



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE  
Núcleo de Águas Subterrâneas

Proc. 0607/14/15799

# **METODOLOGIAS PARA UM MELHOR PLANEAMENTO E GESTÃO DO USO DO SOLO AGRÍCOLA ATENDENDO À VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS À POLUIÇÃO DIFUSA**

**Referência do projecto n.º POCI/AGR/57719/2004**

**Relatório referente ao 3.º ano de execução**

Estudo realizado para: FCT – Fundação para a Ciência  
e a Tecnologia

Lisboa • Fevereiro de 2008

**I&D** HIDRÁULICA E AMBIENTE

**RELATÓRIO 48/2008 – NAS**





MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES  
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE  
Núcleo de Águas Subterrâneas

Proc. 0607/14/15799

## METODOLOGIAS PARA UM MELHOR PLANEAMENTO E GESTÃO DO USO DO SOLO AGRÍCOLA ATENDENDO À VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS À POLUIÇÃO DIFUSA

REFERÊNCIA DO PROJECTO N.º POCI/AGR/57719/2004  
RELATÓRIO REFERENTE AO 3.º ANO DE EXECUÇÃO

Equipas do projecto:



Lisboa, Fevereiro de 2008

Estudo realizado para:

**FCT** Fundação para a Ciência e a Tecnologia  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

Ciência.Inovação  
2010

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



## METODOLOGIAS PARA UM MELHOR PLANEAMENTO E GESTÃO DO USO DO SOLO AGRÍCOLA ATENDENDO À VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS À POLUIÇÃO DIFUSA

### RESUMO

O presente relatório corresponde ao 3.º Relatório de Execução Material do projecto POCI/AGR/57719/2004 intitulado "Metodologias para um melhor planeamento e gestão do uso do solo agrícola atendendo à vulnerabilidade dos aquíferos à poluição difusa", em curso entre Maio de 2005 e Dezembro de 2008, para a Fundação para a Ciência e a Tecnologia.

O projecto é coordenado pelo LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil) e conta com a participação do ICAM (Instituto de Ciências Agrárias e Mediterrânicas), do IMAR (Instituto do Mar) e do IST (Instituto Superior Técnico).

O trabalho apresentado insere-se no objectivo global do projecto, i.e. "Estimular a utilização futura de culturas mais sustentáveis e de melhores práticas agrícolas que possam contribuir para diminuir o risco de degradação da qualidade das águas subterrâneas protegendo-as atendendo, entre outros aspectos, à sua vulnerabilidade". Nesse contexto foram avaliados em 2007 os efeitos de diferentes práticas agrícolas e culturas nos solos e nas águas de jusante (de rega, de escorrência, da zona vadosa e subterrâneas) nas áreas de estudo seleccionadas no início do projecto, localizadas em duas parcelas regadas de Ferreira do Alentejo. Esses dados, juntamente com a informação recolhida para outras culturas em 2006, serão modelados e será apresentada a optimização da melhor ocupação do solo para a região estudada com recurso a modelos de apoio à decisão, processos que já foram desencadeados em 2007.

Neste relatório apresentam-se os trabalhos desenvolvidos em 2007 (ano do projecto: 1,5 a 2,5) no âmbito das seguintes tarefas propostas: *Tarefa 1 - Caracterização do sistema agro-hídrico; Tarefa 2: Caracterização de parâmetros do solo e hidrodinâmicos; Tarefa 3: Monitorização e modelação do aquífero e Tarefa 4: Optimização da melhor ocupação do solo para a região estudada.*

## AGRADECIMENTOS

---

O trabalho que se apresenta foi realizado no âmbito do projecto POCI/AGR/57719/2004, financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia a quem se agradece. Foi ainda realizado no âmbito do Plano de Investigação Programada do LNEC para 2005-2008, no Estudo "Protecção dos recursos hídricos subterrâneos da poluição difusa proveniente da actividade agrícola" (Proc. 0607/11/16255).

A realização deste trabalho contou com a colaboração de várias pessoas e entidades, a quem se agradece, e cujo contributo se revelou essencial para o bom desenvolvimento deste estudo. Destacam-se: (1) os agricultores senhores Manuel Duarte e Guiomar pela autorização de utilização das suas parcelas regadas e pelo apoio prestado; (2) os Senhores Custódio Alves e José Lobato Condeças, Técnicos da Universidade de Évora, por todo o apoio prestado recolha de amostras de solos; (3) os técnicos do Laboratório de Solos e Laboratório de Hidrologia da Universidade de Évora (Sr. José Lobato Condeças), pela realização dos ensaios de caracterização textural, de densidades do solo, de porosidade e de teor de humidade; (4) os Engenheiros Casimiro Martins, Arménio Oliveira, Fernando Pereira Pires e Sofia Araújo, todos da Estação Agronómica Nacional, pelo trabalho de caracterização de dois perfis representativos dos solos do Monte da Mancoca e do Monte do Pinheirinho e pela classificação do solo e das características hidrodinâmicas e físicas dos mesmos e (5) os Engenheiros António Toureiro e Célia Toureiro, da Universidade de Évora, pelo apoio e elementos fornecidos sobre a área de estudo.

Um agradecimento é também devido aos colegas do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (Dr.<sup>a</sup> Maria José Henriques, Sr. Acácio Monteiro, Sr. Odair Maurício) pelo seu apoio pontual ao intenso trabalho de campo semanal e, em especial à Lara Espírito-Santo, bolseira de Mestrado Bolonha no Núcleo de Águas Subterrâneas em 2007, por toda a ajuda nas inúmeras deslocações ao campo.

Por último agradece-se ao Dr. Manuel M. Oliveira, do Núcleo de Águas Subterrâneas do LNEC, pela orientação do trabalho de aplicação do método de avaliação da vulnerabilidade à poluição à área de estudo.

## ÍNDICE DO TEXTO

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>PRÁTICAS AGRÍCOLAS ADOPTADAS NO ANO 2007</b>                              | <b>2</b>  |
| 2.1      | Considerações gerais   | 2         |
| 2.2      | Culturas instaladas  | 3         |
| 2.3      | Métodos de rega  | 5         |
| 2.4      | Modos de fertilização  | 9         |
| <b>3</b> | <b>METODOLOGIAS PARA A CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁREAS DE ESTUDO</b> | <b>9</b>  |
| 3.1      | Solos  | 9         |
| 3.1.1    | Caracterização pedológica  | 9         |
| 3.1.2    | Caracterização química   | 11        |
| 3.2      | Águas  | 12        |
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS OBTIDOS E SUA ANÁLISE</b>                                      | <b>16</b> |
| 4.1      | Solos  | 16        |
| 4.1.1    | Caracterização pedológica  | 16        |
| 4.1.1.1  | Classificação  | 16        |
| 4.1.1.2  | Textura  | 17        |
| 4.1.1.3  | Densidade aparente e real, e porosidade                                      | 18        |
| 4.1.2    | Caracterização química   | 21        |
| 4.2      | Águas  | 22        |
| 4.2.1    | Água de escorrência  | 22        |
| 4.2.2    | Água da zona vadosa  | 24        |
| 4.2.3    | Águas subterrâneas   | 30        |
| 4.2.4    | Água das valas de drenagem e do canal de rega                                | 39        |
| 4.2.5    | Água das ribeiras  | 40        |
| <b>5</b> | <b>CARACTERIZAÇÃO DA VULNERABILIDADE À POLUIÇÃO</b>                          | <b>43</b> |
| 5.1      | Metodologia utilizada  | 43        |
| 5.2      | Descrição dos Parâmetros DRASTIC   | 44        |
| 5.2.1    | Parâmetro D - Profundidade do Topo do Aquífero                               | 44        |
| 5.2.2    | Parâmetro R - Recarga do Aquífero  | 44        |
| 5.2.3    | Parâmetro A - Material do Aquífero   | 45        |
| 5.2.4    | Parâmetro S - Tipo de Solo   | 45        |
| 5.2.5    | Parâmetro T - Topografia   | 46        |
| 5.2.6    | Parâmetro I - Influência da Zona Vadosa                                      | 46        |
| 5.2.7    | Parâmetro C - Condutividade Hidráulica do Aquífero                           | 47        |
| 5.2.8    | Índice DRASTIC   | 48        |
| 5.3      | Resultados obtidos   | 48        |
| <b>6</b> | <b>OPTIMIZAÇÃO DA OCUPAÇÃO DO SOLO NA REGIÃO</b>                             | <b>54</b> |
| 6.1      | Introdução   | 54        |

---

|     |  |           |
|-----|--|-----------|
| 6.2 | Função objectivo a utilizar _____  | 55        |
| 6.3 | Restrições a considerar _____  | 55        |
| 7   | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> _____  | <b>57</b> |
|     | <b>BIBLIOGRAFIA</b> _____  | <b>60</b> |
|     | <b>ANEXO 1 - CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA DO SOLO DO MONTE DA MANCOCA</b> _____     | <b>65</b> |
|     | <b>ANEXO 2 - CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA DO SOLO DO MONTE DO PINHEIRINHO</b> _____ | <b>66</b> |
|     | <b>ANEXO 3 - BOLETIM ANALÍTICO DA LQA AMBIENTE</b> _____                         | <b>68</b> |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Fig. 1 - Área de estudo e respectivas infra-estruturas de monitorização (a vermelho assinalam-se os Montes da Mancoca e do Pinheirinho) .....  | 3  |
| Fig. 2 - Aspecto da cultura do milho no Monte da Mancoca, cerca de duas semanas após a sementeira .....  | 4  |
| Fig. 3 - Aspecto da cultura do melão com rega gota-a-gota no ensaio PML1, Monte do Pinheirinho .....   | 4  |
| Fig. 4 - Talhão experimental da cultura do melão no ensaio PML1, Monte do Pinheirinho .....  | 5  |
| Fig. 5 - Aspecto da medição da tensão do solo .....  | 11 |
| Fig. 6 - Aspecto da medição da humidade do solo .....  | 11 |
| Fig. 7 - Instalação dos piezómetros em 2007 pela firma SulAqua, Lda .....  | 13 |
| Fig. 8 - Vista do piezómetro 3 (P3) instalado no Monte do Pinheirinho (cultura de melão, 2007) .....   | 15 |
| Fig. 9 - Vista do piezómetro 5 (P5) instalado no Monte da Mancoca (cultura de milho, 2007) .....   | 15 |
| Fig. 10 - Talhão de escorrência no Monte da Mancoca em 2007 .....  | 15 |
| Fig. 11 - Dispositivos de medição de parâmetros na zona vadosa do solo em 2007 .....   | 15 |
| Fig. 12 - Aspecto da recolha de águas subterrâneas no Monte do Pinheirinho em 2007 .....   | 15 |
| Fig. 13 - Granulometria das amostras de solo colhidas a diferentes profundidades nos Montes da Mancoca e do Pinheirinho .....  | 17 |
| Fig. 14 - Densidade real do solo de amostras recolhidas a diferentes profundidades nos Montes da Mancoca e Pinheirinho (uso do solo: restolho do milho) .....                            | 20 |
| Fig. 15 - Curva de correlação entre as concentrações em nitratos obtidas com a sonda GLP22 CRISON de nitratos e as resultantes de análise química laboratorial na LQA, Ambiente .....    | 23 |
| Fig. 16 - Resultados da variação da condutividade eléctrica e nitratos no talhão de escorrência da Mancoca, ao longo período de ensaio de 2007 .....                                     | 23 |
| Fig. 17 - Resultados da variação da condutividade eléctrica na zona vadosa, a três profundidades, ao longo do período dos ensaios, para a Mancoca (milho) e o Pinheirinho (melão) .....  | 28 |
| Fig. 18 - Resultados da variação da concentração em nitratos na zona vadosa, a três profundidades, ao longo do período dos ensaios, para a Mancoca (milho) e o Pinheirinho (melão) ..... | 28 |
| Fig. 19 - Precipitação (Herdade do Outeiro) e dotação de rega do melão no Pinheirinho, em 2007 .....   | 29 |
| Fig. 20 - Precipitação (Herdade do Outeiro) e dotação de rega do milho na Mancoca, em 2007 .....   | 30 |
| Fig. 21 - Variação da profundidade ao nível piezométrico em 2007 .....   | 35 |
| Fig. 22 - Variação da condutividade eléctrica nas águas subterrâneas em 2007 .....   | 35 |
| Fig. 23 - Variação da concentração em nitratos nas águas subterrâneas em 2007 .....  | 35 |
| Fig. 24 - Valores médios da piezometria regional da área de estudo .....   | 36 |
| Fig. 25 - Variação da condutividade eléctrica nos poços e piezómetros, em 2007 .....   | 37 |
| Fig. 26 - Variação da concentração em nitratos nos poços e piezómetros, em 2007 .....  | 38 |
| Fig. 27 - Variação da concentração em sulfatos nos poços e piezómetros, em 2007 .....  | 38 |
| Fig. 28 - Resultados da qualidade da água do canal de rega e das valas de drenagem, para o nitrato (NO <sub>3</sub> ) e a condutividade eléctrica (CE), no ano 2007 .....                | 40 |
| Fig. 29 - Resultados da qualidade da água das ribeiras envolventes às parcelas estudadas, para o nitrato e a condutividade eléctrica, no ano 2007 .....                                  | 42 |
| Fig. 30 - Variação da qualidade da água da ribeira de Canhestros durante o período de ensaios de 2007 .....  | 43 |
| Fig. 31 - Caracterização do parâmetro D na área em estudo (ver tabelas da secção 5.2 para interpretação da legenda) .....  | 49 |

|  |    |
|--|----|
| Fig. 32 - Mapa geológico da área em estudo (obtido pelo software ARCGIS) .....   | 50 |
| Fig. 33 - Caracterização do parâmetro A na área em estudo (ver tabelas da secção 5.2 para interpretação da legenda) .....          | 50 |
| Fig. 34 - Caracterização do parâmetro S na área em estudo (ver tabelas da secção 5.2 para interpretação da legenda) .....          | 51 |
| Fig. 35 - Caracterização do parâmetro T na área em estudo (ver tabelas da secção 5.2 para interpretação da legenda) .....          | 51 |
| Fig. 36 - Caracterização do parâmetro I na área em estudo (ver tabelas da secção 5.2 para interpretação da legenda) .....          | 52 |
| Fig. 37 - Resultado da aplicação do método DRASTIC para poluente conservativos (ver Quadro 26 para interpretação da legenda) ..... | 53 |
| Fig. 38 - Resultado da aplicação do método DRASTIC para pesticidas (ver Quadro 26 para interpretação da legenda) .....             | 53 |
| Fig. 39 - Esquema base do modelo de apoio à decisão .....  | 54 |
| Fig. 40 - Representação esquemática da transferência de poluição .....   | 57 |

## ÍNDICE DE QUADROS

|   |    |
|---|----|
| Quadro 1 - Modalidades ensaiadas nas parcelas experimentais em 2007 .....   | 3  |
| Quadro 2 - Datas e dotações de rega (aspersão) na cultura do milho em 2007, Monte da Mancoca .....  | 6  |
| Quadro 3 - Calendário da rega e da adubação no Monte da Mancoca, em 2007 .....  | 7  |
| Quadro 4 - Datas e dotações de rega (gota-a-gota) na cultura do melão em 2007, Monte do Pinheirinho .....   | 7  |
| Quadro 5 - Calendário da rega no Monte do Pinheirinho, em 2007 .....  | 9  |
| Quadro 6 - Características principais dos piezómetros instalados em 2007 pela firma SulAqua, Lda. ...   | 13 |
| Quadro 7 - Designação dos locais de amostragem de águas na área envolvente às parcelas experimentais e anos de amostragem .....   | 14 |
| Quadro 8 - Listagem dos locais de amostragem de águas no interior das parcelas experimentais e respectivos instrumentos de monitorização .....                                    | 14 |
| Quadro 9 - Análise granulométrica e classificação textural das amostras de solo recolhidas a diversas profundidades (Monte da Mancoca).....                                       | 17 |
| Quadro 10 - Análise granulométrica e classificação textural das amostras de solo recolhidas a diversas profundidades (Monte do Pinheirinho) .....                                 | 17 |
| Quadro 11 - Densidade aparente e real do solo em amostras recolhidas a diferentes profundidades no Monte da Mancoca em 2007 .....   | 18 |
| Quadro 12 - Densidade aparente e real do solo em amostras recolhidas a diferentes profundidades no Monte do Pinheirinho em 2007 .....   | 18 |
| Quadro 13 - Parâmetros do modelo Mualem-van Genuchten para as propriedades hidráulicas dos solos em estudo (Resultados cedidos pelo Departamento de Ciências do Solo da EAN)..... | 20 |
| Quadro 14 - Parâmetros do modelo Mualem-van Genuchten para as propriedades hidráulicas dos solos em estudo (Resultados cedidos pelo Departamento de Ciências do Solo da EAN)..... | 20 |
| Quadro 15 - Resultados da qualidade das amostras de solos das três parcelas .....   | 21 |
| Quadro 16 - Resultados das análises efectuadas nas águas de escorrência da parcela do Monte da Mancoca – Milho .....  | 22 |
| Quadro 17 - Resultados das análises efectuadas nas águas da zona vadosa da parcela do Monte da Mancoca – Milho em 2007 .....  | 25 |
| Quadro 18 - Resultados das análises efectuadas nas águas da zona vadosa da parcela do Monte do Pinheirinho – Melão 1 (PML1), em 2007 .....  | 26 |
| Quadro 19 - Resultados das análises efectuadas nas águas da zona vadosa da parcela do Monte do Pinheirinho – Melão 2 (PML2), em 2007 .....  | 27 |
| Quadro 20 - Resultados das análises de águas subterrâneas efectuadas em 2007 .....  | 30 |
| Quadro 21 - Resultados das análises químicas efectuadas pelo INETI nos novos piezómetros instalados em 2007 .....   | 33 |
| Quadro 22 - Resultados das análises químicas efectuadas pelo INETI em águas de poços e de piezómetros, em 2007.....   | 34 |
| Quadro 23 - Resultados das análises efectuadas nas águas do canal de rega e na vala de drenagem   | 39 |
| Quadro 24 - Resultados da qualidade das águas das ribeiras da área envolvente às parcelas, em 2007 .....  | 41 |
| Quadro 25 - Resultados da qualidade da água da ribeira de Canhestros efectuada pelo INETI em 2007 .....   | 42 |
| Quadro 26 - Relação qualitativa e quantitativa de vulnerabilidade .....   | 48 |



# METODOLOGIAS PARA UM MELHOR PLANEAMENTO E GESTÃO DO USO DO SOLO AGRÍCOLA ATENDENDO À VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS À POLUIÇÃO DIFUSA

## Relatório de 2007

### 1 INTRODUÇÃO

O presente relatório descreve as actividades desenvolvidas durante o ano de 2007 no âmbito do projecto POCI/AGR/57719/2004 intitulado "Metodologias para um melhor planeamento e gestão do uso do solo agrícola atendendo à vulnerabilidade dos aquíferos à poluição difusa", relativamente às: *Tarefa 1 - Caracterização do sistema agro-hídrico*; *Tarefa 2: Caracterização de parâmetros do solo e hidrodinâmicos*; *Tarefa 3: Monitorização e modelação do aquífero* e a *Tarefa 4: Optimização da melhor ocupação do solo para a região estudada*.

O projecto é coordenado pelo LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil) e conta com a participação do ICAM (Instituto de Ciências Agrárias e Mediterrânicas), do IMAR (Instituto do Mar) e do IST (Instituto Superior Técnico).

Os trabalhos específicos realizados são apresentados nos sete capítulos deste 3.º Relatório e correspondem ao desenvolvimento das seguintes tarefas:

- Caracterização dos locais de estudo e instalação de ensaios de campo em 3 parcelas agrícolas (correspondendo aos mesmos locais utilizados nos ensaios de 2006) e respectiva monitorização da evolução da qualidade dos solos e das águas resultante da actividade agrícola, para a cultura do milho e do melão.
- Descrição das práticas agrícolas adoptadas no ano 2007, nomeadamente as culturas instaladas, os processos de rega e os modos de fertilização utilizados.
- Descrição das metodologias para a caracterização físico-química das parcelas em termos de solos e de águas.
- Descrição do esquema experimental de colheita de dados de qualidade dos solos e das águas, tanto na área circundante às parcelas como no interior das mesmas, relativamente a águas de rega, das valas de drenagem, de escorrência, da zona vadosa e subterrâneas.
- Análise dos resultados obtidos e sua interpretação.
- Caracterização da vulnerabilidade à poluição da área de estudo utilizando a metodologia DRASTIC.

- Caracterização da função objectivo e das restrições a considerar para o processo de optimização da ocupação do solo em curso.

A finalidade do trabalho experimental desenvolvido é complementar a informação obtida nos ensaios realizados em 2006 sobre os efeitos de diferentes práticas agrícolas nos processos que interferem na migração dos poluentes de origem agrícola (fertilização de solos), para diferentes meios (solos, zona vadosa e águas subterrâneas), com ensaios onde se analisam duas culturas: o melão e o milho. No total foram analisadas três diferentes culturas (milho, girassol, melão) e dois solos com características diferentes. Com este trabalho de 2007\* deu-se por terminada a Tarefa 1 deste projecto e as componentes de campo das Tarefas 2 e 3.

