LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

# ÍNDICE DE SUPORTE À ESCOLHA DE ÁREAS FAVORÁVEIS A RECARGA ARTIFICIAL (GABA – IFI)

## APLICAÇÃO À ZONA OESTE DO SISTEMA AQUIFERO DE QUERENÇA-SILVES

**Luís Oliveira**

**Manuel Mendes Oliveira**

**João Paulo Lobo Ferreira**

*Núcleo de Águas Subterrâneas,*
*Laboratório Nacional de Engenharia Civil,*
*Avenida do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa*

APRH
Água: desafios de hoje, exigências de amanhã

Centro de Congressos de Cascais,
2 a 4 de Abril 2008

© LNEC 2006

# Como se considera que uma área é favorável à recarga artificial?

> Boas taxas de recarga;

> Espaço subterrâneo disponível para a água recarregada;

> A garantia que a água recarregada permanece o tempo suficiente no sistema aquífero necessário para o objectivo da recarga;

> Maximização da eficiência económica;

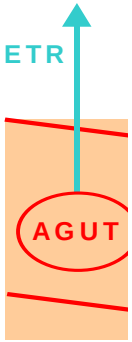
> Disponibilidade de áreas para estruturas de recarga artificial;

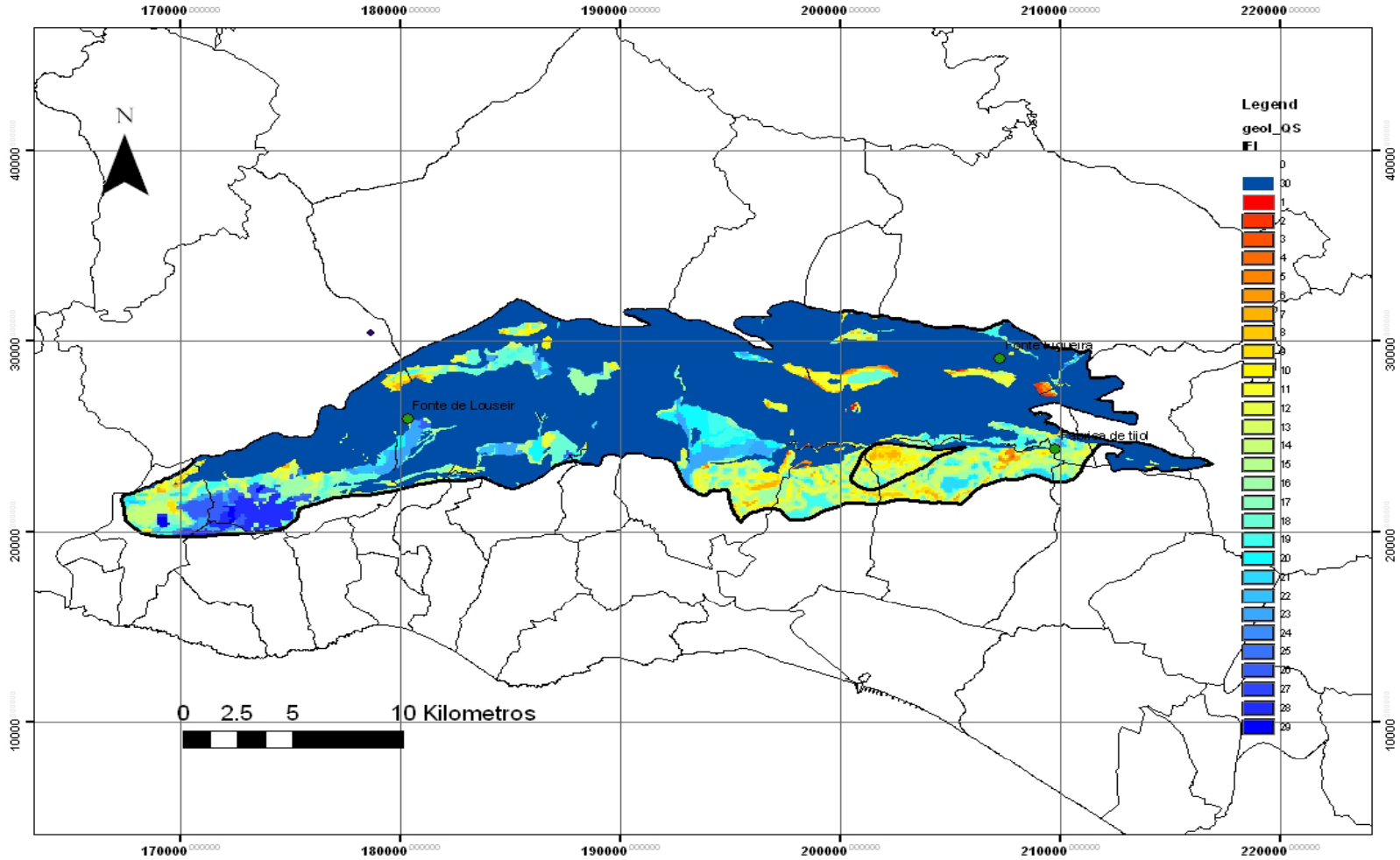
> Impactos positivos na sociedade;

