

Sistema Aquífero Monforte-Alter do Chão: Resultados obtidos no âmbito do Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo (ERHSA)

Judite Fernandes

Laboratório Nacional de Energia e Geologia

Alain Francés

Laboratório Nacional de Energia e Geologia

RESUMO

O sistema aquífero Monforte-Alter do Chão é um dos principais sistemas do nordeste alentejano, abastecendo as populações de Alter do Chão, Alter Pedroso, Cabeço de Vide, Vaiamonte e Monforte. O sistema tem tido um papel regulador nos recursos hídricos, minimizando as consequências que decorrem das secas periódicas e assumindo uma importância estratégica no desenvolvimento social e económico da região.

No âmbito do Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo (ERHSA) dinamizado pela CCDR Alentejo e financiado pelo programa PORA foi possível, neste sistema, construir piezómetros para integrar a rede regional de monitorização da ARH do Tejo, I.P., estabelecer um modelo conceptual do funcionamento hidráulico, estimar o volume de recursos renováveis, avaliar a sua produtividade, determinar fácies hidrogeoquímicas, avaliar a qualidade e quantidade de água para consumo humano e para rega, inventariar os focos de contaminação pontual e difusa, testar um índice de susceptibilidade para contaminantes de origem agrícola e definir perímetros de protecção das captações para abastecimento público (Fernandes, 2001).

Toda a informação obtida foi utilizada no estabelecimento de princípios e recomendações com vista ao planeamento e gestão dos recursos hídricos da região.

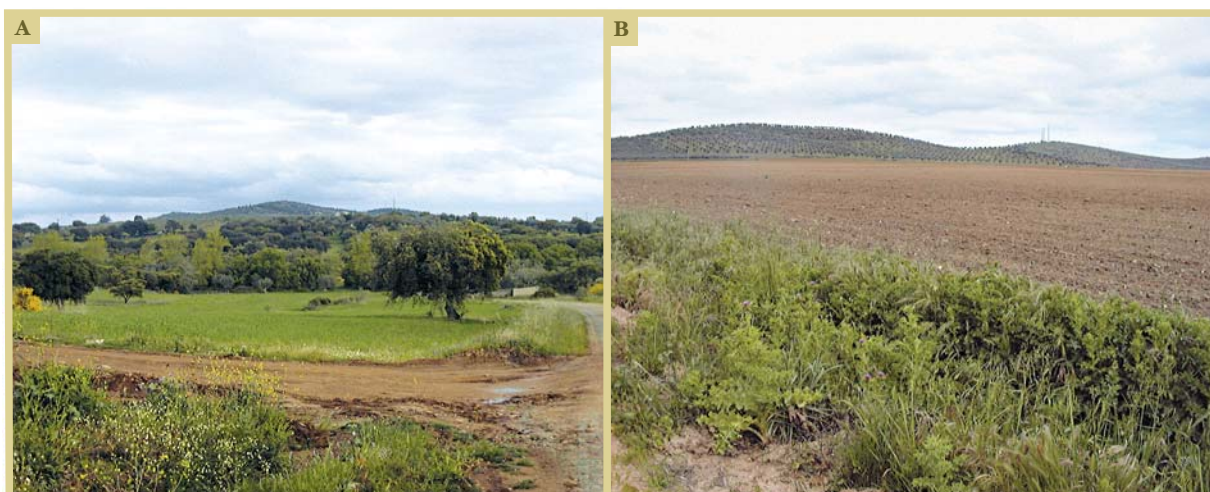


FIGURA 1 - Aspectos do Sistema Aquífero. **A** - Cabeço de São Miguel; **B** - Cabeços contínuos alinhados segundo a direcção NW-SE

