

# IMPORTÂNCIA DA MONITORIZAÇÃO NA GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS

Carla R. ANTUNES

*Engenheira Biofísica, Professora Auxiliar. Universidade do Algarve, 966376087, cmantunes@ualg.pt*

Paulo F. RIBEIRO

*Engenheiro Agrónomo, EngiRecursos. Engenharia e Ambiente, Lda. Lisboa, 213632296, pfr@engirecursos.pt*

## RESUMO

A monitorização dos recursos hídricos desempenha um papel fundamental no processo de planeamento e gestão integrada das massas de água de um território, na medida em que permite conhecer, avaliar e classificar o seu estado e, conseqüentemente, apoiar a tomada de decisão, na medida em que poderá restringir potenciais utilizações da água.

Na presente comunicação apresenta-se, como caso de estudo, o Programa de Monitorização dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Bloco de Rega do Monte Novo, promovido pela Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas de Alqueva, S.A. (EDIA) e desenvolvido pela firma EngiRecursos, Consultoria em Engenharia e Ambiente, Lda. Este programa, tendo em consideração as disposições inerentes à aplicação da Directiva Quadro da Água (DQA), tem como objectivo primordial caracterizar o estado das massas de água na área de influência do referido bloco de rega, permitindo assim avaliar os potenciais impactes resultantes da sua implementação e exploração, em resposta às alterações decorrentes do aumento da aplicação de fertilizantes e de pesticidas.

De acordo com as normas fixadas pelo Decreto-Lei n.º236/98, de 1 de Agosto e com base nos resultados das campanhas analíticas dos diferentes parâmetros monitorizados, além de se avaliar a qualidade da água, também foram elaborados diagramas comparativos da evolução de cada parâmetro ao longo do programa de monitorização.

Da análise dos resultados verificou-se que grande parte dos parâmetros analisados nos vários locais de colheita se situa abaixo dos valores máximos admissíveis (VMA) para o uso a que se destina e que a evolução registada ao longo do programa é aceitável.

**Palavras chave:** Monitorização, Recursos hídricos, Gestão integrada.

## 1. INTRODUÇÃO

Face à importância dos recursos hídricos, nomeadamente no Alentejo, o respectivo controlo e monitorização são fundamentais para que seja garantida a gestão sustentada do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA). Neste enquadramento e, tendo em consideração as disposições constantes nas Declarações de Impacte Ambiental (DIA) e, também, inerentes à aplicação da Directiva Quadro da Água (DQA), a Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas de Alqueva, S.A. (EDIA) tem vindo a promover a implementação de vários programas de monitorização dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, quer ao nível da rede primária de rega, quer da rede secundária.

A informação resultante destes programas de monitorização desempenha um papel fundamental no processo de planeamento e gestão integrada das massas de água de um território, na medida em que permite conhecer, avaliar e classificar o seu estado nas componentes qualitativa e quantitativa e, conseqüentemente, apoiar a tomada de decisão nas utilizações de recursos hídricos. A monitorização da qualidade da água assume assim um papel relevante na gestão integrada do EFMA, na medida em que poderá restringir potenciais utilizações da água.

Entre os diversos programas de monitorização promovidos e implementados pela EDIA apresenta-se na presente comunicação, como caso de estudo, o Programa de Monitorização dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Bloco de Rega do Monte Novo, programa implementado na rede secundária de rega, na área do referido bloco de rega. Este programa tem como objectivo primordial caracterizar o estado quantitativo e qualitativo das massas de água na área de influência do referido bloco de rega, permitindo assim avaliar os potenciais impactes resultantes da sua implementação e exploração, em especial como evoluirá o Sistema Aquífero Évora-Montemor-Cuba (Almeida *et al.*, 2000), em resposta às alterações decorrentes do aumento da aplicação de fertilizantes e de pesticidas. Este programa, além de actualizar a informação de base, disponibiliza informação que permite avaliar as repercussões do sistema de rega nas águas subterrâneas e reajustar a estratégia de exploração do projecto ao longo do seu tempo de vida.

O programa de monitorização apresentado incide sobre 10 captações de água subterrânea, localizadas nos concelhos de Évora e de Portel, nas quais foram realizadas sete campanhas de amostragem, no período entre Abril de 2008 e Setembro de 2009.

Com base nos resultados das campanhas analíticas e com recurso ao tratamento estatístico dos valores dos diferentes parâmetros monitorizados, avaliou-se a qualidade da água, de acordo com as normas fixadas pelo Decreto-Lei n.º236/98, de 1 de Agosto. Também foram utilizados diagramas comparativos da evolução de cada parâmetro ao longo do programa de monitorização.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O programa de monitorização dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Bloco de Rega do Monte Novo é composto por 10 captações de água subterrânea (Figura 1), localizadas nos concelhos de Évora (freguesias de N. Sr<sup>a</sup> de Machede e S. Mancos) e de Portel (freguesia de Monte do Trigo). Durante o programa foram realizadas sete campanhas de amostragem, de periodicidade trimestral e semestral, no período entre Abril de 2008 e Setembro de 2009.



Figura 1 – Localização dos pontos de amostragem

No Quadro 1 apresenta-se uma breve descrição dos pontos de amostragem seleccionados para monitorização da qualidade da água subterrânea.