© LNEC 2006

# Em estudos anteriores…

## Índice de Facilidade de Infiltração (IFI) aplicado ao sistema aquífero Querença-Silves




Olive
Ferre

© LN

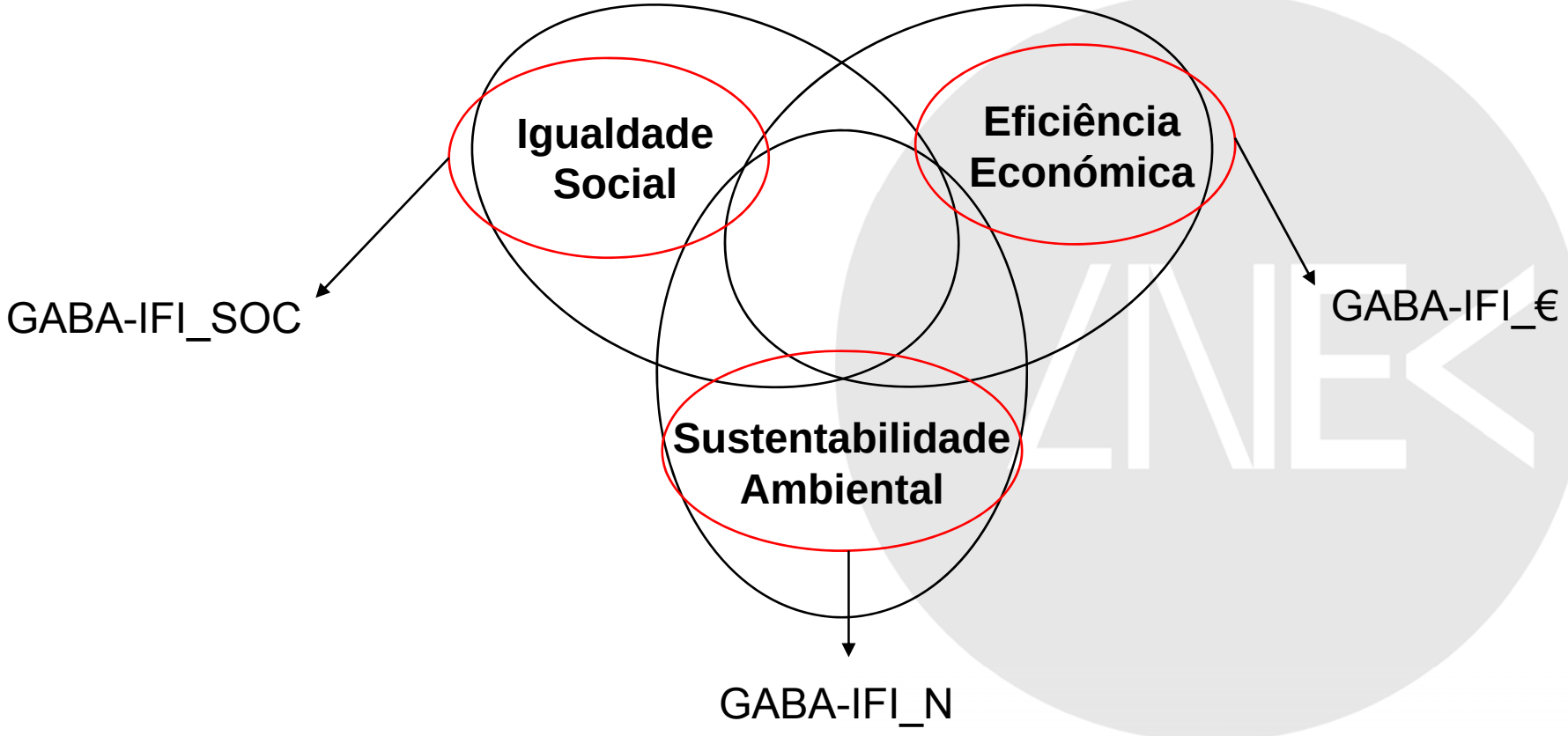
# GABA-IFI

> Enquanto o IFI permite analisar quais as áreas favoráveis à recarga natural, o GABA-IFI é um índice direccionado para a recarga artificial. Assim, as infra-estruturas de recarga artificial têm que ser consideradas.

> A recarga artificial de sistemas aquíferos é um processo de gestão de recursos hídricos que deverá ser considerado num estudo o mais integrado possível.

© LNEC 2006

# Numa gestão integrada de recursos hídricos




## Índice GABA-IFI

GABA-IFI= GABA-IFI$_N$ & GABA-IFI$_€$ & GABA-IFI$_{SOC}$

© LNEC 2006

# GABA-IFI_€

> Um projecto de recarga artificial deverá ter em atenção a maximização da eficiência económica.

> Este subíndice considera que o principal objectivo será a minimização dos custos do projecto de recarga artificial, para o qual se identificaram dois factores:

- Transporte e custo da água desde a origem até ao local da recarga artificial;
- A construção e manutenção das estruturas da recarga artificial.

© LNEC 2006

# Que estudos deverão ser considerados no transporte da água?

> Identificação das diferentes origens de água para a recarga artificial (e do respectivo preço)

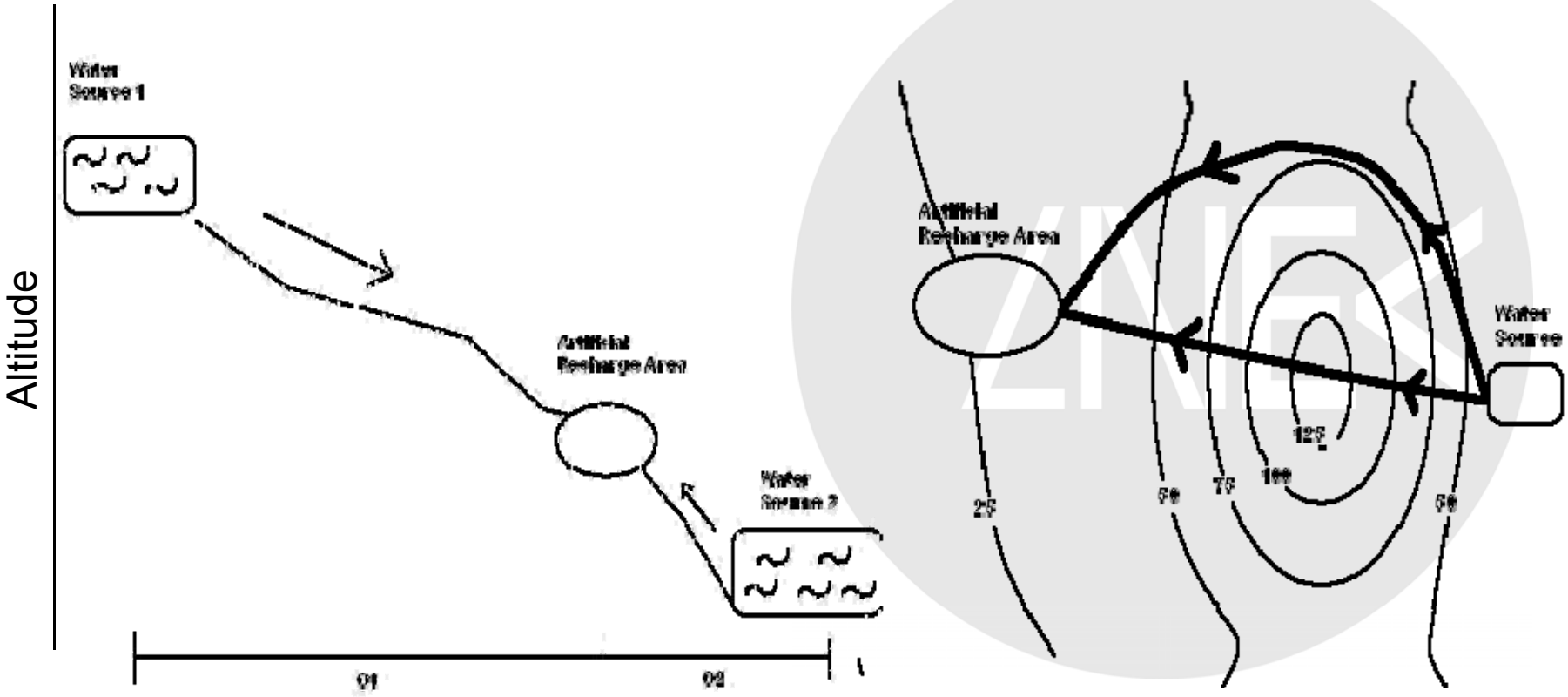
> Cálculo das diferentes alternativas de transporte de água para as regiões dos sistemas aquíferos

Que deverão ter em conta:

- Topografia da região
- Distância entre a origem e a zona de recarga

© LNEC 2006

# Porque o transporte de água não é um parâmetro simples?




O1>O2 mas a Water Source1 poderá ser melhor escolha que Water Source2 (menos despendioso)

© LNEC 2006

# Construção e manutenção das estruturas da recarga artificial.

O valor da construção e manutenção das estruturas de recarga artificial depende da técnica de recarga artificial utilizada.

Dois parâmetros influenciam este factor:

> **Topografia**

Quanto maior o declive do terreno mais complicado será a construção de estruturas de recarga artificial

> **Ocupação de solo**

Quanto mais complexa for a ocupação de solo mais difícil, e logo mais cara, é a construção de estruturas de recarga artificial.

A complexidade de uma ocupação de solo é medida pelo material investido nos sistemas que ocupam o solo.

