll9500

2 Limnígrafos pneumáticos

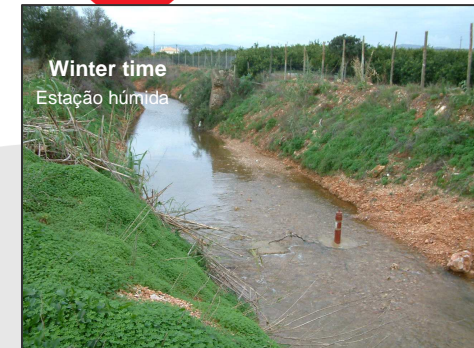
Cenários monitorizados

Ensaio de recarga natural

- ✓ Monitorização contínua da infiltração do escoamento superficial do rio nos piezómetros

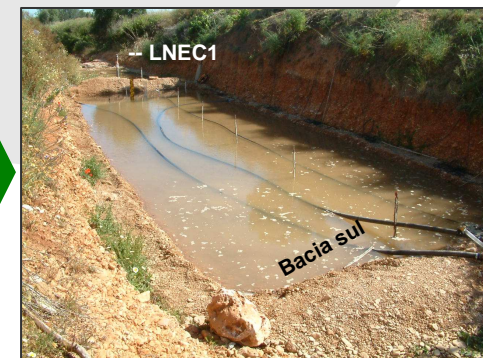
Períodos estudados:

- a) Período da estação húmida (Outubro/2006 a Março/2007)
- b) Período da estação seca (Abril a Setembro/2007)



Ensaio de recarga artificial com traçador salino

- ✓ Monitorização contínua da recarga artificial nos piezómetros (qualidade/quantidade)
- ✓ Aplicação de **métodos geofísicos de resistividade eléctrica**, para detecção e acompanhamento ao longo do tempo do traçador salino.



Maio/2007

Resultados obtidos (1)

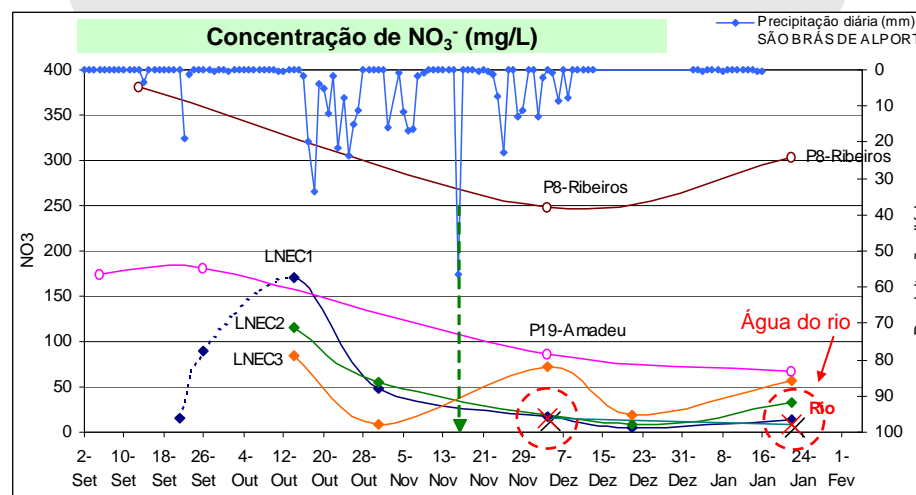
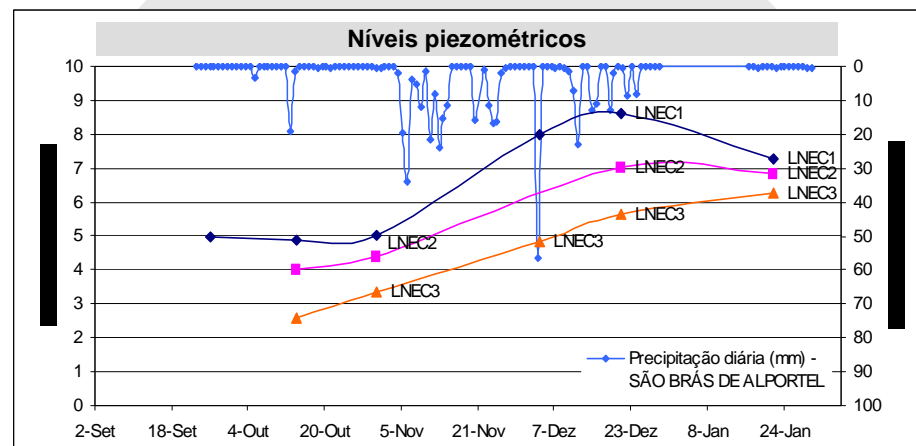
Ensaio de recarga natural

Período da estação húmida

✓ Níveis piezométricos tendem a sofrer uma elevação durante os meses de precipitação intensa de Novembro e Dezembro, quando o escoamento superficial no rio se infiltra nas bacias.

✓ Concentrações de NO_3^- decrescem consideravelmente no mesmo período e tendem a aproximar-se dos valores medidos nas amostras de água do rio, especialmente no caso dos piezómetros abertos no aquífero superficial.

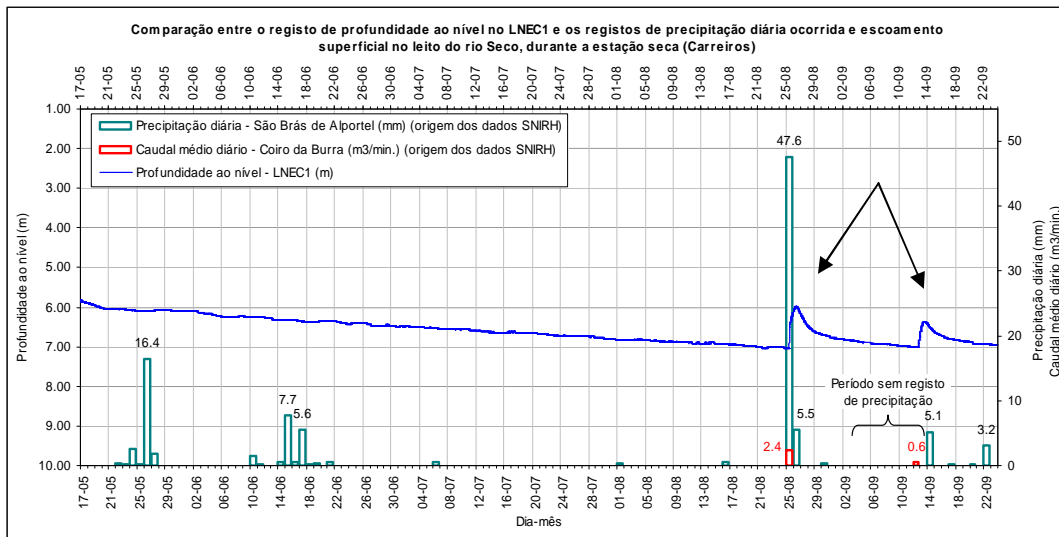
Estes resultados assinalam uma ocorrência relevante para o objectivo principal da investigação, relativamente à contribuição para a reabilitação da qualidade da água no aquífero superficial da Campina de Faro.