Quadro 1 – Pontos de amostragem

Nº ERHSA	Nº INAG	Designação	Tipo	Monitorização
460U143	460/158	Fonte do Louseiro	Nascente	Qualidade
472R1601	472/14	Monte do Casão (São Manços)	Piezómetro	Piezometria
472U005	472/22	Courela do Outeiro	Furo	Qualidade
471U053	471/65	Monte Limpinho	Poço	Qualidade e Piezometria
471R486	471/7	Courelas da Serra de Baixo	Furo	Qualidade
472R239	472/2	Courela do Outeiro	Furo	Qualidade
471U047	471/59	Monte Messias	Poço	Qualidade
471U036	471/48	Monte da Cachupa	Poço	Qualidade e Piezometria
472U033	472/49	Monte Cereira	Nascente	Qualidade
472U031	472/47	Monte da Pecena	Furo	Qualidade

Os parâmetros monitorizados com periodicidade trimestral foram os seguintes: nível piezométrico, temperatura, pH, condutividade, dureza total, cloretos, nitratos, nitritos e fosfatos. Os de periodicidade semestral foram o bicarbonato/carbonato, cálcio, fósforo, magnésio, substâncias activas dos pesticidas, incluindo os respectivos metabolitos e produtos de degradação e de reacção (pesticidas analisados: clortolurão, linurão, metalaxil, terbutilazina e metabolito - desetilterbutilazina), potássio, sódio e sulfatos.

Em cada campanha de amostragem foi preenchida uma ficha de campo, onde estão descritos os dados e observações respeitantes ao local de amostragem e à própria amostragem.

Em cada um dos pontos seleccionados para a monitorização foi recolhida uma amostra de água (Figura 2), em que as colheitas foram efectuadas após a recusa dos primeiros litros de água e após se ter verificado a estabilização dos parâmetros temperatura, pH e condutividade eléctrica, cujas medições eram *in situ*. O volume de água recolhida era cerca de 2 litros, sendo a amostra conservada num frasco cuidadosamente limpo e a uma temperatura próxima de 4°C, tendo em atenção a informação veiculada no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.



Figura 2 – Ilustração de recolha de água

Os procedimentos de amostragem para a realização da monitorização dos recursos hídricos subterrâneos e os métodos utilizados para a análise laboratorial são os de referência da legislação, designadamente os indicados no Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto. Para a medição da posição do nível de água é utilizada uma sonda de níveis piezométricos.

Admitindo que a qualidade da água não deve ser analisada independentemente do fim a que se destina e, no sentido de estabelecer um quadro de referência devidamente fundamentado, os

resultados das campanhas analíticas foram comparados com os limites estabelecidos pelo Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto (VMR - Valor Máximo Recomendável; VMA - Valor Máximo Admissível) para a qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano, definidos pelos Anexos I e VI.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em seguida, para cada um dos parâmetros analisados durante o programa, apresentam-se os principais resultados obtidos e a representação gráfica da evolução de cada parâmetro.

#### 3.1 Temperatura e pH

Em termos médios, os pontos Courela do Outeiro (472R239) e Monte da Pecena são os que apresentam a temperatura mais elevada e o Monte da Cachupa o que apresenta o menor valor. O ponto Courela do Outeiro referido é aquele em que o desvio padrão é menor. O valor mais elevado (25,4°C) e o menor (12,4°C) registou-se no Monte Limpinho, na 2ª e 4ª campanhas, respectivamente.

Da análise da Figura 3 verifica-se que em todos os locais de amostragem os valores de temperatura registados na 2ª e 6ª campanhas são superiores aos registados nas restantes, excepto no ponto Fonte do Louseiro, em que o valor mais elevado se registou na 7ª campanha.

Da análise da Figura 4 observa-se que na maioria dos locais de amostragem os valores de pH registados na 6ª campanha são superiores aos registados nas restantes, excepto nos pontos Courela do Outeiro (472U005) e Monte da Pecena.

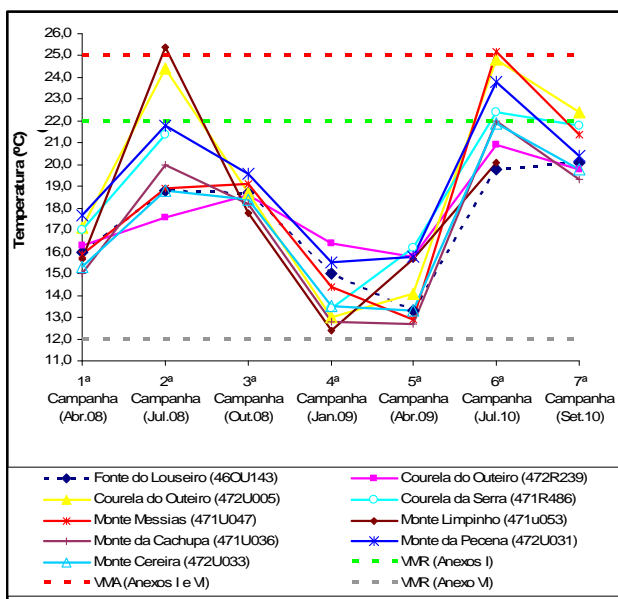


Figura 3 – Valores de temperatura (°C)

