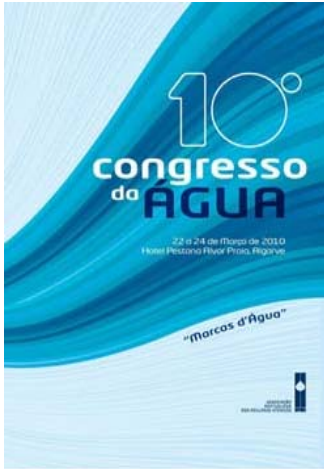


# RESERVAS ESTRATÉGICAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO CENTRO (PROJECTO IMAGES)



Teresa CONDESSO de MELO <sup>(1, 4)</sup>; Judite FERNANDES <sup>(2)</sup>; Carla MIDÕES <sup>(2)</sup>; Carlos COSTA ALMEIDA <sup>(2)</sup>; Helena AMARAL <sup>(2)</sup>; Ana Rita GOMES <sup>(3)</sup>; Maria José MADRUGA <sup>(3)</sup>; Manuel MARQUES da SILVA <sup>(4)</sup>; João LOPO MENDONÇA <sup>(5)</sup>;

(1) *CVRM - Centro de Geo-Sistemas, Instituto Superior Técnico, Lisboa*

(2) *LNEG -Laboratório Nacional de Energia e Geologia – Unidade de Águas Subterrâneas, Alfragide*

(3) *ITN - Instituto tecnológico e Nuclear, Sacavém*

(4) *GeoBioTec, Universidade de Aveiro, Aveiro*

(5) *Centro de Geociências, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa*



Programa Operacional Ciência e Inovação 2010  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR



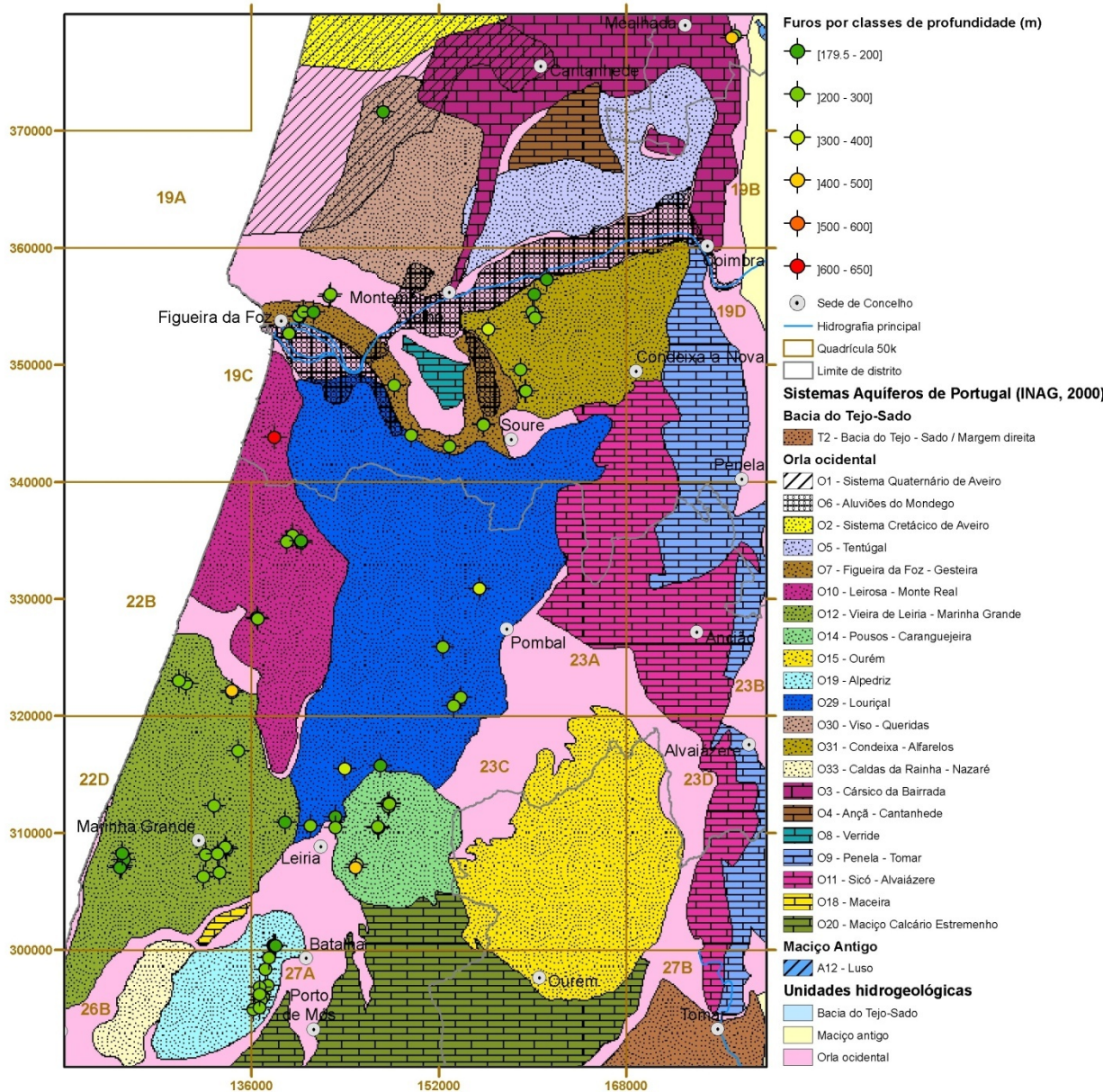
universidade de aveiro



theoria poiesis praxis



# RESERVAS ESTRATÉGICAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO CENTRO (PROJECTO IMAGES)



Foram objecto de um estudo hidrogeológico, hidrogeoquímico e isotópico, oito sistemas da região centro: Viso – Queridas, Condeixa - Alfarelos, Figueira da Foz - Gesteira, Leirosa - Monte Real, Lourçal, Vieira de Leiria - Marinha Grande, Pousos - Caranguejeira e Alpedriz.

Os contextos geológicos e estruturais são muito semelhantes ao aquífero Cretácico de Aveiro do qual já se conhece a existência de águas pristinas.