Resultados obtidos (2)

Ensaio de recarga natural

Período da estação seca

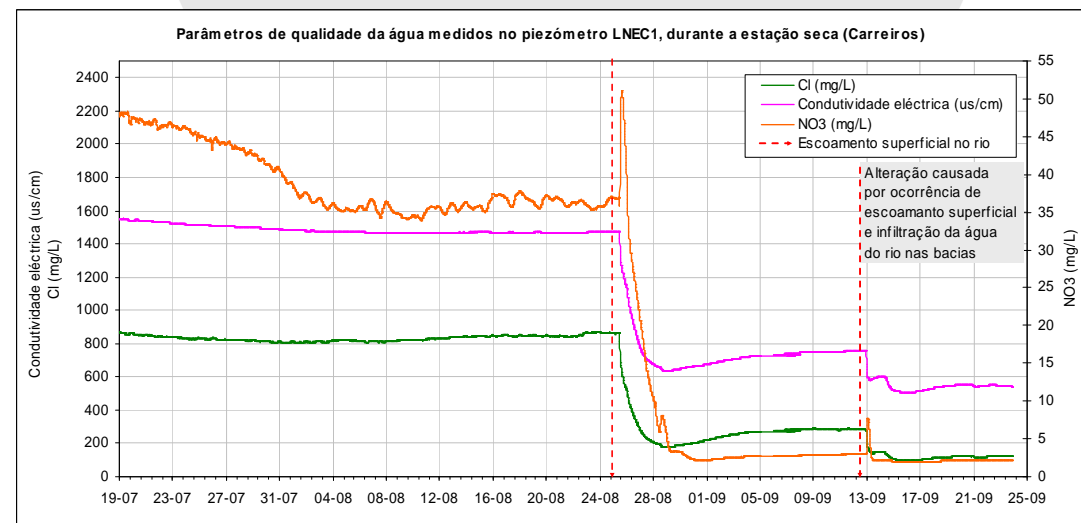


Ocorrência de 2 eventos de precipitação consideráveis e pouco comuns no Verão, no fim da estação seca:

✓ 53 mm 25-26/08 e 5 mm 14/09

provocou a ocorrência de dois episódios isolados de escoamento no rio e a infiltração de água do rio na zona das bacias de Carreiros.

Mais uma vez se detectou uma melhoria da qualidade da água, causada pela infiltração da água do rio nas bacias durante o primeiro evento de cheia no rio Seco do ano hidrológico de 2007.



Ensaio de recarga artificial com traçador salino

Maio/2007

METODOLOGIA:

✓ Ensaio de recarga artificial seguido de um ensaio de traçador na bacia de infiltração localizada a sul.

✓ Duração total dos ensaios = 7 dias

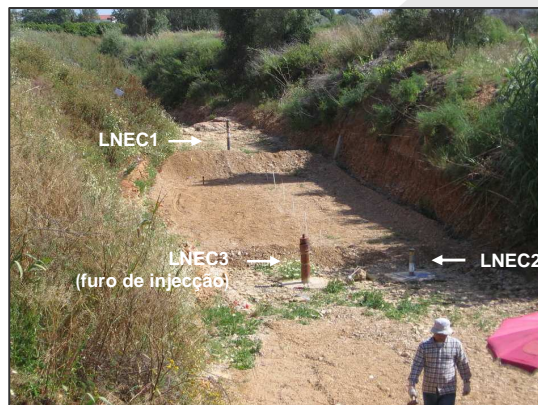
✓ Fonte de água - aquífero profundo, através da extracção de água realizada no furo LNEC3.

✓ Traçador utilizado - 500 kg de NaCl
Qinicial = 22 m³/h
Qcontante = 5 m³/h
Altura água bacia_max. = 20 cm

✓ Enchimento da bacia interrompia-se durante a noite

✓ monitorização contínua (nível piezométrico e parâmetros de qualidade da água)

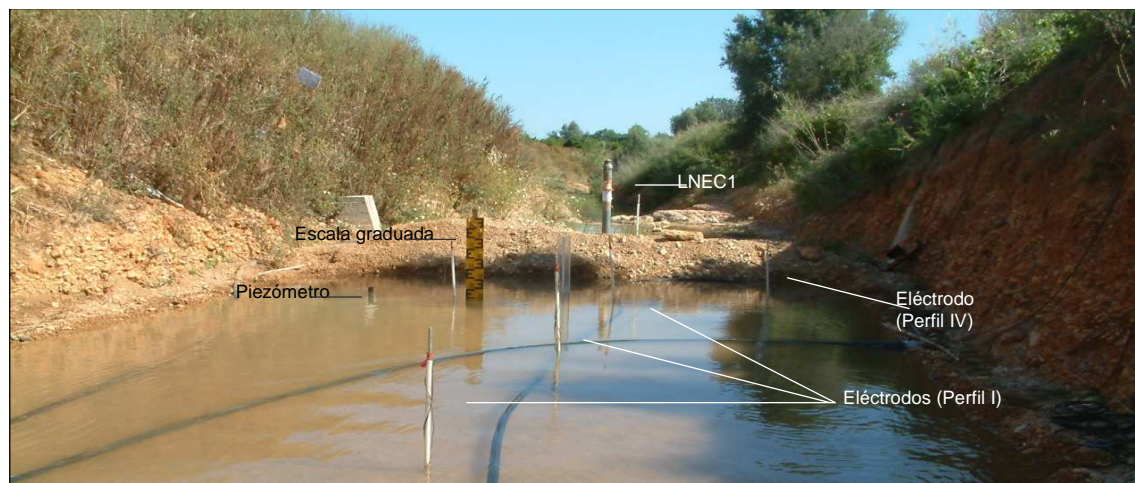
Bacia Sul - antes e durante a realização do ensaio de recarga artificial...



... durante a colocação do traçador (NaCl)

4a) Resultados obtidos (1)

Ensaio de recarga artificial com traçador salino



Estimativa de parâmetros hidráulicos in situ:

Taxas de infiltração

Valor médio = 1,28 m/d

Valor máx. = 1,81 m/d

(variável com a carga hidráulica existente)

Porosidade total do material de enchimento da bacia (n)

$$n = V_t/V_v$$

Valor médio medido *in situ* $n = 0,40$

Valor medido em laboratório $n = 0,41$

Dias	Tempo (h)	Carga hidráulica (m) ⁽¹⁾	Taxa de infiltração média (m/d)
03 a 04 e 07 a 11 Maio	12,6	variável (de 4.69 a 3,54)	1,81
04 a 07 Maio	63	variável (de 4.58 a 0,90)	1,36
11 a 18 Maio	168	variável (de 4.71 a 0)	0,66

Dia do ensaio	Vt (área 67 m ²) (m ³)	Vv (m ³)	n2
3 Maio	304	117	0,39
4 Maio	67	28	0,41
7 Maio	253	95	0,38
8 Maio	62	28	0,44
9 Maio	70	28	0,40
Média			0,40

Vt (67 m² área) = Volume da bacia, considerando a estimativa da área da bacia de 67 m² e o valor registado de profundidade ao nível no pequeno piezômetro.

Vv = Volume de água colocado na bacia desde o início do enchimento até atingir a superfície do solo (considerando Q=22 m³/h).

n2 = Vv/Vt = Porosidade estimada considerando a área da bacia calculada de 67 m².

Resultados obtidos (2)

Ensaio de recarga artificial com traçador salino

Curva de chegada do NaCl ao LNEC1

Estimativa de parâmetros hidráulicos

Tempo total de percurso = 66 h
Distância percorrida = 7,5 m

Velocidade intersticial $V_i = 2,73$ m/d

Velocidade de Darcy

$$V_D = V_i \times n_e$$

n_e = porosidade eficaz

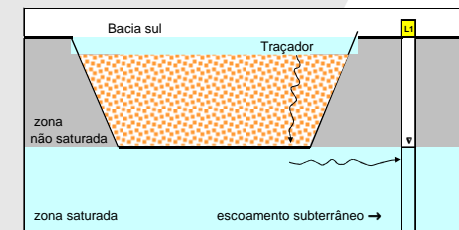
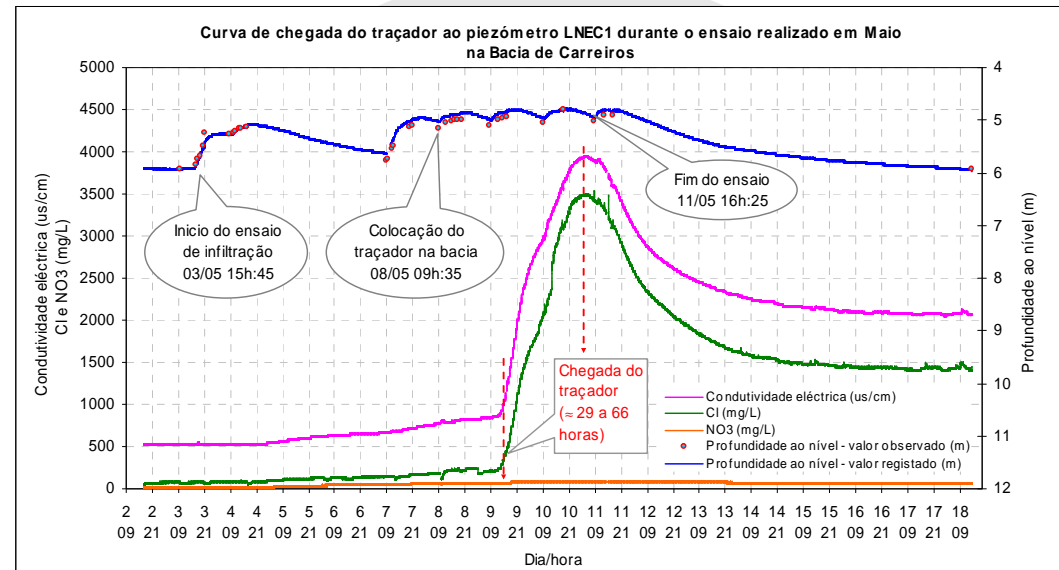
$V_{D_}$ bacia subterrânea = 1,12 m/d (sendo $n_e = 41\%$)