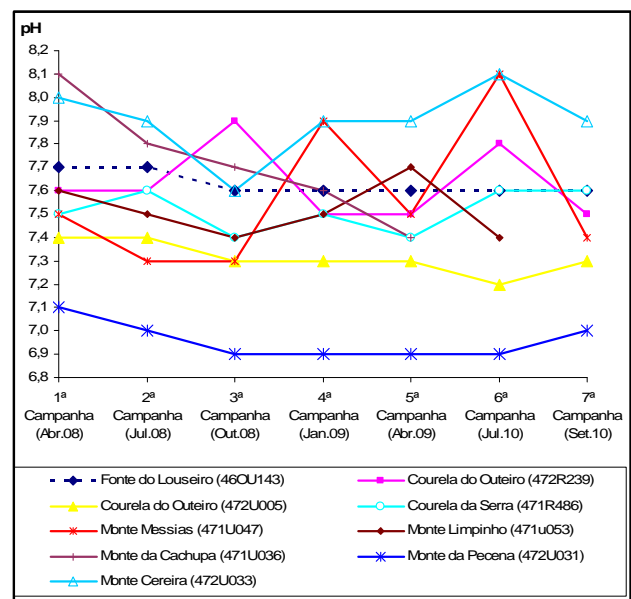


Figura 4 – Valores de pH

Em termos médios, os pontos Monte da Cachupa e Monte Cereira são os que apresentam o pH mais elevado e a Courela do Outeiro (472U005) o que apresenta o menor pH. O ponto Fonte do Louseiro é aquele em que o desvio padrão é menor, sendo que o valor mais elevado (8,2) se registou no Monte da Cachupa (6ª campanha), e o menor (6,9) no Monte da Pecena nas 2ª, 4ª e 5ª campanhas.

### 3.2 Condutividade e dureza total

Em termos médios, o Monte Limpinho é o que apresenta o valor de condutividade mais elevado e a Courela da Serra o que apresenta o menor valor. O ponto Courela do Outeiro (472U005) é aquele em que o desvio padrão é menor, sendo que o valor mais elevado (2 640  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) se registou no Monte Limpinho, (6ª campanha), e o menor (577  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) no Monte Cereira (2ª campanha).

Da análise da Figura 5 verifica-se que ao longo do programa os valores de condutividade registados nos vários locais não sofreram praticamente variações, excepto nos pontos Monte Limpinho em que se registou um decréscimo relevante da 1ª para a 2ª campanha e um acréscimo significativo da 4ª para a 5ª e, no Monte da Cachupa em que se registou um acréscimo significativo da 1ª para a 2ª campanha.

Da análise da Figura 6 observa-se que em cada um dos locais de amostragem os valores de dureza total registados nas campanhas também não sofreram variações significativas, excepto no Monte Limpinho em que este parâmetro registou um acréscimo muito significativo da 4ª para a 5ª campanha e no Monte da Cachupa em que também se registaram acréscimos durante as três primeiras campanhas, sendo esse aumento mais significativo da 1ª para a 2ª campanha.

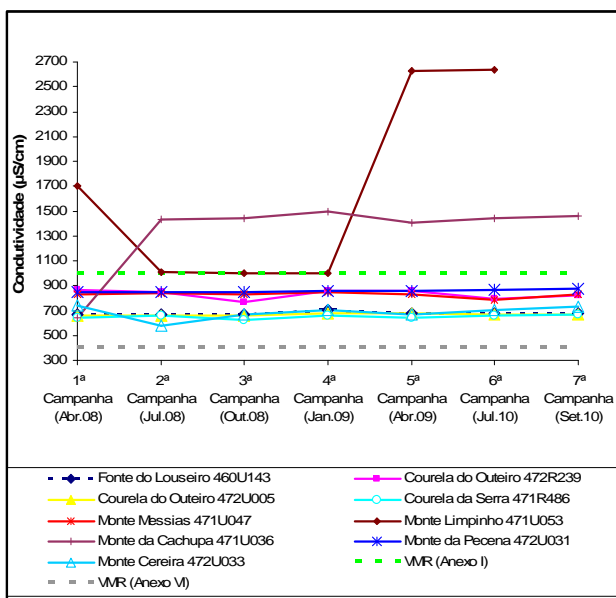


Figura 5 – Valores de condutividade

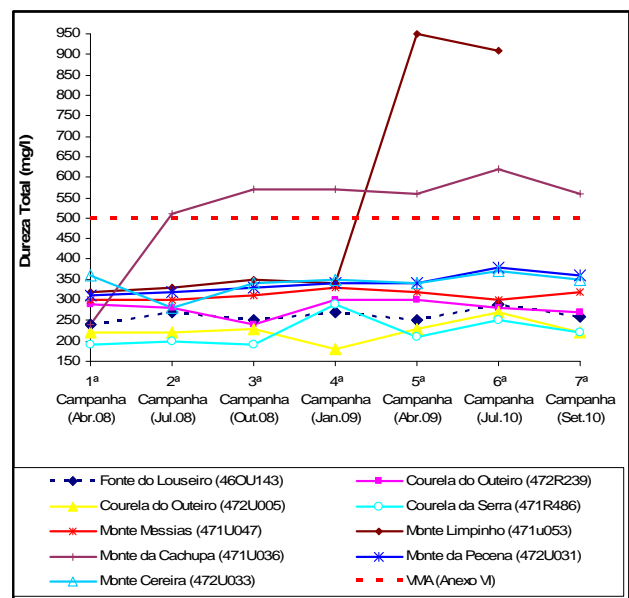


Figura 6 – Valores de dureza total

Em termos médios, o Monte Limpinho é o que apresenta o valor de dureza total mais elevado e a Courela da Serra o que apresenta o menor valor. O Monte Messias é aquele em que o desvio padrão é menor, sendo que o valor mais elevado (950 mg/l) se registou no Monte Limpinho (5ª campanha), e o menor (180 mg/l) na Courela do Outeiro (472U005), na 4ª campanha.