# RESERVAS ESTRATÉGICAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO CENTRO (PROJECTO IMAGES)

Furo 32

Furo 12

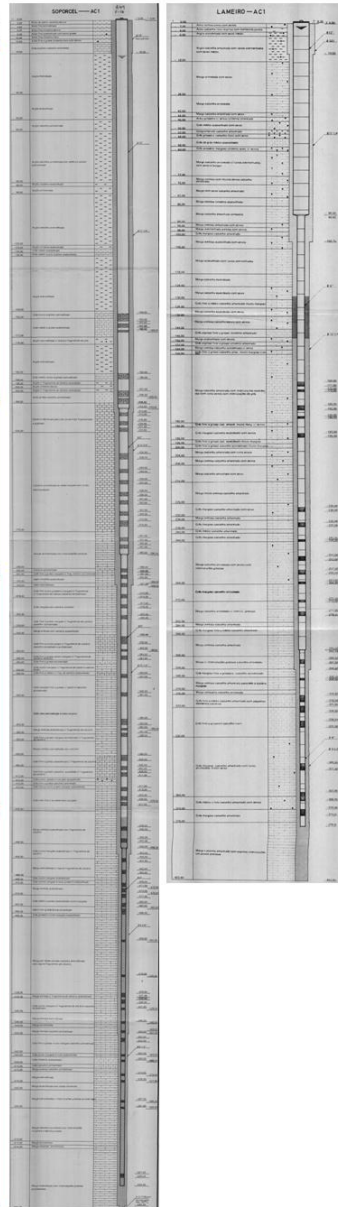
Holocénico  
Pleistocénico

Eocénico  
Paleocénico

Cretácico  
Superior

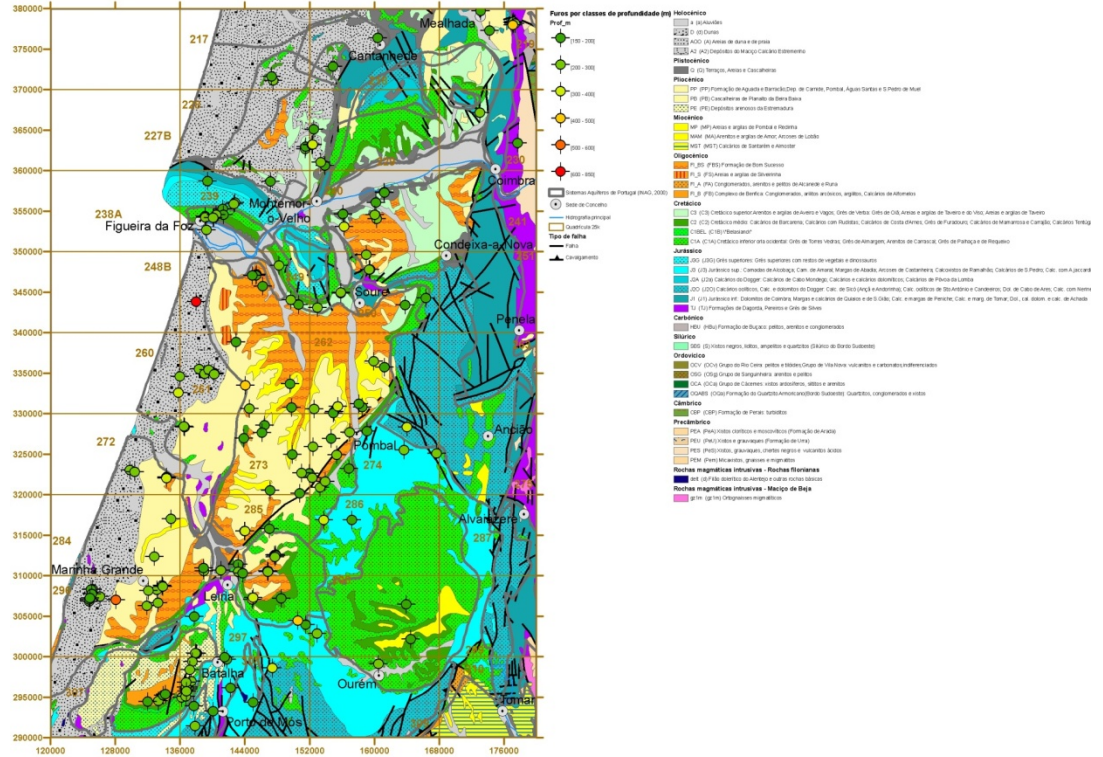
Cretácico  
Inferior

Jurássico  
Superior



Holocénico  
Pleistocénico

Miocénico



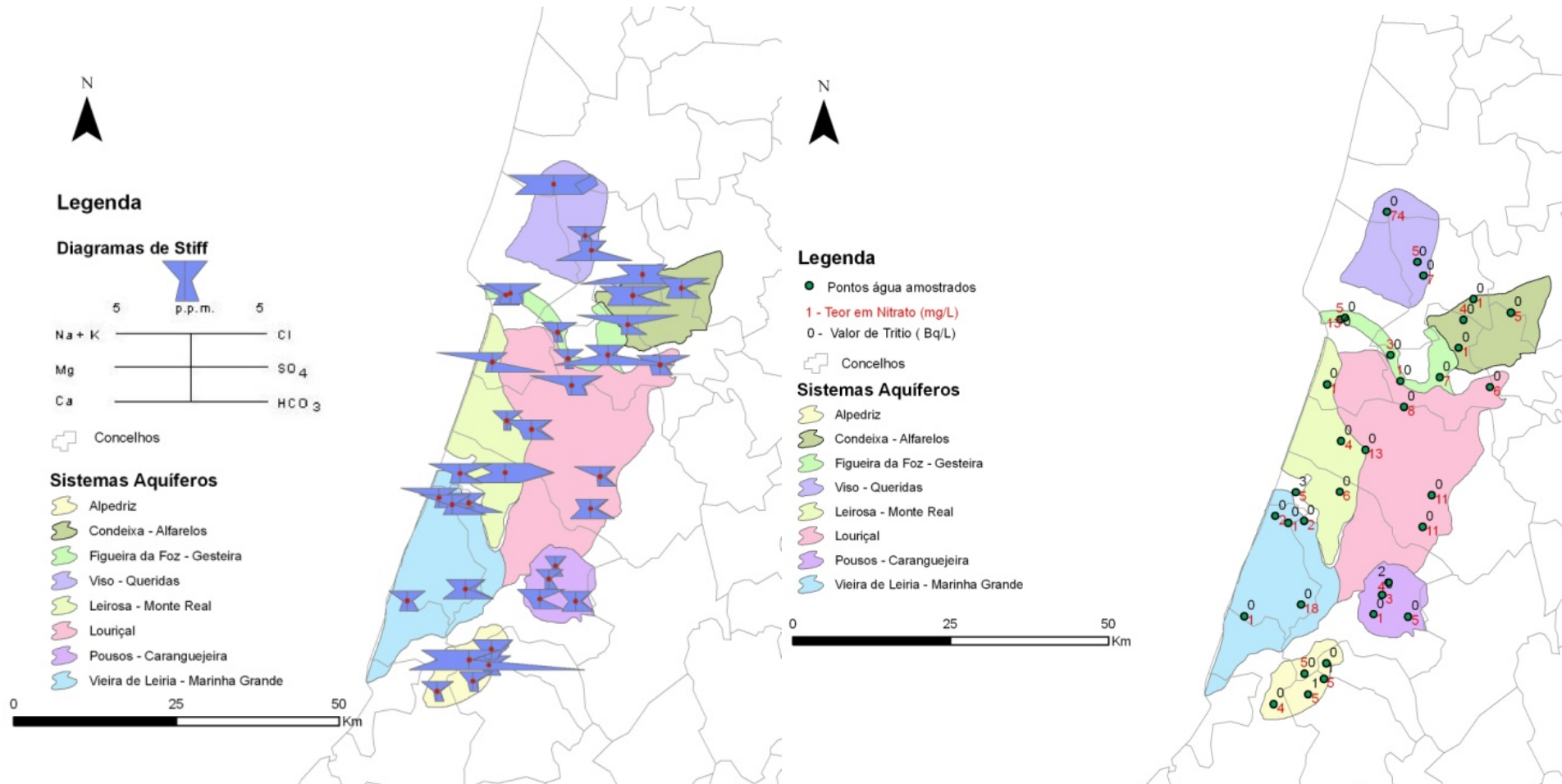
Metodologia adoptada, primeira fase:

- i) levantamento exaustivo dos relatórios de furos de captação de água, com mais de 180 m de profundidade, da região litoral-centro, ii) enquadramento hidro-lito-estratigráfico dos níveis aquíferos potencialmente interessantes e iii) determinação da geometria 3D das massas de água profundas.