$V_{D_}$ zona saturada = 0,96 m/d (sendo $n_e = 35\%$)

Permeabilidade

$$k = V_D / i = 2,82 \text{ m/d}$$

Gradiente hidráulico $i = 0,34$



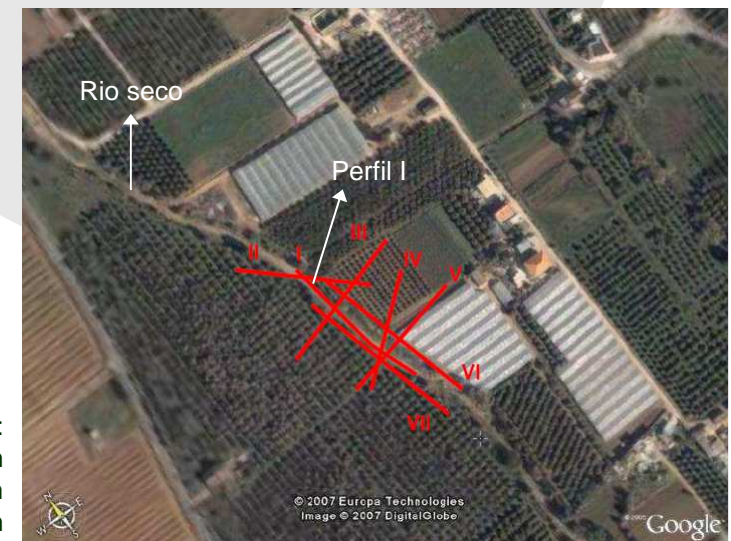
✓ Valores calculados correspondem ao escoamento influenciado, por efeito de um ensaio de recarga artificial e não ao escoamento natural, estando por este motivo sobrestimados em relação aos valores reais.

OBJECTIVO:

- ✓ Determinar o sentido de escoamento subterrâneo na zona circundante das bacias de infiltração, através da detecção e acompanhamento ao longo do tempo do traçador salino.

METODOLOGIA:

- ✓ Realização de vários perfis de resistividade eléctrica (dispositivo Dipolo-Dipolo):
 - 3 longitudinais e 4 transversais ao leito do rio
- ✓ Caracterização da situação de referência, antes da realização do ensaio de infiltração
- ✓ Selecção do perfil longitudinal, ao longo do leito do rio, que atravessa as duas bacias (Perfil I), para se proceder à repetição da leitura em intervalos de tempo consecutivos - cerca de 12 horas - durante o ensaio de traçador.
- ✓ Obtenção das tomografias geoeléctricas (programa Res2Dinv v3.51)
- ✓ Análise das tomografias resultantes



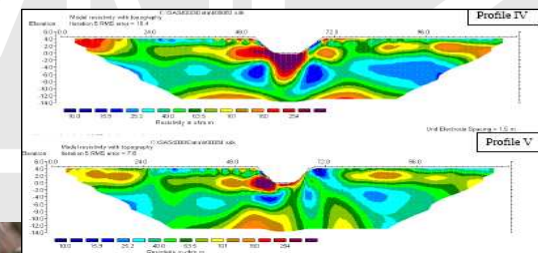
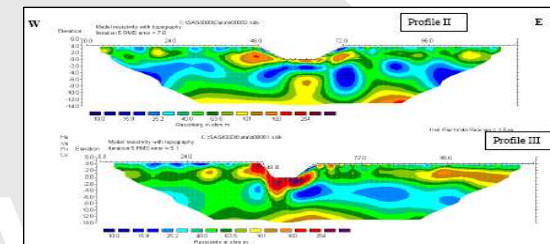
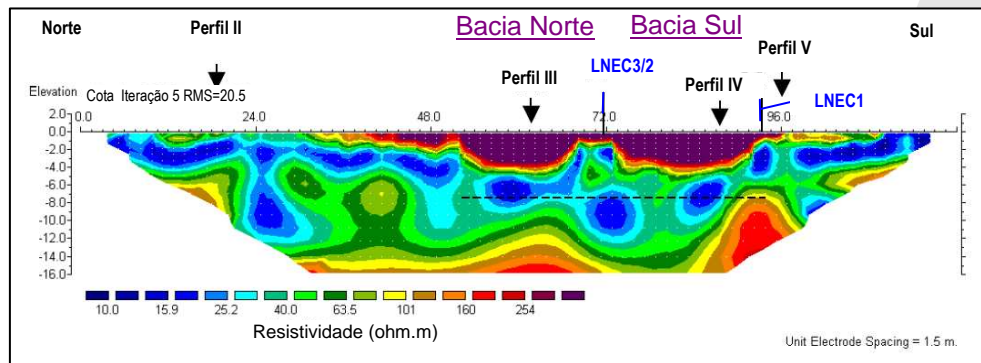
Caracterização do perfil de resist. elect.:
Comp. = 120 m
Distância dipolar = 3 m
Prof. máx. investigação = 16 m