### 3.3 Cloretos e nitratos

Em termos médios, o Monte Limpinho é o que apresenta o valor de cloretos mais elevado e o Monte Cereira o que apresenta o menor valor. O ponto Courela da Serra é aquele em que o desvio padrão é menor, sendo que o valor de cloretos mais elevado (570 mg/l) se registou no Monte Limpinho, (6ª campanha), e o menor (25,0 mg/l) no Monte Cereira (2ª campanha).

Da análise da Figura 7 observa-se que em cada um dos locais os valores de cloretos registados nas campanhas não sofreram praticamente variações significativas, excepto no Monte Limpinho em que este parâmetro registou um acréscimo muito significativo da 4ª para a 5ª campanha e no Monte da Cachupa em que este parâmetro também registou acréscimos durante as quatro primeiras campanhas, sendo o aumento mais marcante da 1ª para a 2ª campanha.

Da análise da Figura 8 conclui-se que os valores de nitratos registados em cada um dos pontos também são da mesma ordem de grandeza ao longo das campanhas de amostragem. As maiores variações registaram-se nos pontos Monte da Pecena, que é aquele que apresenta valores mais elevados, no Monte Limpinho que registou uma subida acentuada na 5ª campanha e na Courela da Serra que também registou uma subida acentuada na 7ª campanha.

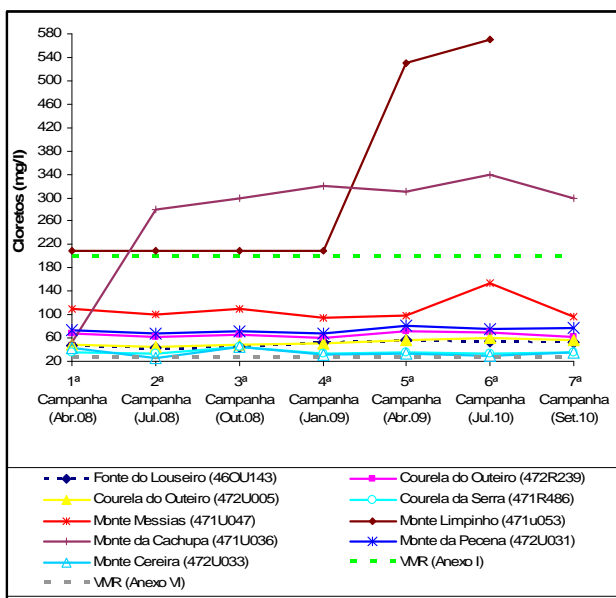


Figura 7 – Valores de cloretos

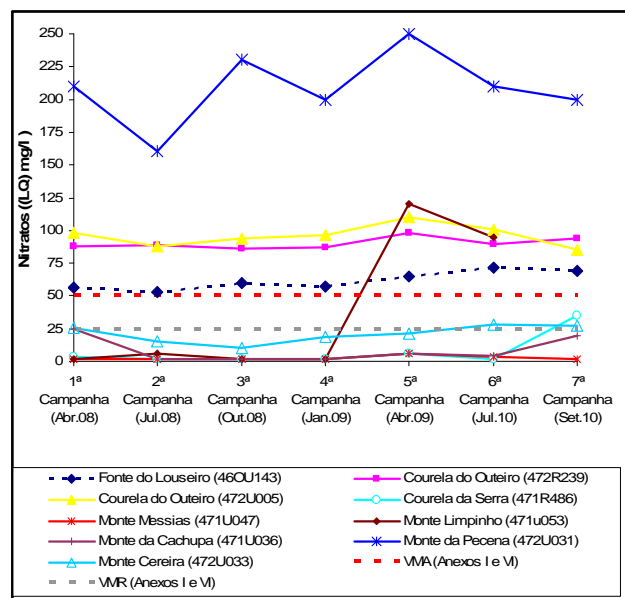


Figura 8 – Valores de nitratos

Em termos médios, o Monte da Pecena é o que apresenta o valor de nitratos mais elevado e o Monte Messias o que apresenta o menor. O Monte Messias é aquele em que o desvio padrão é menor, sendo que o valor mais elevado (250 mg/l) se registou no Monte da Pecena (5ª campanha), e o menor (2,0 mg/l) nos pontos Courela da Serra, Monte Messias, Monte Limpinho e Monte da Cachupa, em várias campanhas.

### 3.4 Nitritos e fosfatos

Em termos médios, verifica-se que todos os pontos apresentam o mesmo valor de nitritos (0,20 mg/l), excepto os pontos Courela do Outeiro (472R239), Courela do Outeiro (472U005), Monte Limpinho e Monte Cereira, sendo o ponto Courela do Outeiro (472U005) o que apresenta o valor médio mais elevado (0,043 mg/l).

Da análise da Figura 9 observa-se que ao longo das campanhas todos os pontos se mantiveram abaixo do VMA, com excepção do ponto Courela do Outeiro (472U005) que na 3ª campanha ultrapassou o VMA (0,130mg/l). O ponto Courela do Outeiro (472R239) registou uma subida entre a 2ª e 3ª campanha, e o Monte Limpinho entre a 5ª e a 6ª campanha, não tendo sido ultrapassado o VMA.

Da análise da Figura 10 observa-se que na maioria dos locais de amostragem os valores de fosfatos registados nas várias campanhas são semelhantes ao longo do programa e da mesma ordem de grandeza nos vários locais. No entanto, esta situação não se verifica no ponto Monte Cereira em que, na 3ª campanha, houve um aumento significativo do valor de fosfatos (0,95 mg/l).