Complexidade (cidade) > Complexidade (campo agrícola) > Complexidade (terreno seco e abandonado)

© LNEC 2006

# GABA-IFI_SOC

> Nesta análise é necessário ter em conta que um projecto de grandes dimensões deverá ter a aceitação da opinião pública no geral e deverá ter um impacto positivo (ou pelo menos não-negativo) na sociedade.

> A quantificação deste subíndice é complexa visto que a influência que um projecto tem numa sociedade não depende apenas de assuntos quantificáveis e depende das características da população.

Necessita de um estudo muito cuidado entre vários profissionais de diferentes áreas

© LNEC 2006

# GABA-IFI_N

Em termos naturais, a área adequada para recarga artificial é aquela que permite maximizar três aspectos:

(i) boa taxa de recarga;

(ii) bom espaço para o armazenamento subterrâneo e

(iii) elevado tempo de permanência da água no sistema aquífero;

© LNEC 2006

# Taxa de recarga

> A taxa de recarga está relacionada com dois processos, que se forem considerados isoladamente não a descrevem da melhor forma:

i) O tempo que a água demora a atingir o nível freático;

- tempo de transporte vertical (tt)

$tt = D / Kv$

ii) A capacidade que o aquífero tem de dispersar a água recarregada da zona de recarga para o resto do aquífero.

- condutividade hidráulica horizontal (KH)

© LNEC 2006

# Tempo de transporte vertical (tt)

| tt | 1 | 3 | 5 | 8 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|
| Tempo transporte vertical | > 7 dias | ]2 dias - 7 dias] | ]12 horas – 2 dias] | ]30 min-12 horas] | < 30 min |

# Condutividade hidráulica horizontal (KH)

| KH | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Condutividade hidráulica horizontal (m/d) | < 4.1 | [4.1-12.2[ | [12.2-28.5[ | [28.5-40.7[ | [40.7-81.5[ | >81.5 |

© LNEC 2006

# Espaço para o armazenamento subterrâneo

> D: Profundidade ao nível freático

A profundidade a que se encontra o nível freático indica o espaço disponível no aquífero para receber água recarregada

Quanto maior for a profundidade ao nível, menores serão os problemas que podem advir da recarga artificial, como a subida excessiva do nível ao ponto de criar zonas húmidas artificiais.

| Distância ao nível freático (m) | <1.5 | [1.5-4.6[ | [4.6-9.1[ | [9.1-15.2[ | [15.2-22.9[ | [22.9-30.5[ | ≥30.5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 | 10 |

© LNEC 2006

# Tempo de permanência no sistema aquífero

> Dist: Distância a um ponto de descarga

| Tempo de Permanência | < 6 meses | [6 meses – 1 ano[ | [1 ano – 3 anos] | > 3 anos |
|---|---|---|---|---|
| DIST | 1 | 5 | 8 | 10 |

$L = t * (K * i / n_e)$

t: Tempo de permanência

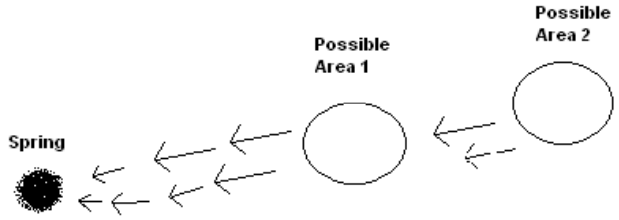
L: Distância a percorrer pela água

K: Condutividade hidráulica

i: Gradiente hidraúlico

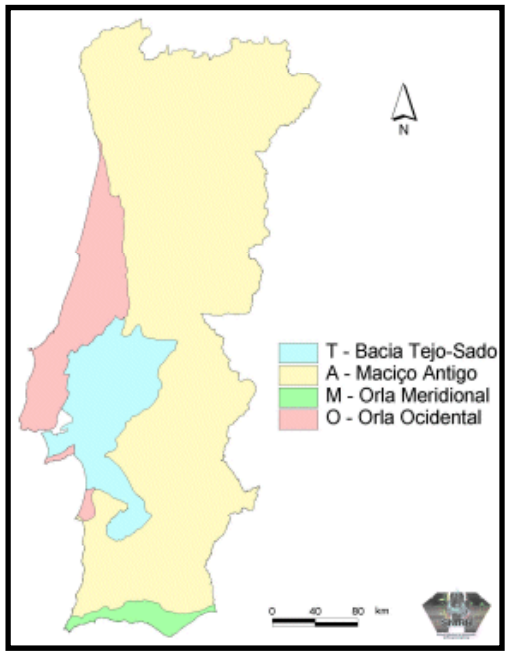
$n_e$ : Porosividade eficaz do meio

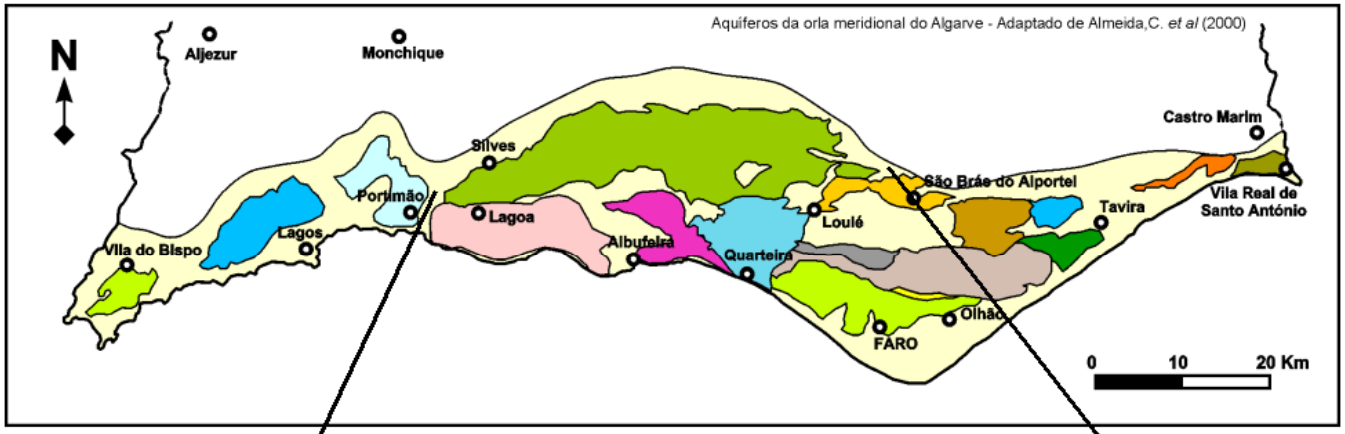
**Porquê a escolha pela simples distância a um ponto de descarga?**