Aplicação de métodos geofísicos de resistividade eléctrica

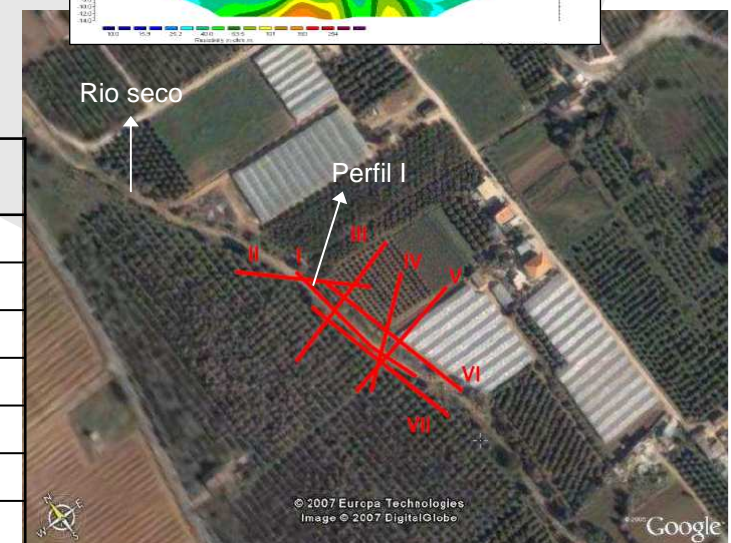


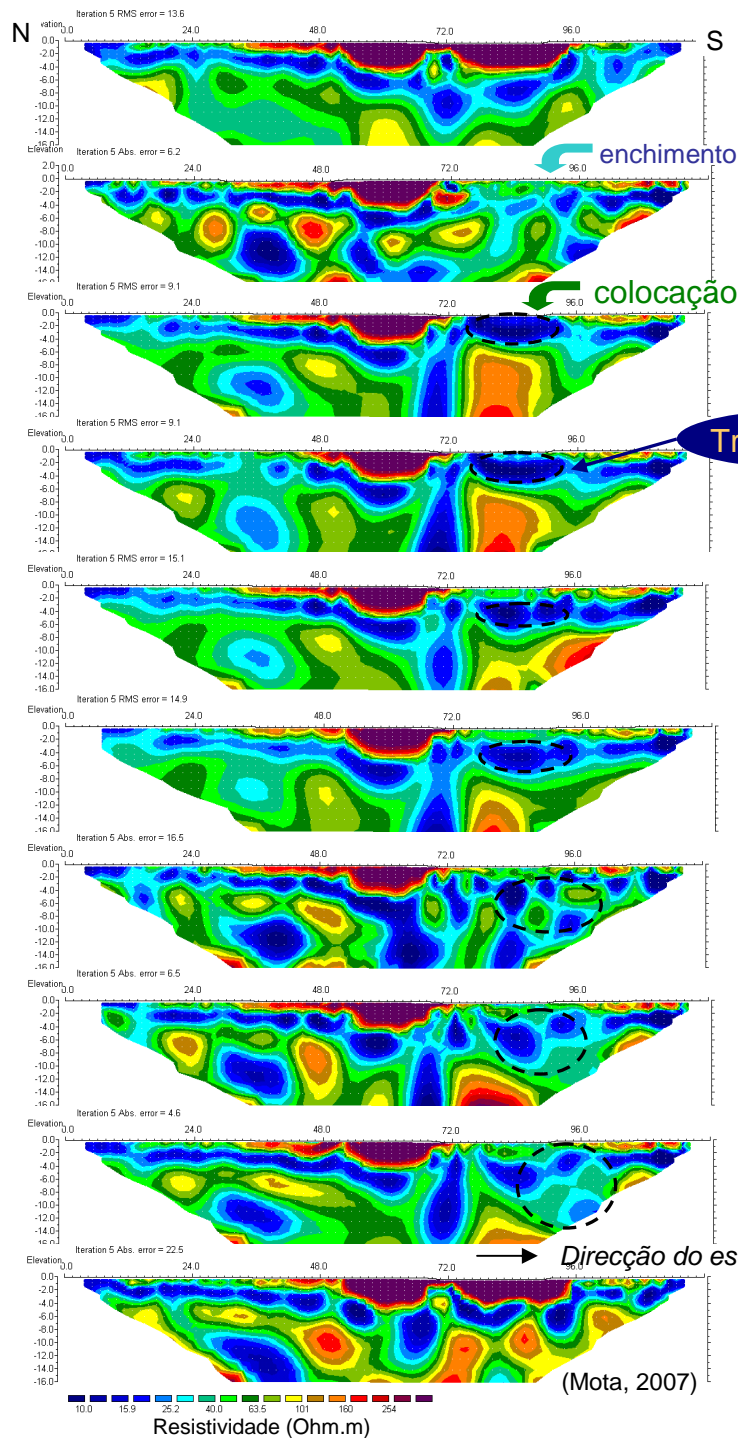
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

- ✓ Modelo de resistividade eléctrica obtido para o Perfil I, correspondente à situação de referência
- ✓ Localização dos piezómetros LNEC e de outros perfis de resistividade que cruzam este alinhamento N-S.



Perfil de resistividade eléctrica	Alinhamento	Localização
Perfil I	NNW-SSE	Longitudinal, ao longo do leito do rio
Perfil II	NW-SE	Transversal ao leito do rio, a montante das bacias
Perfil III	ENE-WSW	Transversal ao leito do rio, intersecta a bacia Norte
Perfil IV	NE-SW	Transversal ao leito do rio, intersecta a bacia Sul
Perfil V	ENE-WSW	Transversal ao leito do rio, intersecta o piezómetro LNEC1
Perfil VI	NNW-SSE	Longitudinal, margem esquerda
Perfil VII	NNW-SSE	Longitudinal, margem direita





02/Maio
(situação de referência antes do enchimento da bacia)

07/Maio
(situação de referência com a bacia saturada, no dia anterior ao do ensaio)

08/Maio 10h:55
(1,5 h após a colocação do traçador com a bacia saturada)

Traçador salino

08/Maio 17h:15
(7,8 h após a colocação do traçador)

09/Maio 8h:30
(23 h após a colocação do traçador)

09/Maio 16h:31
(31 h após a colocação do traçador)

10/Maio 8h:35
(45 h após a colocação do traçador)

10/Maio 17h:00
(56 h após a colocação do traçador)

11/Maio 14h:00
(77 h após a colocação do traçador)

18/Maio
(240 h, 10 dias após a colocação do traçador)

Modelos de resistividade eléctrica obtidos no Perfil I antes, durante e após o ensaio de traçador

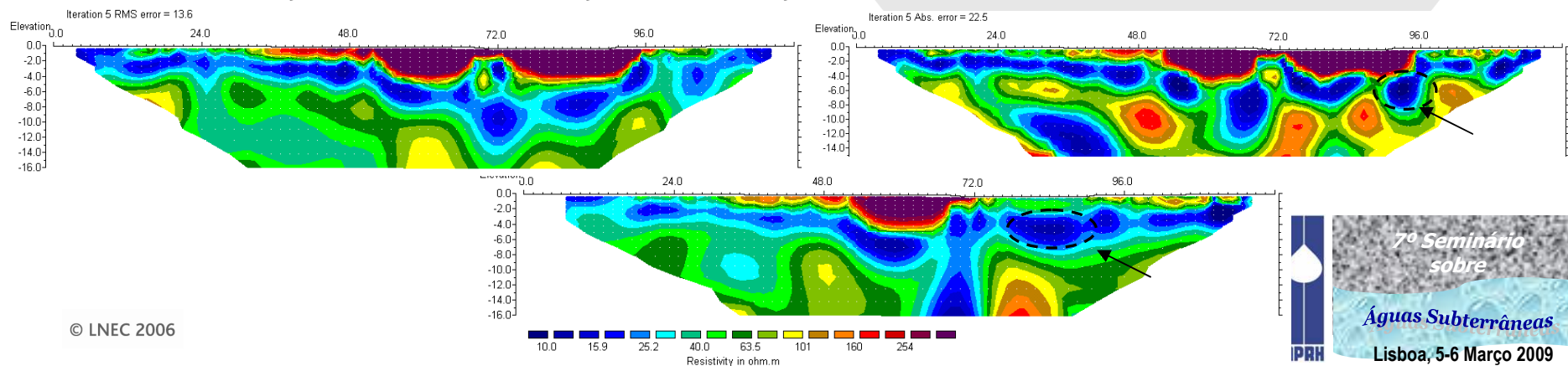


→ Direcção do escoamento subterrâneo

Análise das tomografias eléctricas:

(Mota, 2007 e Mota *et al.*, 2008)

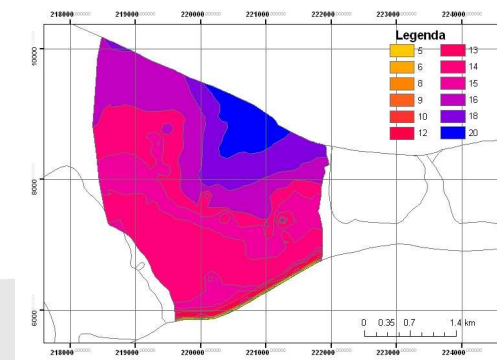
- ✓ Clara identificação das bacias de infiltração e da sua geometria, caracterizadas por uma anomalia de elevada resistividade eléctrica, devido à presença de vazios;
- ✓ A saturação da bacia sul transformou esta anomalia numa outra de baixa resistividade, devido à presença de água nos vazios entre o cascalho;
- ✓ Deslocação de uma anomalia de baixa resistividade eléctrica, localizada entre as coordenadas 75 e 93 do Perfil I de 7 de Maio para uma anomalia menor, em torno da coordenada 96 a 18 de Maio. Esta anomalia é devida à presença do traçador salino, e desloca-se de norte para sul e em profundidade;
- ✓ Identificação de uma anomalia vertical de baixa resistividade no Perfil I (coordenada 72), a qual se correlaciona com o fluxo de água provocado pela bombagem, entre os dias 8 e 11 de Maio, mais evidente após extracção superior a 24 h (após 3 de Maio);
- ✓ Após sete dias desde o início do ensaio, a bacia sul retoma a configuração da situação de referência. Contudo não foi possível, pela análise geofísica, determinar o momento exacto desta ocorrência, o que daria uma indicação da taxa de infiltração das formações subjacentes à bacia.