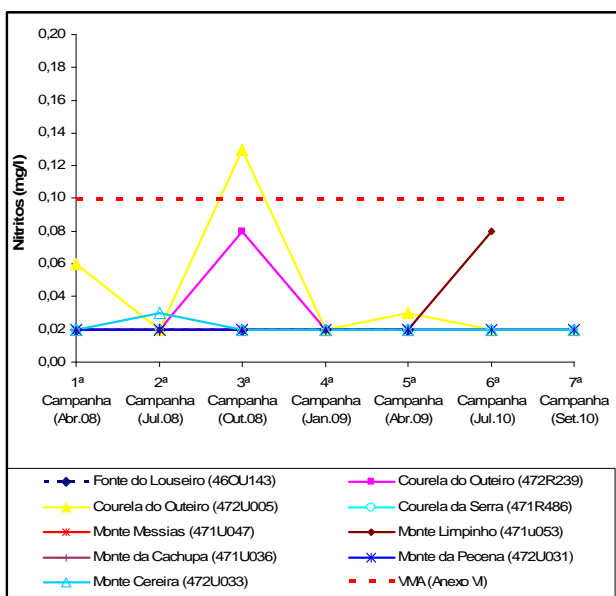


Figura 9 – Valores de nitritos

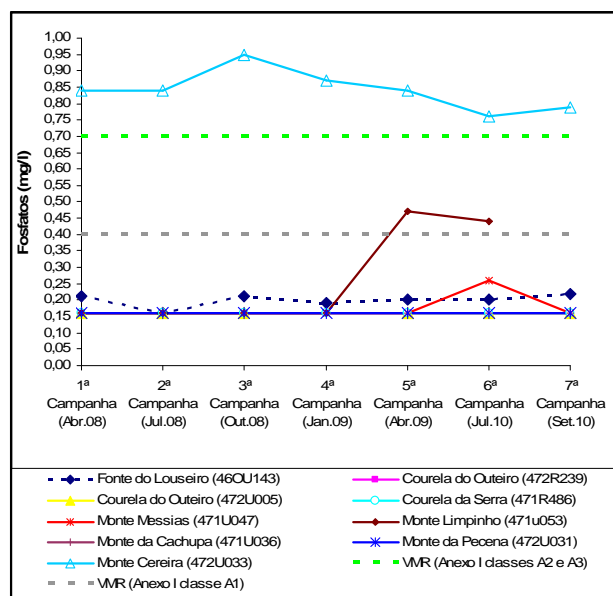


Figura 10 – Valores de fosfatos



No Monte Limpinho e no Monte Messias na 5ª e 6ª campanhas, respectivamente, também se registou um aumento significativo do valor de fosfatos, comparativamente às restantes campanhas. No ponto Monte da Pecena verifica-se um decréscimo no valor de fosfatos na 2ª campanha.

### 3.5 Bicarbonatos e cálcio

Em termos médios, o Monte Cereira é o que apresenta o valor de bicarbonatos mais elevado e o Monte da Pecena o que apresenta o menor valor, sendo, também, este último ponto de aquele em que o desvio padrão é menor. O valor de bicarbonatos mais elevado (420,0 mg/l) registou-se no Monte Cereira (7ª campanha), e o menor (180,0 mg/l) no Monte da Pecena (1ª campanha).

Da análise da Figura 11 observa-se que na grande maioria dos locais de amostragem os valores de bicarbonatos registados são da mesma ordem de grandeza. Excepto, no ponto Courela do Outeiro (472R239) em que se registou um decréscimo significativo na 3ª e 7ª campanhas e no Monte da Cachupa em que se registou um aumento na 3ª campanha.

Da análise da Figura 12 observa-se que na grande maioria dos locais de amostragem os valores de cálcio registados nas campanhas são da mesma ordem de grandeza. Excepto no ponto Courela do Outeiro (472R239) em que se registou um decréscimo no valor de cálcio nas 3ª e 7ª campanhas, no ponto Monte da Cachupa em que se registou um aumento significativo na 3ª campanha e no Monte Limpinho em que se registou um decréscimo na 5ª campanha.