# RESERVAS ESTRATÉGICAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO CENTRO (PROJECTO IMAGES)

Segunda fase:

- i) fez-se a caracterização hidrogeoquímica das águas de 35 furos seleccionados;
- ii) determinou-se a idade aparente, através do teor de trítio, que permitiu distinguir águas modernas, com trítio, de águas mais antigas (anteriores a 1952), sem trítio;

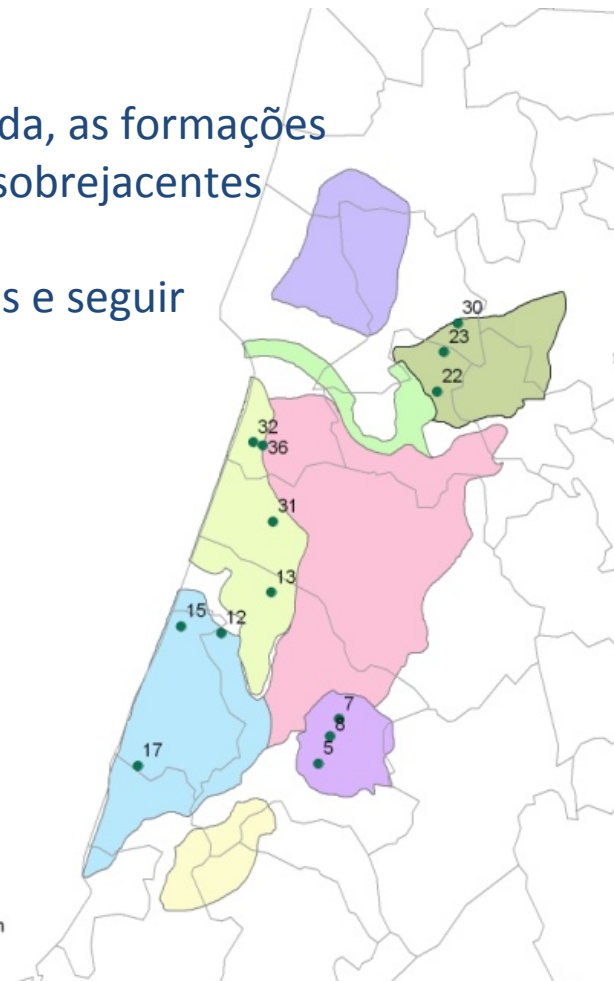


# RESERVAS ESTRATÉGICAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO CENTRO (PROJECTO IMAGES)

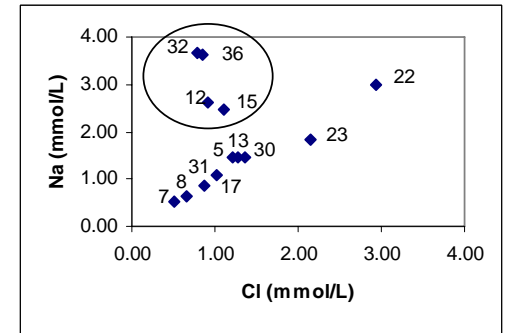
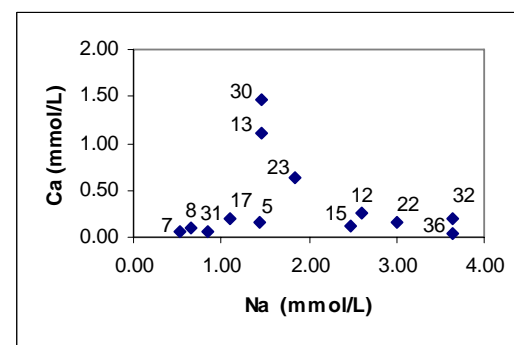
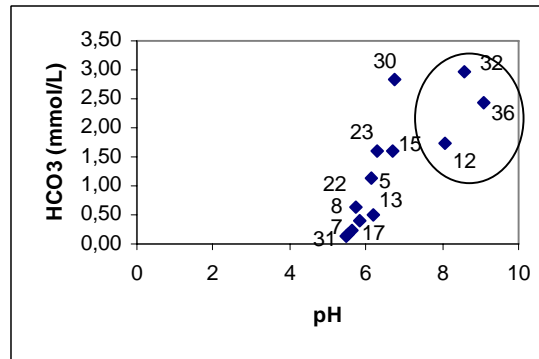
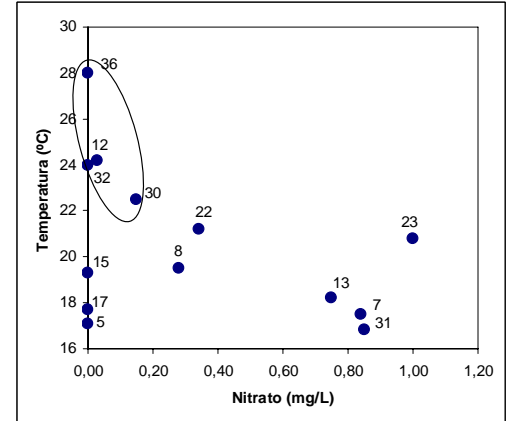
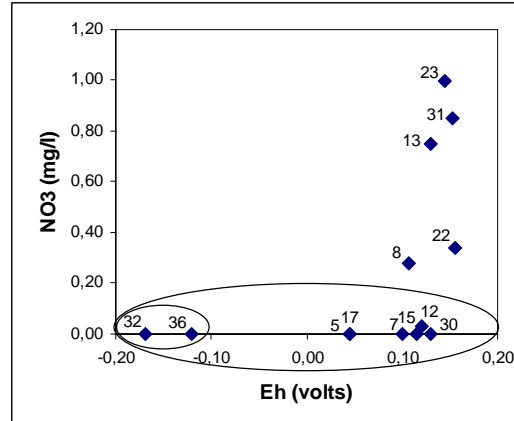
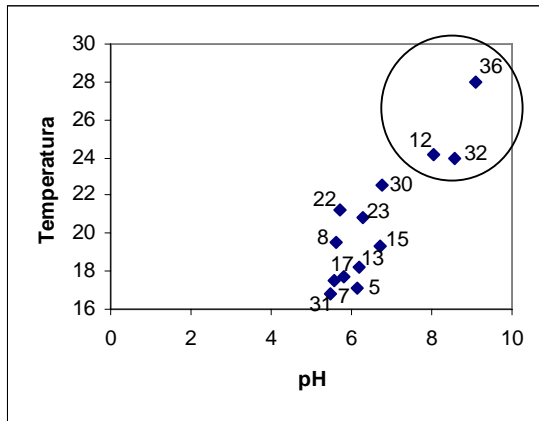
Terceira Fase :