A modelação do escoamento e do transporte de solutos na zona vadosa e saturada, inseridas nas Tarefas 2 e 3, respectivamente, estão presentemente em curso com base nos dados de campo. Do mesmo modo, o modelo de optimização da ocupação do solo, previsto apenas para o último ano do projecto, está em desenvolvimento.

Não se registam desvios significativos entre as tarefas programadas e as tarefas executadas. O trabalho de modelação, previsto para terminar em 2007, será terminado apenas em 2008 também em função do protelamento do prazo do projecto para o final deste ano e não para meados de 2008 como inicialmente previsto.

## 2 Práticas agrícolas adoptadas no ano 2007

### 2.1 Considerações gerais

Na sequência dos resultados dos trabalhos desenvolvidos em 2006 (*cf.* 2.º Relatório de Progresso), foram efectuados novos ensaios de campo nas áreas seleccionadas dos Montes da Mancoca e do Pinheirinho (*cf.* Fig. 1).

---

\* Sempre que neste relatório se não referir o ano, este corresponde a 2007, o 3.º ano do Projecto

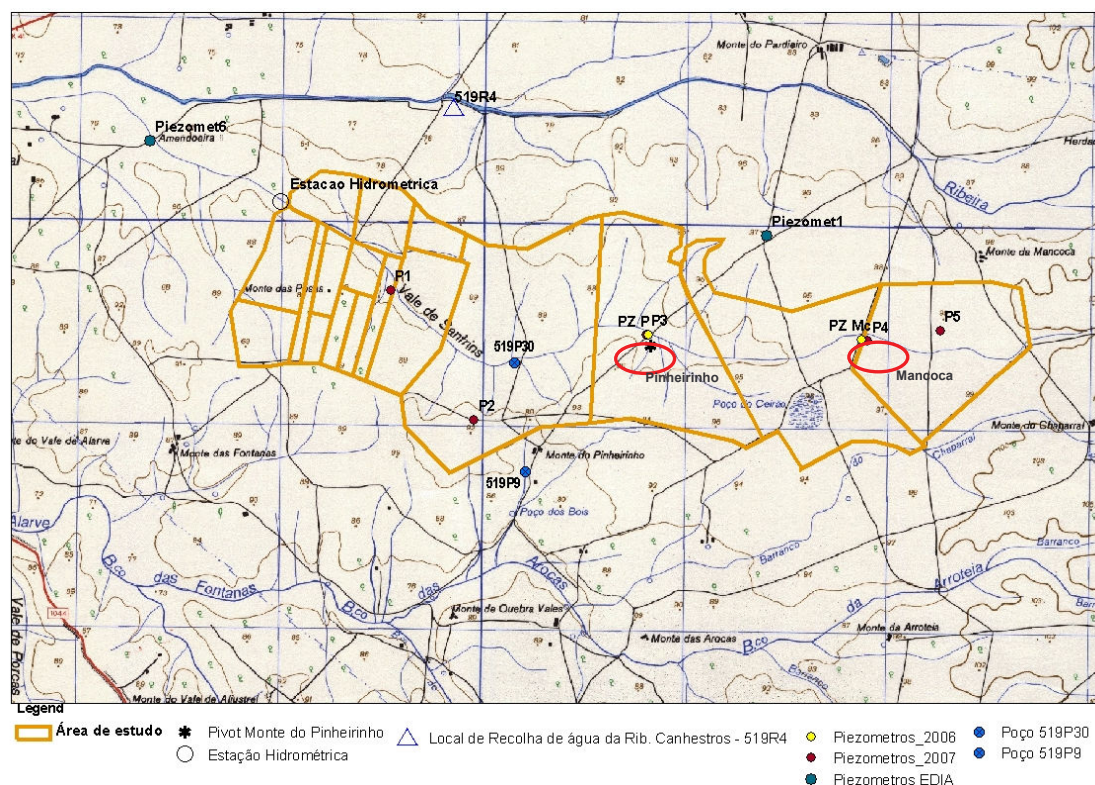


Fig. 1 - Área de estudo e respectivas infra-estruturas de monitorização (a vermelho assinalam-se os Montes da Mancoca e do Pinheirinho)

Tendo em atenção que objectivo deste estudo é a análise do movimento de água e solutos de acordo com as práticas de gestão agrícola praticadas pelos agricultores, não foi feita qualquer interferência na condução das regas realizadas nas três parcelas.

As modalidades ensaiadas, as culturas instaladas e os métodos de rega e de fertilização são seguidamente apresentados.

## 2.2 Culturas instaladas

A escolha das modalidades e das culturas instaladas teve em conta as indicações da gestão da rega dadas pelos proprietários das parcelas para a campanha de rega de 2007.

Foram estabelecidas três modalidades nas parcelas experimentais (Quadro 1).

Quadro 1 - Modalidades ensaiadas nas parcelas experimentais em 2007

| Localização          | Modalidades | Descrição da modalidade  | Solos       |
|----------------------|-------------|--|-------------|
| Monte da Mancoca     | MM          | Milho para grão, adubação de fundo e cobertura (fertilrigação) | <i>Pagc</i> |
|                      | PML1        | Melão, rega gota-a-gota (fertilrigação)                        | <i>Bpc</i>  |
| Monte do Pinheirinho | PML2        | Melão, rega gota-a-gota (fertilrigação)                        | <i>Pagc</i> |

O esquema experimental montado nas três áreas regadas, descrito nas próximas secções, teve como objectivo base a colheita de amostras de solo e de águas para análise química ao longo do período de ensaio e em vários locais, dentro e fora das parcelas.

A cultura de milho para grão instalada no Monte da Mancoca foi instalada em finais de Abril, segundo práticas culturais adoptadas pelo agricultor (Fig. 2). Para a preparação da cama da semente, o agricultor efectuou uma lavoura de duas gradagens. A cultura previamente instalada no terreno foi milho para grão.



Fig. 2 - Aspecto da cultura do milho no Monte da Mancoca, cerca de duas semanas após a sementeira

Nos dois talhões experimentais localizados no Monte do Pinheirinho (PML1 e PML2) foi instalada a cultura do melão com sementeira em finais de Maio (Fig. 3). No ensaio PML1 a cultura de Verão anteriormente instalada havia sido o girassol e no ensaio PML2 o milho.



Fig. 3 - Aspecto da cultura do melão com rega gota-a-gota no ensaio PML1, Monte do Pinheirinho



A 9 de Julho de 2007, no ensaio PML1 foi retirada a cultura do melão tendo sido substituída por melancia, embora o talhão de ensaio tenha sido mantido com o melão (Fig. 4). Este facto poderá perturbar as conclusões que se possam retirar sobre as práticas agrícolas utilizadas para o ensaio PML1 com melão na medida em que, de facto, a meio do ensaio as necessidades de rega e de fertilização foram satisfeitas atendendo à cultura da melancia entretanto instalada.



Fig. 4 - Talhão experimental da cultura do melão no ensaio PML1, Monte do Pinheirinho

A produção obtida para o milho no monte da Mancoca foi de 15 toneladas/ha.

### 2.3 Métodos de rega

O método de rega utilizado na parcela da Mancoca é o de aspersão com rampa rotativa (Fig. 2) (center-pivot). A área regada pelo "pivot" é de cerca de 23 hectares.

O método de rega utilizado nas parcelas do Pinheirinho é a rega localizada "gota-a-gota".

A água de rega tem origem na barragem de Monte Branco. Em cada uma das parcelas foi respeitada a gestão da rega efectuada tradicionalmente pelo agricultor.

No Monte da Mancoca foram realizadas, entre 28 de Abril e 8 de Setembro de 2007, 87 regas do milho, num total de 672 mm. No Pinheirinho foram aplicadas 65 regas no melão entre 8 de Junho e 5 de Setembro, tendo sido aplicados um total de 213 mm. As datas de rega bem com as dotações aplicadas nas culturas (dados fornecidos pelo COTR, a quem se agradece) são apresentadas nos Quadro 2 a Quadro 5.

Quadro 2 - Datas e dotações de rega (aspersão) na cultura do milho em 2007, Monte da Mancoca

| Data         | Dotação          | Produto         | Aplicação | N    | P | K  | Mat. Org. | Zn  | SO <sub>4</sub> +Zn |
|--------------|------------------|-----------------|-----------|------|---|----|-----------|-----|---------------------|
|              | l/m <sup>2</sup> |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
|              |                  |                 |           | l/ha |   |    |           |     |                     |
| 2007-04-28   | 4                | Humifosfato 15% | fundo     | 600  | 6 | 15 | 10        | 22  |                     |
| 2007-04-29   | 4                | Humifosfato 15% | fundo     | 600  | 6 | 15 | 10        | 22  |                     |
| 2007-04-30   | 4                | Humifosfato 15% | fundo     | 600  | 6 | 15 | 10        | 22  |                     |
| 2007-05-01   | 4                | Humifosfato 15% | fundo     | 600  | 6 | 15 | 10        | 22  |                     |
| 2007-05-07   | 4                | Humifosfato 15% | fundo     | 600  | 6 | 15 | 10        | 22  |                     |
| 2007-05-08   | 4                | Humifosfato 15% | fundo     | 600  | 6 | 15 | 10        | 22  |                     |
| 2007-05-09   | 4                | Humifosfato 15% | fundo     | 600  | 6 | 15 | 10        | 22  |                     |
| 2007-05-13   | 6                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-05-15   | 6                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-05-17   | 7                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-05-19   | 7                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-05-21   | 9                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-05-28   | 7                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-06-01   | 12               | Nitro-zinco     | cobertura | 608  |   |    |           | 0,5 | 2                   |
| 2007-06-03   | 7                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-06-04   | 7                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-06-05   | 7                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-06-06   | 7                | Nitro-zinco     | cobertura | 608  |   |    |           | 0,5 | 2                   |
| 2007-06-07   | 7                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-06-08   | 7                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-06-10   | 7                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-06-12   | 7                | Nitro-zinco     | cobertura | 608  |   |    |           | 0,5 | 2                   |
| 2007-06-20   | 7                | Nitro-zinco     | cobertura | 608  |   |    |           | 0,5 | 2                   |
| 2007-06-23   | 7                | Nitro-zinco     | cobertura | 608  |   |    |           | 0,5 | 2                   |
| 2007-06-24   | 7                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-06-25   | 7                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-06-26   | 7                | Cálcio+Magnésio | cobertura | 146  |   |    |           |     |                     |
| 2007-06-27   | 7                | Cálcio+Magnésio | cobertura | 146  |   |    |           |     |                     |
| 2007-06-28   | 7                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-06-29   | 7                | Nitro-zinco     | cobertura | 608  |   |    |           | 0,5 | 2                   |
| 2007-06-30   | 7                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-07-01   | 7                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-07-02   | 7                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-07-03   | 7                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-07-04   | 7                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-07-05   | 8                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-07-06   | 7                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-07-07   | 8                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-07-08   | 8                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-07-09   | 8                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-07-10   | 10               |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-07-11   | 10               |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-07-12 a | 8                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |
| 2007-07-24   | 4                |                 |           |      |   |    |           |     |                     |

| Data         | Dotação                     | Produto | Aplicação | N | P | K | Mat. Org. | Zn | SO <sub>4</sub> +Zn |
|--------------|-----------------------------|---------|-----------|---|---|---|-----------|----|---------------------|
|              | l/m <sup>2</sup>            |         | l/ha      |   |   |   |           |    |                     |
| 2007-07-25 a | 10 l/m <sup>2</sup> por dia |         |           |   |   |   |           |    |                     |
| 2007-08-01 a | 10 l/m <sup>2</sup> por dia |         |           |   |   |   |           |    |                     |
| 2007-08-28 a | 7 l/m <sup>2</sup> por dia  |         |           |   |   |   |           |    |                     |
| <b>TOTAL</b> | <b>672 l/m<sup>2</sup></b>  |         |           |   |   |   |           |    |                     |

Quadro 3 - Calendário da rega e da adubação no Monte da Mancoca, em 2007

| ABRIL |     |     |     |     |     |     |     | MAIO |     |     |     |     |     |     |     | JUNHO |     |     |     |     |     |     |     |   |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| SEM   | DOM | SEG | TER | QUA | QUI | SEX | SAB | SEM  | DOM | SEG | TER | QUA | QUI | SEX | SAB | SEM   | DOM | SEG | TER | QUA | QUI | SEX | SAB |   |
| 14    |     |     | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 18   |     |     |     |     | 7   | 8   | 9   | 10    | 22  | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7 |
| 15    | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 19   | 4   | 5   | 6   |     |     |     |     | 23    | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  |   |
| 16    | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20   | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 24    | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  |   |
| 17    | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 21   | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25    | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  |   |
| 18    | 27  | 28  | 29  | 30  |     |     |     | 22   | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  | 26    | 29  | 30  |     |     |     |     |     |   |
|       |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |       |     |     |     |     |     |     |     |   |

| JULHO |     |     |     |     |     |     |     | AGOSTO |     |     |     |     |     |     |     | SETEMBRO |     |     |     |     |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| SEM   | DOM | SEG | TER | QUA | QUI | SEX | SAB | SEM    | DOM | SEG | TER | QUA | QUI | SEX | SAB | SEM      | DOM | SEG | TER | QUA | QUI | SEX | SAB |
| 29    |     |     | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 35     |     |     |     |     | 1   | 2   | 3   | 40       |     | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
| 30    | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 36     | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 41       | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |
| 31    | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 37     | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 42       | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  |
| 32    | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 38     | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 43       | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  |
| 33    | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  |     |     | 39     | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  | 44       | 28  | 29  | 30  |     |     |     |     |
| 34    |     |     |     |     |     |     |     | 40     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |

|  |  |
|--|--|
|  | Rega   |
|  | humifosfato 15% (Adubação de fundo)              |
|  | nitro-zinco (Adubação de cobertura)              |
|  | cálcio+magnésio (Adubação de coberturacobertura) |

Quadro 4 - Datas e dotações de rega (gota-a-gota) na cultura do melão em 2007, Monte do Pinheiro

| Data       | Dotação          |
|------------|------------------|
|            | l/m <sup>2</sup> |
| 2007-06-08 | 1,8              |
| 2007-06-09 | 0,9              |
| 2007-06-10 | 1,8              |
| 2007-06-11 | 1,1              |
| 2007-06-22 | 4,8              |
| 2007-06-23 | 2,0              |
| 2007-06-25 | 1,8              |
| 2007-06-28 | 5,6              |
| 2007-06-29 | 1,4              |
| 2007-07-01 | 1,9              |
| 2007-07-03 | 0,4              |
| 2007-07-05 | 4,3              |
| 2007-07-06 | 2,6              |
| 2007-07-07 | 2,7              |
| 2007-07-08 | 8,1              |
| 2007-07-10 | 5,0              |
| 2007-07-11 | 2,6              |
| 2007-07-12 | 4,3              |
| 2007-07-13 | 4,3              |
| 2007-07-14 | 2,6              |
| 2007-07-15 | 3,2              |

| <b>Data</b>  | <b>Dotação</b>             |
|--------------|----------------------------|
|              | l/m <sup>2</sup>           |
| 2007-07-16   | 3,7                        |
| 2007-07-17   | 1,4                        |
| 2007-07-18   | 2,6                        |
| 2007-07-19   | 4,8                        |
| 2007-07-21   | 4,1                        |
| 2007-07-22   | 6,1                        |
| 2007-07-23   | 1,3                        |
| 2007-07-24   | 0,3                        |
| 2007-07-25   | 7,6                        |
| 2007-07-26   | 2,3                        |
| 2007-07-27   | 7,9                        |
| 2007-07-28   | 5,0                        |
| 2007-07-29   | 0,7                        |
| 2007-07-30   | 2,7                        |
| 2007-07-31   | 4,1                        |
| 2007-08-01   | 3,6                        |
| 2007-08-02   | 2,3                        |
| 2007-08-03   | 4,4                        |
| 2007-08-04   | 3,3                        |
| 2007-08-06   | 2,1                        |
| 2007-08-07   | 2,8                        |
| 2007-08-08   | 1,4                        |
| 2007-08-09   | 2,6                        |
| 2007-08-10   | 4,1                        |
| 2007-08-11   | 4,6                        |
| 2007-08-12   | 0,1                        |
| 2007-08-13   | 4,4                        |
| 2007-08-15   | 3,0                        |
| 2007-08-16   | 0,4                        |
| 2007-08-17   | 6,8                        |
| 2007-08-18   | 2,6                        |
| 2007-08-19   | 4,0                        |
| 2007-08-20   | 5,2                        |
| 2007-08-21   | 2,3                        |
| 2007-08-23   | 4,6                        |
| 2007-08-24   | 5,6                        |
| 2007-08-27   | 1,9                        |
| 2007-08-28   | 0,9                        |
| 2007-08-30   | 5,2                        |
| 2007-08-31   | 5,7                        |
| 2007-09-01   | 0,9                        |
| 2007-09-02   | 1,4                        |
| 2007-09-04   | 4,9                        |
| 2007-09-05   | 4,2                        |
| <b>TOTAL</b> | <b>213 l/m<sup>2</sup></b> |

Quadro 5 - Calendário da rega no Monte do Pinheirinho, em 2007

| ABRIL |     |     |     |     |     |     |     | MAIO |     |     |     |     |     |     |     | JUNHO |     |     |     |     |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| SEM   | DOM | SEG | TER | QUA | QUI | SEX | SAB | SEM  | DOM | SEG | TER | QUA | QUI | SEX | SAB | SEM   | DOM | SEG | TER | QUA | QUI | SEX | SAB |
| 14    |     |     | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 18   |     |     |     |     | 1   | 2   | 3   | 22    | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   |
| 15    | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 19   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 23    | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  |
| 16    | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20   | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 24    | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  |
| 17    | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 21   | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25    | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  |
| 18    | 27  | 28  | 29  | 30  |     |     |     | 22   | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  | 26    | 29  | 30  |     |     |     |     |     |

| JULHO |     |     |     |     |     |     |     | AGOSTO |     |     |     |     |     |     |     | SETEMBRO |     |     |     |     |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| SEM   | DOM | SEG | TER | QUA | QUI | SEX | SAB | SEM    | DOM | SEG | TER | QUA | QUI | SEX | SAB | SEM      | DOM | SEG | TER | QUA | QUI | SEX | SAB |
| 29    |     |     | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 35     |     |     |     |     | 1   | 2   | 3   | 40       |     | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
| 30    | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 36     | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 41       | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |
| 31    | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 37     | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 42       | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  |
| 32    | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 38     | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 43       | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  |
| 33    | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  |     |     | 39     | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  | 44       | 28  | 29  | 30  |     |     |     |     |
| 34    |     |     |     |     |     |     |     | 40     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |

| ABRIL |     |     |     |     |     |     |     | MAIO |     |     |     |     |     |     |     | JUNHO |     |     |     |     |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| SEM   | DOM | SEG | TER | QUA | QUI | SEX | SAB | SEM  | DOM | SEG | TER | QUA | QUI | SEX | SAB | SEM   | DOM | SEG | TER | QUA | QUI | SEX | SAB |
| 14    |     |     | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 18   |     |     |     |     | 1   | 2   | 3   | 22    | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   |
| 15    | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 19   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 23    | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  |
| 16    | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20   | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 24    | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  |
| 17    | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 21   | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25    | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  |
| 18    | 27  | 28  | 29  | 30  |     |     |     | 22   | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  | 26    | 29  | 30  |     |     |     |     |     |

| JULHO |     |     |     |     |     |     |     | AGOSTO |     |     |     |     |     |     |     | SETEMBRO |     |     |     |     |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| SEM   | DOM | SEG | TER | QUA | QUI | SEX | SAB | SEM    | DOM | SEG | TER | QUA | QUI | SEX | SAB | SEM      | DOM | SEG | TER | QUA | QUI | SEX | SAB |
| 29    |     |     | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 35     |     |     |     |     | 1   | 2   | 3   | 40       |     | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
| 30    | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 36     | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 41       | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |
| 31    | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 37     | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 42       | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  |
| 32    | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 38     | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 43       | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  |
| 33    | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  |     |     | 39     | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  | 44       | 28  | 29  | 30  |     |     |     |     |
| 34    |     |     |     |     |     |     |     | 40     |     |     |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |

## 2.4 Modos de fertilização

No Monte da Mancoca a fertilização de fundo consistiu em 7 aplicações de Humifosfato 15%. A fertilização de cobertura consistiu em várias fertirregas ao longo da campanha de rega com nitro-zinco e cálcio+magnésio (cf. Quadro 3).

Não foi fornecida informação acerca da fertilização no monte do Pinheirinho.