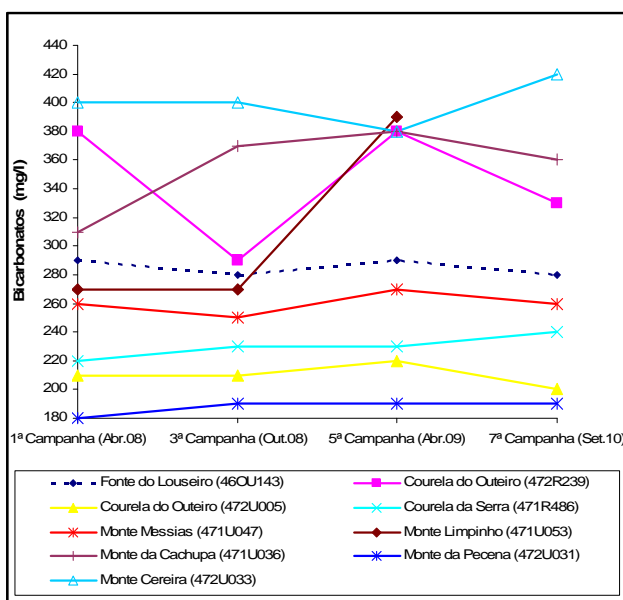


Figura 11 – Valores de bicarbonatos

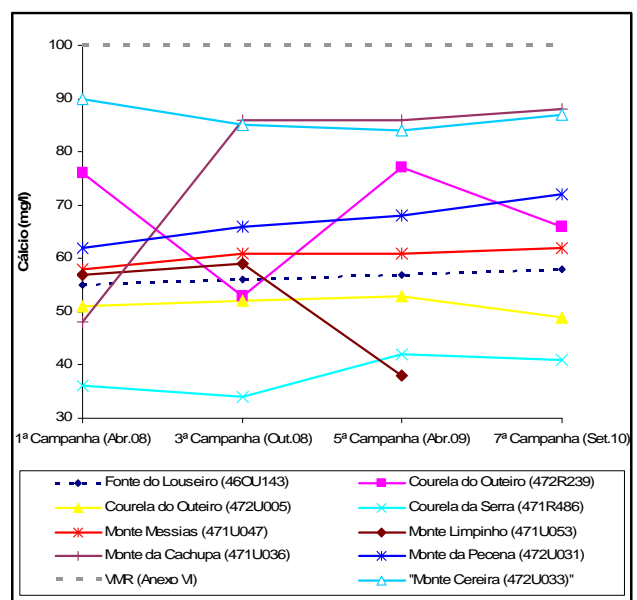


Figura 12 – Valores de cálcio

Em termos médios, o Monte Cereira é o que apresenta o valor de cálcio mais elevado e a Courela da Serra o que apresenta o menor valor. O ponto Fonte do Louseiro é aquele em que o desvio

padrão é menor, sendo que o valor mais elevado (90,0 mg/l) se registou no Monte Cereira (1ª campanha), e o menor (34,0 mg/l) na Courela da Serra (3ª campanha).

### 3.6 Fósforo e magnésio

Os valores de fósforo registados ao longo do programa são semelhantes e da mesma ordem de grandeza nos vários locais. Em termos médios, relativamente aos registos efectuados em cada ponto, Monte Cereira é o que apresenta o valor médio mais elevado.

Da análise da Figura 13 observa-se que nos vários locais de amostragem os valores de fósforo registados nas campanhas são semelhantes e da mesma ordem de grandeza nos vários locais. Excepto no Monte Cereira em que, além dos valores de fósforo serem bastante superiores aos registados nos outros locais, também se verificou um aumento no valor de fósforo registado na 3ª campanha. Nos pontos Monte Limpinho e Monte da Pecena os valores de fósforo registados na 5ª campanha são bastante superiores aos registados nas campanhas anteriores.

Da análise da Figura 14 observa-se que nos vários locais de amostragem os valores de magnésio registados nas campanhas são semelhantes. Excepto nos pontos Monte da Cachupa, em que se verificou um aumento muito significativo no valor registado na 3ª campanha, e no Monte Limpinho em que o valor registado na 5ª campanha é bastante superior aos registados nas campanhas anteriores.

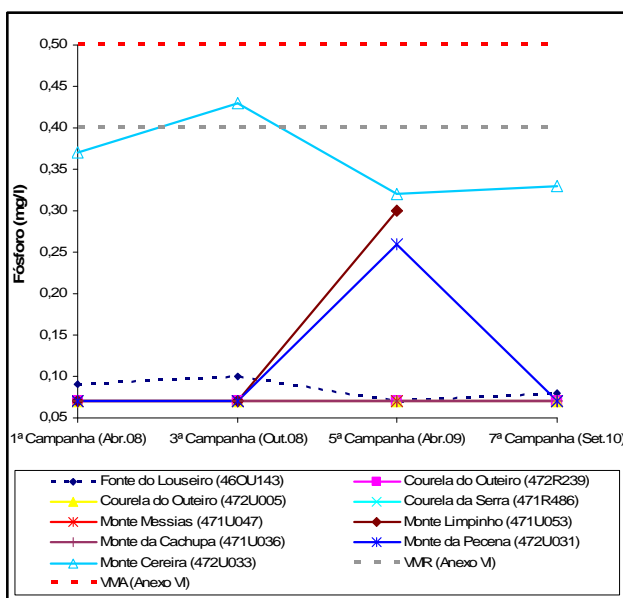


Figura 13 – Valores de fósforo

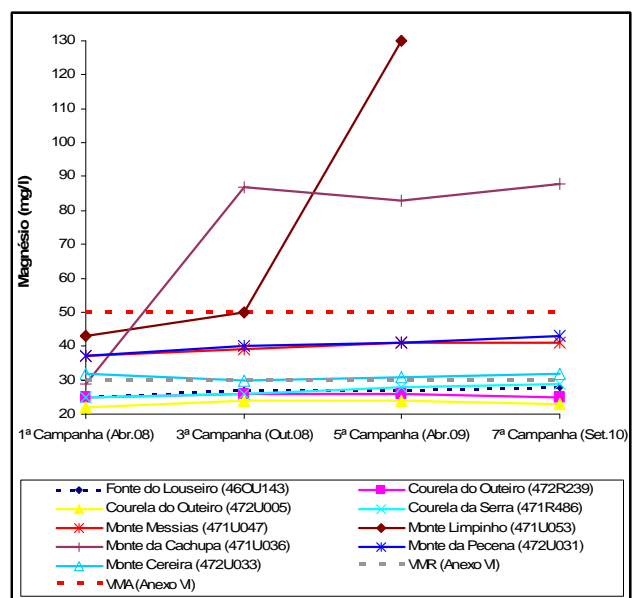


Figura 14 – Valores de magnésio

Em termos médios, o Monte Limpinho é o que apresenta o valor de magnésio mais elevado e a Courela do Outeiro (472U005) o que apresenta o menor valor. O ponto Courela do Outeiro (472R239) é

aquele em que o desvio padrão é menor, sendo que o valor mais elevado (130,0 mg/l) registou-se no ponto Monte Limpinho (5ª campanha), e o menor (22,2 mg/l) na Courela do Outeiro (472U005), na 1ª campanha.