- foram eliminados os pontos com teores de trítio e nitrato, uma vez que a existência de trítio indica águas modernas e valores consideráveis de nitrato indiciam alguma contaminação, resultante de eventual mistura no próprio furo por captar níveis de diferente qualidade e/ou pouco confinamento dos níveis superiores;
- foram eliminadas águas com mineralização excessiva;
- foram considerados pontos onde a profundidade da zona captada, as formações litoestratigráficas captadas e o confinamento dados pelos níveis sobrejacentes fossem mais favoráveis;
- foram considerados pontos que permitissem datar águas antigas e seguir a evolução da idade da água ao longo de uma linha de fluxo.

Os 13 pontos de água potencialmente mais antiga foram objecto de uma caracterização geoquímica mais detalhada, determinando elementos maiores, menores e vestigiais, assim como  $^{14}\text{C}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  e  $\delta^2\text{H}$ .



# RESERVAS ESTRATÉGICAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO CENTRO (PROJECTO IMAGES)



As amostras 12 (Vieira de Leiria-Marinha Grande), 30 (Condeixa-Alfarelos), 32 e 36 (Leirosa-Monte Real) têm facies Na-HCO<sub>3</sub>, e apresentam alta temperatura (>22°C), pH elevado e baixo conteúdo em oxigénio dissolvido, quando comparadas com as restantes amostras. Não têm nitrato e o diagrama redox-pH indica que circulam em ambientes praticamente isolados da atmosfera. A diminuição da dureza (ID 12, 15, 32 e 36) acompanhado do enriquecimento relativo em sódio é indicador de processos de troca iónica, provavelmente relacionados com a presença de camadas com lignitos.

Evolução da água subterrânea em termos dos processos redox:

As águas com menor tempo de residência ou que não foram sujeitas a processos redutores (ID 7, 8, 13, 22, 23 e 31) têm maiores concentrações de oxigénio dissolvido, normalmente acompanhadas da ausência de Ferro e Manganês, ou sua presença em concentrações baixas e presença de nitratos.

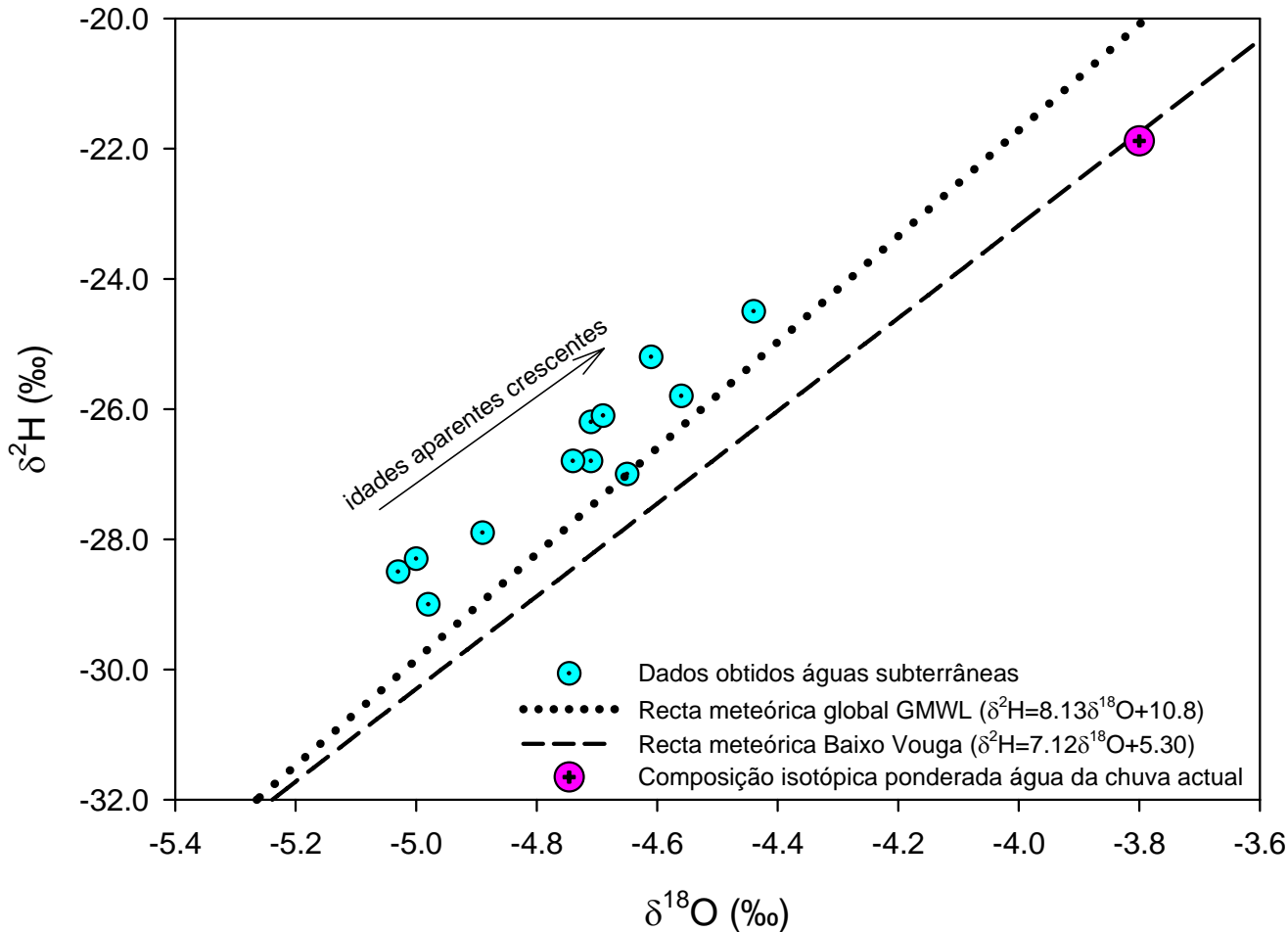
Maiores tempos de residência, ou passagem através de barreiras redox, conduzem à eliminação sucessiva do oxigénio dissolvido, nitrato e a solubilização do ferro e manganês ( ID 5, 17, 32 e 36).