## 3 Metodologias para a caracterização físico-química das áreas de estudo

### 3.1 Solos

#### 3.1.1 Caracterização pedológica

A amostragem de solos antes do início dos ensaios de campo de 2007 teve como objectivo recolher amostras não perturbadas para a determinação das curvas de tensão-humidade e de densidade aparente solo, e amostras de solo perturbadas para análise textural das parcelas a estudar. Colaboraram no processo de amostragem do solo técnicos da Universidade de Évora (UE) e do LNEC.

Foram seleccionados dois locais em cada parcela de ensaio (Montes da Mancoca e Pinheirinho) para a recolha das amostras. A selecção dos locais de amostragem foi efectuada com base nos seguintes critérios: (1) respeitar o interesse de obtenção de informação nas manchas de solo mais representativas localizadas na área regada pelo "pivot", dada a heterogeneidade de solos nessas áreas (2) ser, à partida, o local onde previsivelmente se iriam instalar os ensaios experimentais durante a campanha de rega.

Assim, do mesmo modo que em 2006, em cada um desses locais e com recurso a um martelo pneumático, colheram-se duas repetições em cilindros de 99,2 cm<sup>3</sup>, R1 (dap) e R2 (pF), em patamares, correspondentes a níveis representativos das camadas do perfil, localizados às profundidades de 0 - 15 cm, 15 - 30 cm, 30 - 45 cm, 45 - 60 cm e 60 - 75 cm.

A textura do solo foi caracterizada utilizando amostras de solo perturbadas nas diferentes camadas do solo, em tarolos de 15 cm até à profundidade de 75 cm, também com o martelo pneumático. A metodologia de caracterização das várias classes texturais são definidas segundo a escala de Atterberg (1911), conforme já apresentado no 2.º Relatório deste estudo.

A caracterização da densidade aparente, da densidade real e da porosidade foi efectuada utilizando as mesmas metodologias que as apresentadas no 2.º Relatório (Leitão *et al.* 2006).

Para acompanhar a variação do teor de humidade, do armazenamento de água no solo e da carga hidráulica em profundidade e ao longo do tempo, nas três modalidades, foram instalados os seguintes equipamentos:

- dois conjuntos de tensiómetros, constituídos por 3 tensiómetros instalados às profundidades de 20, 40 e 60 cm (Fig. 5);
- um tubo PVC instalado a 70 cm de profundidade, colocado na entre-linha da cultura, para medição da humidade do solo com o sistema TRIME (TDR) (Fig. 6).



Fig. 5 - Aspecto da medição da tensão do solo



Fig. 6 - Aspecto da medição da humidade do solo

A obtenção dos pontos da curva pF, está ainda a ser feita no Laboratório de Solos da Universidade de Évora determinando-se o teor de humidade retido nas amostras em equilíbrio com pressões conhecidas. Será utilizado um método combinado da caixa de areia para valores de pF < 2,0, o método da placa para valores de pF compreendidos entre 2,54 e 3,0, e o aparelho de membrana de pressão para valores de pF entre 3,5 e 4,2.

Técnicos da Estação Agronómica Nacional (Engenheiros Casimiro Martins, Arménio Oliveira, Fernando Pereira Pires e Sofia Araújo), com trabalhos experimentais em curso naqueles locais, caracterizaram dois perfis representativos dos solos do Monte da Mancoca e do Monte do Pinheirinho. Esses perfis, realizados até à profundidade máxima de cerca de 2 m, permitiram classificar o solo e determinar as características hidrodinâmicas e físicas dos mesmos (textura, porosidade, teor em água, densidade aparente, permeabilidade, entre outros). Os resultados obtidos pelos autores referidos serão, também, apresentados na próxima secção de resultados.

### 3.1.2 Caracterização química

A análise da qualidade química dos solos das três parcelas experimentais visou, em primeiro lugar, avaliar as suas características antes e depois das campanhas de rega e, assim, complementar o estudo da qualidade das águas da zona vadosa e das águas subterrâneas. A

análise global da qualidade química dos solos e águas foi orientada de acordo com os elementos potencialmente poluentes provenientes da aplicação de fertilizantes e de água de rega.

A amostragem de solos dividiu-se em duas campanhas distintas: 1) a primeira onde foram recolhidos solos nas três parcelas de estudo, realizou-se no dia 10 de Maio, com a colaboração de técnicos da Universidade de Évora e do LNEC, às profundidades de 0 – 20 cm, 20 – 40 cm e de 40 – 60 cm; 2) a segunda realizou-se nos mesmos locais e às mesmas profundidades, no dia 24 de Setembro, após a colheita. As amostras de solos destinaram-se à análise de um conjunto de elementos químicos (iões maiores, fosfatos e nitratos), pH, condutividade eléctrica, entre outros, para estudo da migração dos mesmos em profundidade.

As amostras foram acondicionadas em sacos de plástico e colocadas em malas térmicas para minimizar as trocas de azoto durante a permanência no campo e o transporte para o laboratório responsável pelas análises químicas (LQA, Ambiente, Lda.).

### 3.2 Águas

A recolha de amostras de água foi efectuada na área circundante às parcelas e no seu interior, de forma a permitir observar a evolução da qualidade das águas em termos da pequena bacia hidrográfica onde se insere (*cf.* Fig. 1).

Os locais para a amostragem de águas durante os ensaios em 2007 integraram as infra-estruturas utilizadas em 2006, a que se juntaram cinco novos piezómetros instalados no âmbito deste projecto. Estas novas infra-estruturas têm o objectivo de proporcionar a recolha de amostras representativas das águas subterrâneas e dos níveis piezométricos, não só dentro das parcelas regadas mas também na área envolvente, permitindo obter a informação regional necessária à corrida dos modelos numéricos de escoamento e de transporte de águas subterrâneas em curso. A instalação dos piezómetros foi efectuada pela firma SulAqua - Sondagens e Captações de Água do Sul, Lda., de Beja, na primeira semana de Junho de 2007 (Fig. 7).





Fig. 7 - Instalação dos piezómetros em 2007 pela firma SulAqua, Lda.

O Quadro 6 apresenta uma súmula das características dos novos piezómetros.

Quadro 6 - Características principais dos piezómetros instalados em 2007 pela firma SulAqua, Lda.

| Designação   | n.º | Meridiano | Paralelo  | Profundidade | Altura da boca |
|--------------|-----|-----------|-----------|--------------|----------------|
| Piezómetro 1 | P1  | 193331,70 | 118153,14 | 7,33         | 0,55           |
| Piezómetro 2 | P2  | 193744,89 | 117514,04 | 10,80        | 0,50           |
| Piezómetro 3 | P3  | 194598,13 | 117933,24 | 9,15         | 0,50           |
| Piezómetro 4 | P4  | 195687,25 | 117903,06 | 8,00         | 1,20           |
| Piezómetro 5 | P5  | 196046,87 | 117954,73 | 11,12        | 0,44           |

O conjunto de locais de amostragem de águas na área envolvente às parcelas experimentais, monitorizados em 2006 e em 2007, são apresentados no Quadro 7 e representados na Fig. 1.

Relativamente à água no interior das parcelas experimentais foi analisado (Quadro 8): água de escorrência superficial (num talhão de escorrência apenas instalado no caso da Mancoca pois no Pinheirinho o sistema de rega foi gota-a-gota); água da zona vadosa a três profundidades diferentes (através de seis cápsulas de Teflon®, duas a cada profundidade) e na zona saturada, nos piezómetros representados na Fig. 1.

Quadro 7 - Designação dos locais de amostragem de águas na área envolvente às parcelas experimentais e anos de amostragem

| Meio               | Designação   | Ano de amostragem |
|--------------------|--|-------------------|
| Águas subterrâneas | Poço 519/P9  | 2006/07           |
|                    | Poço 519/P30   |                   |
|                    | Piezómetro M. <sup>te</sup> do Pardieiro - EDIA<br>(Piezómetro 1)  |                   |
|                    | Piezómetro M. <sup>te</sup> da Amendoeira - EDIA<br>(Piezómetro 6) | 2006              |
|                    | Piezómetro Mancoca (PzMc)  |                   |
|                    | Piezómetro Pinheirinho (PzP)                                       |                   |
| Águas subterrâneas | Piezómetro 1 - Monte das Posas (P1)                                | 2007              |
|                    | Piezómetro 2 - Monte do Pinheirinho (P2)                           |                   |
|                    | Piezómetro 3 - Monte do Pinheirinho (P3)                           |                   |
|                    | Piezómetro 4 - Monte da Mancoca (P4)                               |                   |
|                    | Piezómetro 5 - Monte da Mancoca (P5)                               |                   |
| Águas superficiais | Estação Hidrométrica   | 2006              |
|                    | Ribeira de Canhestros<br>Ribeira de Sanfrins                       | 2006/07           |
| Canal de Rega      | Canal de Rega  |                   |
| Vala de drenagem   | Vala de drenagem   |                   |

Os vários tipos de equipamentos e de procedimentos utilizados foram idênticos aos referidos no 2.º Relatório para o ano de 2006.

As amostragens de águas subterrâneas e de águas superficiais foram realizadas com uma periodicidade aproximadamente semanal, durante o período de rega, para medição dos parâmetros físico-químicos de campo (condutividade eléctrica, pH, Eh e temperatura). Mensalmente foram recolhidas amostras para análise química dos parâmetros: NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub> e Cl. Numa das amostragens foi realizada análise de: NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, Ca, Mg, Na, K, CO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl para caracterização da fácies hidroquímica das águas subterrâneas. Foram, ainda, medidos os níveis piezométricos.

Quadro 8 - Listagem dos locais de amostragem de águas no interior das parcelas experimentais e respectivos instrumentos de monitorização

| LOCAL                        | MEIO ANALISADO      | INSTRUMENTO DE MONITORIZAÇÃO      |
|------------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Mancoca (milho)              | Água de escorrência | Talhão de escorrência 1 (Fig. 10) |
|                              | Água da zona vadosa | Cápsula 20 x 2 (Fig. 11)          |
|                              |                     | Cápsula 40 x 2 (Fig. 11)          |
|                              |                     | Cápsula 60 x 2 (Fig. 11)          |
|                              | Água subterrânea    | Piezómetro 4 e 5 (Fig. 9) e PzMc  |
| Pinheirinho nascente (melão) | Água da zona vadosa | Cápsula 20 x 2                    |
|                              |                     | Cápsula 40 x 2                    |
|                              |                     | Cápsula 60 x 2                    |
| Pinheirinho poente (melão)   | Água da zona vadosa | Cápsula 20 x 2                    |
|                              |                     | Cápsula 40 x 2                    |
|                              |                     | Cápsula 60 x 2                    |
|                              | Água subterrânea    | Piezómetro 3 (Fig. 8 e Fig. 12)   |

As medições nos restantes meios acima referidos (Quadro 8) foram semanais e visaram o acompanhamento das variações nos parâmetros químicos de forma a analisar as correlações rega/recarga e fertilizações/concentrações na água subterrânea. As análises físico-químicas foram realizadas no laboratório da LQA Ambiente e, para o caso dos piezómetros, no Departamento de Hidrogeologia do INETI-DH. No ANEXO 3 apresenta-se um exemplo de um boletim de ensaios onde se poderá verificar os métodos analíticos utilizados.



Fig. 8 - Vista do piezómetro 3 (P3) instalado no Monte do Pinheirinho (cultura de melão, 2007)



Fig. 9 - Vista do piezómetro 5 (P5) instalado no Monte da Mancoca (cultura de milho, 2007)



Fig. 10 - Talhão de escorrência no Monte da Mancoca em 2007



Fig. 11 - Dispositivos de medição de parâmetros na zona vadosa do solo em 2007



Fig. 12 - Aspecto da recolha de águas subterrâneas no Monte do Pinheirinho em 2007

De referir que nas águas subterrâneas e superficiais da área circundante às parcelas, dificilmente se conseguirá reproduzir, no tempo útil deste projecto, os efeitos específicos que cada uma das culturas poderá ter na qualidade das águas, uma vez que as concentrações medidas também reproduzirão os efeitos de outras actividades agrícolas, em curso e anteriores, naquela bacia hidrográfica. Contudo, os seus valores poderão auxiliar a interpretação global da evolução da qualidade das águas na bacia até à data e a reproduzir cenários que serão modelados durante o último ano do projecto.

## 4 Resultados obtidos e sua análise

### 4.1 Solos

#### 4.1.1 Caracterização pedológica

##### 4.1.1.1 Classificação

Na sequência dos trabalhos experimentais desenvolvidos pelo Departamento de Ciências do Solo da Estação Agronómica Nacional (EAN) no âmbito do Projecto RECOQUAR "Rede de Controlo da Qualidade da Água de Rega" no COTR, técnicos da mesma estação estudaram e classificaram no Monte da Mancoca, dois perfis de solo, em locais diferentes, dentro da área regada pelo "center-pivot". A abertura de um dos perfis coincidiu com o local onde se encontram os ensaios de campo, pelo que foi assim possível atribuir uma classificação ao solo onde decorre o trabalho experimental (MM). O solo foi classificado pelos técnicos da EAN, como pertencente ao grupo dos Solos Mediterrâneos Pardos de Materiais Calcários Para-Hidromórficos - *Pagc* (Cardoso, 1974) e segundo a classificação da FAO como um Luvissole Gleizado. No ANEXO 1 é apresentada a descrição do perfil de solo, descrição essa gentilmente cedida pelo Departamento de Ciências do Solo da EAN.

No âmbito do Projecto RECOQUAR, no Monte do Pinheirinho foram também abertos dois perfis para a classificação do solo dos locais de ensaios (comuns aos dois projectos) em 30 de Março de 2007, por técnicos da Estação Agronómica Nacional do Departamento de Ciências do Solo: (1) Perfil 126, local onde se situa o ensaio PML2 e (2) Perfil 127 no local do ensaio PML1. O solo do Perfil 127 foi classificado pelos técnicos da EAN como um solo de Barro Preto Calcário Muito Descarboxiado – *Bpc* (Cardoso, 1974) e Calcic Vertisol (Eutric, Pellic) (FAO, 2006). O Perfil 126 (PML1) foi classificado como um solo Mediterrâneo Pardo de Materiais Calcários Para-Hidromórfico – *Pagc* (Cardoso, 1974) e Calcic Gleyic Luvisol (Manganiferric, Abruptic) (FAO, 2006). No ANEXO 2 apresenta-se a descrição dos dois perfis cedida pelo Departamento de Ciências do Solo da Estação Agronómica Nacional.

## 4.1.1.2 Textura

Os resultados da análise textural dos solos do Monte da Mancoca e do Monte do Pinheirinho, recolhidos em 30 de Março, e analisados pelo Laboratório de Hidrologia da Universidade de Évora são apresentados nos Quadro 9 e Quadro 10, e na Fig. 13.

Quadro 9 - Análise granulométrica e classificação textural das amostras de solo recolhidas a diversas profundidades (Monte da Mancoca)

| Profundidade<br>(cm) | CLASSES TEXTURAIIS         |                             |                         |                       | CLASSIFICAÇÃO<br>TEXTURAL |
|----------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|
|                      | Areia Grossa<br>(2-0,2 mm) | Areia Fina<br>(0,2-0,02 mm) | Limo<br>(0,02-0,002 mm) | Argila<br>(<0,002 mm) |                           |
| 0 - 15               | 67,46                      | 10,35                       | 3,46                    | 18,73                 | Franco arenoso            |
| 15 - 30              | 60,45                      | 12,31                       | 3,73                    | 23,52                 | Franco-argilo-arenoso     |
| 30 - 45              | 57,71                      | 11,16                       | 3,83                    | 27,30                 | Franco-argilo-arenoso     |
| 45 - 60              | 40,84                      | 9,97                        | 5,91                    | 43,28                 | Argilo-arenoso            |
| 60 - 75              | 45,30                      | 11,11                       | 6,74                    | 36,85                 | Argilo-arenoso            |

Quadro 10 - Análise granulométrica e classificação textural das amostras de solo recolhidas a diversas profundidades (Monte do Pinheirinho)

| Profundidade<br>(cm) | CLASSES TEXTURAIIS         |                             |                         |                       | CLASSIFICAÇÃO<br>TEXTURAL |
|----------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|
|                      | Areia Grossa<br>(2-0,2 mm) | Areia Fina<br>(0,2-0,02 mm) | Limo<br>(0,02-0,002 mm) | Argila<br>(<0,002 mm) |                           |
| 0 - 15               | 63,9                       | 15,3                        | 7,2                     | 13,6                  | Franco arenoso            |
| 15 - 45              | 63,5                       | 14,9                        | 7,3                     | 14,3                  | Franco arenoso            |
| 45 - 60              | 53,4                       | 17,8                        | 12,2                    | 16,6                  | Franco arenoso            |
| 60 - 75              | 53,3                       | 16,9                        | 16,9                    | 16,3                  | Franco arenoso            |

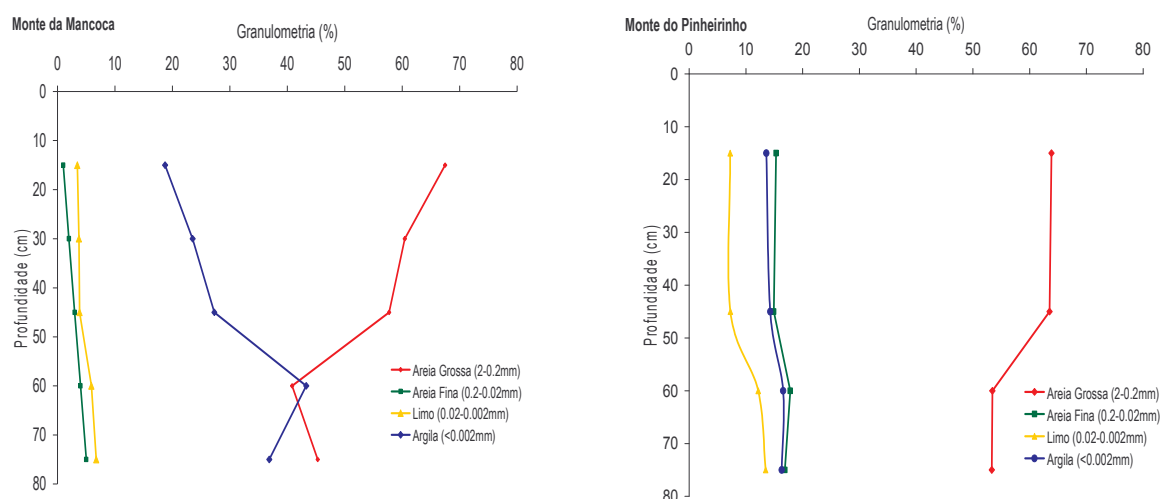


Fig. 13 - Granulometria das amostras de solo colhidas a diferentes profundidades nos Montes da Mancoca e do Pinheirinho

A observação dos quadros e da figura permite verificar, à semelhança dos solos recolhidos em 2006, que os solos da Mancoca apresentam uma textura essencialmente franco-arenosa e franco-argilo-arenosa nos primeiros 45 cm do horizonte do solo, profundidade a partir da qual surge uma camada mais impermeável de textura argilo-arenosa. Esta variação tem como consequência a formação de um nível de água localmente muito elevado onde são retidas as águas de rega, com consequências importantes ao nível da concentração de sais.

Em relação ao solo do Pinheirinho observa-se uma textura franco-arenosa em todos os horizontes, até à profundidade de 75 cm. O teor em argila varia entre 13,6% a 16,6% na espessura de 0 – 60 cm. A percentagem de argila para a profundidade desde 60 cm a 75 cm é de 16,3%. Estes solos foram recolhidos numa área diferente da do ano 2006, correspondente à parcela designada por PML1. Estes solos apresentam uma permeabilidade local superior aos solos da Mancoca e aos solos da parcela designada por PML2, aspecto que favorece a infiltração da água em profundidade.

#### 4.1.1.3 Densidade aparente e real, e porosidade

Os resultados da densidade aparente e real dos solos do Monte da Mancoca e do Pinheirinho, recolhidos a 10 de Maio, e analisados pelo Laboratório de Solos da Universidade de Évora, são apresentados nos Quadro 11 e Quadro 12, e na Fig. 14. Os resultados foram determinados através das fórmulas apresentadas em Leitão *et al.* (2007).