### 3.7 Pesticidas

Ao longo do programa de monitorização, nos vários pontos de amostragem, os valores dos pesticidas analisados (clortolurão, linurão, metalaxil, terbutilazina e metabolito - desetilterbutilazina) são bastante inferiores aos VMR.

### 3.8 Potássio e sódio

Em termos médios, o Monte Limpinho é o que apresenta o valor de potássio mais elevado e o ponto Courela do Outeiro (472R239) o que apresenta o menor valor. O valor de potássio mais elevado (14 mg/l) registou-se no Monte Limpinho (5ª campanha), e o menor (1,8 mg/l) na Courela do Outeiro (472R239), na 1ª campanha.

Da análise da Figura 15 observa-se que em vários locais de amostragem os valores de potássio registados na 3ª e 5ª campanhas são superiores aos da primeira, sendo o aumento mais significativo no Monte da Cachupa e no Monte Limpinho, na 3ª e 5ª campanhas, respectivamente.

No Monte da Pecena o valor de potássio registado na 3ª campanha é inferior ao da 1ª, tendo sido o valor registado na 5ª campanha superior ao das restantes. No ponto Fonte do Louseiro o valor de potássio manteve-se igual ao longo das campanhas de amostragem. Nos pontos Monte de Messias, Monte Cereira e Courela da Serra o valor de potássio manteve-se igual ao longo das campanhas de amostragem, excepto na última em que o valor deste parâmetro sofreu um aumento.

Em termos médios, o ponto Monte Limpinho é o que apresenta o valor de sódio mais elevado e o Monte Cereira o que apresenta o menor valor. O ponto Fonte do Louseiro é aquele em que o desvio padrão é menor, sendo que o valor mais elevado (190 mg/l) se registou no Monte Limpinho, (5ª campanha), e o menor (39,8 mg/l), no Monte Cereira (1ª campanha).

Da análise da Figura 16 observa-se que nos vários locais de amostragem os valores de sódio registados nas campanhas também são da mesma ordem de grandeza. Excepto nos pontos Monte Cachupa, Courela da Serra e Monte Limpinho em se registou um aumento na 2ª, 7ª e 5ª campanhas, respectivamente.

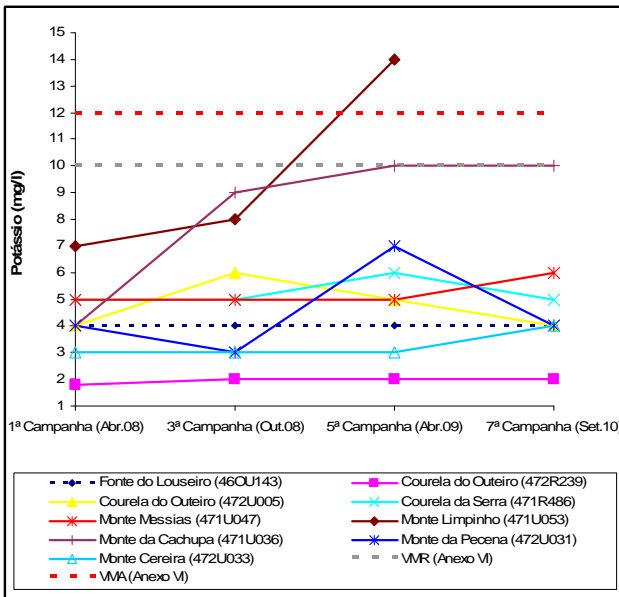


Figura 15 – Valores de potássio

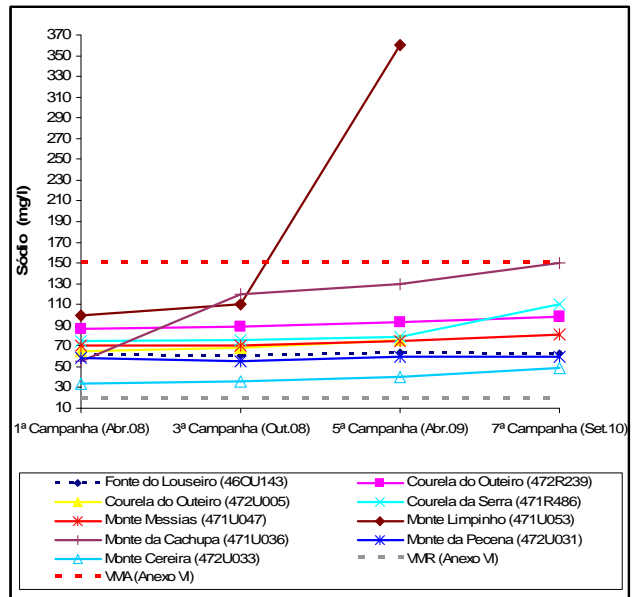


Figura 16 – Valores de sódio

### 3.9 Sulfatos e nível piezométrico

Em termos médios, o Monte Limpinho é o que apresenta o valor de sulfatos mais elevado e a Courela do Outeiro (472R239) o que apresenta o menor valor. O Monte da Pecena é aquele em que o desvio padrão é menor, sendo que o valor mais elevado (280 mg/l) se registou no Monte Limpinho (5ª campanha), e o menor (31,0 mg/l) no Monte Cachupa (1ª campanha).