1. INTRODUÇÃO

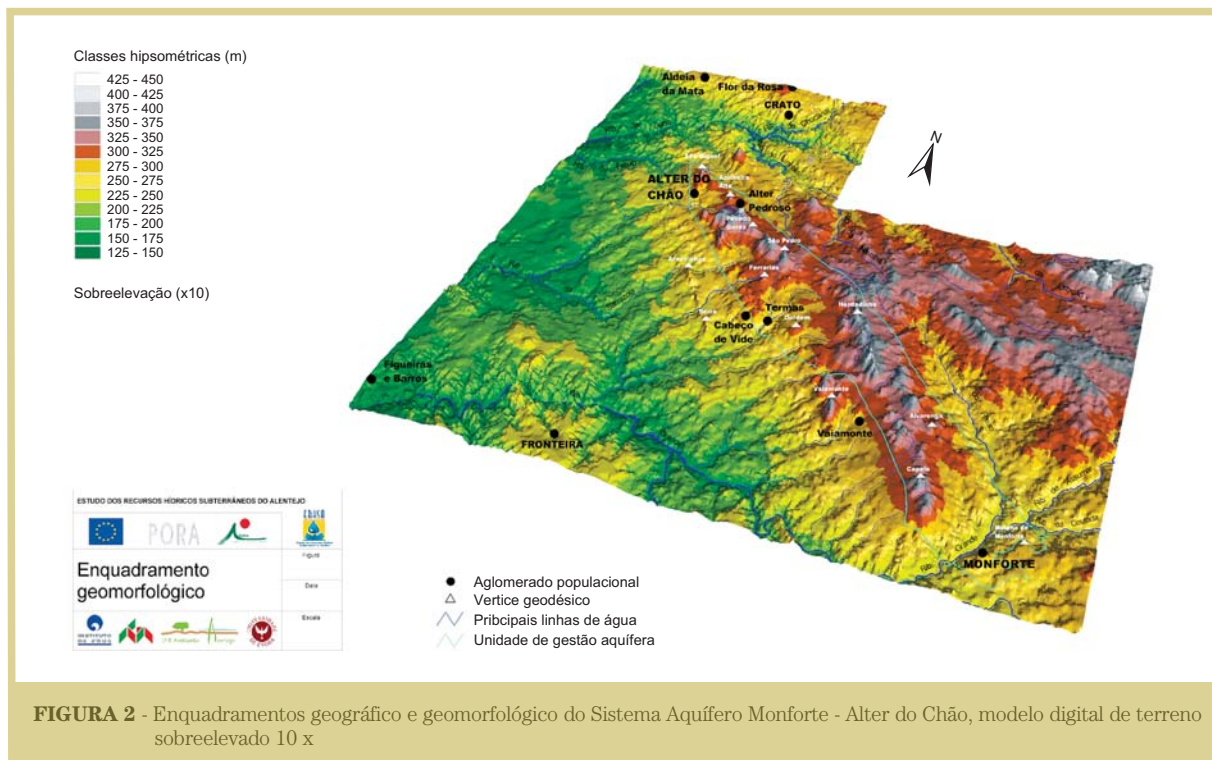
O sistema aquífero Monforte-Alter do Chão será aqui caracterizado do ponto de vista geológico, climatológico, hidrodinâmico e hidroquímico. Este estudo representa o trabalho de várias equipas, quer do Laboratório Nacional de Energia e Geologia, nomeadamente as Unidades de Águas Subterrâneas, Geologia e Cartografia Geológica, Geofísica e Sondagens, quer de diversos organismos com os quais se estabeleceram protocolos de colaboração, tais como o LIRIO - Pólo de Estremoz da Universidade de Évora, Centro de Geo-Sistemas do Instituto Superior Técnico, Centro de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Centro de Hidrogeologia da Universidade de Neuchâtel - Suíça, entre outros.

2. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOMORFOLÓGICO

Com uma área de cerca de 100 km², o sistema tem a forma de uma elipse alongada com o eixo maior orientado sensivelmente NW-SE e cujos extremos se materializam nas povoações de Alter do Chão e Monforte. A área inclui ainda os aglomerados populacionais de Alter Pedroso, Cabeço de Vide e Vaiamonte (Figura 2), distribuindo-se pelos concelhos de Alter do Chão, Fronteira e Monforte. Em termos cartográficos, encontra-se definido nas folhas 358, 370, 371 e 384 da Carta Militar de Portugal à escala 1/25 000.

Do ponto de vista geomorfológico, a região faz parte da extensa superfície de erosão alentejana, embora a área do sistema se destaque pelos relevos residuais contínuos que apresenta, associados às rochas gabróicas e calcárias e alinhados segundo a direcção NW-SE, sublinhando a deformação varisca (Figura 2).

No entanto a topografia é suave, caracterizada por vales amplos e declives pouco acentuados. As áreas com cotas mais baixas situam-se junto à povoação de Alter do Chão, Termas de Cabeço de Vide e no vale da Ribeira Grande junto a Monforte.



As linhas de água apresentam uma orientação preferencial NE-SW, com o sentido de escoamento divergente para NE e SW, formando uma rede com traçado sub-paralelo. Existem ainda algumas linhas de água com orientação N-S e sentido de escoamento para S. O desenvolvimento das linhas de água é incipiente, uma vez que nos encontramos, sobretudo, numa zona de cabeceiras. As que têm alguma expressão no sistema designam-se de N para S por Ribeira de Alter, Ribeira do Papa Leite, Ribeira de Vide, Ribeira do Carrascal, Ribeira do Pau e Ribeira Grande. Têm um regime temporário, intermitente, estando os caudais dependentes de episódios chuvosos nas respectivas bacias. Existem, no entanto, as que mantêm algum escoamento dependente de nascentes.

3. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

Como seria de esperar, a circulação das águas subterrâneas em maciços de rochas cristalinas é extremamente influenciada, quer pelos aspectos litológicos, quer pelas estruturas geradas durante os episódios orogénicos que afectaram a região.

Do ponto de vista litológico, verifica-se que o sistema aquífero se localiza na clara dependência quer dos calcários e dolomitos cristalinos, atribuídos ao Câmbrio nos trabalhos de Gonçalves (1971) e Gonçalves *et al.* (1973, 1975, 1978), quer das rochas básicas e ultrabásicas e respectivas corneanas de contacto (Figura 3).

Quanto ao controlo estrutural, ele faz-se aqui sentir a dois níveis: i) a um nível regional a orientação geral do sistema, NW-SE, é devida às principais estruturas geradas durante as fases dúcteis da orogenia Varisca; ii) no entanto, é o sistema de fracturas gerado durante os episódios frágeis tardi-variscos (principalmente NNE-SSW e ENE-WSW), que vai condicionar os escoamentos superficial e subterrâneo.