Quadro 11 - Densidade aparente e real do solo em amostras recolhidas a diferentes profundidades no Monte da Mancoca em 2007

| Profundidade (cm) | Peso seco (g) | Tara (g) | Massa seca (g) | Dap (g/cm <sup>3</sup> ) | Dreal (g/cm <sup>3</sup> ) | Porosidade (%) |
|-------------------|---------------|----------|----------------|--------------------------|----------------------------|----------------|
| 0-15              | 318,444       | 144,427  | 174,017        | 1,75                     | 2,55                       | 31,2           |
| 15-30             | 311,63        | 143,442  | 168,188        | 1,70                     | 2,40                       | 29,4           |
| 30-45             | 317,271       | 142,994  | 174,277        | 1,76                     | 2,38                       | 26,2           |
| 45-60             | 305,268       | 145,805  | 159,463        | 1,61                     | 2,32                       | 30,7           |
| 60-75             | 280,338       | 142,383  | 137,955        | 1,39                     | 2,10                       | 33,8           |

Quadro 12 - Densidade aparente e real do solo em amostras recolhidas a diferentes profundidades no Monte do Pinheirinho em 2007

| Profundidade (cm) | Peso seco (g) | Tara (g) | Massa seca (g) | Dap (g/cm <sup>3</sup> ) | Dreal (g/cm <sup>3</sup> ) | Porosidade (%) |
|-------------------|---------------|----------|----------------|--------------------------|----------------------------|----------------|
| 0-15              | 301,024       | 144,166  | 156,858        | 1,58                     | 2,59                       | 38,9           |
| 15-30             | 320,039       | 142,682  | 177,357        | 1,79                     | 2,56                       | 30,2           |
| 30-45             | 326,964       | 143,934  |                |                          | 2,54                       |                |
| 45-60             | 334,708       | 144,349  | 190,359        | 1,92                     | 2,47                       | 22,3           |
| 60-75             |               |          |                |                          | 2,40                       |                |
| 75-90             |               |          |                |                          |                            |                |

Os valores de densidade aparente do perfil do solo do Monte da Mancoca, avaliadas a partir de amostras não perturbadas, são elevados, apresentando um valor médio de 1,74 g/cm<sup>3</sup> até à profundidade de 45 cm e de 1,61 g/cm<sup>3</sup> e 1,39 g/cm<sup>3</sup> para camadas subjacentes. Costa (1973) indica valores de 1,30 g/cm<sup>3</sup> para a camada superficial (franco-arenoso) e de 1,25 g/cm<sup>3</sup> para as camadas franco-argilo-arenosas, situando-se os valores encontrados de densidade aparente acima dos valores indicados por aquele autor.

As densidades aparentes do solo do Monte do Pinheirinho, obtidas a partir de amostras não perturbadas, variam entre 1,58 g/cm<sup>3</sup> na camada superficial (0 – 15 cm) e 1,79 g/cm<sup>3</sup> dos 15 – 30 cm, valores esses considerados elevados. Costa (1973) indica valores de 1,46 g/cm<sup>3</sup> para texturas franco-arenosas.

Os valores encontrados para as densidades reais dos dois solos encontram-se dentro da gama de 2,65 g/cm<sup>3</sup> referida em Costa (1973).

A porosidade total do solo do Monte da Mancoca é de cerca de 31,2% para a camada superficial, decrescendo em profundidade entre 29,4% e 26,2%, a qual associada aos elevados valores de densidade aparente, indicam uma grande compactação do solo. Nas camadas mais profundas do perfil, a porosidade aumenta para valores entre 30,7 e 33,8%. Assim, para o horizonte superficial, o valor obtido situa-se dentro do intervalo indicado por Costa (2003) como típico de solos de textura grosseira (30 a 50%). Já as camadas subjacentes apresentam valores ligeiramente inferiores. Para as camadas mais profundas os valores de porosidade situam-se dentro dos valores indicados por Costa (2003) para solos de textura grosseira (30 a 50%).

A porosidade total do solo do Monte do Pinheirinho é de cerca de 38,9% para a camada superficial e de 30,2% na camada subjacente, diminuindo em profundidade para valores de 22,3%. Os valores obtidos para as camadas superficiais (0 – 30 cm) correspondem aos valores indicados por Costa (2003) para solos de textura grosseira (30 a 50%). Este mesmo autor refere que em igualdade de textura, a porosidade é em geral menor em níveis subsuperficiais e certos horizontes B podem ter porosidade inferior a 30%. Devido ao menor teor de matéria orgânica, a piores condições de estrutura e ao peso dos níveis superiores, o decréscimo da porosidade com a profundidade é normal, mesmo quando a textura é mais fina do que a parte superior do solo, o que acontece no perfil do solo do Monte do Pinheirinho.

A Fig. 14 permite observar que, à semelhança das amostras recolhidas em 2006, os solos do Monte do Pinheirinho apresentam-se mais densos em relação aos da Mancoca. Salienta-se que os valores mais elevados de porosidade para as amostras recolhidas em 2007 se deve atribuir ao facto destas terem sido recolhidas no restolho do milho e, como tal, também com mais matéria orgânica.

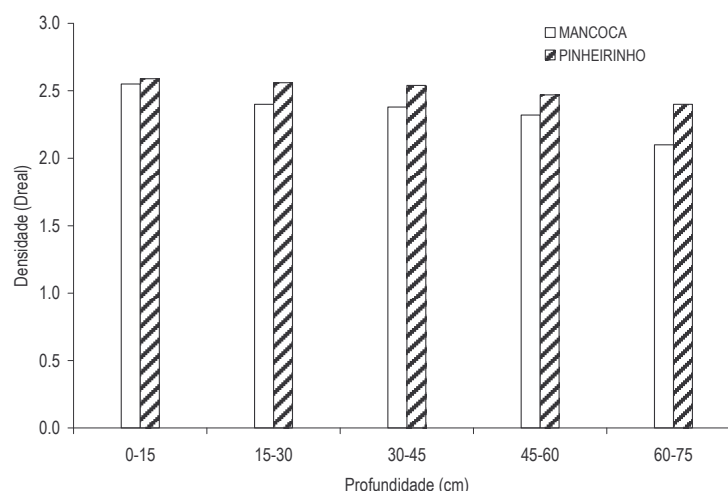


Fig. 14 - Densidade real do solo de amostras recolhidas a diferentes profundidades nos Montes da Mancoca e Pinheirinho (uso do solo: restolho do milho)

A determinação dos restantes parâmetros pedológicos está em curso na Universidade de Évora. Dada a sua relevância para a modelação do escoamento, designadamente através do programa Hydrus, e atendendo a que foram amavelmente disponibilizados pela Estação Agronómica Nacional (parceira do projecto RECOQUAR) apresenta-se nos Quadro 13 e Quadro 14 uma súmula dos dados principais (ver informação completa nos ANEXOS 1 e 2).

Quadro 13 - Parâmetros do modelo Mualem-van Genuchten para as propriedades hidráulicas dos solos em estudo (Resultados cedidos pelo Departamento de Ciências do Solo da EAN)

| Perfil     | P102 - Monte da Mancoca |        |        | P106 - Monte da Mancoca |        |
|------------|-------------------------|--------|--------|-------------------------|--------|
|            | 0-40                    | 40-53  | 53-93  | 0-20                    | 20-44  |
| Prof. (cm) |                         |        |        |                         |        |
| $\theta_r$ | 0,0000                  | 0,0528 | 0,0000 | 0,0000                  | 0,0000 |
| $\theta_s$ | 0,3452                  | 0,2924 | 0,3300 | 0,4008                  | 0,3904 |
| $\alpha$   | 0,0315                  | 0,0295 | 0,0270 | 0,0615                  | 0,0200 |
| $\eta$     | 1,262                   | 1,285  | 1,141  | 1,103                   | 1,104  |
| $l$        | 0,000                   | ...    | -7,363 | -9,255                  | -9,578 |
| $K_{sat}$  | 91,7                    | ...    | 15,8   | 94,8                    | 37,6   |
| $R^2$      | 0,990                   | 0,996  | 0,999  |                         |        |

Legenda:  $\theta_r$  e  $\theta_s$  teores de água residual e na saturação,  $\alpha$ ,  $\eta$  e  $l$  parâmetros de ajustamento da forma das curvas e  $K_{sat}$  condutividade hidráulica em solo saturado

Quadro 14 - Parâmetros do modelo Mualem-van Genuchten para as propriedades hidráulicas dos solos em estudo (Resultados cedidos pelo Departamento de Ciências do Solo da EAN)

| Perfil     | P126 - Monte do Pinheirinho |         | P127 - Monte do Pinheirinho |         |
|------------|-----------------------------|---------|-----------------------------|---------|
|            | 0-40                        | 40-75   | 0-42                        | 42-100  |
| Prof. (cm) |                             |         |                             |         |
| $\theta_r$ | 0,000                       | 0,000   | 0,000                       | 0,000   |
| $\theta_s$ | 0,406                       | 0,430   | 0,378                       | 0,385   |
| $\alpha$   | 0,236                       | 0,029   | 0,164                       | 0,032   |
| $\eta$     | 1,104                       | 1,090   | 1,252                       | 1,072   |
| $l$        | -11,323                     | -10,823 | -1,59                       | -14,364 |
| $K_{sat}$  | 24,3                        | 8,6     | 227,6                       | 8,6     |
| $R^2$      | 0,998                       | 0,996   | 0,992                       | 0,998   |

Legenda:  $\theta_r$  e  $\theta_s$  teores de água residual e na saturação,  $\alpha$ ,  $\eta$  e  $l$  parâmetros de ajustamento da forma das curvas e  $K_{sat}$  condutividade hidráulica em solo saturado



#### 4.1.2 Caracterização química

No Quadro 15 apresentam-se os resultados obtidos para a qualidade dos solos antes do início dos ensaios, nos locais de estudo ensaiados em 2007.

Quadro 15 - Resultados da qualidade das amostras de solos das três parcelas

| Data da recolha            | UTM     | Prof.<br>mg/kg | Análises químicas efectuadas pela LQA, Ambiente |                 |                 |    | %     |
|----------------------------|---------|----------------|---|-----------------|-----------------|----|-------|
|                            |         |                | NO <sub>3</sub>                                 | PO <sub>4</sub> | SO <sub>4</sub> | Cl |       |
| <b>Mancoca (milho)</b>     |         |                |   |                 |                 |    |       |
| 10 Maio                    |         | cm             | NO <sub>3</sub>                                 | PO <sub>4</sub> | SO <sub>4</sub> | Cl | COT   |
|                            | 571864  | 0 - 20         | 205   | 107             | 33              | 96 | 0,54  |
|                            | 4209406 | 20 - 40        | 161   | 78              | 23              | 49 | 0,34  |
|                            |         | 40 - 60        | 138   | 246             | 56              | 65 | <0,21 |
| <b>Pinheirinho (melão)</b> |         |                |   |                 |                 |    |       |
| 10 Maio                    |         | cm             | NO <sub>3</sub>                                 | PO <sub>4</sub> | SO <sub>4</sub> | Cl | COT   |
|                            |         | 0 - 20         | 119   | 224             | 17              | 19 | 0,29  |
|                            |         | 20 - 40        | 101   | <4,0            | 29              | 16 | 0,39  |
|                            |         | 40 - 60        | 79  | <4,0            | 21              | 16 | 0,26  |

Os locais de estudo da Mancoca e do Pinheirinho são utilizados para fins agrícolas, pelo que as análises dos solos antes da sementeira contêm já elementos resultantes de culturas anteriores que importa considerar como valores de qualidade inicial. É possível verificar pela análise do Quadro 15 que o primeiro horizonte do solo do Pinheirinho apresenta-se com um valor mais elevado de PO<sub>4</sub> (224 mg/kg) relativamente ao solo da Mancoca que apresenta um valor mais baixo, 107 mg/kg. No entanto, para os solos subjacentes passa-se o oposto. Relativamente ao NO<sub>3</sub> o solo do Monte da Mancoca apresenta teores superiores (205 mg/kg) ao solo do Pinheirinho (119 mg/kg). Contudo essas variações não são possíveis de atribuir a um ou a mais factores, dado que se trata de uma região de intensa actividade agrícola, em que a utilização de adubos condicionam quase totalmente os teores destes nutrientes no solo, pouco podendo ser explicado por causas naturais.

Contudo, neste estudo não foram feitas análises do tipo de argilas em presença, uma vez que o principal objectivo destas análises se prende com o estudo da sua evolução antes e depois da cultura. Esta última será efectuada no próximo relatório, após se obterem os resultados das análises de solos, de momento em execução.

## 4.2 Águas

### 4.2.1 Água de escorrência

O Quadro 16 apresenta os resultados obtidos para as águas recolhidas no talhão de escorrência (Fig. 10) ao longo dos ensaios efectuados em 2007 para a Mancoca. Nos outros dois locais de estudo (PML1 e PML2) não houve águas de escorrência uma vez que o processo utilizado para a rega foi a gota-a-gota. Os resultados apresentados referem-se a análises efectuadas *in situ*, com recurso a sondas multiparamétricas, e as duas últimas colunas do Quadro 16 referem-se a análises laboratoriais efectuadas pela empresa LQA Ambiente, Lda. Estas análises foram realizadas com o intuito de avaliar a precisão dos resultados obtidos para a concentração em nitratos medidos com a sonda GLP22 CRISON do LNEC quando comparados com uma análise química padrão em laboratório, e ainda avaliar a concentração em cloretos.

Quadro 16 - Resultados das análises efectuadas nas águas de escorrência da parcela do Monte da Mancoca – Milho

| Data da recolha        | Designação         | Vol.<br>ml | CE<br>mS/cm | pH   | Eh<br>mV | T<br>°C | LNEC<br>NO3 | NO3  | Cl  |
|------------------------|--------------------|------------|-------------|------|----------|---------|-------------|------|-----|
| 25 de Maio de 2007     | Talhão escorrência | -          | 0,531       | 7,14 | 216      | 21,3    | 64,08       |      |     |
| 31 de Maio de 2007     | Talhão escorrência | -          | 0,539       | 7,31 | 307      | 22,7    | 72,68       |      |     |
| 11 de Junho de 2007    | Talhão escorrência | 4300       | 1,430       | 7,74 | 282      | 21,9    | 112,67      | 196  | 225 |
| 12 de Junho de 2007    | Talhão escorrência |            |             |      |          |         |             |      |     |
| 18 de Junho de 2007    | Talhão escorrência |            | 0,710       | 6,23 | 221      | 23,4    | 9,60        | 16,4 | 7,8 |
| 25 de Junho de 2007    | Talhão escorrência |            | 1,438       | 7,66 | 367      | 20,6    | 318,38      |      |     |
| 02 de Julho de 2007    | Talhão escorrência | 10000      |             |      |          |         |             |      |     |
| 09 de Julho de 2007    | Talhão escorrência | 11000      | 1,223       | 7,31 | 324      | 22,5    | 286,01      |      |     |
| 16 de Julho de 2007    | Talhão escorrência | <10000     | 0,900       | 7,19 | 184      | 26,2    | 26,55       |      |     |
| 23 de Julho de 2007    | Talhão escorrência | ≈10000     | 0,122       | 7,53 | 222      | 21,4    | 8,87        |      |     |
| 06 de Agosto de 2007   | Talhão escorrência |            | 0,580       | 7,50 | 191      | 21,7    | 7,19        |      |     |
| 13 de Agosto de 2007   | Talhão escorrência | 20         | 0,577       | 7,58 | 365      | 20,1    | 7,41        |      |     |
| 20 de Agosto de 2007   | Talhão escorrência | 14500      | 0,583       | 7,52 | 257      | 28,2    | 2,04        |      |     |
| 27 de Agosto de 2007   | Talhão escorrência |            | 0,583       | 7,50 | 205      | 22,3    | 5,05        |      |     |
| 3 de Setembro de 2007  | Talhão escorrência | 7000       | 0,632       | 7,44 | 227      | 28,1    | 7,44        |      |     |
| 10 de Setembro de 2007 | Talhão escorrência | 7000       | 0,620       | 7,62 | 266      | 18,3    | 86,91       |      |     |

Note-se que os valores de concentração em nitratos obtidos com a sonda GLP22 CRISON do LNEC não são iguais aos resultados das análises químicas efectuadas em laboratório (Quadro 16). Esta constatação poder-se-á dever ao facto de as análises efectuadas com a sonda terem sido realizadas no próprio dia de amostragem, enquanto que as amostras enviadas para o laboratório só foram analisadas em datas bastante posteriores, embora tenham sido preservadas de acordo com as especificações de conservação. Apesar de se registar uma fraca correlação entre as duas amostras duplicadas apresentadas no Quadro 16, salienta-se que os resultados das várias amostras em duplicado, efectuadas não apenas para as amostras de águas de escorrência mas também de outras águas analisadas (e.g. Quadro 17 a Quadro 19), apresentam a mesma ordem de grandeza e têm um grau de correlação aceitável, da ordem de 0,8 (Fig. 15).

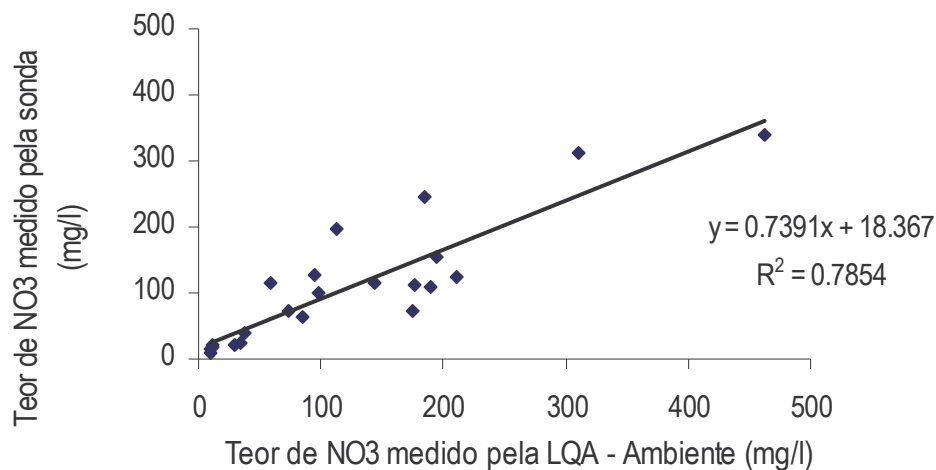


Fig. 15 - Curva de correlação entre as concentrações em nitratos obtidas com a sonda GLP22 CRISON de nitratos e as resultantes de análise química laboratorial na LQA, Ambiente

Em relação aos resultados obtidos, as águas analisadas apresentam características básicas. Em relação aos valores de condutividade eléctrica e de concentração em nitratos, apresenta-se na Fig. 16 a sua evolução ao longo do período de rega.

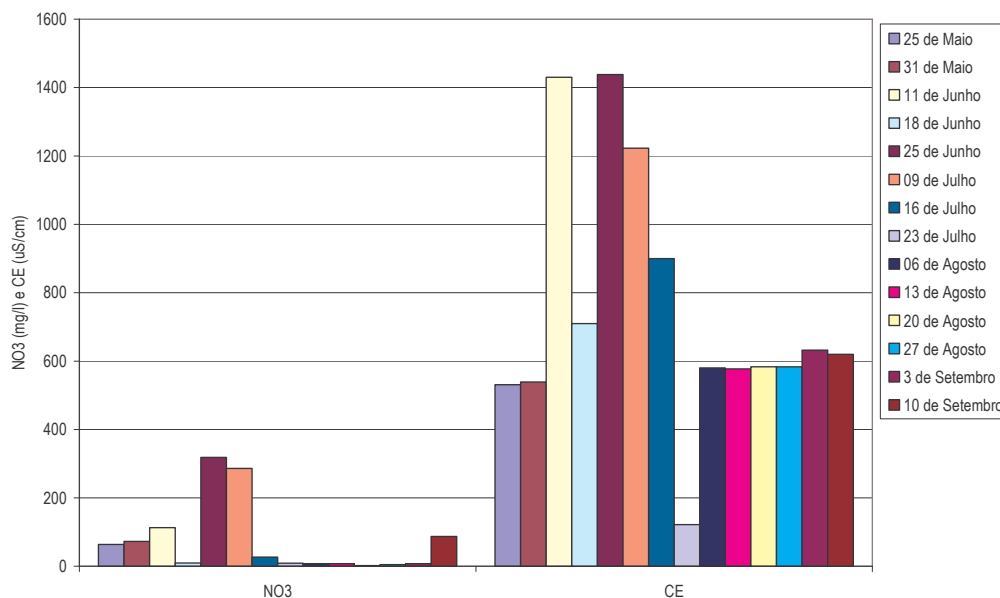


Fig. 16 - Resultados da variação da condutividade eléctrica e nitratos no talhão de escorrência da Mancoca, ao longo período de ensaio de 2007

É evidenciado o aumento da concentração de nitratos e nos valores da condutividade eléctrica causado pela fertilização. Estas concentrações na água de escorrência repercutem-se

na qualidade das águas da zona vadosa, das valas de drenagem e das ribeiras, bem como de alguns piezómetros localizados mais próximos das parcelas, como se verá nas secções seguintes.

#### 4.2.2 Água da zona vadosa

Os Quadro 17 a Quadro 19 apresentam os resultados das análises efectuadas semanalmente na água recolhida nas cápsulas instaladas na zona vadosa para os três ensaios, estando a presença de água nas cápsulas condicionada pela existência ou não de rega e pela capacidade de infiltração da água no solo. A água foi recolhida às profundidades de 20, 40 e 60 cm, de acordo com o procedimento referido na secção 3.2.

Na água recolhida foram efectuadas medições de campo para aferição dos valores de condutividade eléctrica, pH, Eh e temperatura e foram, também, enviadas amostras para análise química laboratorial na empresa LQA Ambiente, Lda. Foram, igualmente, efectuadas medições, no laboratório do Núcleo de Águas Subterrâneas, à concentração em nitratos através de uma sonda.