NAS: PIP 2005-2008: ESTUDOS

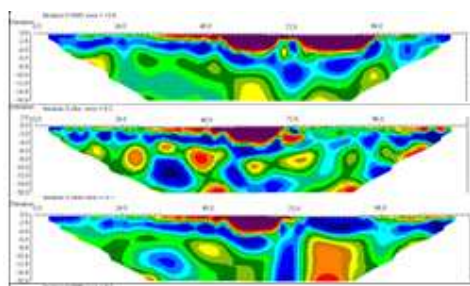
Principais resultados

- Metodologia para identificação preliminar de áreas candidatas a implementação de recarga artificial (Índice GABA-IFI)

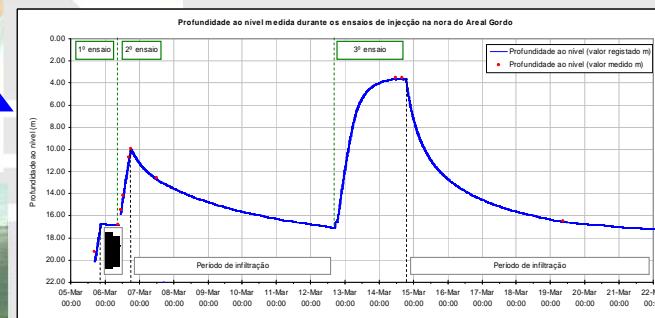


- Ensaios de recarga artificial e de traçador no caso de estudo da Campina de Faro

1) Caso de estudo Areal Gordo
3 Bacias de infiltração



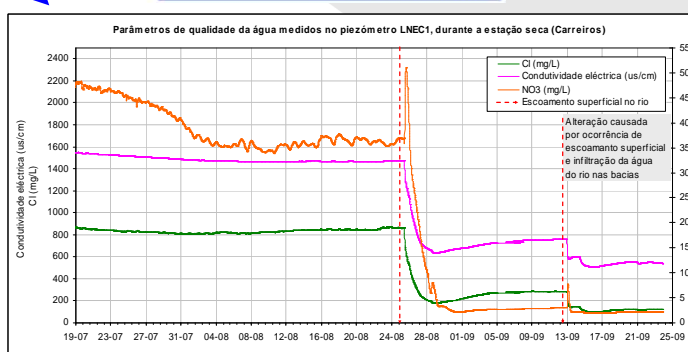
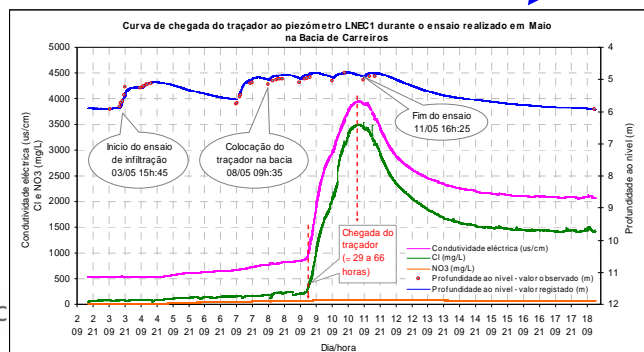
3) Caso de estudo Areal Gordo
Ensaios de injeção em poços de grande diâmetro ("horas")



2) Caso de estudo de Carreiros
2 Bacias de infiltração no leito do rio Seco



4) Caso de estudo Areal Gordo
Ensaios de injeção em furos de diâmetro intermédio



ARTIFICIAL AQUIFER RECHARGE EXPERIMENTS IN THE PORTUGUESE CAMPINA DE FARO CASE-STUDY AREA DEVELOPED IN THE FRAMEWORK OF GABARDINE PROJECT



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

4a) Artificial recharge experiences in Areal Gordo

INFILTRATION PONDS

Method:

- ✓ Maintaining the water level in the basin an injection of NaCl tracer was done
- ✓ The amount of salt was calculated to make the tracer 10 x the background level of 160 mg/l (100 kg/ 61 m³).
- ✓ Detection of the tracer arrival to the teflon cups was done for 3 spots and 2 depths.
- ✓ Detection of the tracer arrival at a 6.5m distance monitoring well

Tracer test



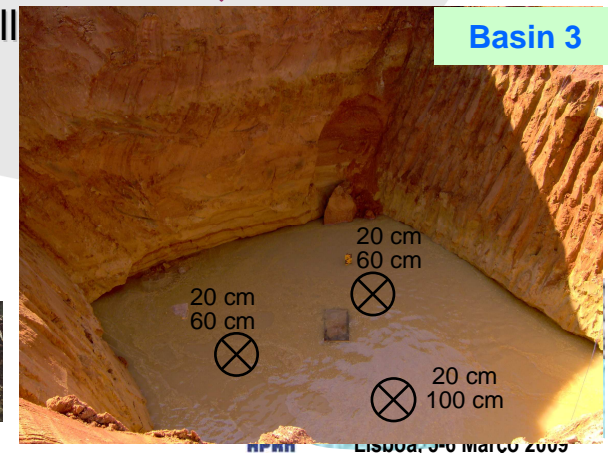
NaCl



Monitoring well



Teflon cups



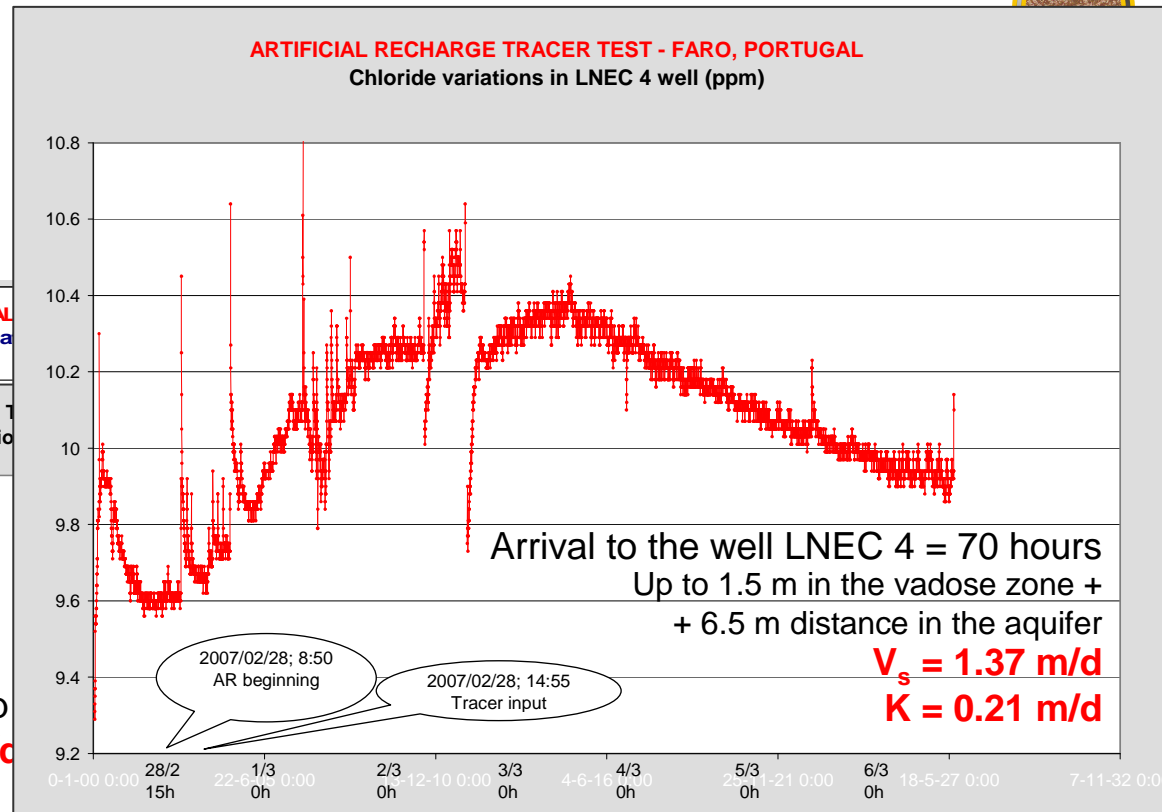
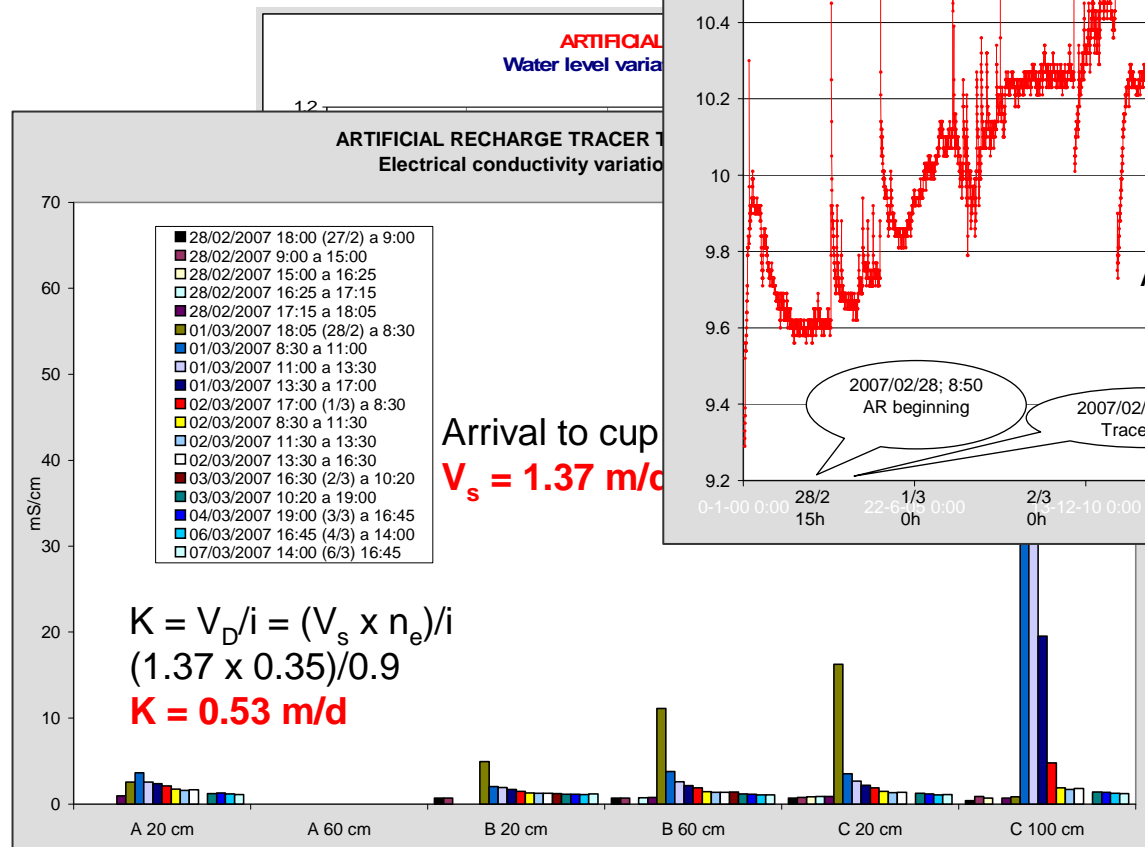
Basin 3