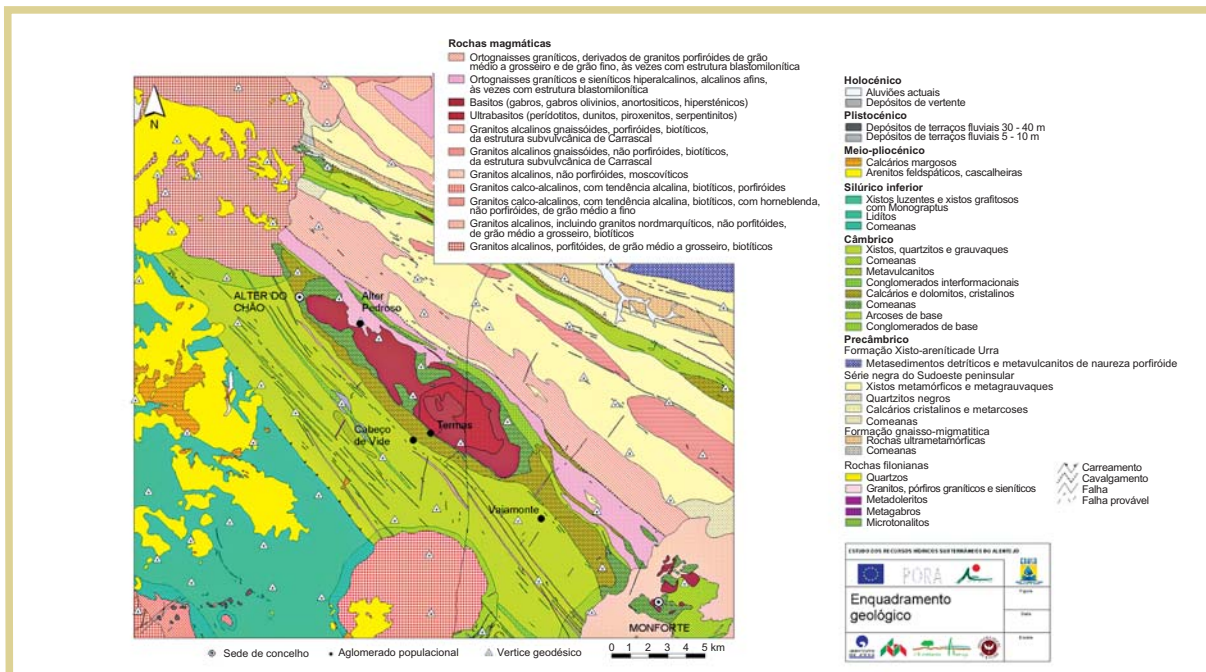


FIGURA 3 - Enquadramento geológico da região de Monforte-Alter do Chão

4. ENQUADRAMENTO HIDROGEOLÓGICO

O sistema aquífero Monforte-Alter do Chão resulta da conexão hidráulica entre um aquífero central (30 km²), que corresponde ao Maciço Básico e Ultrabásico de Alter do Chão-Cabeço de Vide, e um aquífero periférico envolvente (39 km²) de calcários dolomíticos, dolomitos e mármore calcíticos, do Câmbrico (Figura 4).

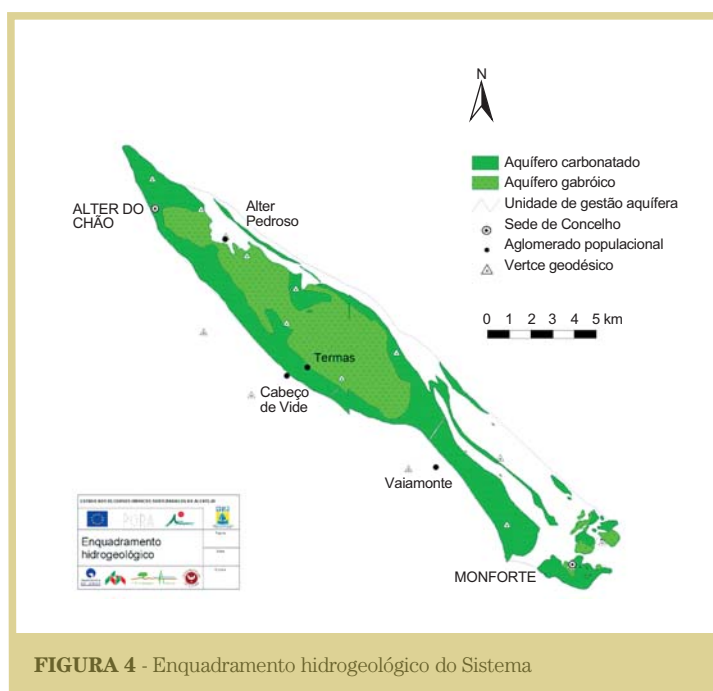


FIGURA 4 - Enquadramento hidrogeológico do Sistema

A intrusão do maciço na série carbonatada provocou uma auréola de metamorfismo de contacto, de extensão variável, de corneanas quartzíticas, pelíticas e calco-silicatadas. No núcleo do sistema aquífero encontram-se rochas básicas e ultrabásicas, parcial ou totalmente serpentinizadas, como os gabros, piroxenitos, dunitos e peridotitos

A área total de afloramento das formações aquíferas é de 69 km². No entanto, como aquelas se apresentam nalguns locais bastante segmentadas, optou-se por definir uma envolvente que funciona como unidade de gestão do sistema, com cerca de 100 km².