Quadro 17 - Resultados das análises efectuadas nas águas da zona vadosa da parcela do Monte da Mancoca – Milho em 2007

| Data da recolha       | Designação | Medições no campo |       |      |     | Sonda |       | Análises químicas efectuadas na LQA, Ambiente |       |      |     |    |     |    |     |      |       |     |    |     |     |    |      |     |
|-----------------------|------------|-------------------|-------|------|-----|-------|-------|---|-------|------|-----|----|-----|----|-----|------|-------|-----|----|-----|-----|----|------|-----|
|                       |            | Vol.              | CE    | pH   | Eh  | T     | NO3   | NO3   | NO2   | NO3  | PO4 | Ca | Mg  | Na | K   | CO3  | CaCO3 | SO4 | Cl | COT | CO3 | pH |      |     |
|                       |            | ml                | mS/cm |      | mV  | °C    | mg/l  | mg/l  |       |      |     |    |     |    |     |      |       |     |    |     |     |    |      |     |
| 25 de Maio de 2007    | Cápsula 20 | 396               | 1,186 | 6,80 | 274 | 22,3  | 9,93  | 0,07  | <10   | 0,22 | 81  | 22 | 127 | 5  | 295 | 263  | 14    |     |    |     |     |    | 7,1  |     |
| 25 de Maio de 2007    | Cápsula 40 | 880               | 1,915 | 6,72 | 242 | 21,9  | 85,45 | 0,12  | 63    | 0,21 | 167 | 33 | 145 | 1  | 552 | 89,9 | 73    | 423 | 7  |     |     |    | <0,1 |     |
| 31 de Maio de 2007    | Cápsula 20 | 98                | 1,988 | 7,12 | 458 | 23,0  | 5,95  |   |       |      |     |    |     |    |     |      |       |     |    |     |     |    |      |     |
| 31 de Maio de 2007    | Cápsula 40 | 168               | 1,235 | 7,45 | 347 | 22,3  | 28,84 |   |       |      |     |    |     |    |     |      |       |     |    |     |     |    |      |     |
| 11 de Junho de 2007   | Cápsula 20 | 162               | 1,280 | 7,05 | 278 | 24,1  |       |   | 30,1  |      |     |    |     |    |     |      |       |     |    |     |     |    | 274  |     |
| 11 de Junho de 2007   | Cápsula 40 | 500               | 1,940 | 6,67 | 274 | 23,0  |       |   | 63    |      |     |    |     |    |     |      |       |     |    |     |     |    | 494  |     |
| 11 de Junho de 2007   | Cápsula 60 | 36                | 2,670 | 7,76 | 358 | 24,4  |       |   | 19,7  |      |     |    |     |    |     |      |       |     |    |     |     |    | 714  |     |
| 18 de Junho de 2007   | Cápsula 40 | 131               | 2,200 | 6,07 | 437 | 24,9  | 58,09 |   | 115   |      |     |    |     |    |     |      |       |     |    |     |     |    | 572  |     |
| 25 de Junho de 2007   | Cápsula 40 | 140               | 2,420 | 6,84 | 333 | 21,6  |       |   | 98    |      |     |    |     |    |     |      |       |     |    |     |     |    | 657  |     |
| 25 de Junho de 2007   | Cápsula 60 |                   | 2,540 | 8,47 | 174 | 20,8  | 29,88 |   |       |      |     |    |     |    |     |      |       |     |    |     |     |    |      |     |
| 02 de Julho de 2007   | Cápsula 40 | 78                | 2,420 | 6,55 | 396 | 26,6  | 70,18 |   |       |      |     |    |     |    |     |      |       |     |    |     |     |    |      |     |
| 09 de Julho de 2007   | Cápsula 40 | 32                | 2,400 | 6,8  | 357 | 27,8  |       |   | 63    |      |     |    |     |    |     |      |       |     |    |     |     |    |      |     |
| 20 de Agosto de 2007  | Cápsula 60 |                   |       |      |     |       |       |   | 21,30 |      |     |    |     |    |     |      |       |     |    |     |     |    |      | 216 |
| 27 de Agosto de 2007  | Cápsula 60 | 30                | 0,811 | 7,40 | 205 | 26,7  |       |   |       |      |     |    |     |    |     |      |       |     |    |     |     |    |      |     |
| 3 de Setembro de 2007 | Cápsula 20 | 14                | 1,658 | 8,05 | 147 | 25,9  |       |   |       |      |     |    |     |    |     |      |       |     |    |     |     |    |      |     |

Quadro 18 - Resultados das análises efectuadas nas águas da zona vadosa da parcela do Monte do Pinheirinho – Melão 1 (PML1), em 2007

| Data da recolha      | Designação<br>cm | Medições no campo |             |      |          | Sonda<br>NO3<br>mg/l | Análises químicas efectuadas na LQA, Ambiente |             |      |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     |      |     |
|----------------------|------------------|-------------------|-------------|------|----------|----------------------|---|-------------|------|------|----|------|------|------|------------|-------|------|------|-----|-----|------|-----|
|                      |                  | Vol.<br>ml        | CE<br>mS/cm | pH   | Eh<br>mV |                      | T<br>°C                                       | NO2<br>mg/l | NO3  | PO4  | Ca | Mg   | Na   | K    | CO3<br>DzT | CaCO3 | SO4  | Cl   | COT | CO3 | pH   |     |
| 18 de Junho de 2007  | Cápsula 20       | 520               | 1,466       | 5,78 | 288      | 27,5                 | 462,18  | 340         |      |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     | 204  |     |
| 18 de Junho de 2007  | Cápsula 40       | 200               | 0,633       | 6,81 | 283      | 26,7                 |   | 152         |      |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     | 88,8 |     |
| 18 de Junho de 2007  | Cápsula 60       | 330               | 0,423       | 6,69 | 277      | 26,4                 | 73,47   | 0,098       | 73   | 0,27 | 27 | 13,2 | 39,8 | 1,5  | 121        | 20    | 57,1 |      |     |     | 6,8  |     |
| 25 de Junho de 2007  | Cápsula 20       | 604               | 1,527       | 5,39 | 352      | 25,6                 | 311,05  | 1,2         | 312  | 96   | 46 | 50,5 | 101  | 6,6  | 322        | 11,7  | 54   | 237  | 20  |     | <0,1 | 5,5 |
| 25 de Junho de 2007  | Cápsula 40       | 350               | 0,903       | 5,46 | 365      | 25,5                 | 185,11  | 0,11        | 244  | 1,0  | 67 | 19,8 | 76,5 | 4,3  | 249        | 13,7  | 20   | 136  |     |     | <0,1 | 6,1 |
| 25 de Junho de 2007  | Cápsula 60       | 775               | 0,507       | 5,16 | 339      | 25,5                 | 94,86   | <0,03       | 126  | 0,16 | 32 | 10,5 | 51,6 | 0,9  | 124        | 115   | 18   | 77,9 | 3   |     | <0,1 | 6,5 |
| 02 de Julho de 2007  | Cápsula 20       | 64                | 1,422       | 5,96 | 340      | 29,5                 | 383,73  |             | 101  |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     | 278  |     |
| 02 de Julho de 2007  | Cápsula 40       | 56                | 1,431       | 5,34 | 332      | 28,0                 | 322,32  |             | 115  |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     | 79,1 |     |
| 02 de Julho de 2007  | Cápsula 60       | 250               | 0,515       | 5,78 | 329      | 26,8                 | 144,15  |             |      |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     |      |     |
| 09 de Julho de 2007  | Cápsula 20       | 0                 |             |      |          |                      |   |             |      |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     |      |     |
| 09 de Julho de 2007  | Cápsula 40       | 255               | 1,174       | 7,69 | 209      | 24,1                 | 124,98  |             |      |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     |      |     |
| 09 de Julho de 2007  | Cápsula 60       | 192               | 0,510       | 6,56 | 273      | 25,9                 | 188,86  |             | 108  |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     | 77,5 |     |
| 16 de Julho de 2007  | Cápsula 20       | 50                | 1,008       | 6,31 | 141      | 27,1                 |   |             | 163  |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     | 198  |     |
| 16 de Julho de 2007  | Cápsula 40       | 30                | 1,051       | 6,03 | 194      | 27,2                 |   |             | 112  |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     | 242  |     |
| 16 de Julho de 2007  | Cápsula 60       | 0                 |             |      |          |                      |   |             |      |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     |      |     |
| 23 de Julho de 2007  | Cápsula 20       | 404               | 0,535       | 5,78 | 246      | 15,7                 |   |             | 28,8 |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     | 140  |     |
| 23 de Julho de 2007  | Cápsula 40       | 162               | 0,839       | 4,70 | 229      | 22,2                 |   |             | 12,6 |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     | 231  |     |
| 06 de Agosto de 2007 | Cápsula 20       | 680               | 0,456       | 5,85 | 236      | 21,8                 | 34,32   |             | 25,1 |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     | 118  |     |
| 06 de Agosto de 2007 | Cápsula 40       | 820               | 0,474       | 6,23 | 225      | 22,9                 | 11,37   |             | <10  |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     | 157  |     |
| 06 de Agosto de 2007 | Cápsula 60       | 1024              | 0,669       | 5,69 | 272      | 22,0                 | 9,01  |             | <10  |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     | 122  |     |
| 13 de Agosto de 2007 | Cápsula 20       | 180               | 0,449       | 5,43 | 345      | 24,3                 |   |             | 48,6 |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     | 122  |     |
| 13 de Agosto de 2007 | Cápsula 40       | 852               | 0,565       | 5,60 | 339      | 23,7                 | 174,33  |             | 73   |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     | 122  |     |
| 13 de Agosto de 2007 | Cápsula 60       | 850               | 0,667       | 5,66 | 334      | 23,8                 | 16,27   |             | <10  |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     | 157  |     |
| 20 de Agosto de 2007 | Cápsula 20       | 164               | 0,494       | 6,95 | 277      | 26,2                 | 37,18   |             | 40,4 |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     | 111  |     |
| 20 de Agosto de 2007 | Cápsula 40       | 710               | 0,468       | 6,00 | 286      | 22,8                 | 11,99   | <0,03       | 21,9 | 0,20 | 20 | 6,0  | 57,9 | <0,9 | 74,4       | 14,6  | 21   | 117  |     |     | <0,1 | 5,7 |
| 20 de Agosto de 2007 | Cápsula 60       | 482               | 0,530       | 6,82 | 280      | 24,1                 | 11,63   | 0,06        | 19,0 | 0,08 | 24 | 11,0 | 60,3 | <0,9 | 105        | 37,1  | 24   | 122  |     |     | <0,1 | 6,2 |
| 27 de Agosto de 2007 | Cápsula 20       | 364               | 0,582       | 5,26 | 264      | 24,6                 | 210,83  |             | 125  |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     | 111  |     |
| 27 de Agosto de 2007 | Cápsula 40       | 184               | 0,603       | 5,17 | 246      | 23,9                 | 194,17  |             | 115  |      |    |      |      |      |            |       |      |      |     |     | 113  |     |

| Data da recolha        | Designação<br>cm | Medições no campo |             |      |          | Sonda   |             | Análises químicas efectuadas na LQA, Ambiente |     |     |    |    |    |   |            |     |    |     |     |    |     |
|------------------------|------------------|-------------------|-------------|------|----------|---------|-------------|---|-----|-----|----|----|----|---|------------|-----|----|-----|-----|----|-----|
|                        |                  | Vol.<br>ml        | CE<br>mS/cm | pH   | Eh<br>mV | T<br>°C | NO3<br>mg/l | NO2   | NO3 | PO4 | Ca | Mg | Na | K | CO3<br>DzT | SO4 | CI | COT | CO3 | pH |     |
| 27 de Agosto de 2007   | Cápsula 60       | 270               | 0,512       | 6,70 | 239      | 25,3    | 29,97       |   |     |     |    |    |    |   |            |     |    |     |     |    | 123 |
| 3 de Setembro de 2007  | Cápsula 20       | 50                | 0,713       | 5,79 | 247      | 26,8    |             |   |     |     |    |    |    |   |            |     |    |     |     |    |     |
| 3 de Setembro de 2007  | Cápsula 40       | 154               | 0,640       | 5,88 | 279      | 27,2    |             |   |     |     |    |    |    |   |            |     |    |     |     |    |     |
| 3 de Setembro de 2007  | Cápsula 60       | 692               | 0,925       | 5,86 | 296      | 26,5    | 55,57       |   |     |     |    |    |    |   |            |     |    |     |     |    |     |
| 10 de Setembro de 2007 | Cápsula 20       | 34                | 0,652       | 5,31 | 388      | 19,9    |             |   |     |     |    |    |    |   |            |     |    |     |     |    |     |
| 10 de Setembro de 2007 | Cápsula 40       | 72                | 0,642       | 5,10 | 397      | 18,2    | 148,42      |   |     |     |    |    |    |   |            |     |    |     |     |    |     |
| 10 de Setembro de 2007 | Cápsula 60       | 54                | 0,608       | 5,47 | 402      | 17,7    | 38,79       |   |     |     |    |    |    |   |            |     |    |     |     |    |     |
| 17 de Setembro de 2007 | Cápsula 60       | 15                | 0,655       | 6,77 | 195      | 15,6    |             |   |     |     |    |    |    |   |            |     |    |     |     |    |     |

Quadro 19 - Resultados das análises efectuadas nas águas da zona vadosa da parcela do Monte do Pinheirinho – Melão 2 (PML2), em 2007

| Data da recolha      | Designação<br>cm | Medições no campo |             |      |          | Sonda   |             | Análise química efectuada pela LQA |     |      |     |
|----------------------|------------------|-------------------|-------------|------|----------|---------|-------------|------------------------------------|-----|------|-----|
|                      |                  | Vol.<br>ml        | CE<br>mS/cm | pH   | Eh<br>mV | T<br>°C | NO3<br>mg/l | NO3                                | NO3 | CI   |     |
| 25 de Junho de 2007  | Cápsula 20       | 104               | 0,713       | 6,51 | 351      | 24,5    |             |                                    |     | 79   | 139 |
| 25 de Junho de 2007  | Cápsula 40       | 216               | 1,236       | 6,96 | 352      | 24,1    | 98,30       |                                    |     | 99   | 286 |
| 25 de Junho de 2007  | Cápsula 60       | 74                | 0,768       | 7,20 | 338      | 25,7    |             |                                    |     | 52   | 163 |
| 02 de Julho de 2007  | Cápsula 20       | 44                | 1,160       | 6,42 | 280      | 22,9    | 195,11      |                                    |     |      |     |
| 02 de Julho de 2007  | Cápsula 40       | 618               | 1,266       | 6,87 | 297      | 24,0    | 175,70      |                                    |     | 113  | 283 |
| 02 de Julho de 2007  | Cápsula 60       | 84                | 0,886       | 6,64 | 293      | 25,8    | 90,99       |                                    |     |      |     |
| 09 de Julho de 2007  | Cápsula 40       | 0                 |             |      |          |         |             |                                    |     | 87   | 199 |
| 09 de Julho de 2007  | Cápsula 60       | 58                | 0,890       | 7,47 | 233      | 23,4    |             |                                    |     |      |     |
| 16 de Julho de 2007  | Cápsula 40       | 70                | 1,290       | 6,80 | 185      | 26,6    |             |                                    |     | 42,2 | 330 |
| 23 de Julho de 2007  | Cápsula 60       | 30                | 0,602       | 6,55 | 265      | 22,4    |             |                                    |     | 79   | 248 |
| 06 de Agosto de 2007 | Cápsula 20       | < 10              |             |      |          |         |             |                                    |     |      |     |
| 06 de Agosto de 2007 | Cápsula 40       | 44                | 1,422       | 7,86 | 245      | 23,7    | 23,20       |                                    |     |      |     |
| 06 de Agosto de 2007 | Cápsula 60       | 16                | 1,254       | 7,59 | 256      | 23,8    |             |                                    |     |      |     |
| 13 de Agosto de 2007 | Cápsula 40       | 100               | 1,385       | 7,55 | 348      | 23,2    |             |                                    |     | 137  | 352 |
| 20 de Agosto de 2007 | Cápsula 40       | 46                | 1,493       | 7,52 | 280      | 27,5    |             |                                    |     | 32,8 | 412 |

As Fig. 17 e Fig. 18 apresentam os resultados de qualidade das águas ao longo dos ensaios para a condutividade eléctrica e para a concentração em nitratos, respectivamente.

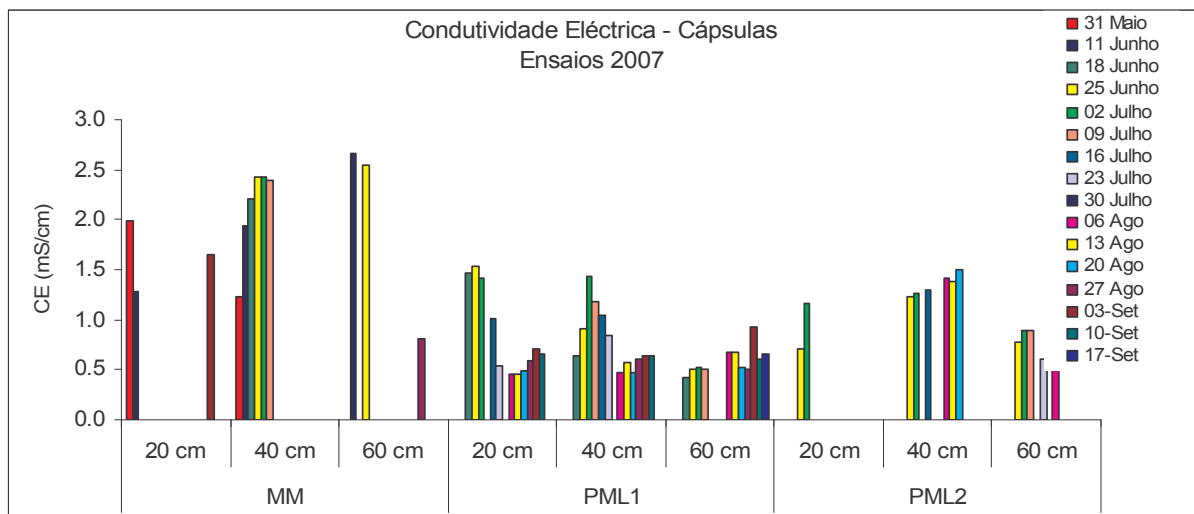


Fig. 17 - Resultados da variação da condutividade eléctrica na zona vadosa, a três profundidades, ao longo do período dos ensaios, para a Mancoca (milho) e o Pinheirinho (melão)

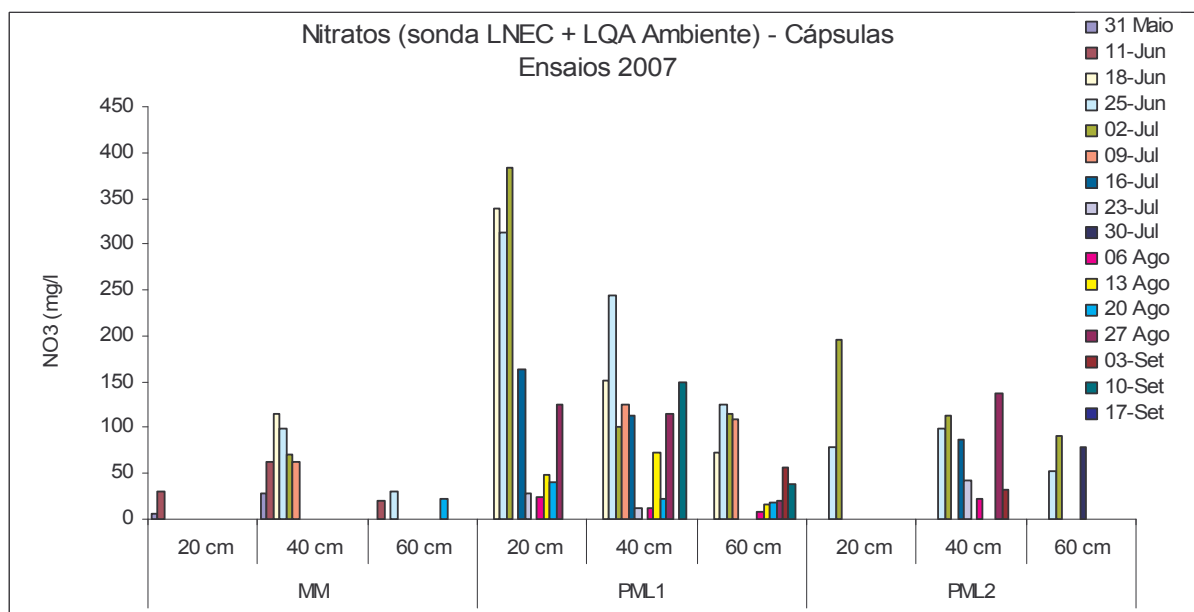


Fig. 18 - Resultados da variação da concentração em nitratos na zona vadosa, a três profundidades, ao longo do período dos ensaios, para a Mancoca (milho) e o Pinheirinho (melão)

Para o caso da Mancoca as amostras que foi possível recolher foram muito limitadas aos primeiros períodos de rega, uma vez que o equipamento de recolha foi por diversas vezes danificado inviabilizando a amostragem regular. Não obstante, as amostras recolhidas até à



data de 9 de Julho, essencialmente para as cápsulas localizadas a 40 cm de profundidade, permitiram observar um aumento das concentrações em nitrato e na condutividade eléctrica resultantes da rega.