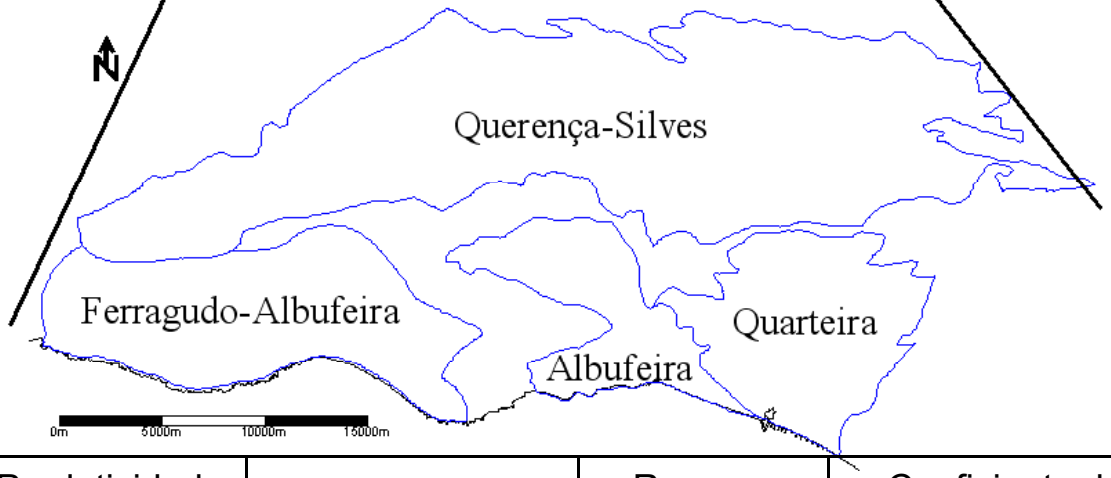



© LNEC 2006

# Caso em estudo – Sistema aquífero Querença-Silves



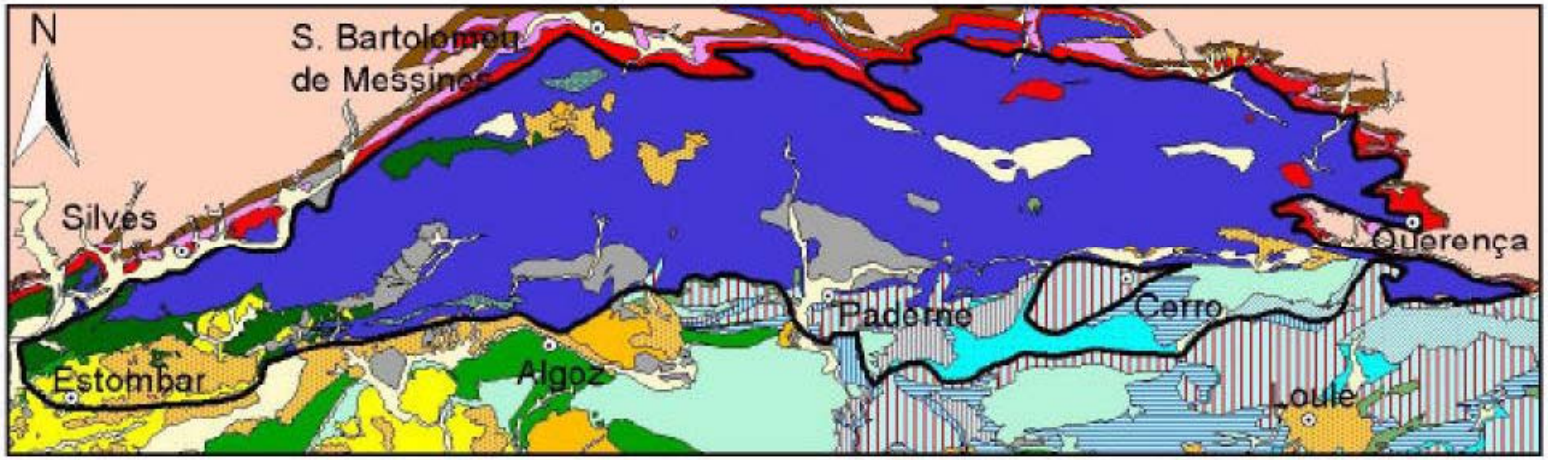




| Característica gerais | Área | Produtividade Média | Transmissividade | Recarga Anual | Coeficiente de armazenamento |
|---|---|---|---|---|---|
| Maioritariamente Cársico; Sistema de livre a confinado | 318 $km^2$ | 12.2 L/s | De 83 a 3000 $m^2$/dia | 70 a 183 $hm^3$ | De $5*10^{-3}$ a $3*10^{-2}$ |

© LNEC 2006

# Caso em estudo – Sistema aquífero Querença-Silves

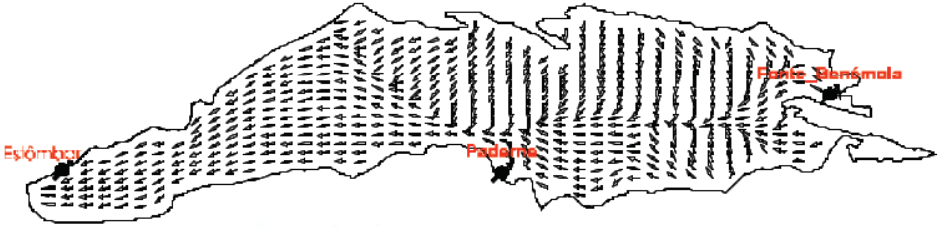



Localidades
Sistema aquífero Querença-Silves

0 10 20 km

- Aluviões (Recente)
- Cascalheiras, terraços e tufos calcários (Recente)
- Areias e Cascalheiras de Faro-Quarteira (Quaternário)
- Conglomerados de Galvanas e Siltes glauconíticos da Campina de Faro (Miocénico)
- Arenitos calcários e calcários com seixos (Miocénico)
- Conglomerados e Argilas da Guia (Oligocénico)
- Formações calco-margosas e detríticas (Cretácico)
- Calcários de Escarpão e Calcários com Anchispirocyclina lusitanica (Jurássico sup.)
- Dolomitos e Calcários Dolomíticos de Sta Bárbara de Nexe (Jurássico sup.)
- Calcários bioconstruídos de Cerro da Cabeça (Jurássico sup.)
- Calcários com nódulos de sílex de Jordana (Jurássico sup.)
- Arenitos e conglomerados do Mº Cotovio (Jurássico sup.)
- Calcários argilosos e margas de Peral (Jurássico sup.)
- Calcários de S. Romão (Jurássico sup.)
- Calcários e Margas de Telheiro (Jurássico médio)
- Calcários e Dolomitos de Almádena (Jurássico médio)
- Conglomerados de Odeáxere-Calcários de Vale de Lamas (Jurássico médio)
- Formação de Picavessa (Calcários de Alte) (Jurássico inf.)
- Complexo Vulcano-Sedimentar (Jurássico inf.)
- Pelitos, Calcários e Evaporitos de Silves (Triásico-Jurássico inf.)
- Arenitos de Silves (Triásico)
- Grupo do Flysh do Baixo Alentejo (Carbónico)
- Rochas eruptivas