O sistema é livre nas formações que o suportam, apresentando características do tipo cársico-fissurado nos calcários e dolomitos, e do tipo fracturado, nas formações gabróicas. É recarregado directamente através da precipitação, não parecendo existir qualquer cedência de água a partir das formações encaixantes. Possui uma descarga natural durante todo o ano, através de nascentes, que se situam ao longo do bordo SW, no contacto entre a formação carbonatada e os xistos.

5. BALANÇO HÍDRICO

A caracterização climática teve como principal objectivo estimar o volume de recursos hídricos disponíveis na região e quantificar as entradas anuais no sistema aquífero.

O valor obtido para a precipitação média anual, para as estações udométricas de Alter do Chão, Cabeço de Vide e Monforte, ponderada pelo método de Thiessen é de 631 mm.

Para a estação climatológica Crato-Chança, mais próxima, efectuou-se o cálculo do balanço sequencial mensal de água no solo pelo método de Thornthwaite e Mather. Verifica-se que existe um défice hídrico no período de Junho a Outubro e um superavit hídrico no período de Dezembro a Abril, de 189 mm, que poderá alimentar o escoamento superficial.

Estimou-se por métodos expeditos, como o balanço de cloretos, que 13 % da precipitação ocorrida corresponde à infiltração eficaz, com base no teor em cloreto de 18 amostras de água da chuva e de 22 amostras de água subterrânea para o mesmo período.

Estima-se a recarga em:

- 631 mm (Precip.) x 69160951 m² (área do sistema) x 0,13 (Inf. Eficaz) = 5673272811 l/ano;
- O volume de recursos hídricos subterrâneos renováveis será da ordem de 5,67 hm³/ano.

6. UTILIZAÇÕES DA ÁGUA SUBTERRÂNEA E PRODUTIVIDADES

Encontram-se inventariados no sistema 152 pontos de água, dos quais 79 correspondem a furos, 5 a sondagens, 46 a poços e 22 a nascentes. O tipo de utilização dado a cada ponto de água pode ser visualizado na Figura 5.

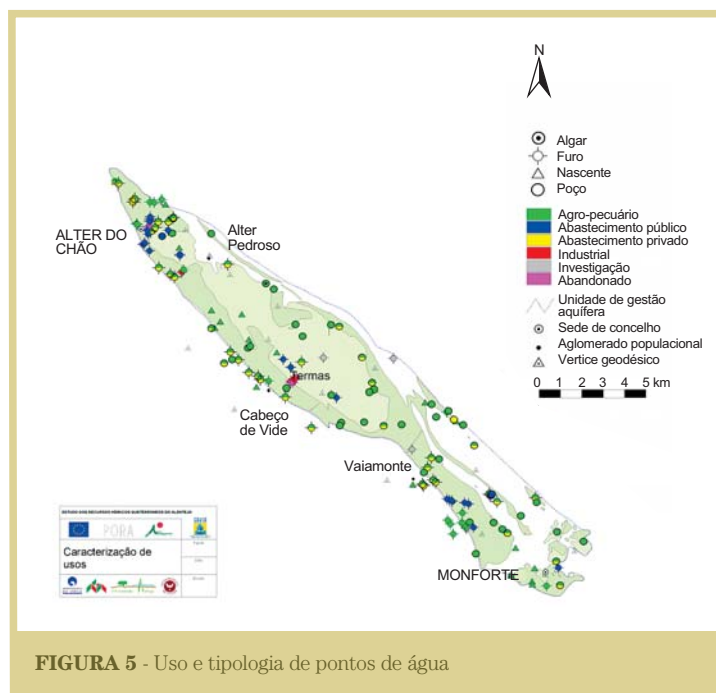


FIGURA 5 - Uso e tipologia de pontos de água

O abastecimento público é assegurado por 30 pontos de água, dos quais 6 pertencem ao concelho de Fronteira e abastecem Cabeço de Vide, 10 pertencem a Monforte e 14 a Alter do Chão. Os números aqui apresentados reportam-se ao ano de 2000, incluem os furos de reserva e no caso de Cabeço de Vide, as nascentes existentes nas Termas utilizadas frequentemente pela população.

Os sistemas de abastecimento são suficientes para satisfazer as necessidades actuais e futuras, dado que os estudos demográficos apontam para uma estabilização do número de habitantes.

Em termos de produtividade, verifica-se que 50 % dos furos nas formações carbonatadas têm caudais compreendidos entre 1,8 e 6 l/s atingindo os valores máximos 16 l/s. Os caudais medidos nas nascentes do aquífero cársico-fissurado oscilam entre 0,09 e 0,86 l/s.

Nas formações básicas e ultrabásicas conhecem-se 5 valores de caudal de furos camarários: i) no extremo norte da mancha, junto de Alter do Chão, os furos fornecem 1,69 e 1,99 l/s; ii) junto a Cabeço de Vide os furos fornecem caudais de 5,5, 10,5 e 16 l/s. Os caudais das nascentes oscilam entre 0,2 e 2 l/s.