Nos ensaios da cultura de melão do Pinheirinho, os resultados obtidos denotam aumentos muito acentuados de concentração em nitratos e na condutividade eléctrica resultantes da fertirrigação inicial possivelmente aplicada na última quinzena de Junho, com valores de concentração em nitratos que atingem os 383 mgNO<sub>3</sub>/l. Durante o final do mês de Julho e parte do mês de Agosto observa-se uma diminuição destas concentrações (cf. Fig. 18) devido à sua diluição com a água de rega. As concentrações voltam posteriormente a aumentar como resultado da lavagem dos solos induzida pela precipitação ocorrida nos dias 25 de Agosto (7,5 mm) e 10 a 13 de Setembro (0,9; 1,1; 6,9 e 0,6 mm, respectivamente) (Fig. 19).

Um outro aspecto que é possível observar nas amostras recolhidas no Pinheirinho é a presença de concentrações mais elevadas nas cápsulas localizadas a menor profundidade, relativamente às mais profundas.

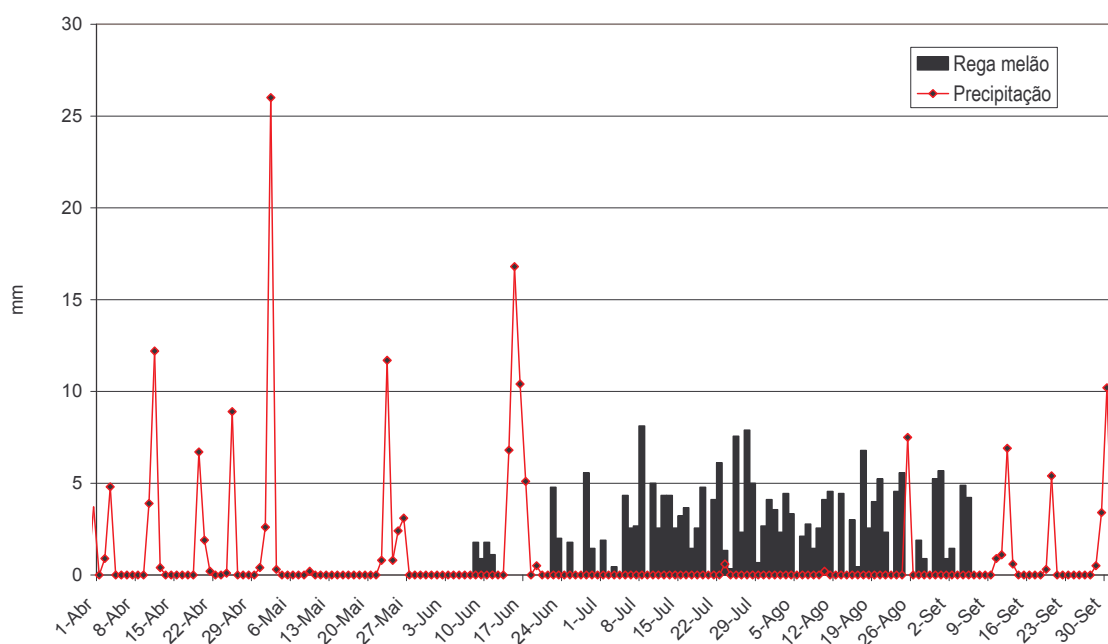


Fig. 19 - Precipitação (Herdade do Outeiro) e dotação de rega do melão no Pinheirinho, em 2007

Como resultado do menor número de dados para o monte da Mancoca, estas correlações entre as regas, a precipitação (Fig. 20) e a qualidade das águas na zona vadosa, e outras águas de jusante, não é tão evidenciada.

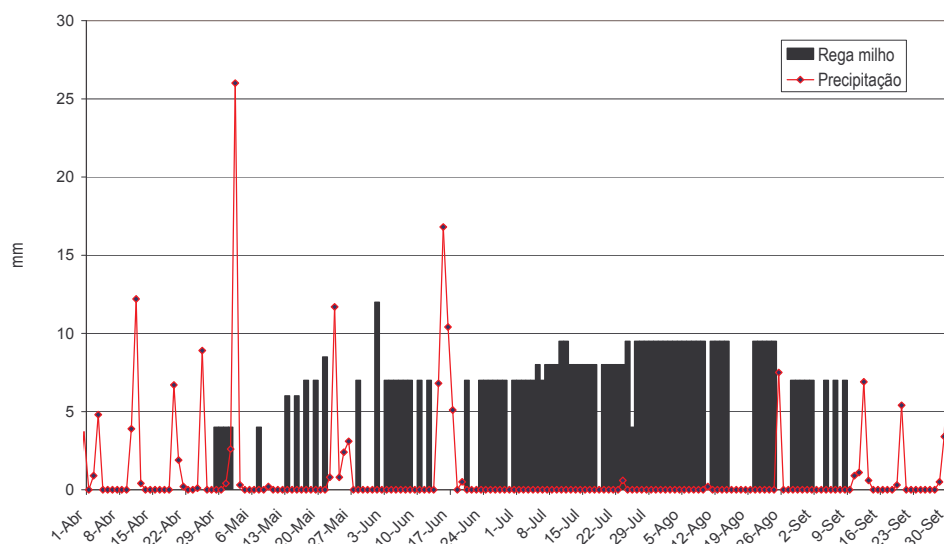


Fig. 20 - Precipitação (Herdade do Outeiro) e dotação de rega do milho na Mancoca, em 2007

### 4.2.3 Águas subterrâneas

O Quadro 20 apresenta a síntese dos resultados obtidos para a qualidade das águas subterrâneas medida semanalmente, *in situ* e com a sonda de nitratos do LNEC, nos cinco novos piezómetros instalados em 2007 e no piezómetro da Mancoca (PzMc) utilizado em 2006. No piezómetro 4 nunca houve água em quantidade suficiente para se proceder à sua amostragem pelo que não há informação da sua qualidade.

Quadro 20 - Resultados das análises de águas subterrâneas efectuadas em 2007

| Data da recolha | Designação      | np   | CE<br>mS/cm | pH   | Eh<br>mV | T<br>°C | LNEC<br>NO3 |
|-----------------|-----------------|------|-------------|------|----------|---------|-------------|
| 25-Mai          | Piezómetro PzMc | 1,27 | 1,20        | 6,59 | 54       | 21,6    | 28,6        |
| 31-Mai          | Piezómetro PzMc |      | 2,15        | 6,60 | 153      | 22,9    | 8,7         |
| 11-Jun          | Piezómetro PzMc |      | 3,30        | 6,62 | 113      | 22,7    | 8,7         |
| 18-Jun          | Piezómetro PzMc | 1,34 | 3,35        | 6,41 | 247      | 24,5    | 11,0        |
| 25-Jun          | Piezómetro PzMc |      | 3,68        | 6,79 | 209      | 21,9    | 29,5        |
| 2-Jul           | Piezómetro PzMc | 1,67 | 4,04        | 6,43 | 199      | 24,2    | 25,1        |
| 9-Jul           | Piezómetro PzMc | 1,56 | 4,07        | 6,6  | 206      | 26,1    | 39,0        |
| 16-Jul          | Piezómetro PzMc | 1,48 | 4,32        | 7,09 | 313      | 27,1    | 19,7        |
| 23-Jul          | Piezómetro PzMc | 1,5  | 4,62        | 6,54 | 194      | 20,5    | 28,3        |
| 30-Jul          | Piezómetro PzMc |      | 5,26        | 6,62 | 362      | 28,6    | 17,8        |
| 6-Ago           | Piezómetro PzMc |      | 4,84        | 6,86 | 199      | 22,4    | 19,8        |
| 13-Ago          | Piezómetro PzMc | 1,46 | 3,87        | 6,86 | 89       | 23,4    | 44,5        |
| 20-Ago          | Piezómetro PzMc | 1,52 | 3,47        | 6,90 | 290      | 23,5    | 10,8        |
| 27-Ago          | Piezómetro PzMc | 1,43 | 3,51        | 6,35 | 188      | 25,7    | 25,7        |
| 3-Set           | Piezómetro PzMc | 1,48 | 3,81        | 6,73 | 63       | 28,0    | 32,8        |
| 10-Set          | Piezómetro PzMc | 1,50 | 3,63        | 6,76 | 271      | 19,1    | 37,2        |
| 17-Set          | Piezómetro PzMc | 1,65 | 3,94        | 6,50 | 277      | 12,7    | 33,2        |
| 24-Set          | Piezómetro PzMc | 1,69 | 3,86        | 7,35 | 340      | 14,2    | 27,0        |
| 25-Jun          | P1              | P1   | 1,37        | 3,46 | 7,43     | 20,4    | 40,4        |

| Data da recolha | Designação |    | np   | CE<br>mS/cm | pH   | Eh<br>mV | T<br>°C | LNEC<br>NO3 |
|-----------------|------------|----|------|-------------|------|----------|---------|-------------|
| 2-Jul           | P1         | P1 | 1,36 | 3,40        | 7,34 |          | 22,2    | 19,8        |
| 9-Jul           | P1         | P1 | 1,35 | 3,18        | 7,41 | 31       | 23,6    | 38,0        |
| 16-Jul          | P1         | P1 | 1,24 | 3,21        | 7,13 | 335      | 25,2    | 17,6        |
| 23-Jul          | P1         | P1 | 1,36 | 2,65        | 7,39 | 184      | 19,7    | 34,5        |
| 30-Jul          | P1         | P1 |      |             |      |          |         | 14,4        |
| 6-Ago           | P1         | P1 | 1,34 | 2,67        | 7,25 | 312      | 23,3    | 31,3        |
| 13-Ago          | P1         | P1 | 1,36 | 3,24        | 7,75 | 342      | 22,3    | 59,2        |
| 20-Ago          | P1         | P1 | 1,47 | 3,13        | 7,56 | 287      | 23,8    | 18,6        |
| 27-Ago          | P1         | P1 | 1,48 | 3,15        | 7,36 | 246      | 25,3    | 40,1        |
| 3-Set           | P1         | P1 | 1,52 | 3,22        | 7,69 | 237      | 23,1    | 36,8        |
| 10-Set          | P1         | P1 | 1,62 | 2,64        | 7,57 | 261      | 17,2    | 48,8        |
| 17-Set          | P1         | P1 |      | 2,62        | 7,52 | 195      | 10,0    | 60,2        |
| 29-Set          | P1         | P1 | 1,65 | 3,10        | 7,40 | 330      | 24,9    | 60,2        |
| 25-Jun          | P2         | P2 | 6,17 | 2,05        | 7,61 | 288      | 19,3    | 141,6       |
| 2-Jul           | P2         | P2 | 6,1  | 2,09        | 7,48 |          | 19,9    | 108,1       |
| 9-Jul           | P2         | P2 | 6,2  | 2,04        | 7,70 | 173      | 23,8    | 172,0       |
| 16-Jul          | P2         | P2 | 4,2  | 2,07        | 7,36 | 353      | 23,1    | 48,9        |
| 23-Jul          | P2         | P2 | 5,79 | 2,02        | 7,56 | 154      | 17,5    | 142,9       |
| 30-Jul          | P2         | P2 |      |             |      |          |         | 64,2        |
| 6-Ago           | P2         | P2 | 5,81 | 2,09        | 7,47 | 321      | 22,9    | 149,8       |
| 13-Ago          | P2         | P2 | 5,83 | 2,23        | 7,66 | 270      | 20,5    | 219,0       |
| 20-Ago          | P2         | P2 | 6,44 | 2,16        | 7,45 | 288      | 23,7    | 99,3        |
| 27-Ago          | P2         | P2 | 6,09 | 2,11        | 7,69 | 229      | 24,1    | 217,3       |
| 3-Set           | P2         | P2 | 6    | 2,21        | 7,89 | 187      | 20,4    | 147,7       |
| 10-Set          | P2         | P2 | 6,55 | 1,98        | 7,75 | 247      | 18,4    | 250,9       |
| 17-Set          | P2         | P2 |      | 1,79        | 7,80 | 175      | 9,4     | 298,3       |
| 29-Set          | P2         | P2 | 6,12 | 2,03        | 7,70 | 338      | 21,3    | 298,3       |
| 25-Jun          | P3         | P3 | 1,37 | 10,64       | 7,28 | 366      | 19,3    | 69,5        |
| 2-Jul           | P3         | P3 | 1,68 | 9,30        | 7,22 |          | 19,9    | 43,5        |
| 9-Jul           | P3         | P3 | 1,76 | 10,33       | 7,14 | 170      | 22,8    | 81,5        |
| 16-Jul          | P3         | P3 | 1,6  | 6,61        | 7,06 | 201      | 26,2    | 59,8        |
| 23-Jul          | P3         | P3 | 1,61 | 6,17        | 7,34 | 243      | 19,3    | 70,4        |
| 30-Jul          | P3         | P3 |      |             |      |          |         | 28,6        |
| 6-Ago           | P3         | P3 | 1,50 | 6,50        | 7,05 | 325      | 22,5    | 68,2        |
| 13-Ago          | P3         | P3 | 1,55 | 7,40        | 8,83 | 305      | 20,8    | 96,4        |
| 20-Ago          | P3         | P3 | 2,12 | 7,49        | 7,12 | 309      | 25,5    | 34,2        |
| 27-Ago          | P3         | P3 | 2,1  | 5,73        | 7,30 | 257      | 24,2    | 74,8        |
| 3-Set           | P3         | P3 | 2,13 | 7,09        | 7,54 | 234      | 21,9    | 73,3        |
| 10-Set          | P3         | P3 | 2,75 | 4,84        | 7,33 | 225      | 20,3    | 101,1       |
| 17-Set          | P3         | P3 |      | 4,17        | 7,62 | 226      | 14,9    | 145,8       |
| 29-Set          | P3         | P3 | 2,76 | 4,74        | 7,25 | 338      | 25,3    | 145,8       |
| 25-Jun          | P4         | P4 | 7,8  |             |      |          |         |             |
| 2-Jul           | P4         | P4 | 6,9  |             |      |          |         |             |
| 9-Jul           | P4         | P4 | 5,96 |             |      |          |         |             |
| 25-Jun          | P5         | P5 | 2,78 | 4,42        | 7,42 | 354      | 19,2    | 55,6        |
| 2-Jul           | P5         | P5 | 2,73 | 4,35        | 7,71 |          | 19,6    | 32,1        |
| 9-Jul           | P5         | P5 | 3,02 | 5,84        | 7,29 | 265      | 22,9    | 65,7        |
| 16-Jul          | P5         | P5 | 2,23 | 5,24        | 7,20 | 195      | 22,9    | 32,2        |
| 23-Jul          | P5         | P5 | 2    | 5,54        | 7,33 | 217      | 22,5    | 57,7        |
| 30-Jul          | P5         | P5 |      |             |      |          |         | 23,0        |
| 6-Ago           | P5         | P5 | 2,55 | 5,71        | 7,21 | 320      | 22,8    | 55,5        |
| 13-Ago          | P5         | P5 | 2,87 | 6,08        | 7,53 | 240      | 21,1    | 98,0        |
| 20-Ago          | P5         | P5 | 2,94 | 5,51        | 7,20 | 271      | 28,3    | 67,9        |
| 27-Ago          | P5         | P5 | 2,96 | 5,34        | 7,38 | 228      | 24,2    | 185,2       |
| 3-Set           | P5         | P5 | 3,01 | 6,60        | 7,60 | 210      | 21,6    | 104,8       |
| 10-Set          | P5         | P5 | 3,06 | 3,72        | 7,50 | 265      | 21,7    | 227,0       |
| 17-Set          | P5         | P5 |      | 3,19        | 7,97 | 203      | 17,6    | 150,1       |
| 29-Set          | P5         | P5 | 3,14 | 3,68        | 7,44 | 321      | 22,7    | 150,1       |

Além destas medições semanais de campo, foram ainda efectuadas análises químicas das amostras de águas subterrâneas no Laboratório de Análise Físico-Química do Departamento de Hidrogeologia - INETI Instituto Nacional de Engenharia Tecnologia e Inovação. Estas análises contemplaram não apenas os piezómetros localizados na área de estudo (Quadro 21), mas ainda dois poços e dois piezómetros localizados na área envolvente (Quadro 22).

Os valores referidos no Quadro 20 foram projectados nas Fig. 21 a Fig. 23 para a profundidade ao nível piezométrico, condutividade eléctrica e concentração em nitratos, respectivamente.

Quadro 21 - Resultados das análises químicas efectuadas pelo INETI nos novos piezómetros instalados em 2007

| Parâmetro                                 | Unidade | P1 (Piezómetro - Sanfrins) |            | P2 (Piezómetro - Monte do Pinheirinho) |            | P3 (Piezómetro- Monte do Pinheirinho) |            | Piez MM (Piezómetro- Monte da Mancoca) |            | P5 (Piezómetro- Monte da Mancoca) |            |
|---|---------|----------------------------|------------|--|------------|---------------------------------------|------------|--|------------|-----------------------------------|------------|
|   |         | 02-07-2007                 | 13-08-2007 | 02-07-2007                             | 13-08-2007 | 02-07-2007                            | 13-08-2007 | 02-07-2007                             | 13-08-2007 | 02-07-2007                        | 13-08-2007 |
| <b>Análises efectuadas pelo INETI</b>     |         |                            |            |  |            |                                       |            |  |            |                                   |            |
| pH, a 25°C                                |         | 7,66                       | 8          | 8,17                                   | 7,92       | 7,46                                  | 7,44       | 7,1                                    | 7,1        | 7,84                              | 7,54       |
| CE, a 25°C                                | mS/cm   | 3,23                       | 2,97       | 1,925                                  | 1,986      | 8,71                                  | 7,97       | 3,85                                   | 3,59       | 4,12                              | 5,72       |
| Cloretos Cl <sup>-</sup>                  | mg/l    | 809,4                      | 742,29     | 370                                    | 384,45     | 3758,2                                | 2603,27    | 1148,7                                 | 1025,14    | 1183,8                            | 1793,87    |
| Sulfatos SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>    | mg/l    | 148,3                      | 97,63      | 130,2                                  | 103,83     | 369                                   | 378,92     | 148,6                                  | 44,24      | 145,7                             | 165,95     |
| Bicarbonato HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | mg/l    |                            | 474,58     |  | 429,44     |                                       | 423,95     |  | 479,46     |                                   | 431,88     |
| Nitrato NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>      | mg/l    | 22,5                       | 2,84       | 21,6                                   | 2,65       | 27                                    | 6,74       | 37                                     | 5,65       | 42,6                              | 6,05       |
| Fluoreto F <sup>-</sup>                   | mg/l    |                            | 3,62       |  | 1,27       |                                       | 6,27       |  | 1,1        |                                   | 3,32       |
| Cálcio Ca <sup>2+</sup>                   | mg/l    |                            | 118,64     |  | 56,91      |                                       | 408,82     |  | 176,35     |                                   | 204,41     |
| Magnésio                                  | mg/l    |                            | 117,71     |  | 44,99      |                                       | 406,14     |  | 144,46     |                                   | 282,6      |
| Sódio                                     | mg/l    |                            | 302,5      |  | 265        |                                       | 665        |  | 325        |                                   | 642        |
| Potássio                                  | mg/l    |                            | 1,4        |  | 5,5        |                                       | 2          |  | 1          |                                   | 2,7        |
| Resíduo seco a 180°C                      | mg/l    |                            | 2253       |  | 1506       |                                       | 6046       |  | 2723       |                                   | 4339       |
| Dureza (graus franceses)                  |         |                            | 78         |  | 32,7       |                                       | 269        |  | 103,4      |                                   | 167,2      |
| Alcalinidade                              |         |                            | 77,8       |  | 70,4       |                                       | 69,5       |  | 78,6       |                                   | 70,8       |
| Matéria orgânica                          |         |                            | 0,32       |  | 2,8        |                                       | 1,92       |  | 5,92       |                                   | 1,2        |
| Silica (SiO <sub>2</sub> )                |         |                            | 18,76      |  | 19,4       |                                       | 18,3       |  | 10,25      |                                   | 22,36      |
| Anidrido carbónico livre                  |         |                            | 9,51       |  | 10,49      |                                       | 23,8       |  | 65,14      |                                   | 20,33      |
| Mineralização                             |         |                            | 1879,97    |  | 1313,44    |                                       | 4919,41    |  | 2212,65    |                                   | 3555,14    |