1) ARTIFICIAL RECHARGE EXPERIMENTS IN AREAL GORDO



INFILTRATION PONDS

Results



NAS: PIP 2005-2008: ESTUDOS

Principais resultados

- Integração dos resultados dos ensaios de recarga artificial
 - Correlação entre taxa de infiltração e tipo de solo
 - Correlação entre taxa de infiltração e carga hidráulica
 - Extrapolar a eficiência dos sistemas de recarga e metodologias mais adequadas para outros locais.

1) Caso de estudo Areal Gordo
3 Bacias de infiltração



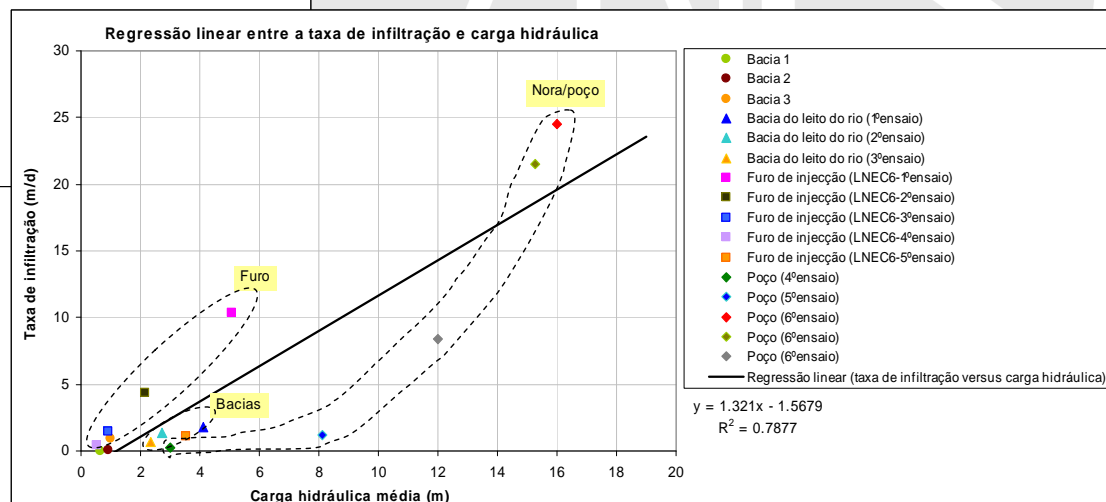
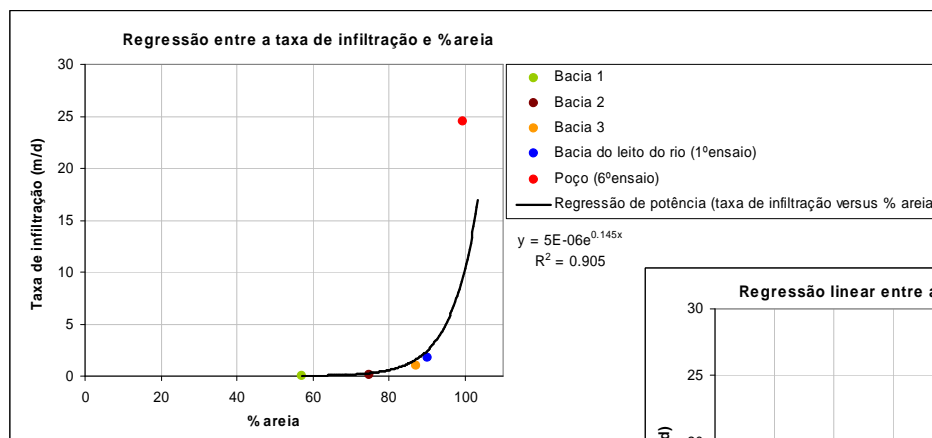
3) Caso de estudo Areal Gordo
Ensaio de injeção em poços de grande diâmetro ('noras')



2) Caso de estudo de Carreiros
2 Bacias de infiltração no leito do rio Seco



4) Caso de estudo Areal Gordo
Ensaio de injeção em furos de diâmetro intermédio



MANPORIVERS



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

**Management policies for priority water pollutants
and their effects on foods and human health:
general methodology and application to
Chinese river basins**

**POLICIES FOR THE APPLICATION OF POLLUTANT
TRANSPORT MODELS IN GROUNDWATER**

**Decision making methodology for the application
of pollutant transport models - WP9**

João Paulo Lobo Ferreira

Catarina Diamantino

Maria Emília Novo

**MANPORIVERS
Nanjing Seminar
13-18 November 2005**



Using a multicriteria evaluation for selection and ranking the best groundwater model



RESULTS OBTAINED WITH DECISION LAB

Scenario 1 (Test 1 Essay 4) - all criterions are set with equal weights **DECISION LAB 2000**

	Quality of results	Grid discretization	Degree of sucess	Pre/Pos processor	Price of the softwar
Min/Max	Minimize	Minimize	Minimize	Minimize	Minimize
Weight	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Preference Function	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual
Indiference Threshold	-	-	-	-	-
Preference Threshold	-	-	-	-	-
Gaussian Threshold	-	-	-	-	-
Threshold Unit	Percent	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute
Average Performance	25.8162	2	2.0000	2.5000	1760
Standard Dev.	26.7609	1	0.8944	1.2247	2253
Unit	Adimensional	Scale	Scale	Scale	US\$
FEFLOW	4.8110	very high	A	very high	6020
MT3D	11.1250	very high	A	very high	2495
ASMWIN	74.7280	moderate	B	moderate	0
AQUA3D	38.5640	very high	B	moderate	900
WINTRAN	8.8500	moderate	C	low	450
RBCA	16.8190	very high	C	moderate	695