Para ambos os aquíferos os furos mais produtivos situam-se no bordo SW do sistema.

A formação dos ortognaisses graníticos e sienitos hipercalinos tem baixa produtividade com caudais compreendidos entre 0,04 e 1,67 l/s.

7. REDE DE MONITORIZAÇÃO

Estabeleceu-se uma rede de monitorização piezométrica constituída por 52 pontos de água especialmente distribuídos e 5 piezómetros, 3 dos quais construídos para o efeito e 2 cedidos por um particular (Herde da Torre de Palma) e pela Câmara Municipal de Alter do Chão.

Efectuaram-se entre Julho de 1997 e Fevereiro de 2000, periodicamente, 11 campanhas de medições do nível piezométrico e dos parâmetros temperatura, condutividade, pH, potencial redox e nitratos. Na rede de monitorização da qualidade efectuaram-se 110 análises físico-químicas para quantificação dos principais aniões e catiões nas águas, em três épocas diferentes, águas baixas de 1997, águas altas de 1997/1998 e águas baixas de 1998.

7.1 EXECUÇÃO DE SONDAGENS VERTICAIS E ENSAIOS DE CAUDAL

Realizaram-se 3 sondagens de prospecção hidrogeológica, pela Unidade de Sondagens/LNEG, designadas por SDH Azinhal, junto a Vaimonte, SDH Sto. António das Paredes, junto a Cabeço de Vide, e SDH Vale Doce situada a cerca de 6 km a ENE da povoação de Cabeço de Vide (Quadro 1).

QUADRO 1 – Piezómetros do Sistema Monforte-Alter do Chão							
Nº carta 1/250000	Designação	Coord. M (m)	Coord. P (m)	Cota (m)	Prof (m)	Litologia	Data de construção
384	SDH Azinhal	253585	237765	315	112.48	calcários	11-11-98
371	SDH Sto. António das Paredes	249395	242090	296	60.25	gabros e rochas ultrabásicas	2-12-99
371	SDH Vale Doce	252710	242060	335	60.03	ortognaisses graníticos e sienitos hipercalinos	3-5-99

Cada sondagem foi objecto de uma caracterização litológica e estrutural de pormenor, realizada pelo LIRIO/EU, e de diagrfias eléctricas, nucleares, temperatura, condutividade do fluido e fluxo, realizadas pela Unidade de Geofísica/LNEG.

À profundidade de 30 m e no final de cada sondagem realizaram-se ensaios de caudal com sistema de *air-lift*, que permitiram estimar o grau de produtividade da captação em construção e obter uma primeira aproximação de parâmetros hidráulicos dos aquíferos bombeados.

No troço dos 0 aos 30 m da SDH Azinhal obteve-se uma transmissividade de 204 m²/dia. No troço dos 82,5 aos 112, 5 m obteve-se um rebaixamento residual de 35 cm, pelo que o cálculo de 139 m²/dia para a transmissividade não é real.

Na SDH Sto. António das Paredes ensaiou-se os primeiros 29 m e obteve-se uma transmissividade de 282 m²/dia. No segundo ensaio a transmissividade é de 110 m²/dia, com um rebaixamento residual de 15 cm considerado pouco significativo.

A SDH Vale Doce embora realizada numa zona bastante facturada evidenciou: i) a fraca permeabilidade dos ortognaisses graníticos e sienitos hipercalinos no flanco NE da estrutura e ii) ao não existir cedência de água dos calcários e conglomerados para estas formações, a eventual recarga nos cabeços da Herdadinha do Nabo e de Santo Cristo, gerará um fluxo no sentido SW.

Foram definidas as colunas de entubamento e construíram-se piezómetros, tendo em vista o estabelecimento de uma rede de monitorização piezométrica no sistema aquífero.

O facto de estes piezómetros possuírem uma caracterização, tanto quanto possível, completa, é uma garantia fundamental na fiabilidade dos dados hidrogeológicos obtidos, transformando-os nos pontos mais fiáveis da rede de monitorização piezométrica.

8. MODELO DE CIRCULAÇÃO

Os dados de piezometria foram processados utilizando técnicas geoestatísticas, nomeadamente a variografia para identificar e caracterizar a estrutura subjacente à variável e a estimação por Krigagem.

As 7 superfícies piezométricas geradas ao longo do ano hidrológico mostram que à escala regional a tendência do fluxo subterrâneo é no sentido de SW, excepto no extremo sul do sistema que tende para SE (Figura 6).

Os sentidos preferenciais do escoamento subterrâneo são concordantes com os sentidos de escorrência das linhas de água e com o padrão de distribuição espacial das nascentes ao longo do bordo SW da estrutura.