Quadro 22 - Resultados das análises químicas efectuadas pelo INETI em águas de poços e de piezómetros, em 2007

| Parâmetro                             | Unidade | 519P99 (Poço - Monte do Pinheirinho) |            |            |            |            |            |            |            |            |            | 519P30 (Poço - Monte do Pinheirinho) |            |                                     |            |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------|---------|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------------------------------|------------|-------------------------------------|------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
|                                       |         | 15-03-2007                           | 26-04-2007 | 31-05-2007 | 29-06-2007 | 24-07-2007 | 14-08-2007 | 10-10-2007 | 15-03-2007 | 26-04-2007 | 31-05-2007 | 29-06-2007                           | 24-07-2007 | 14-08-2007                          | 10-10-2007 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Análises efectuadas pelo INETI        |         |                                      |            |            |            |            |            |            |            |            |            |                                      |            |                                     |            |  |  |  |  |  |  |  |  |
| pH, a 25°C                            |         | 0,323                                |            | 7,26       | 6,82       | 6,7        | 7,1        | 7,07       |            | 7,28       | 8,04       | 8,49                                 | 8,2        |                                     | 8,15       |  |  |  |  |  |  |  |  |
| CE, a 25°C                            | mS/cm   |                                      | 0,3        | 0,335      | 0,324      | 0,293      | 0,296      | 0,354      |            | 7,94       | 7,92       | 8,27                                 | 7,94       |                                     | 7,78       |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Cloretos Cl <sup>-</sup>              | mg/l    | 35,1                                 | 22,5       | 24,1       | 34,2       | 29         | 30,2       | 47,2       |            | 2608       | 2543,2     | 2725                                 | 2701,7     |                                     | 2757,4     |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Sulfatos SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | mg/l    | 32,1                                 | 24,7       | 24,6       | 28,3       | 28,8       | 30,6       | 35,6       |            | 266        | 254,8      | 373,2                                | 279,3      |                                     | 269,9      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Nitrato NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | mg/l    | 65,3                                 | 49,4       | 39,6       | 49,7       | 49,0       | 50,4       | 45,0       |            | 20,2       | 8,6        | 30,1                                 | 13,1       |                                     | 18,7       |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                       |         |                                      |            |            |            |            |            |            |            |            |            |                                      |            | <b>P6 (Piezómetro - Carrapetal)</b> |            |  |  |  |  |  |  |  |  |
| pH, a 25°C                            |         | 1,642                                |            | 7,58       | 7,69       | 7,6        | 7,6        | 8,15       |            | 2,52       | 7,48       | 7,61                                 | 7,6        |                                     | 7,64       |  |  |  |  |  |  |  |  |
| CE, a 25°C                            | mS/cm   |                                      | 1,641      | 1,772      | 1,835      | 1,735      | 1,77       | 2,06       |            | 0,975      | 2,45       | 2,43                                 | 2,3        |                                     | 2,22       |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Cloretos Cl <sup>-</sup>              | mg/l    | 347                                  | 359,7      | 364,8      | 364,9      | 350,7      | 353,3      | 547,7      |            | 243,6      | 690,9      | 614,7                                | 612,3      |                                     | 580,1      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Sulfatos SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | mg/l    | 69,1                                 | 74,1       | 37,1       | 83,1       | 86,4       | 87,3       | 87,8       |            | 68         | 119,6      | 153,6                                | 153,4      |                                     | 136,3      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Nitrato NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | mg/l    | 12,4                                 | 4,3        | 4,4        | 26,1       |            | 0,00       |            |            | 8,5        | 6,9        | 23,3                                 | 28,2       |                                     |            |  |  |  |  |  |  |  |  |

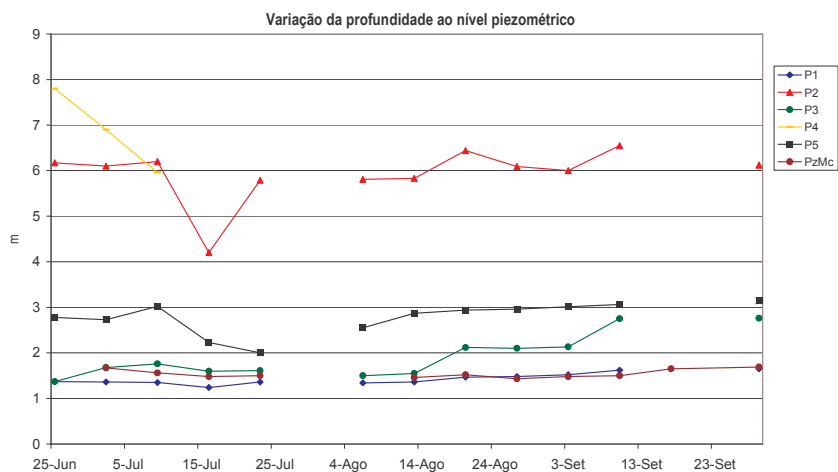


Fig. 21 - Variação da profundidade ao nível piezométrico em 2007

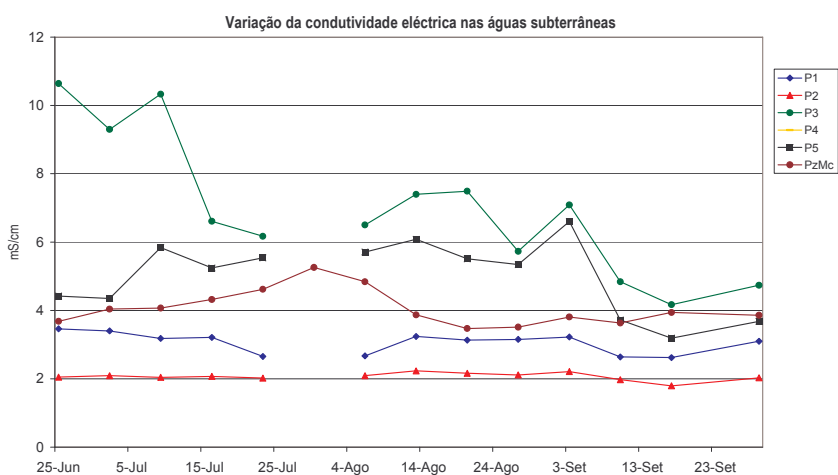


Fig. 22 - Variação da condutividade eléctrica nas águas subterrâneas em 2007

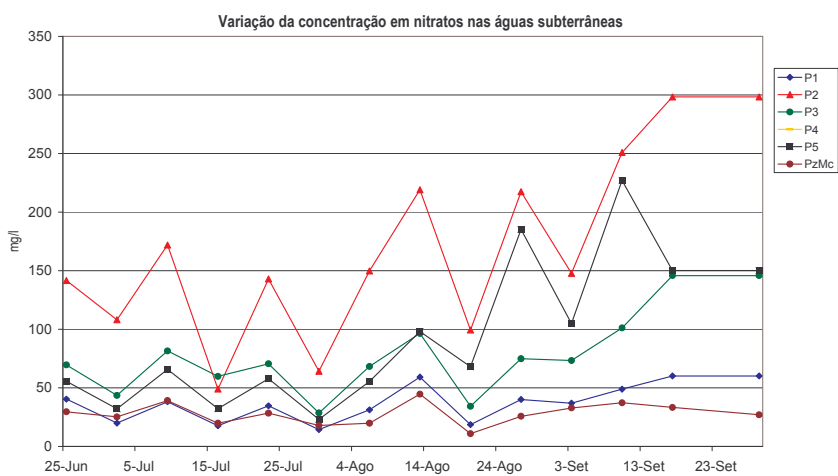


Fig. 23 - Variação da concentração em nitratos nas águas subterrâneas em 2007

Uma primeira análise da Fig. 21 parece não haver alterações significativas das profundidades ao nível piezométrico ao longo do período de medição. Contudo, observa-se uma ligeira mas consistente diminuição da profundidade ao nível piezométrico nos meses de Julho e de Agosto, em especial nos piezómetros P3 e P5, em relação a outros períodos de medição, facto que poderá estar relacionado com a recarga artificial induzida pela água de rega. Nesse sentido seria de esperar observar nestes piezómetros uma alteração da sua qualidade por influência da água de rega, facto que se vem confirmar, tal como adiante referido neste relatório. Ainda de referir que o P2 apresenta uma medição anómala em 16 de Junho e o P4 foi um piezómetro que apresentou problemas de execução pelo que estas leituras efectuadas são pouco significativas.

A Fig. 24 apresenta a tendência de escoamento subterrâneo da área de estudo para oeste, com base nos valores médios registados para a piezometria.

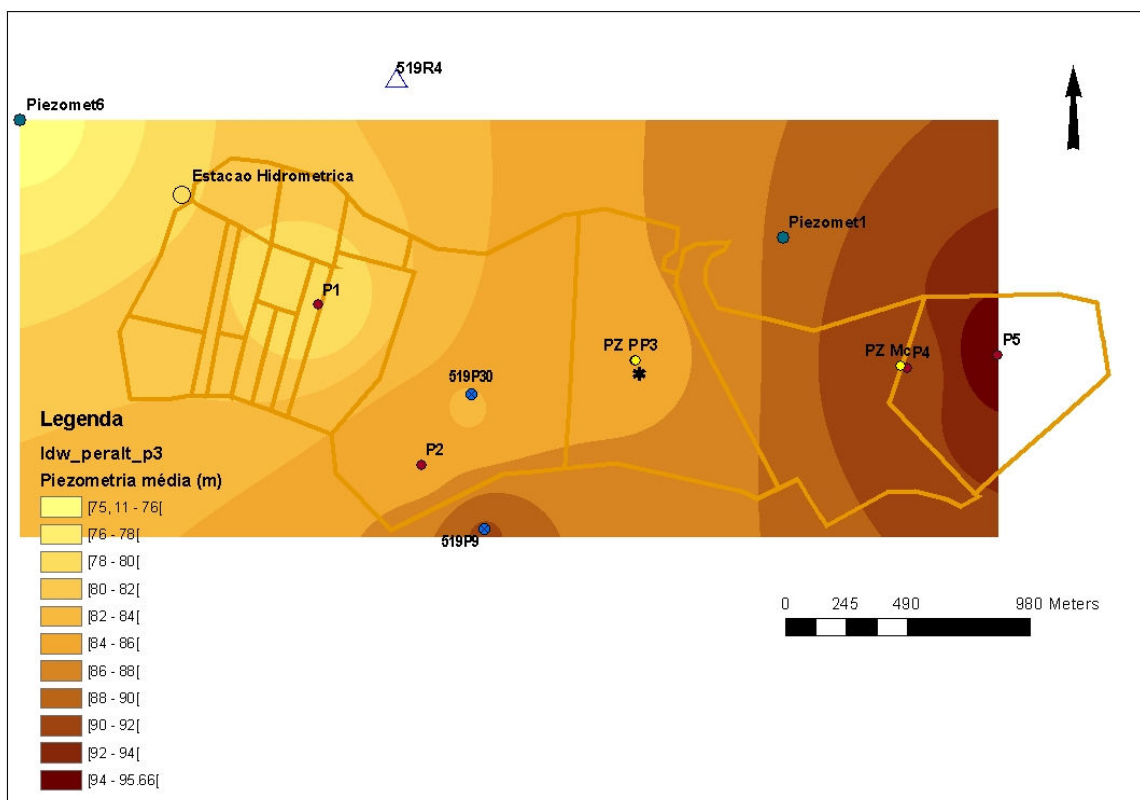


Fig. 24 - Valores médios da piezometria regional da área de estudo

A análise da Fig. 22 permite verificar que se está em presença de águas com condutividades eléctricas extremamente elevadas com alguma variação sazonal.

A Fig. 23 apresenta a variação do ião nitrato ao longo dos ensaios. As concentrações registadas são muito elevadas (atendendo ao valor máximo de 50 mgNO<sub>3</sub>/l) e não se observa qualquer correlação com os valores de condutividade eléctrica (cf. Fig. 22). Esta observação



dever-se-á ao facto de os valores extremamente elevados de condutividade resultarem não apenas da presença de nitrato na água mas também de muitos outros elementos dissolvidos, aspecto que atenuará o efeito que a concentração em nitratos teria no aumento da condutividade. Por outro lado a Fig. 23 permite registar que, a partir do final do mês de Agosto, há um claro aumento da concentração dos nitratos, especialmente notório para os piezómetros P2, P3, e P5, possivelmente resultante da aplicação de fertilizantes, com cerca de 2 meses de tempo de chegada aos piezómetros desde a data da sua aplicação. Este processo já havia sido registado nos dados recolhidos nos trabalhos experimentais levados a cabo em 2006. De momento desconhece-se a causa dos aumentos verificados no P2.

Além do conjunto de observações que foi possível retirar com os resultados das medições de campo foram ainda efectuadas análises químicas pelo INETI (Quadro 21). Os resultados obtidos apresentam divergências significativas de medições (*cf.* Quadro 20) cuja origem se poderá dever à deficiente conservação das amostras recolhidas dos novos piezómetros, às técnicas laboratoriais utilizadas, entre outros. Regista-se também uma grande diferença de balanço de cargas pelo que a informação não foi utilizada neste relatório.

As Fig. 25 a Fig. 27 apresentam os resultados obtidos para a condutividade eléctrica, concentração em nitratos e em sulfatos, respectivamente, para os poços e piezómetros localizados na envolvente da área de estudo.

Os valores de condutividade eléctrica (Fig. 25) apresentam-se bastante mais estáveis que os registados para os piezómetros localizados na área de estudo. O poço 519P30 apresenta um comportamento semelhante às restantes águas subterrâneas da área de estudo, o que é lícito uma vez que se encontra no centro desta.

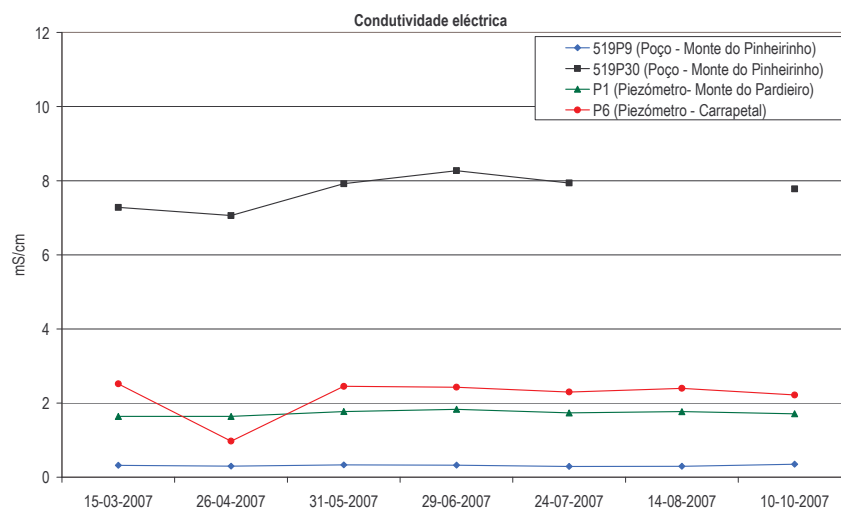


Fig. 25 - Variação da condutividade eléctrica nos poços e piezómetros, em 2007

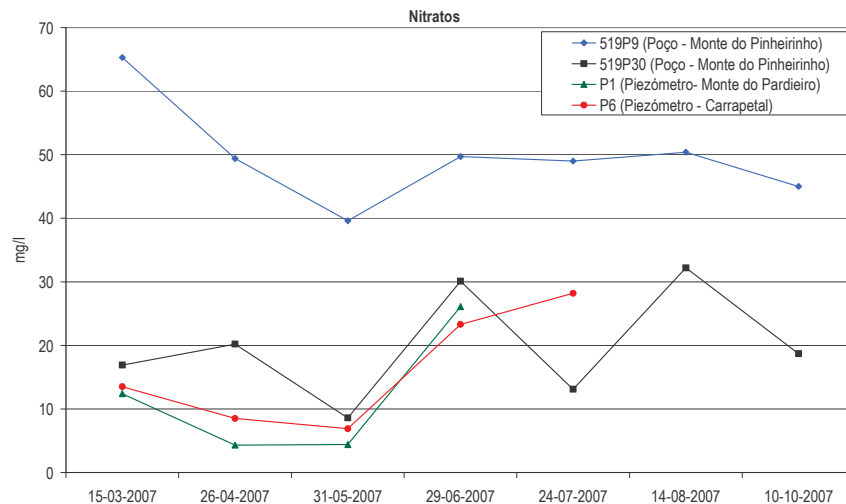


Fig. 26 - Variação da concentração em nitratos nos poços e piezómetros, em 2007

A análise da Fig. 26 permite observar a presença de concentrações em nitratos com alguma expressão regional, embora muito inferiores aos registados no interior da bacia hidrográfica em análise, possivelmente resultante da actividade agrícola da região e da presença de níveis piezométricos pouco profundos. Observam-se, tal como em 2006 e para os novos piezómetros em 2007, assinaláveis oscilações entre campanhas.

A concentração em sulfatos apresentada na Fig. 27 é relativamente estável ao longo do período de análise.

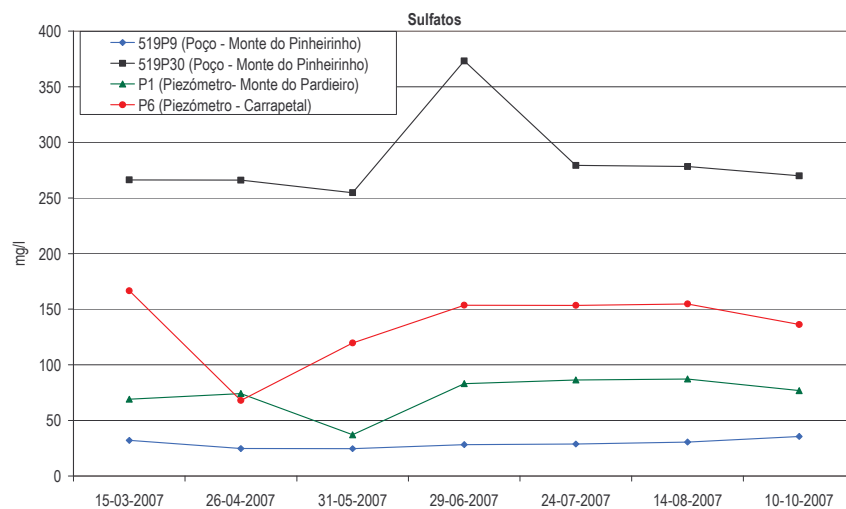


Fig. 27 - Variação da concentração em sulfatos nos poços e piezómetros, em 2007

#### 4.2.4 Água das valas de drenagem e do canal de rega

A qualidade da água das valas de drenagem localizadas a jusante das parcelas experimentais, bem como a água do canal de rega (Barragem de Monte Branco), foi analisada para amostras recolhidas entre Maio e Setembro de 2007. Os resultados obtidos para as medições *in situ* e com a sonda de nitratos do LNEC são apresentados no Quadro 23.