Da análise da Figura 17 observa-se que nos vários locais de amostragem os valores de sulfatos registados nas várias campanhas também são da mesma ordem. Excepto no Monte Limpinho, em se registou um aumento significativo nos valores de sulfato registados na 5ª campanha.

Em termos médios, o Monte do Casão é o que apresenta o nível piezométrico mais elevado e o Monte da Cachupa o que apresenta o menor valor médio. Este último ponto é aquele em que o desvio padrão é menor, sendo que o nível piezométrico mais elevado (14,3) se registou no Monte do Casão (2ª campanha) e o menor (1,6) no Monte Limpinho e no Monte da Cachupa, na 2ª e 1ª campanhas, respectivamente

Da análise da Figura 18 observa-se que no Monte Limpinho se registou uma variação de nível significativa entre a 1ª e a 2ª campanha, tendo-se mantido praticamente constante nas campanhas seguintes. No Monte de Casão a variação mais significativa registou-se entre a 2ª e a 3ª campanha. No Monte da Cachupa as variações mais significativas registaram-se nas três primeiras campanhas.

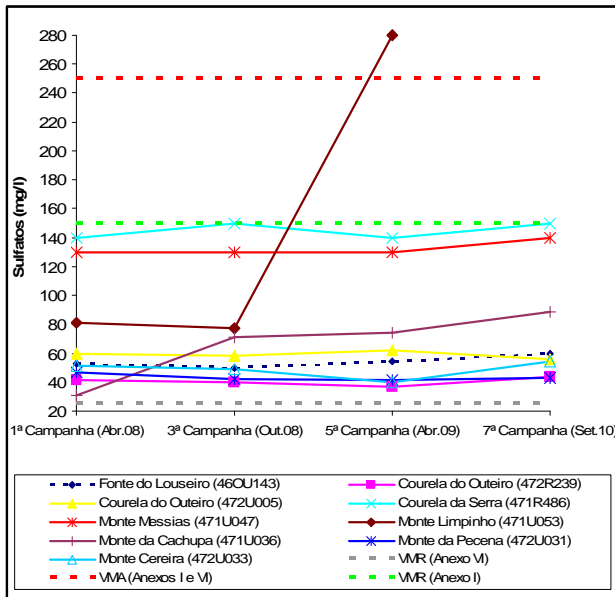


Figura 17 – Valores de sulfatos

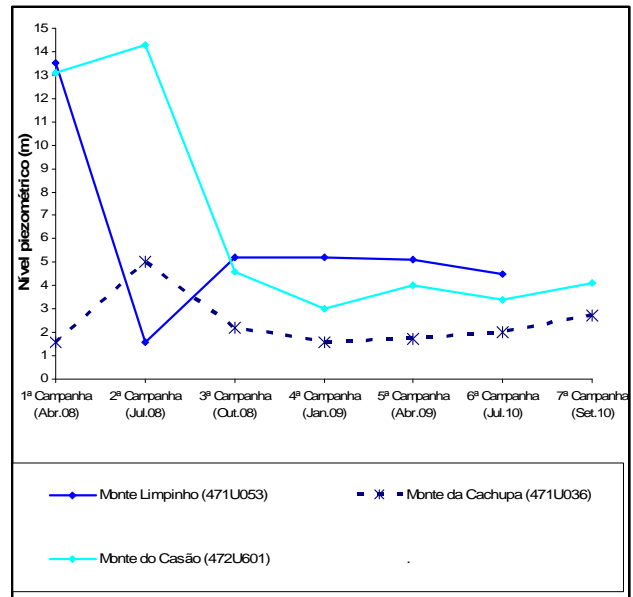


Figura 18 – Nível piezométrico registado no Monte Limpinho, no Monte da Cachupa e no Monte Casão

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados alcançados durante o Programa de Monitorização dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Bloco de Rega do Monte Novo apontam para uma correcta adequação do programa aos objectivos visados, já que a evolução registada nos parâmetros em análise se considera normal, tendo em conta o esperado e as ocorrências pontuais registadas na envolvente dos pontos de amostragem. Por esta razão, não se considerou necessário durante as campanhas proceder a ajustamentos ao programa estabelecido.

De acordo com os Anexos I e VI do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, em todas as campanhas de amostragem, a maior parte dos parâmetros analisados nos vários locais de colheita situam-se abaixo do Valor Máximo Admissível (VMA).

Durante o programa de monitorização, os pontos de amostragem Monte Limpinho (471U053) e Monte da Cachupa (471U036) foram aqueles em que se verificou um maior número de resultados em que o Valor Máximo Recomendado (VMR) e VMA foram ultrapassados, para a qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano, definidos pelos Anexos I e VI do referido decreto.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à EDIA, em particular ao DAOT, pela disponibilização dos dados, o que tornou possível a elaboração da presente comunicação.

## **BIBLIOGRAFIA**

ALMEIDA, C.; MENDONÇA, J.J.L.; JESUS, M.R.; GOMES, A.J. (2000) – Actualização do Inventário dos Sistemas Aquíferos de Portugal, Centro de Geologia do INAG. Lisboa.

Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro. Diário da República n.º 249/05 – I Série – A. Assembleia da República. Lisboa.

Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto. Diário da República n.º 176/98 – I Série – A. Ministério do Ambiente.