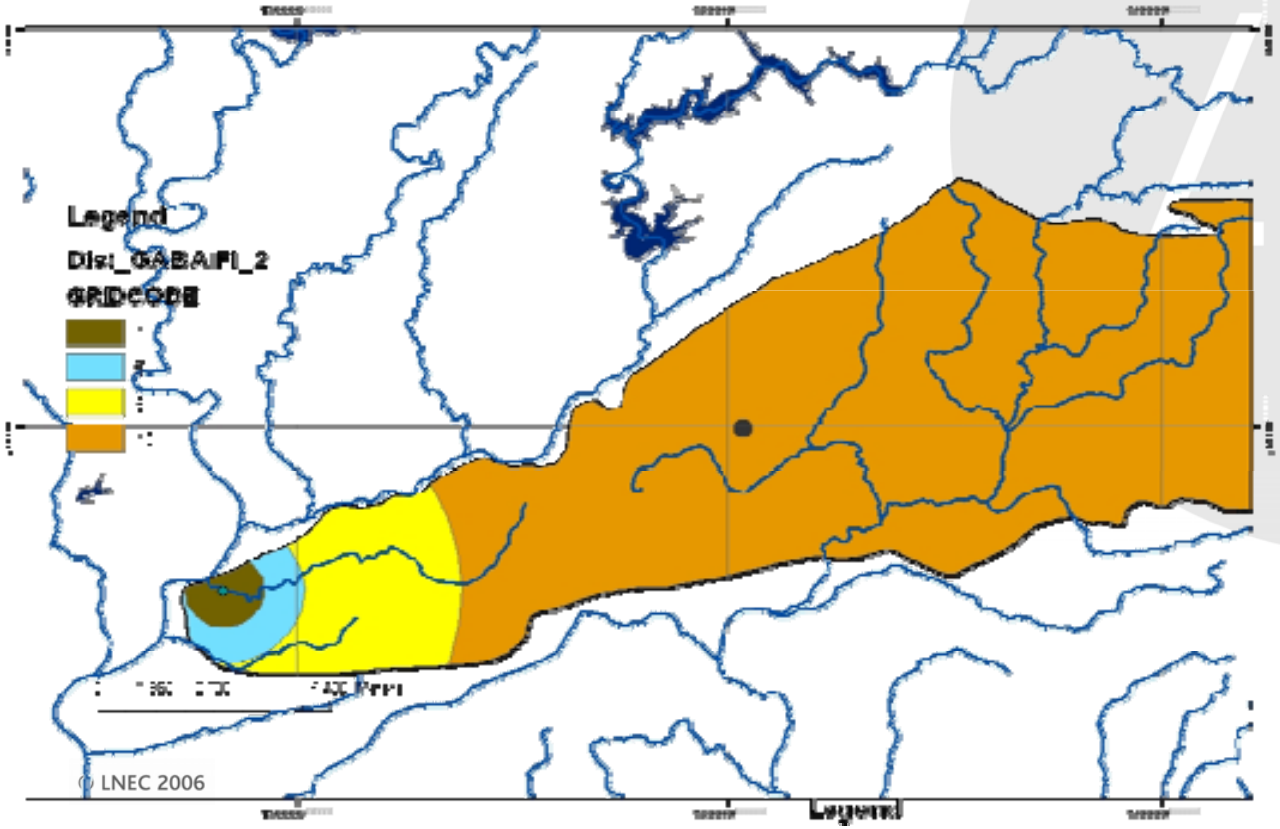
## Sentidos de escoamento




in "*O Aquífero que Salvou o Algarve*", CRVM (2006)

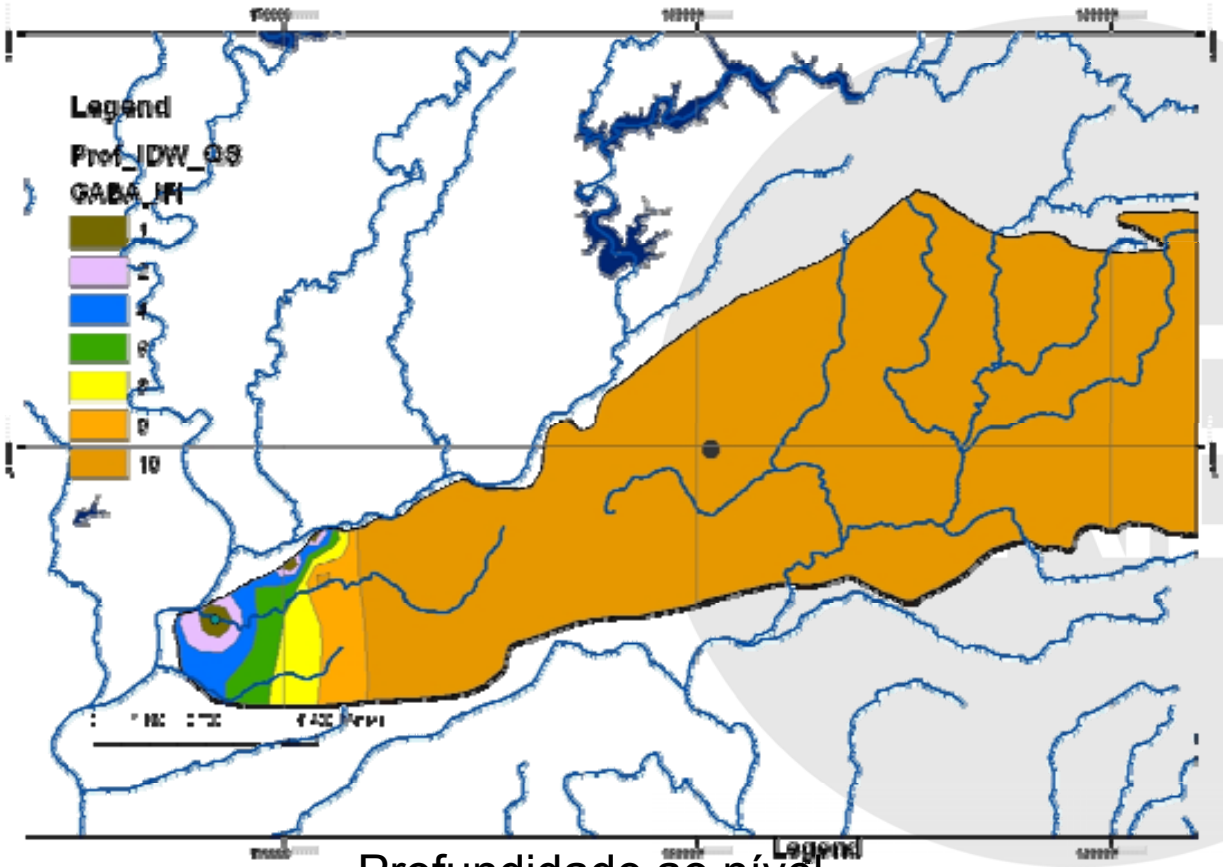
# Aplicação do GABA-IFI_N : DIST

| DIST | 1 | 5 | 8 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| Distancia (m) | < 920 | [920 – 1825[ | [1825 – 5475] | > 5475 |
| Tempo de permanência | < 6 meses | [6 meses – 1 ano[ | [1 ano – 3 anos] | > 3 anos |