A tendência evolutiva pode levar à redução dos sulfatos, acompanhada da presença de sulfureto de hidrogénio, o que se observou nos pontos 32 e 36.

Normalmente, a presença de sulfuretos é acompanhada da diminuição da concentração de metais pesados, incluindo o ferro, devido à formação de sulfuretos metálicos, de solubilidade muito baixa.

# RESERVAS ESTRATÉGICAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO CENTRO (PROJECTO IMAGES)

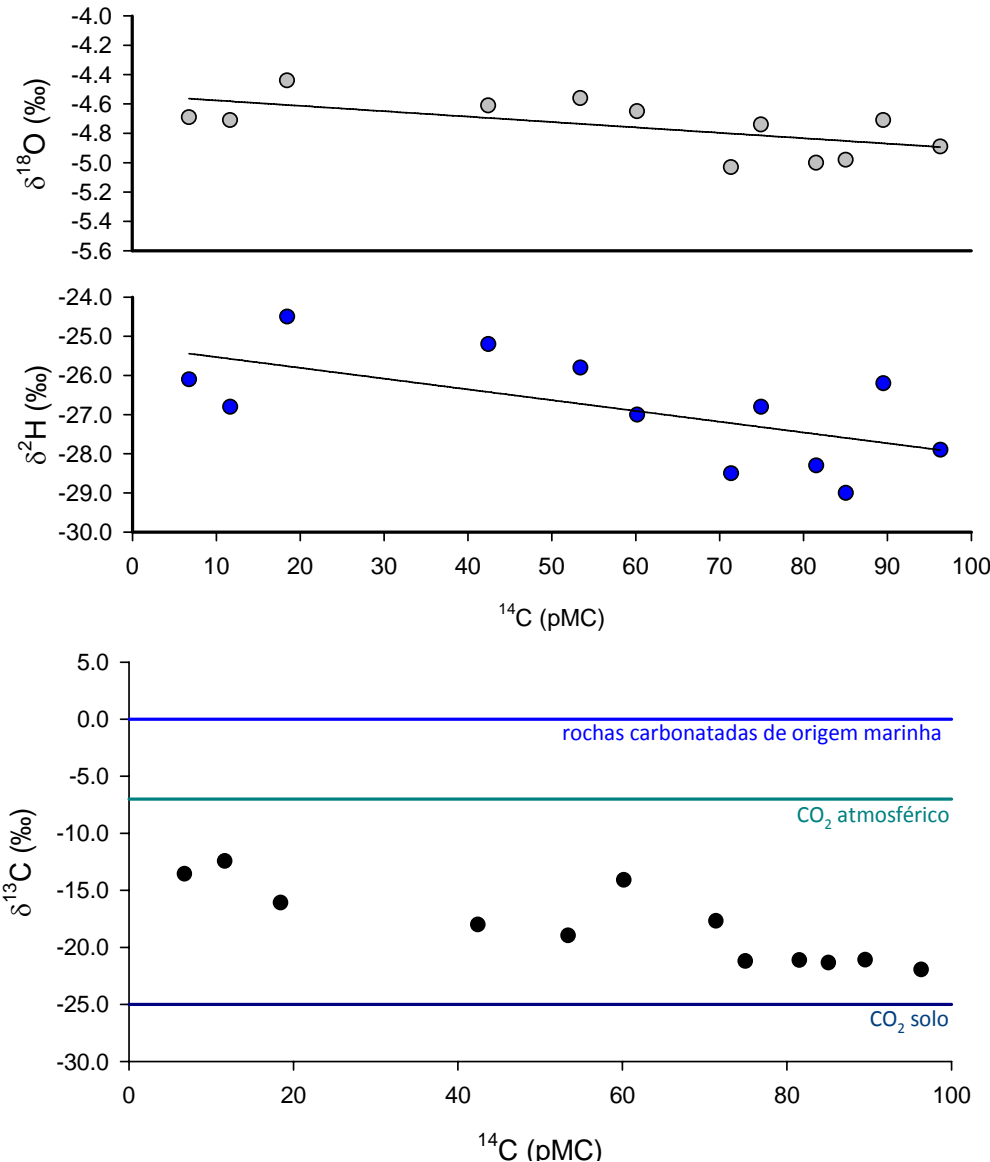
Diagrama  $\delta^{18}\text{O} - \delta^2\text{H}$