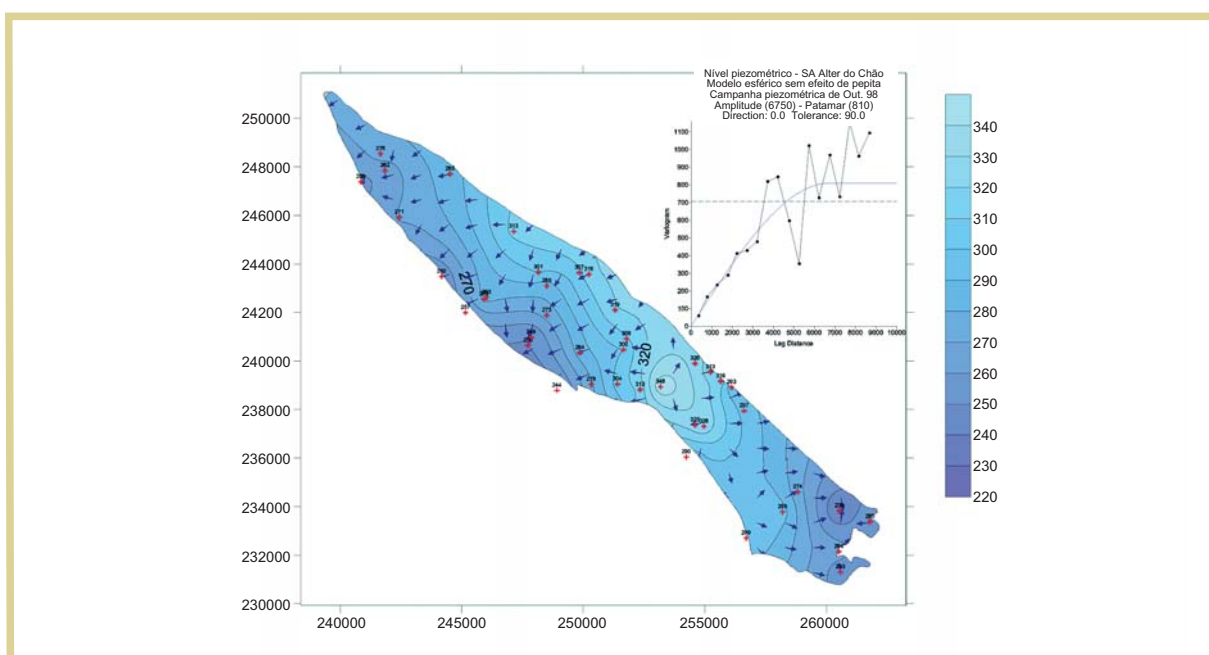


FIGURA 6 - Superfície piezométrica e sentidos de fluxo em Outubro de 1998

9. HIDROGEOQUÍMICA

As fácies hidrogeoquímicas dominantes são do tipo bicarbonatada cálcica e calco-magnésiana (Figura 7). Junto a Cabeço de Vide, no bordo sul da mancha de gabros, a fácies é bicarbonatada magnésiana. A água das termas de Cabeço de Vide apresenta um perfil hidroquímico distinto das restantes, do tipo cloretada-bicarbonatada sódica, com pH de 11, resíduo seco de 230 mg/l e uma temperatura de 22 °C.

Globalmente, são águas de boa qualidade para abastecimento público, contudo o valor máximo admissível, definido pelo Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto, é excedido, nalguns casos, nos parâmetros nitrato e magnésio e apenas em dois pontos no potássio (Figura 7). O enriquecimento em magnésio é natural e deve-se à circulação das águas nos gabros serpentinizados. O excesso de nitrato na parte sudeste do sistema tem origem na lixiviação de solos agrícolas intensamente adubados.

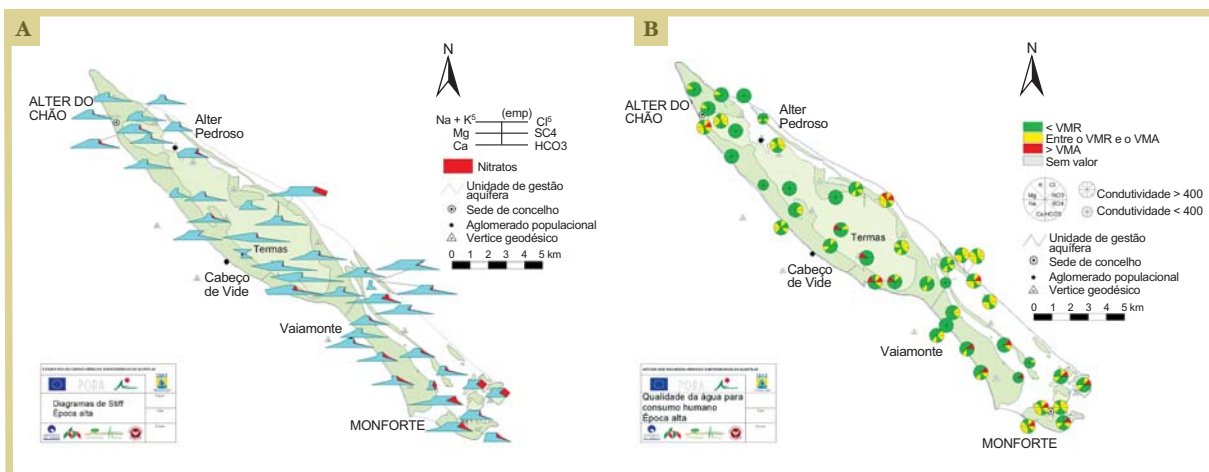


FIGURA 7 - Época de águas altas de 1997/1998: **A** - Diagramas de Stiff e **B** - Qualidade da água para consumo humano segundo os valores máximos recomendáveis (VMR) e admissíveis (VMA) definidos no Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto

Em termos de qualidade para rega e segundo os critérios do United States Salinity Laboratory Staff (USSLS), as águas representam um baixo perigo de alcalinização dos solos e um médio, por vezes alto, perigo de salinização dos mesmos.