Kmédio=50 m/dia ,
ne = 0.01,
imédio=0.001

# Aplicação do GABA-IFI_N: D

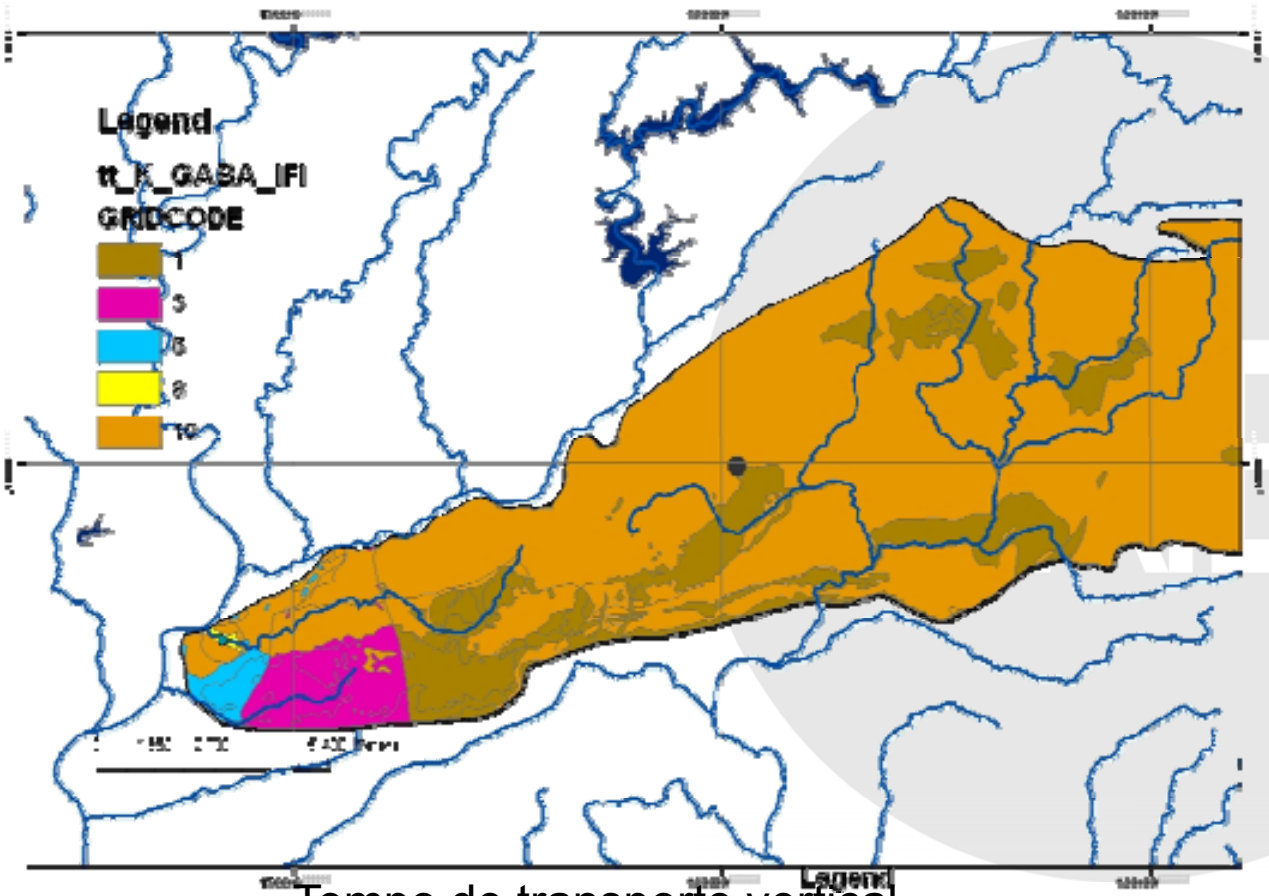



Profundidade ao nível

| Distância ao nível freático (m) | <1.5 | [1.5-4.6[ | [4.6-9.1[ | [9.1-15.2[ | [15.2-22.9[ | [22.9-30.5[ | ≥30.5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 | 10 |

© LNEC 2006

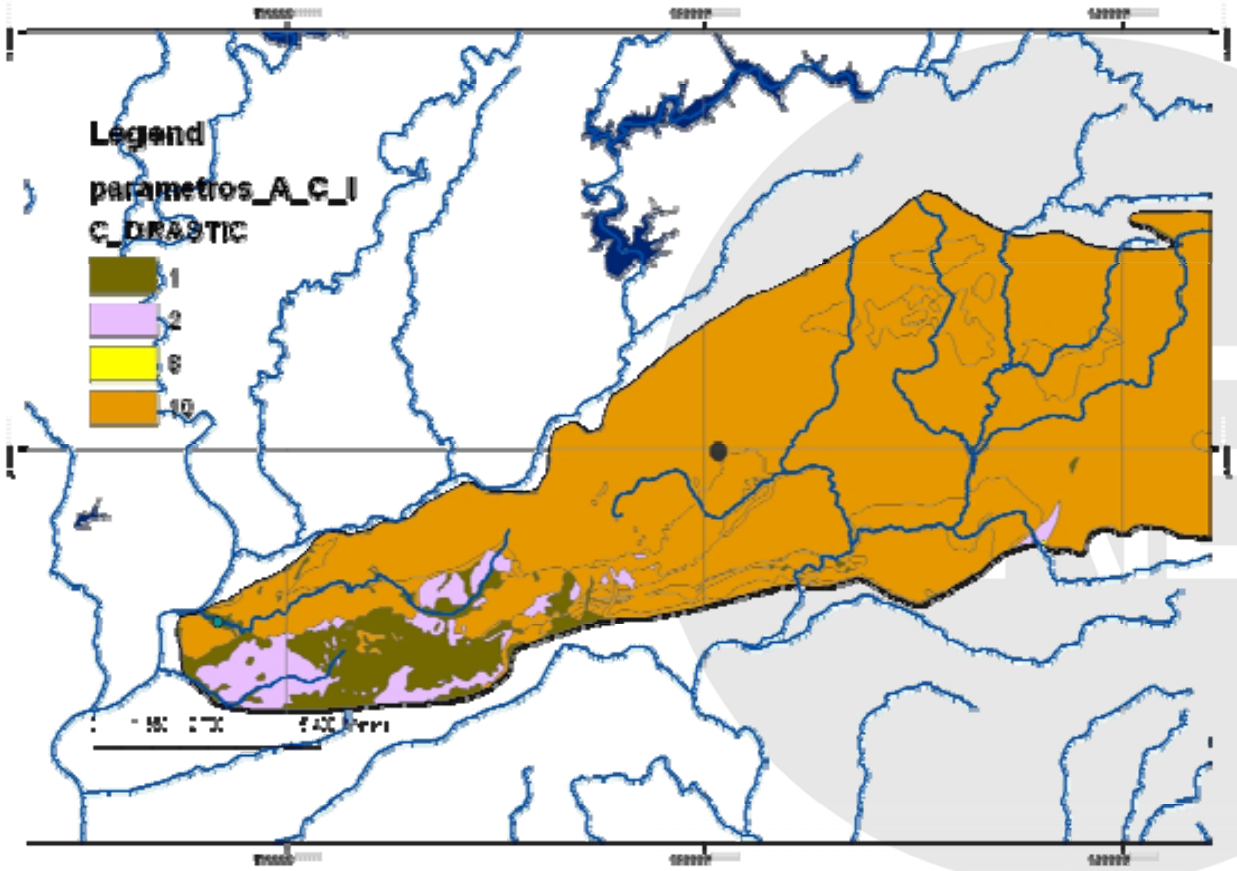
# Aplicação do GABA-IFI_N: tt




Tempo de transporte vertical

| tt | 1 | 3 | 5 | 8 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|
| Tempo transporte vertical | > 7 dias | ]2 dias - 7 dias] | ]12 horas – 2 dias] | ]30 min-12 horas] | < 30 min |