A representação das amostras define um declive semelhante ao da recta meteórica global (declive,  $m \approx 8$ ), mas acima desta e da recta meteórica local (região do Baixo Vouga), o que confirma que as condições de temperatura e precipitação em que se deu a sua infiltração são diferentes das actuais.



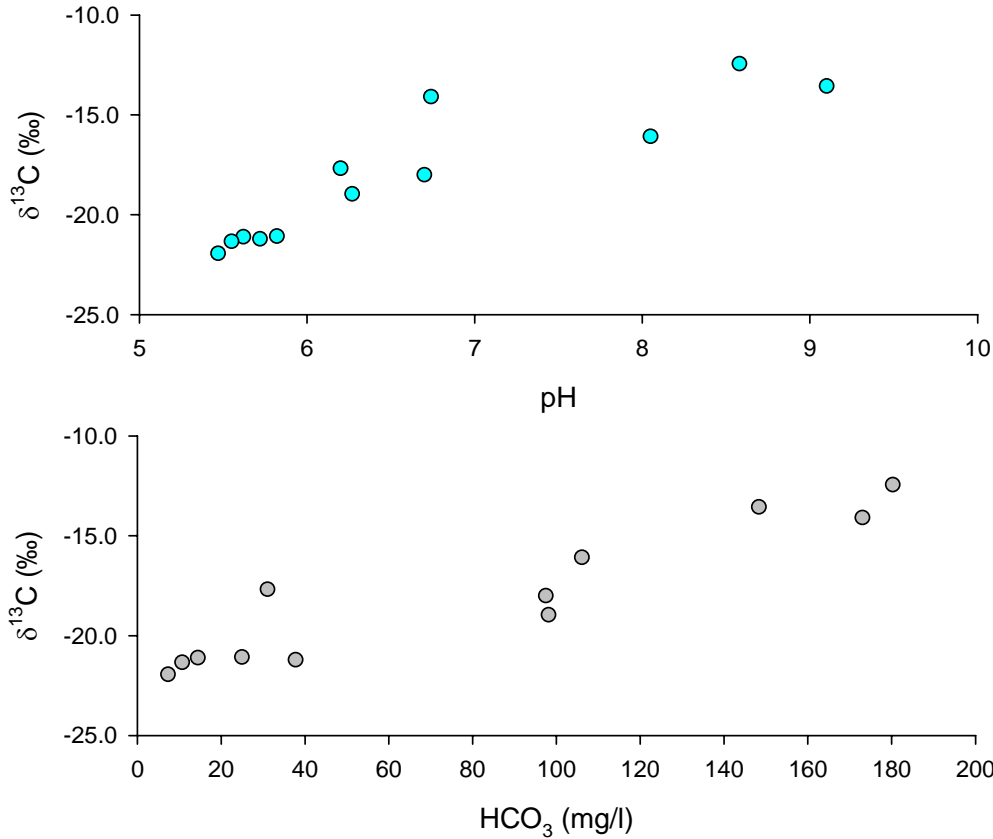
# RESERVAS ESTRATÉGICAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO CENTRO (PROJECTO IMAGES)



Apesar de estarem isotopicamente empobrecidas relativamente à média ponderada da precipitação actual (cujos valores podem estar ligeiramente enriquecidos devido à evaporação), verifica-se um enriquecimento isotópico das águas subterrâneas com tempos de residência mais elevados relativamente às águas subterrâneas mais recentes.

As águas mais antigas estarão a circular em sistema fechado ao CO<sub>2</sub> sem contacto directo com a atmosfera, pelo que o enriquecimento observado em  $\delta^{13}\text{C}$  se deverá à mistura entre o  $\delta^{13}\text{C}$  do CO<sub>2</sub> dissolvido durante os processos de infiltração (recarga subterrânea) e a calcite dissolvida na interacção água - aquífero.