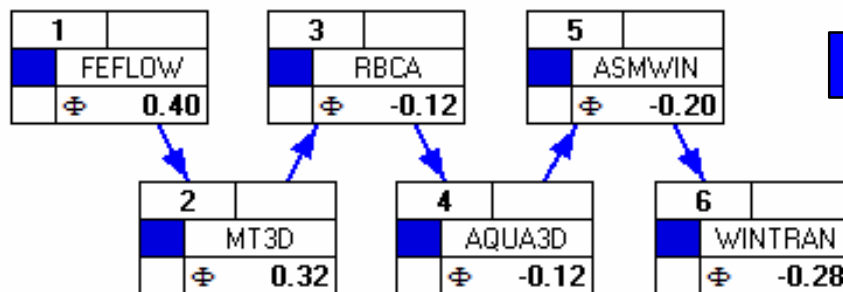
Walking Weights

Quality of results

- Quality of results: 20%
- Grid discretization: 20%
- Degree of sucess: 20%
- Pre/Pos processor: 20%
- Price of the software: 20%

0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100%

Set Equal Reset Update



PROMETHEE II Complete ranking

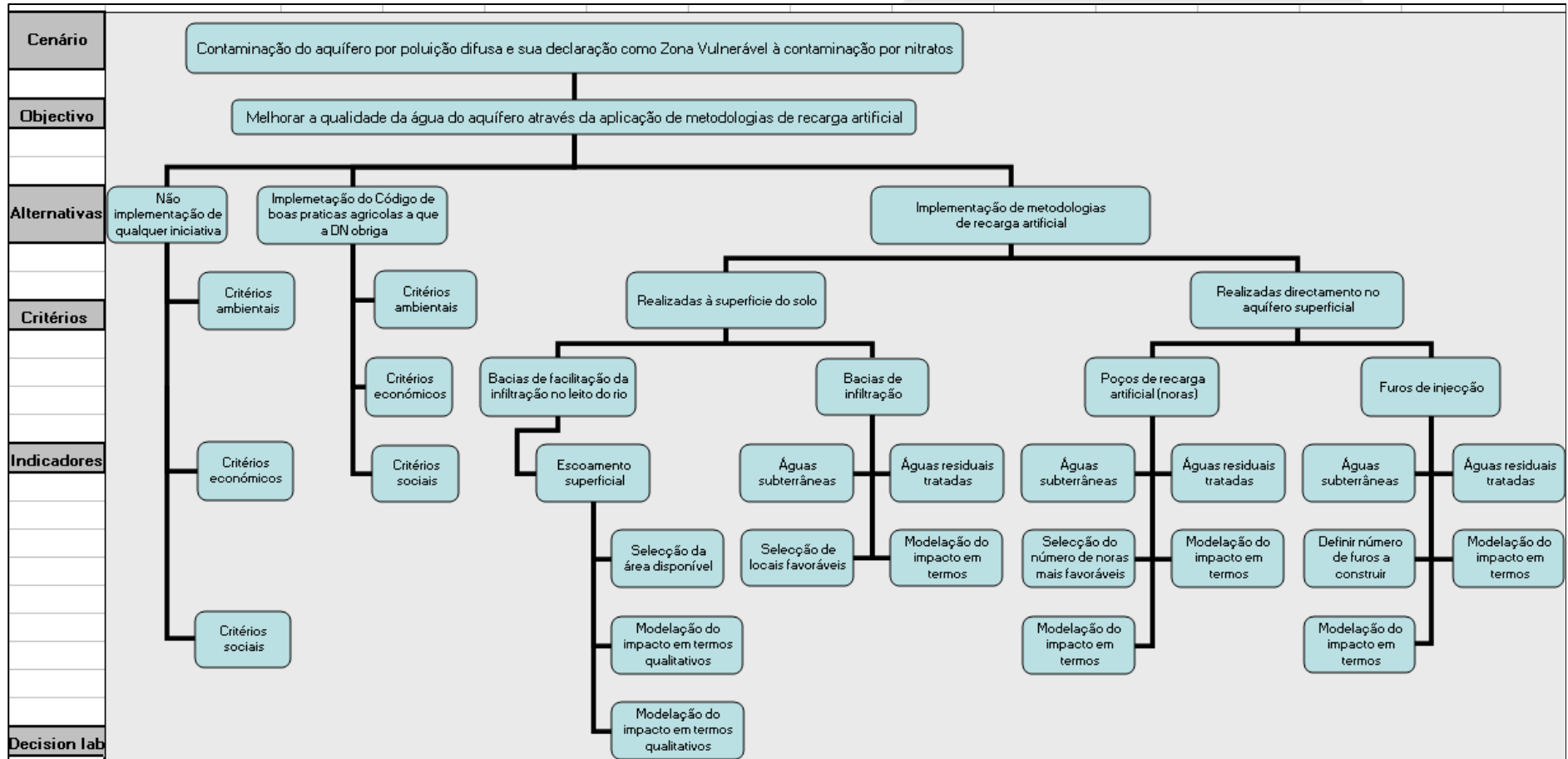


Decision Support System (DSS) using multicriteria analysis

**Preliminary definitions for Campina de Faro
DSS application for selection of most appropriated
artificial recharge methodologies**

Preliminary definitions for Campina de Faro

DSS application for selections of most appropriated artificial recharge methodologies



Preliminary definitions for Campina de Faro DSS application for selections of most appropriated artificial recharge methodologies

DECISION LAB 2000

Actions/decisions – selection of most appropriated best artificial recharge proposal to achieve minimum NO₃ levels

Criteria – environmental, economical and social criterions

Groundwater flow and NO₃ transport performance in the aquifer resulting from different artificial recharge scenarios

Construction, operation and monitoring costs
Artificial recharge water costs
Land availability related costs

Motivation from local farmers to participate in this proposal
Motivation from local farmers to implement good agricultural practices etc..

Preliminary definitions for Campina de Faro

DSS application for selections of most appropriated artificial recharge methodologies