# Aplicação do GABA-IFI_N: KH



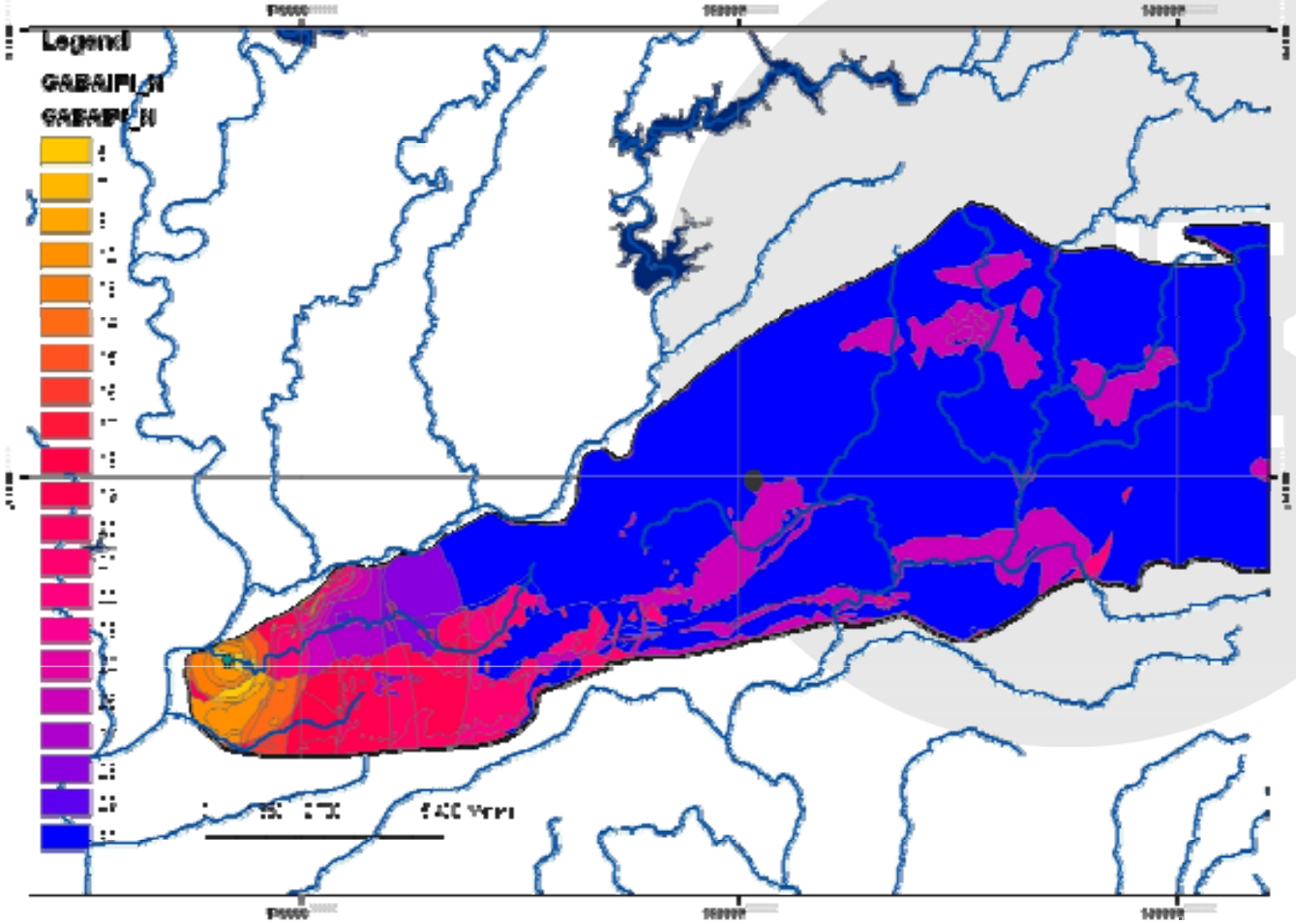

Condutividade hidráulica horizontal

| KH | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Condutividade hidráulica horizontal (m/d) | < 4.1 | [4.1-12.2[ | [12.2-28.5[ | [28.5-40.7[ | [40.7-81.5[ | >81.5 |

© LNEC 2006

# Aplicação do GABA-IFI_N

$$GABA\text{-}IFI_N = Dist + D + (1/2*tt+1/2*K_H)$$




© LNEC 2006

# Análise do GABA-IFI_€ aplicado ao caso em estudo

> Existem diversas vantagens económicas na utilização da água da albufeira da barragem do Arade:

- A proximidade com o sistema aquífero em estudo permite evitar a construção de longas estruturas de transporte de água;
- O facto de a barragem do Arade se situar numa cota mais elevada que a maioria do aquífero permitiria o transporte de água graviticamente;
- Já existe um canal de rega que vai desde a barragem passando por terrenos pertencentes ao sistema aquífero;
- A utilização de excedentes de anos húmidos da barragem faria com que o preço da água fosse um problema menor.

> A aplicação de bacias de infiltração em leito de rios sazonais é uma hipótese bastante económica;

> A zona Ocidental do Querença-Silves apresenta alguns terrenos agrícolas abandonados e disponíveis.

