

ESTUDO DA QUALIDADE QUÍMICA NATURAL DO AQUÍFERO CRETÁCICO DE AVEIRO UTILIZANDO MÉTODOS GEOESTATÍSTICOS

**M.^a Teresa CONDESSO DE MELO; Ana Constança BATISTA;
Manuel Augusto MARQUES DA SILVA**

Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal,

+351-234-370200, tmelo@geo.ua.pt, constanca@geo.ua.pt, msilva@geo.ua.pt

RESUMO

Nos últimos 5 anos, o sistema multiaquífero Cretácico da região de Aveiro foi alvo de um estudo hidrogeoquímico detalhado, à escala regional, que incluiu a realização de quatro campanhas de campo durante as quais se amostraram 90 furos de captação.

Os parâmetros analisados para os diversos furos foram: (1) Parâmetros de campo (T, CE, pH, Eh, OD, HCO₃); (2) Constituintes principais (Na, K, Ca, Mg, Si, Cl, SO₄, NO₃-N); (3) Constituintes menores e vestigiários (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Br, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, COD, F, Fe, Ga, Ge, I, Li, Mn, Mo, Ni, NO₂-N, NH₄-N, P, Pb, Rb, Sb, Sc, Se, Sr, Th, Ti, U, V, Y, Zn, Zr); (4) Isótopos estáveis (¹⁸O, ²H, ¹³C); e (5) Isótopos radioactivos (¹⁴C), apenas para alguns desses furos.

Uma primeira análise exploratória dos dados foi feita através do cálculo de parâmetros estatísticos descritivos, como as medidas de tendência central (média e mediana), dos valores extremos (máximo e mínimo) e das medidas de dispersão amostral (1º e 3º quartis, variância e desvio padrão). Procedeu-se ainda ao cálculo do histograma de frequências e à construção dos diagramas de extremos e quartis, para visualização do tipo de distribuição de cada variável. Os principais objectivos desta análise foram a familiarização com os dados, a verificação da sua representatividade e a identificação de padrões de regularidade que pudessem ser indicativos de alguns dos principais processos geoquímicos activos no aquífero.

Para a caracterização da variabilidade e da continuidade espacial das variáveis, recorreu-se ao cálculo de medidas médias de correlação, tais como a covariância espacial, usando os variogramas experimentais segundo várias direcções – omnidireccional (direcção 0º e tolerância angular de 90º) e os direccionais (0º, 45º, 90º e 135º, com uma tolerância angular de 15º). O número de passos considerado foi de 5 para uma distância mínima de 13 km (orientação W-E) e máxima de 27 km (orientação N-S) para a zona de estudo.

A modelação dos variogramas experimentais foi feita utilizando o programa Model[®], incluído no Vario2D[®], programa de variografia exploratória, e consistiu no ajuste dos variogramas teóricos aos variogramas experimentais através de um processo semi-automático, limitado à estimação, pelos autores, dos valores dos patamares e das amplitudes. Com a excepção dos dados experimentais para o radioisótopo carbono-14 que foram ajustados recorrendo a um variograma linear, todos os variogramas experimentais, para as restantes variáveis, foram aproximados usando um modelo esférico que na maior dos casos apresentava uma descontinuidade na origem (efeito pepita). Estas descontinuidades foram interpretadas como indicadoras de flutuações a uma escala inferior que o intervalo de amostragem e a hipótese de erros de analíticos foi eliminada.

Em género de síntese, pode-se afirmar que das variáveis estudadas apenas o Se, Ni, As, Be, Ce, Eh, Y, La, Ti, U, Al, ¹⁸O, ²H, NO₃-N, Ca, Mo, Si, apresentam distribuições isotrópicas na zona de estudo e valores de amplitudes crescentes, respectivamente. As restantes variáveis apresentam

distribuições com diversos graus de anisotropia. Destas, verifica-se que a principal direcção de continuidade dos dados coincide com a principal direcção de fluxo (135°). Assim se distribuem os elementos do grupo dos metais alcalinos (Li, Na, K, Rb e Cs), o Mg do grupo dos metais alcalino-terrosos, os elementos de transição (V, Mn, Fe, Co), o ião cloreto (Cl), o tório (Th) e o parâmetro de campo definido como a condutividade eléctrica (CE). Contrariamente ao ião cloreto, os outros haletos (iodeto, brometo e fluoreto) embora apresentem anisotropia (45°-135°) têm a sua amplitude máxima ao longo do eixo de 45°. Os restantes parâmetros apresentam anisotropia 0°-90°.