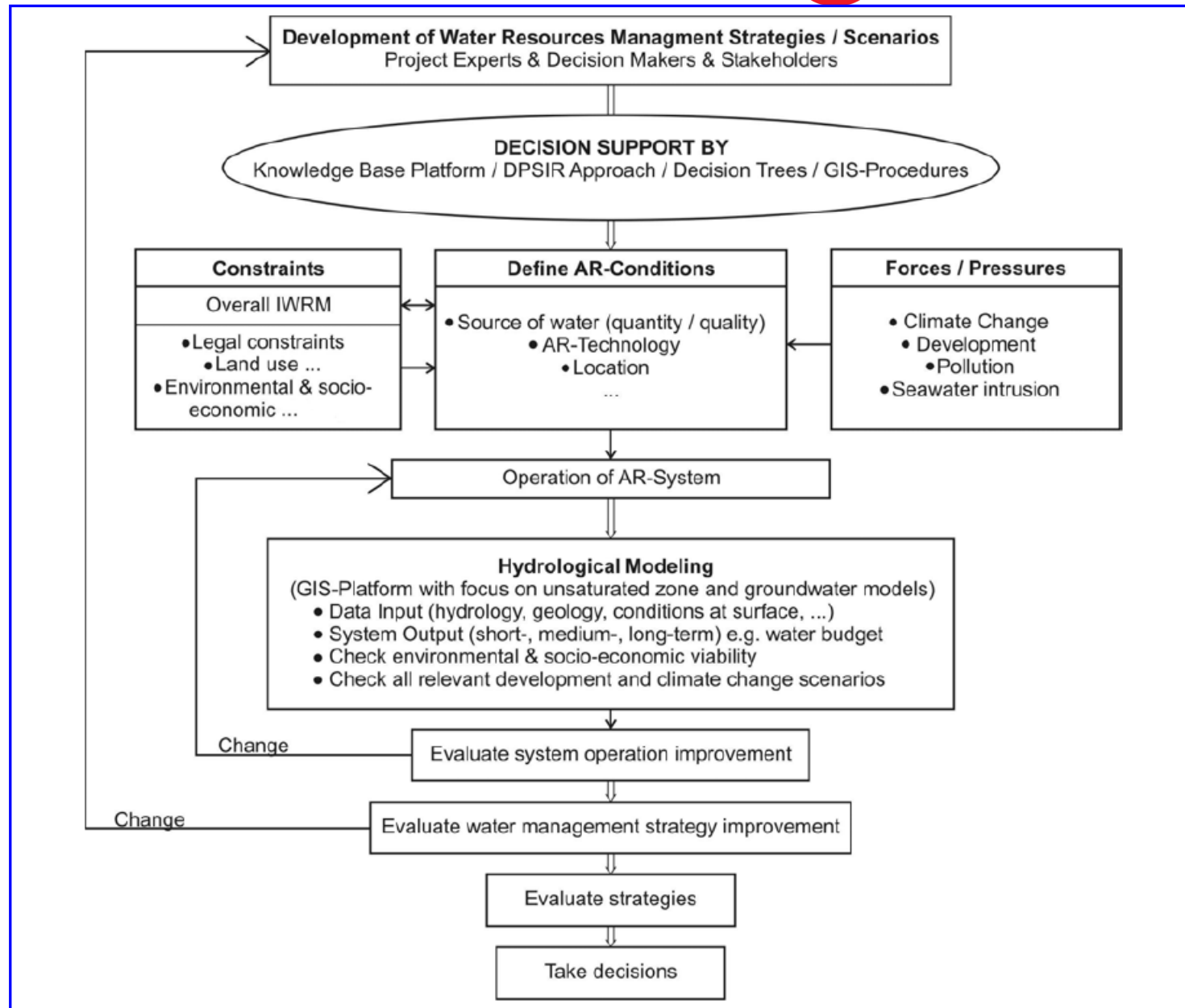


LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

DECISION LAB 2000

	Dimensão do	% ocupação á	Volume de água	% volume água	Prof. nível inicial	Prof. niv	Concent	Concentraç	Custo implantaç	Custo funcionarr	Custo água reca	% recupere	Cumprimento DG
Min/Max	Minimize	Minimize	Minimize	Minimize	Minimize	Minimize	Maximiz	Minimize	Minimize	Minimize	Minimize	Maximize	Minimize
Weight	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Preference Functi	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual
Indifference Thres	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Preference Thres	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gaussian Thresho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Threshold Unit	Absolute	Percent	Absolute	Absolute	Absolute	Absolut	Absolut	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Percent	Absolute
Average Performe	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Standard Dev.	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Unit		%	m3	%	m	m	mg/L	mg/L	euros	euros	euros	5	sim
Cenário1	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Cenário2	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Cenário3	0.0000	?	?	?	?	?	?	0.0000	?	?	?	?	?
Cenário4	?	?	?	?	?	?	?	0.0000	?	?	?	?	?
Cenário5	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Cenário6	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Cenário7	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Cenário8	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Cenário9	0.0000	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Cenário10	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?

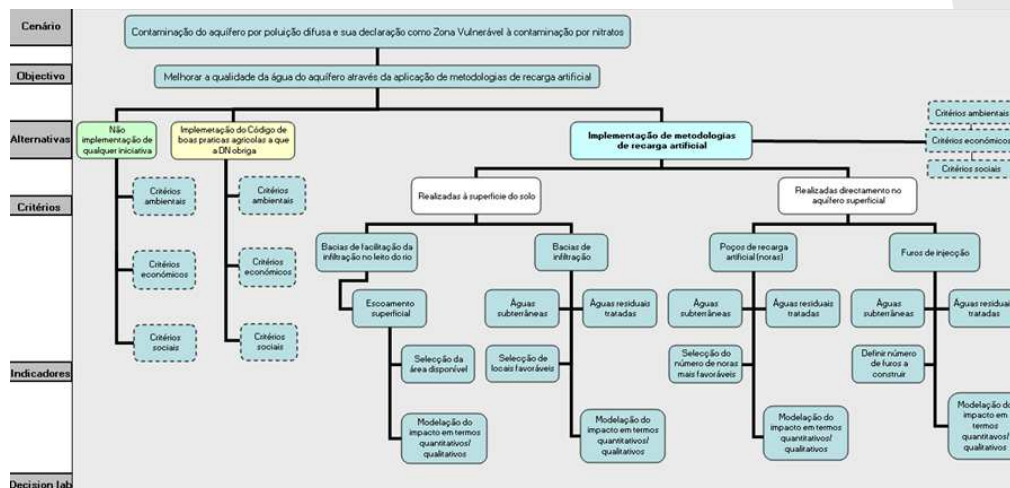
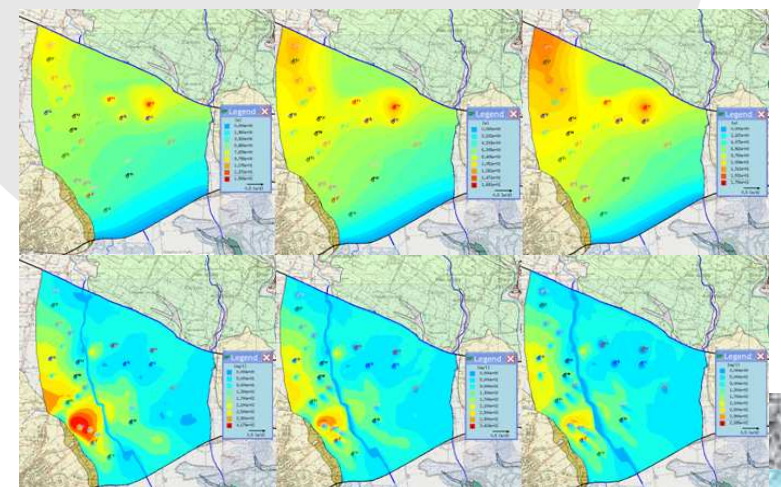
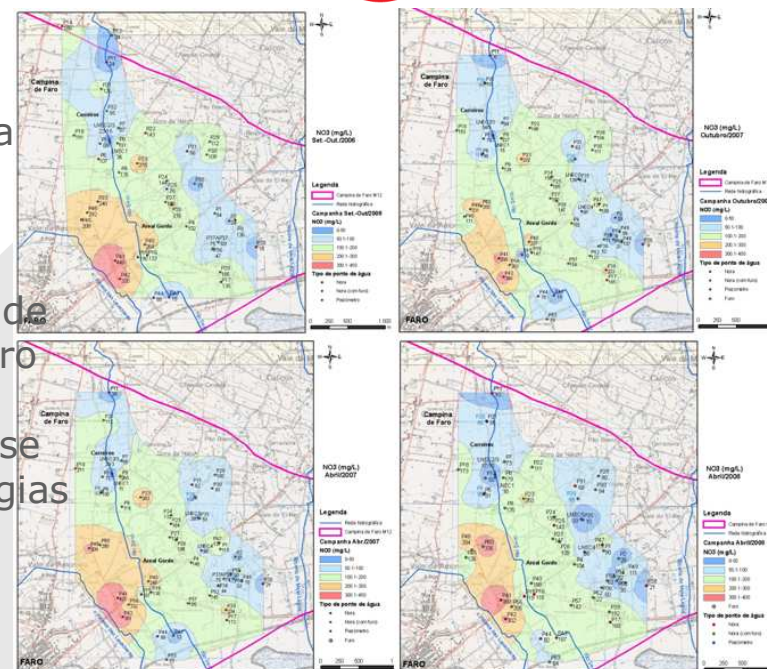
Organigrama do *Decision Support System* (WP6)



NAS: PIP 2005-2008: ESTUDOS

Principais resultados (cont.)

- Monitorização sazonal da piezometria e qualidade da água subterrânea.
- 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
- 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



Agradecimentos



✓ Projecto GABARDINE

no âmbito do 6º Programa-Quadro de Investigação da União Europeia

✓ Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) e Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) no âmbito de uma Bolsa de Doutoramento

Obrigado pela vossa atenção