# RESERVAS ESTRATÉGICAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO CENTRO (PROJECTO IMAGES)

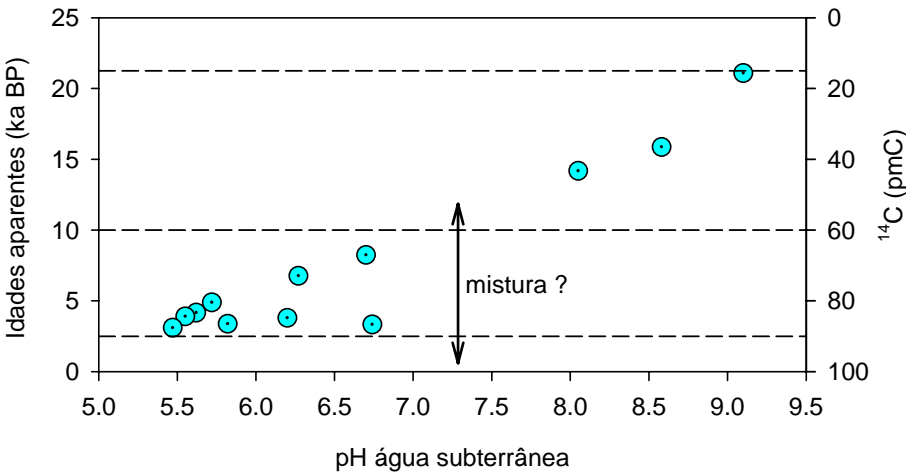


As amostras mais antigas (com valores mais elevados de  $\delta^{13}\text{C}$ ), apresentam concentrações mais elevadas de ião bicarbonato em solução e valores crescentes de pH. Deve-se ao facto de as águas subterrâneas, ao circularem no aquífero e reagirem com os minerais silicatados e carbonatados, consumirem  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}^+$ . Quando em sistema aberto (na zona de recarga, águas mais recentes) haverá possibilidade de repor o  $\text{CO}_2$  consumido, em sistema fechado (parte confinada dos sistemas aquíferos, águas mais antigas) o  $\text{CO}_2$  será gradualmente consumido até praticamente desaparecer.

A dissolução de calcite produz o aumento de bicarbonato em solução e é um dos processos geoquímicos mais relevante no controlo do pH da água subterrânea.

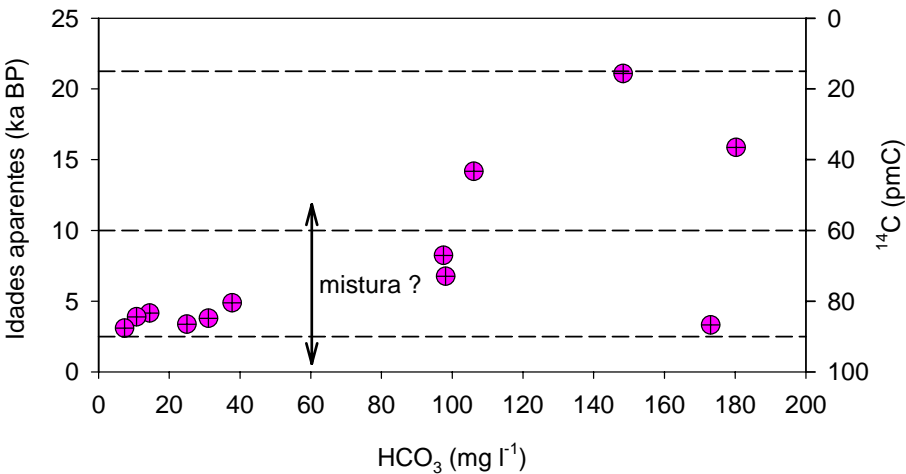
# RESERVAS ESTRATÉGICAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO CENTRO (PROJECTO IMAGES)

As análises de isótopos estáveis ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^2\text{H}$  e  $\delta^{13}\text{C}$ ) e radioisótopos ( $^3\text{H}$  e  $^{14}\text{C}$ ) obtidos para os diferentes sistemas aquíferos estudados, permitem definir 4 grupos de águas subterrâneas:



Paleoáguas
Águas muito antigas
Águas antigas
Águas modernas

- $A^{14}\text{C}$  (CITD) < 15 pCM e  $\delta^{13}\text{C} = -12$  a  $-14$  ‰
- $A^{14}\text{C}$  (CITD) = 15 - 20 pCM e  $\delta^{13}\text{C} = -14$  a  $-16$  ‰
- $A^{14}\text{C}$  (CITD) > 20 - 90 pCM e  $\delta^{13}\text{C} < -16$  ‰ (com excepção da amostra 10,  $\delta^{13}\text{C} = 14,09$  ‰)
- $A^{14}\text{C}$  (CITD) > 90 pCM e  $\delta^{13}\text{C} < -21$  ‰



Paleoáguas
Águas muito antigas
Águas antigas
Águas modernas

que correspondem a águas subterrâneas com idades aparentes representativas de paleoáguas (Pleistocénico tardio – Holocénico), águas muito antigas (Holocénico), águas antigas e águas modernas, respectivamente.

# RESERVAS ESTRATÉGICAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO CENTRO (PROJECTO IMAGES)

## Conclusões:

Os resultados hidrogeológicos, hidrogeoquímicos e isotópicos de 13 furos profundos dos sistemas aquíferos Condeixa - Alfarelos, Leirosa - Monte Real, Vieira de Leiria - Marinha Grande e Pousos - Caranguejeira, confirmaram a existência de águas com elevados tempos de residência (algumas no limiar das paleoáguas com 22000 anos) e condições de recarga diferentes das actuais, pelo que podem constituir reservas estratégicas de água doce com um nível de vulnerabilidade relativamente baixo e uma capacidade de atenuação de contaminantes relativamente elevada.

Obrigada pela atenção.  
[judite.fernandes@lneg.pt](mailto:judite.fernandes@lneg.pt)