A cartografia dos diferentes constituintes foi efectuada de acordo com os parâmetros variográficos calculados, utilizando-se a Krigagem pontual. A malha escolhida foi uma malha quadrada de 50x50, que equivale a um espaçamento de, aproximadamente, 0,8 km, segundo o eixo dos X (W-E) e de 1,2 km, segundo o eixo dos Y (N-S).

Não foi usado qualquer raio de busca específico, o que implica que todos os dados disponíveis foram usados na interpolação de cada nó da malha. O número máximo e mínimo de amostras incluídas no cálculo foi considerado igual ao número de pares de dados disponíveis, sem aplicação de qualquer tipo de filtro aos dados. Na Figura 1 encontra-se representado um dos mapas obtidos e que apresenta os resultados da krigagem obtidos para o ião cloreto na área de estudo.

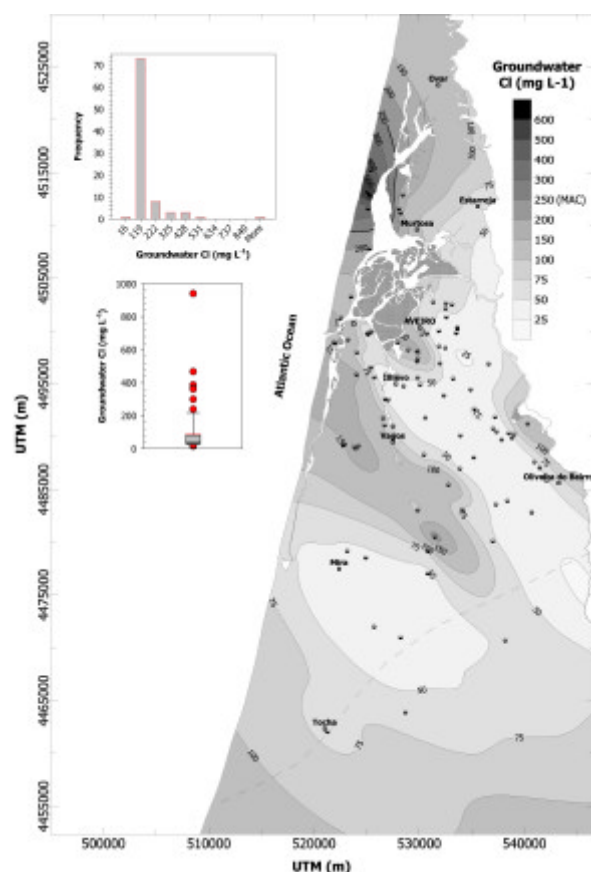


Figura 1 Mapa de distribuição do ião cloreto utilizando a Krigagem pontual e os parâmetros variográficos estimados (Modelo esférico, $C_0=2.0E+03$, $C_1=1.45E+04$, $a_{min}=15500$ m segundo direcção de 45° e anisotropia 2.10)

Apesar de o processo de Krigagem suavizar a distribuição dos dados, os mapas de isolinhas obtidos mostram claramente a distribuição espacial da composição geoquímica do aquífero, tendo contribuído para a definição dos teores de base do aquífero. Nestes mapas são facilmente identificáveis as zonas de maior salinidade do aquífero (a NW da zona de estudo e a Este, no entorno da Pateira de Fermentelos); as zonas de recarga do aquífero (a Sul e a Sudeste, com a entrada de água de baixa salinidade mas muitas vezes com a assinatura do impacte produzido pela actividade humana); a localização de alguns dos limites físicos do aquífero que coincidem com as zonas de contacto com diferentes litologias (a Sul e Sudeste, a presença dos calcários e margas do Jurássico produzem o aumento dos iões cálcio, magnésio, estrôncio e sulfato nas águas subterrâneas destas zonas).

Os mapas de isolinhas do ião Ferro colocam em evidência o facto de em grande parte do aquífero as concentrações de Fe excederem claramente o VMA. Os mapas de NO_3-N mostram, por outro lado, que o aquífero tem toda uma zona confinada, com águas pristinas e recarga muito limitada.

Palavras Chave: Hidroquímica, Teores de Base, Geostatística, Cretácico de Aveiro.