10. CONTAMINAÇÃO PONTUAL E DIFUSA

10.1 INVENTÁRIO DOS FOCOS DE CONTAMINAÇÃO

O sistema é afectado por diversos focos de contaminação pontual e áreas em que a contaminação é difusa (Figura 8). As áreas de contaminação difusa são aquelas em que se pratica agricultura intensiva com aplicação de grandes quantidades de adubos azotados e fosfatados e as boviniculturas em regime extensivo. Os focos

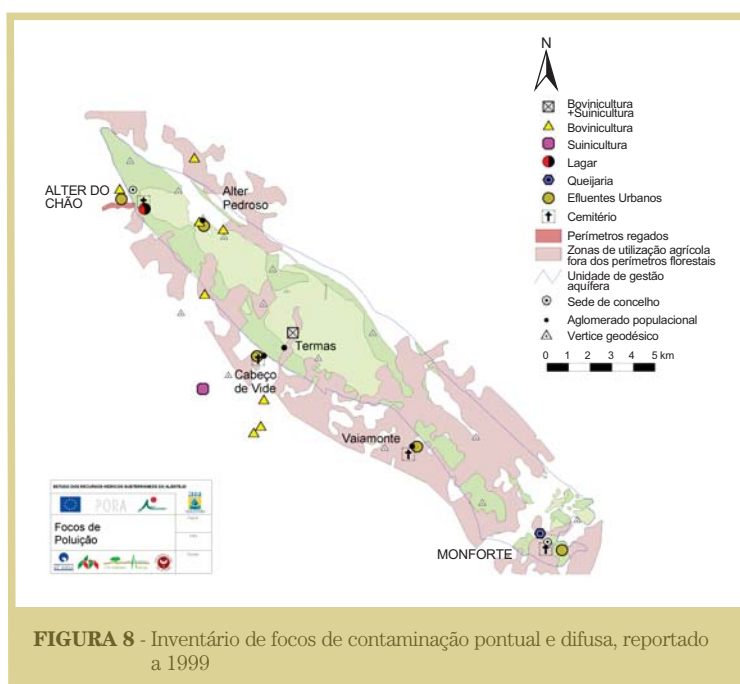
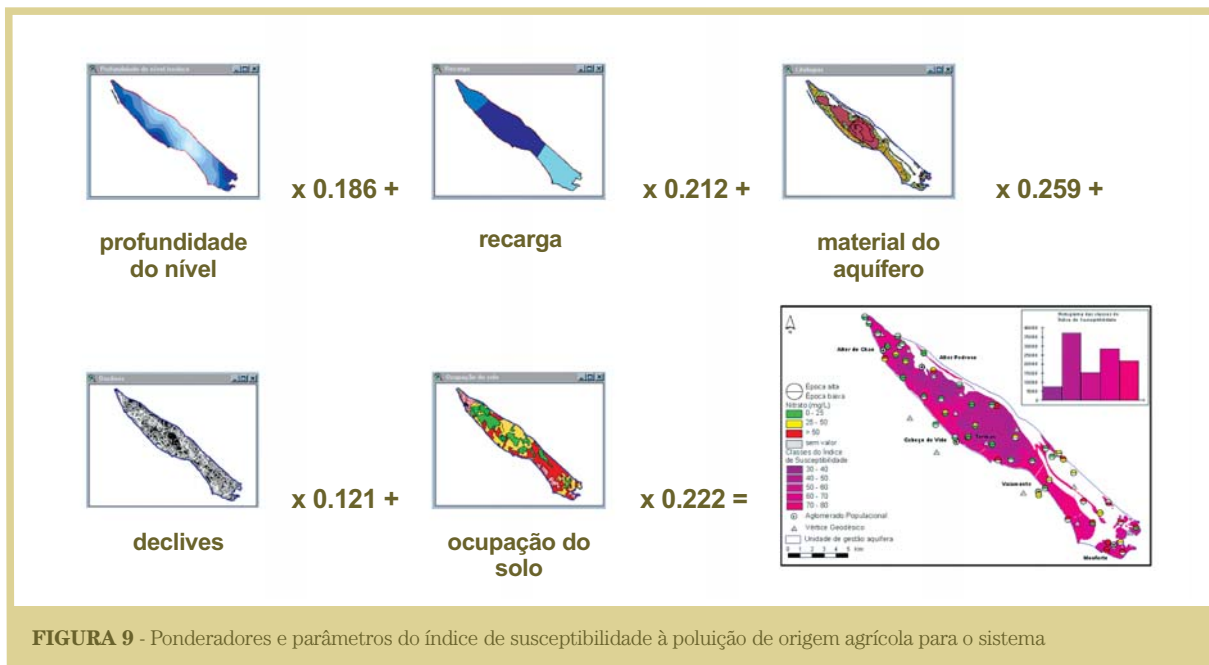


FIGURA 8 - Inventário de focos de contaminação pontual e difusa, reportado a 1999

de contaminação pontual são as suiniculturas, descargas nas linhas de água de colectores de águas residuais, domésticas e de pequenas indústrias transformadoras (lagar de azeite em Alter do Chão, queijaria de Monforte), descargas de ETARs, fossas sépticas, antigas lixeiras, cemitérios, entre outros.