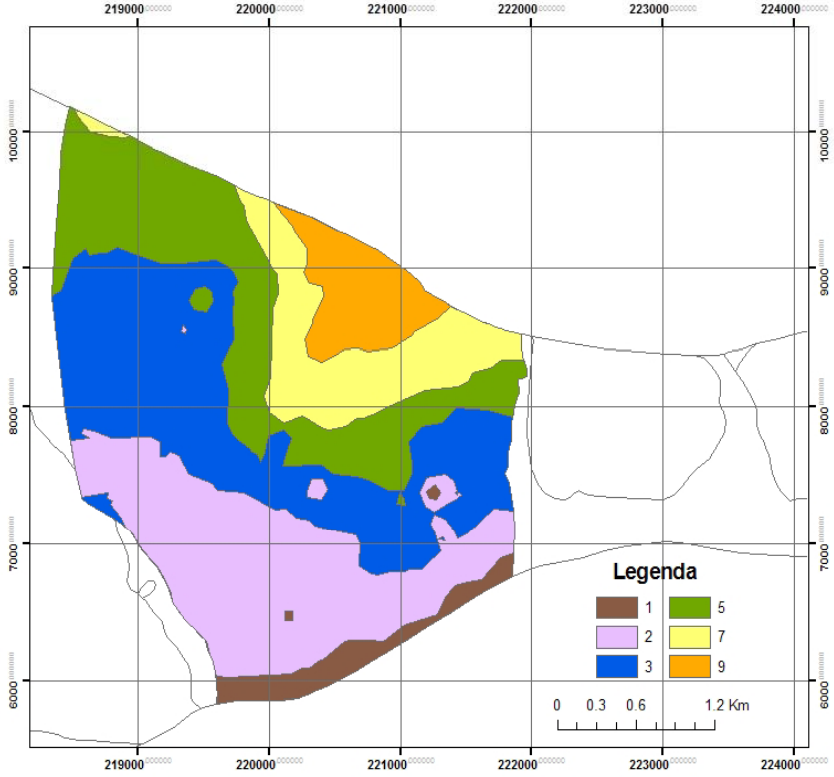
© LNEC 2006

# Análise do GABA-IFI_SOC aplicado ao caso em estudo

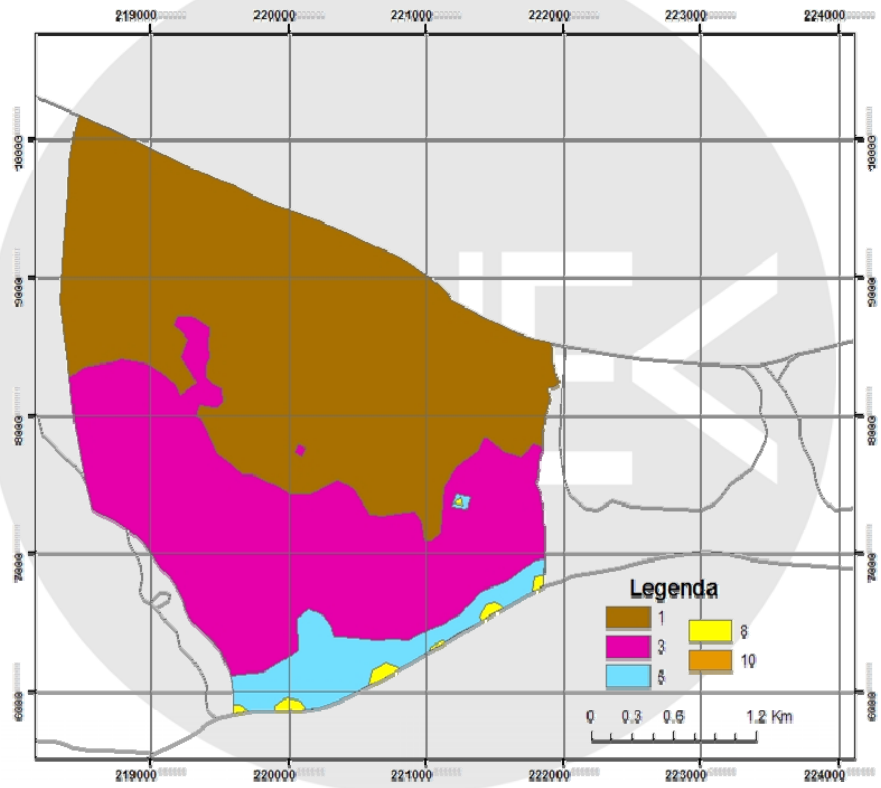
- Para a análise da componente social verifica-se que, se fosse aproveitada uma zona abandonada, ou em desuso, um projecto de recarga artificial poderia ter uma influência positiva na sociedade.
- Um projecto de recarga artificial poderia, igualmente, criar novos postos de trabalho numa região ainda muito ligada à agricultura.

© LNEC 2006

# Aplicação do GABA-IFI_N à Campina de Faro



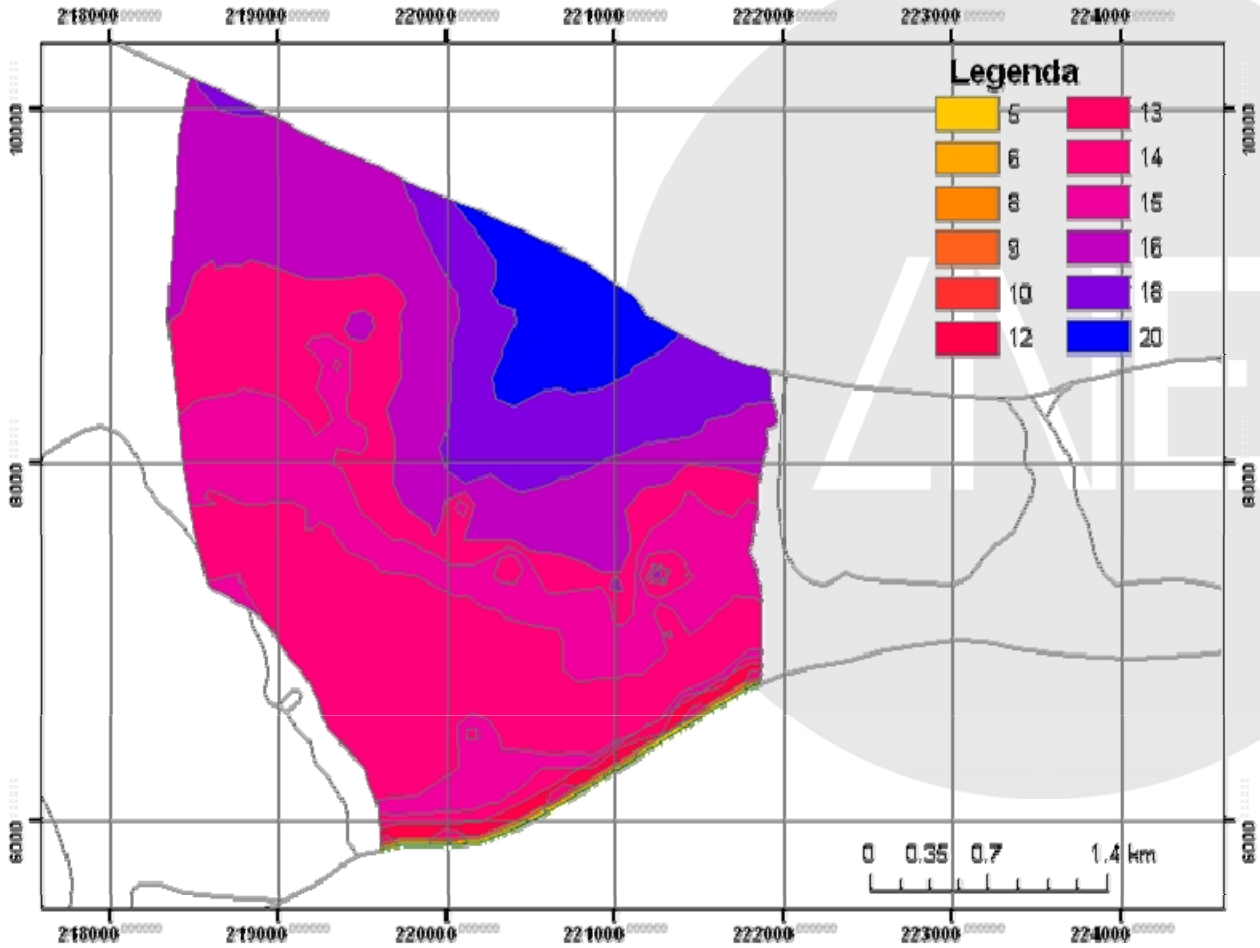

Aplicação do parâmetro “D”




Aplicação do parâmetro “*tt*”

© LNEC 2006

# Aplicação do GABA-IFI_N à Campina de Faro




© LNEC 2006

# Conclusões e Considerações finais

- O sub-indice GABA-IFI_N encontra-se bem desenvolvido devido ao facto de considerar diversos factores importantes ;
- O sub-indice GABA-IFI_N foi desenvolvido tendo em conta o objectivo de utilizar sistemas aquíferos como reservatórios naturais, outro tipo de objectivo poderá levar a uma pequena alteração neste sub-índice;
- Os subíndices GABA-IFI_€ (componente económica) e GABA-IFI_Soc (componente social), representam conceitos teóricos que permitem caracterizar estas componentes, mas não foi ainda possível concretizar esses conceitos num índice quantitativo;
- Existe a questão sobre até que ponto as componentes social e económica poderão estar associadas numa só componente socio-económica.

O índice GABA-IFI representa uma boa base de trabalho para a identificação de áreas candidatas a recarga artificial mas necessita de maior desenvolvimento, com particularidade para as componentes social e económica

© LNEC 2006

# Agradecimentos


✓ Projecto GABARDINE

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

✓ Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT)

no âmbito de uma Bolsa de Doutoramento


© LNEC 2006

LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

OBRIGADO PELA VOSSA ATENÇÃO

FIM

© LNEC 2006