10.2. VULNERABILIDADE À POLUIÇÃO

Para avaliar a vulnerabilidade dos sistemas à contaminação de origem agrícola foi desenvolvido no âmbito do ERHSA (Ribeiro, 2000) um índice de susceptibilidade (Figura 9).

Resumidamente, trata-se de uma adaptação do DRASTIC, tendo-se retirado os parâmetros impacto da zona não saturada, tipo de solo e condutividade hidráulica, considerados dispensáveis ou redundantes em contaminantes do tipo conservativo, e acrescentado o parâmetro ocupação do solo.

Neste Sistema, as zonas com maior índice de susceptibilidade à contaminação de origem agrícola correspondem essencialmente às áreas com agricultura intensiva, aos teores elevados de nitrato nas águas subterrâneas e às formações carbonatadas.

10.3. PROTECÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

A recarga dá-se de uma forma mais ou menos homogénea em toda a área aflorante, com a superfície freática a acompanhar o modelado topográfico, não parecendo existir áreas de recarga preferencial. Eventualmente, no Outeiro dos Ferreiros e no Monte de Almanhares onde se detectaram algares, indicadores de alguma carsificação, e no topo dos cabeços, onde a espessura de solo diminui, poder-se-á falar de áreas mais favoráveis à recarga. Perante esta situação, constata-se que toda a área aflorante do sistema é vulnerável à poluição. Assim, e tendo em vista a protecção e preservação da qualidade do recurso subterrâneo, deverão ser incentivadas medidas como: i) a aplicação do Código de Boas Práticas Agrícolas e ii) a consagração deste

sistema aquífero como um recurso estratégico e vulnerável nos Planos Directores Municipais, Planos Regionais de Ordenamento do Território e Planos de Gestão da Região Hidrográfica.

Foram delimitados os perímetros de protecção das captações de água subterrânea para abastecimento público (Decreto-Lei nº 382/99, de 22 de Setembro) e discriminados os usos do solo para a zona imediata, intermédia e alargada (Figura 10).

A construção de futuras captações deverá ser direccionada para áreas onde o índice de susceptibilidade do aquífero seja menor, afastadas de focos de contaminação pontual e difusa e das áreas de propagação dos contaminantes, tendo em conta as direcções do fluxo superficial e subterrâneo.

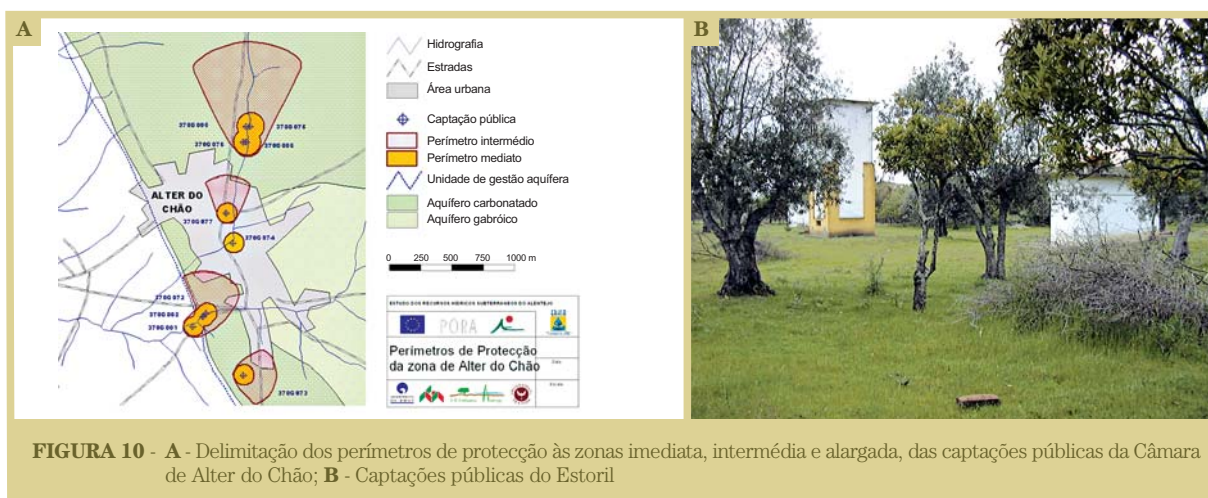


FIGURA 10 - **A** - Delimitação dos perímetros de protecção às zonas imediata, intermédia e alargada, das captações públicas da Câmara de Alter do Chão; **B** - Captações públicas do Estoril

11. CONCLUSÕES

Com o projecto ERHSA foi possível aprofundar o conhecimento do sistema aquífero Monforte - Alter do Chão e contribuir para a definição de princípios e recomendações de apoio à gestão dos recursos hídricos e do território.

BIBLIOGRAFIA

FERNANDES, J. (2001) – Sistema Aquífero Monforte-Alter do Chão. Fichas dos Sistemas Aquíferos do Alentejo – Anexo II do Relatório Técnico do ERHSA (IGM). Publicado pela Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo, Évora, 139 pp..