Quadro 23 - Resultados das análises efectuadas nas águas do canal de rega e na vala de drenagem

| Data da recolha        | Designação<br>cm    |       | CE<br>mS/cm | pH  | Eh<br>mV | T<br>°C | LNEC<br>NO3 |
|------------------------|---------------------|-------|-------------|-----|----------|---------|-------------|
| 25 de Maio de 2007     | Vala de drenagem P  | VdP   | 2,560       | 8,3 | 346      | 21,9    | 22,9        |
| 31 de Maio de 2007     | Vala de drenagem P  | VdP   | 4,570       | 8,9 | 233      | 22,5    | 13,4        |
| 11 de Junho de 2007    | Canal de Rega       | Crega | 0,450       | 7,9 | 240      | 21,3    | 1,4         |
| 11 de Junho de 2007    | Vala de drenagem P  | VdP   | 2,210       | 8,6 | 323      | 28,4    | 15,3        |
| 25 de Junho de 2007    | Canal de Rega       | Crega | 0,316       | 9,2 | 328      | 22,1    | 7,3         |
| 25 de Junho de 2007    | Vala de drenagem P  | VdP   | 2,260       | 8,7 | 314      | 26,4    | 38,5        |
| 18 de Junho de 2007    | Canal de Rega       | Crega | 0,316       | 9,1 | 266      | 27,1    | 2,3         |
| 18 de Junho de 2007    | Vala de drenagem P  | VdP   | 4,650       | 8,4 | 240      | 2,78    | 34,4        |
| 02 de Julho de 2007    | Canal de Rega       | Crega | 0,454       | 8,0 | 270      | 20,6    | 4,3         |
| 02 de Julho de 2007    | Vala de drenagem P  | VdP   | 2,080       | 8,9 | 342      | 30,7    | 79,9        |
| 09 de Julho de 2007    | Canal de Rega       | Crega | 0,443       | 8,0 | 245      | 22,3    | 9,0         |
| 09 de Julho de 2007    | Vala de drenagem P  | VdP   | 1,668       | 8,8 | 250      | 28,7    | 60,4        |
| 16 de Julho de 2007    | Canal de Rega       | Crega | 0,453       | 8,3 | 271      | 26,0    | 4,7         |
| 16 de Julho de 2007    | Vala de drenagem P  | VdP   | 1,320       | 8,6 | 306      | 28,1    | 10,2        |
| 23 de Julho de 2007    | Canal de Rega       | Crega | 0,449       | 8,0 | 170      | 22,3    | 4,7         |
| 23 de Julho de 2007    | Vala de drenagem P  | VdP   | 1,154       | 8,0 | 218      | 21,5    | 15,5        |
| 30 de Julho de 2007    | Água de rega pivot  |       | 0,568       | 7,5 | 206      | 26,6    | 2,2         |
| 30 de Julho de 2007    | Canal de Rega       | Crega | 0,439       | 8,3 | 207      | 27,7    | 2,0         |
| 30 de Julho de 2007    | Vala de drenagem MM | Vd    | 0,742       | 8,0 | 236      | 27,8    | 2,3         |
| 30 de Julho de 2007    | Vala de drenagem P  | VdP   | 1,013       | 9,2 | 227      | 23,9    | 3,7         |
| 06 de Agosto de 2007   | Canal de Rega       | Crega | 0,450       | 8,3 | 154      | 23,4    | 5,0         |
| 06 de Agosto de 2007   | Vala de drenagem MM | Vd    | 0,658       | 8,1 | 151      | 22,2    | 6,2         |
| 06 de Agosto de 2007   | Vala de drenagem P  | VdP   | 0,903       | 8,7 | 290      | 24,0    | 8,3         |
| 13 de Agosto de 2007   | Canal de Rega       | Crega | 0,468       | 8,6 | 122      | 20,8    | 8,0         |
| 20 de Agosto de 2007   | Canal de Rega       | Crega | 0,476       | 8,2 | 263      | 28,1    | 1,7         |
| 20 de Agosto de 2007   | Vala de drenagem MM | Vd    | 1,953       | 7,8 | 351      | 28,4    | 7,4         |
| 20 de Agosto de 2007   | Vala de drenagem P  | VdP   | 3,29        | 8,2 | 279      | 25      | 7,6         |
| 27 de Agosto de 2007   | Canal de Rega       | Crega | 0,477       | 7,8 | 240      | 25,2    | 5,6         |
| 27 de Agosto de 2007   | Vala de drenagem MM | Vd    | 1,565       | 7,8 | 116      | 26,1    | 12,7        |
| 27 de Agosto de 2007   | Vala de drenagem P  | VdP   | 2,430       | 8,3 | 238      | 26,3    | 28,5        |
| 3 de Setembro de 2007  | Canal de Rega       | Crega | 0,474       | 9,1 | 229      | 27,5    | 5,4         |
| 3 de Setembro de 2007  | Vala de drenagem MM | Vd    | 1,750       | 8,5 | 271      | 27,5    | 17,1        |
| 3 de Setembro de 2007  | Vala de drenagem P  | VdP   | 1,527       | 8,6 | 172      | 27,1    | 19,0        |
| 10 de Setembro de 2007 | Canal de Rega       | Crega | 0,471       | 8,4 | 227      | 19,9    | 7,8         |
| 10 de Setembro de 2007 | Vala de drenagem MM | Vd    | 2,170       | 7,8 | 361      | 20,4    | 25,9        |
| 10 de Setembro de 2007 | Vala de drenagem P  | VdP   | 3,370       | 8,6 | 247      | 19,8    | 55,3        |
| 17 de Setembro de 2007 | Canal de Rega       | Crega | 0,451       | 8,3 | 209      | 19,5    | 9,3         |
| 17 de Setembro de 2007 | Vala de drenagem P  | VdP   | 3,160       | 8,3 | 234      | 15,0    | 50,8        |
| 24 de Setembro de 2007 | Canal de Rega       | Crega | 0,408       | 9,2 | 329      | 20,8    | 21,3        |
| 24 de Setembro de 2007 | Vala de drenagem P  | VdP   | 2,310       | 8,3 | 332      | 22,4    | 39,9        |

A Fig. 28 permite analisar a evolução dos valores de condutividade eléctrica bem como dos nitratos. À semelhança do ano de 2006, também em 2007 se observa que as águas do canal de rega apresentam valores de condutividade eléctrica bastante estáveis ao longo do ano, aspecto que não é válido para as águas das valas de drenagem. Verifica-se que os valores de condutividade eléctrica podem apresentar-se bastante elevados nas valas de drenagem, chegando a atingir os 4,6 mS/cm.

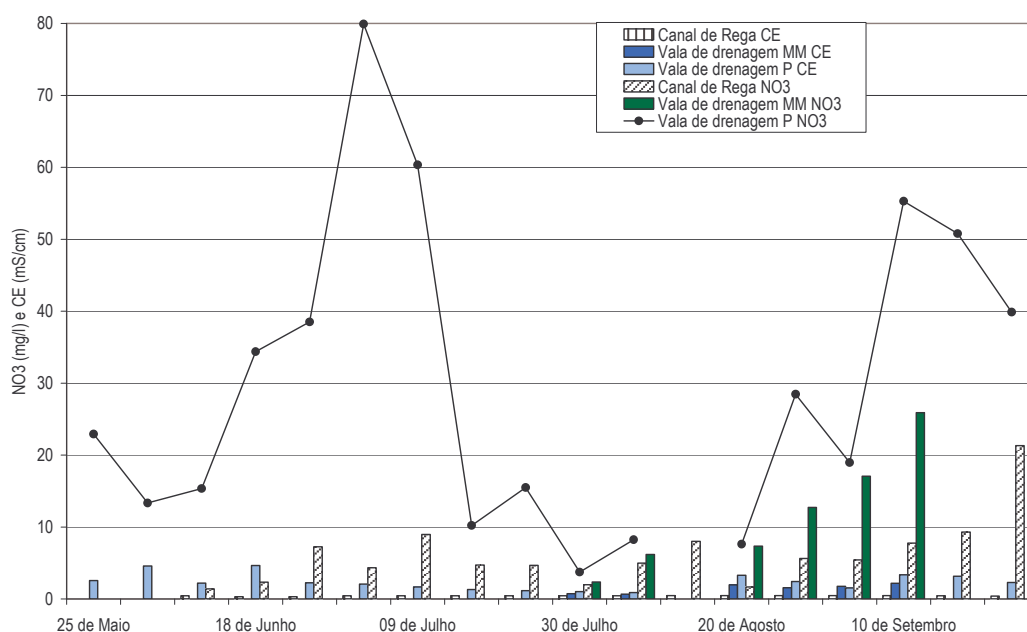


Fig. 28 - Resultados da qualidade da água do canal de rega e das valas de drenagem, para o nitrato (NO<sub>3</sub>) e a condutividade eléctrica (CE), no ano 2007

Nas valas de drenagem, em especial na vala do Pinheirinho (onde há mais registos de amostragem devido à presença de escoamento significativo) observam-se grandes oscilações de concentração em nitratos, com aumento durante os períodos de fertirrega ou após períodos de precipitação. De facto observa-se uma primeira fase, até ao final do mês de Julho, elevadas concentrações em nitratos como resultado das fertirregas. Por outro lado, para o final do mês de Agosto, verifica-se a ocorrência de dois picos de concentração em nitratos nos dias 27 de Agosto e 10 de Setembro após dois períodos de precipitação que ocorreram nos dias 25 de Agosto (7,5 mm) e 10 a 13 de Setembro (0,9; 1,1; 6,9 e 0,6 mm, respectivamente) (Fig. 19), como resultado de processos de lixiviação deste ião conservativo (facilmente lixiviável).

#### 4.2.5 Água das ribeiras

O Quadro 24 apresenta o resultado das medições efectuadas *in situ* sobre as características da qualidade das águas superficiais para a zona envolvente da área de estudo, para a ribeira

de Canhestros, a norte da área de estudo, e de Sanfrins junto à estação hidrométrica (cf. Fig. 1). Apresentam-se, ainda, os resultados das concentrações em nitrato a sonda GLP22 CRISON.

Quadro 24 - Resultados da qualidade das águas das ribeiras da área envolvente às parcelas, em 2007

| Data da recolha        | Designação<br>cm   |        | CE<br>mS/cm | pH   | Eh<br>mV | T<br>°C | LNEC<br>NO3 |
|------------------------|--------------------|--------|-------------|------|----------|---------|-------------|
| 25 de Maio de 2007     | Rib. de Canhestros | Rcanh  | 1,774       | 8,08 | 219      | 21,2    | 25,37       |
| 31 de Maio de 2007     | Rib. de Canhestros | Rcanh  | 1,907       | 8,42 | 312      | 23,0    | 9,14        |
| 11 de Junho de 2007    | Rib. de Canhestros | Rcanh  | 2,030       | 8,09 | 262      | 20,6    | 7,05        |
| 18 de Junho de 2007    | Rib. de Canhestros | Rcanh  | 1,830       | 8,07 | 252      | 21,6    | 13,80       |
| 25 de Junho de 2007    | Rib. de Canhestros | Rcanh  | 1,992       | 8,36 | 319      | 21,0    | 46,80       |
| 02 de Julho de 2007    | Rib. de Canhestros | Rcanh  | 2,060       | 8,09 | 354      | 20,0    | 17,84       |
| 09 de Julho de 2007    | Rib. de Canhestros | Rcanh  | 2,17        | 8,06 | 190      | 23,3    | 21,62       |
| 16 de Julho de 2007    | Rib. de Canhestros | Rcanh  | 2,130       | 8,10 | 309      | 24,2    | 21,43       |
| 23 de Julho de 2007    | Rib. de Canhestros | Rcanh  | 2,280       | 8,06 | 195      | 22,5    | 23,75       |
| 30 de Julho de 2007    | Rib. de Canhestros | Rcanh  | 1,951       | 8,15 | 216      | 21,6    | 5,95        |
| 30 de Julho de 2007    | Rib. de Sanfrins   | Rsanfr | 1,030       | 7,96 | 251      | 24,1    | 3,48        |
| 06 de Agosto de 2007   | Rib. de Canhestros | Rcanh  | 2,300       | 8,28 | 310      | 23,3    | 18,81       |
| 06 de Agosto de 2007   | Rib. de Sanfrins   | Rsanfr | 1,048       | 7,78 | 217      | 20,6    | 11,83       |
| 13 de Agosto de 2007   | Rib. de Canhestros | Rcanh  | 2,380       | 7,85 | 292      | 21,4    | 26,52       |
| 13 de Agosto de 2007   | Rib. de Sanfrins   | Rsanfr | 1,107       | 8,57 | 270      | 26,1    | 14,10       |
| 20 de Agosto de 2007   | Rib. de Canhestros | Rcanh  | 2,380       | 8,40 | 281      | 25,2    | 6,78        |
| 27 de Agosto de 2007   | Rib. de Canhestros | Rcanh  | 2,350       | 8,15 | 188      | 24,8    | 20,80       |
| 3 de Setembro de 2007  | Rib. de Canhestros | Rcanh  | 2,390       | 8,70 | 233      | 27,6    | 22,55       |
| 10 de Setembro de 2007 | Rib. de Canhestros | Rcanh  | 2,270       | 8,60 | 242      | 22,6    | 23,26       |
| 17 de Setembro de 2007 | Rib. de Canhestros | Rcanh  | 2,150       | 8,28 | 254      | 17,0    | 36,89       |
| 24 de Setembro de 2007 | Rib. de Canhestros | Rcanh  | 2,130       | 8,35 | 367      | 20,9    | 110,08      |

A Fig. 29 apresenta uma projecção dos resultados obtidos para a condutividade eléctrica e para os nitratos ao longo do ano 2007. Os nitratos, na figura representados a verde, apresentam valores superiores aos encontrados para período homólogo de 2006, embora só tenham ultrapassado o limite dos 50 mgNO<sub>3</sub>/l na amostragem de 24 de Setembro. Relativamente aos valores de condutividade eléctrica, na figura assinalados a azul, registam-se valores muito elevados para a ribeira de Canhestros, com valores que oscilam entre 1 e 2,4 mS/cm, e valores mais baixos para a de Sanfrins, embora esta apresente muito menos medições.

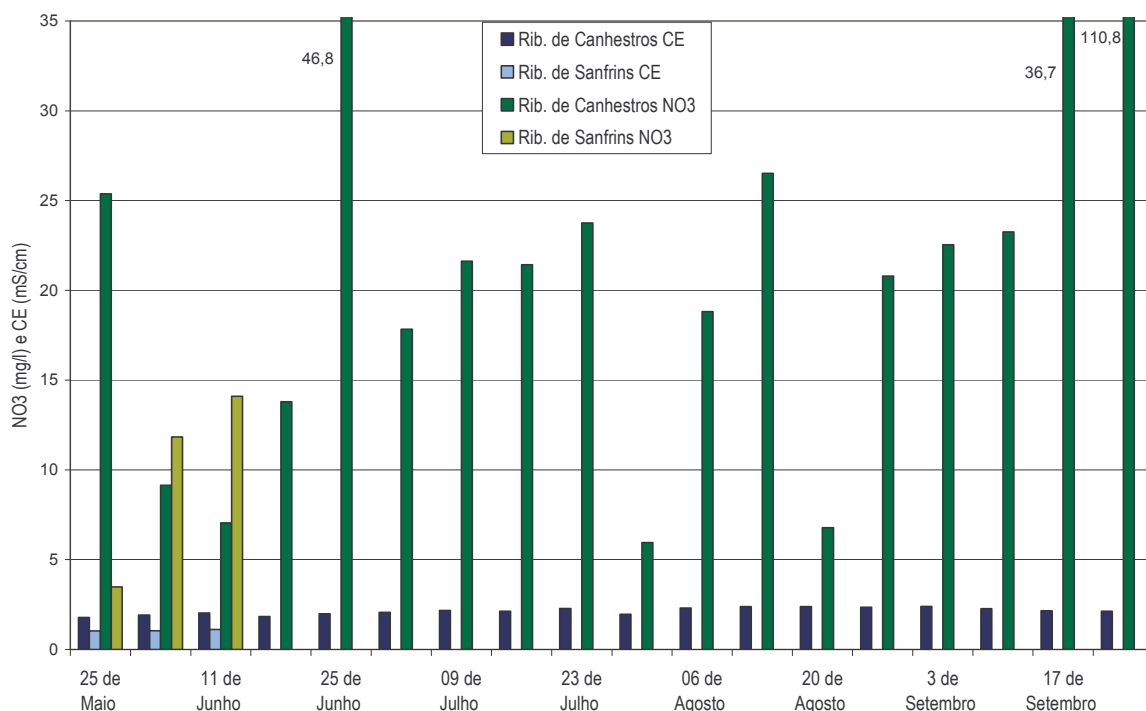


Fig. 29 - Resultados da qualidade da água das ribeiras envolvidas às parcelas estudadas, para o nitrato e a condutividade eléctrica, no ano 2007

Além das análises efectuadas com recurso a sondas, foram igualmente realizadas pelo INETI análises químicas mensais da água da ribeira de Canhestros. Os parâmetros e os respectivos resultados são apresentados no Quadro 25 e na Fig. 30.

Quadro 25 - Resultados da qualidade da água da ribeira de Canhestros efectuada pelo INETI em 2007

| Análises efectuadas pelo INETI        |       | 15-03 | 26-04 | 31-05 | 29-06<br>2007 | 24-07 | 14-08 | 10-10 |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
| pH, a 25°C                            |       |       |       | 8,2   | 8,16          | 8,1   | 8,2   | 8,15  |
| CE, a 25°C                            | mS/cm | 1,244 | 1,271 | 1,798 | 2,15          | 1,942 | 2,06  | 2,06  |
| Cloretos Cl <sup>-</sup>              | mg/l  | 267,6 | 286,8 | 454,4 | 519,7         | 518,2 | 520,5 | 547,7 |
| Sulfatos SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | mg/l  | 73,6  | 58,9  | 53,4  | 110,9         | 100   | 97,7  | 87,8  |
| Nitrato NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | mg/l  | 12,6  | 8,9   | 6,8   | 34,3          |       |       |       |

A observação dos resultados das análises em laboratório (*cf.* Fig. 30) e a sua comparação com os dados das sondas permite verificar que há uma oscilação dos valores de qualidade ao longo do período dos ensaios, sendo os valores mais elevados registados em finais de Junho. De assinalar que os dados obtidos com as sondas registam também valores elevados de nitratos durante o mês de Setembro. Observa-se ainda que o aumento das concentrações se efectua em simultâneo para o conjunto de parâmetros analisados. Este aspecto é mais claro na Fig. 30, embora o mesmo se passe para a informação apresentada na Fig. 29 cuja escala não permite evidenciar este facto de forma tão explícita.

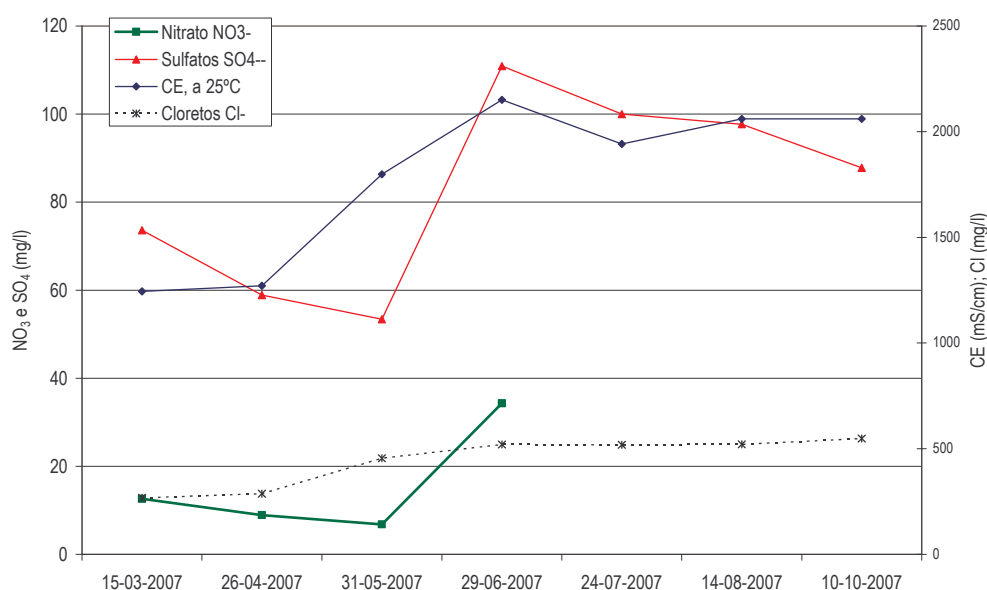


Fig. 30 - Variação da qualidade da água da ribeira de Canhestros durante o período de ensaios de 2007

Atribui-se o aumento de valores de concentração na ribeira de Canhestros aos processos de escoamento superficial induzidos pela água de rega, com consequente lixiviação para a ribeira. Este escoamento também pode ser produzido por episódios de precipitação como o que ocorreu em meados de Agosto.

## 5 Caracterização da vulnerabilidade à poluição

### 5.1 Metodologia utilizada

Lobo Ferreira e Cabral (1991) definiram vulnerabilidade de um sistema aquífero à poluição como "a sensibilidade da qualidade das águas subterrâneas a uma carga poluente, função apenas das características intrínsecas do aquífero", criando assim uma distinção entre vulnerabilidade e risco à poluição. É possível haver um aquífero com alta vulnerabilidade à poluição mas com baixo risco devido à ausência de fontes poluidoras e em oposição uma constante descarga poluente coloca o sistema aquífero em grande risco de ficar poluído mesmo que não apresente elevada vulnerabilidade à poluição.

O conhecimento da vulnerabilidade de um sistema aquífero à poluição é muito importante para a correcta utilização do solo da área do aquífero. Se um aquífero apresentar um valor de vulnerabilidade à poluição muito alto é necessário considerar qualquer empreendimento que afecte esse aquífero, podendo este ser mesmo considerado um aquífero com estatuto de protecção (garantindo uma melhor da qualidade da água do aquífero).

Existem diferentes metodologias de análise da vulnerabilidade de um sistema aquífero à poluição. Uma das mais utilizadas é o método DRASTIC, desenvolvido por Aller *et al.* (1987) a partir de quatro premissas:

1. O poluente é descarregado à superfície;
2. O poluente apenas se movimenta verticalmente por acção da infiltração da água;
3. O poluente tem a mobilidade da água;
4. A área mínima que pode ser avaliada é de 0,4 km<sup>2</sup>.

## 5.2 Descrição dos Parâmetros DRASTIC

### 5.2.1 Parâmetro D - Profundidade do Topo do Aquífero

A profundidade do topo do aquífero condiciona a espessura de material que um poluente tem que atravessar para atingir o aquífero. Num aquífero livre, a profundidade é a distância ao nível freático. No caso de aquífero confinado, a profundidade é a distância ao topo do aquífero. No caso de aquífero semi-confinado deve-se optar entre a distância ao nível freático ou ao topo do aquífero.

Aller *et al.* (1987) consideram os seguintes intervalos de profundidade do topo do aquífero e respectivos índices:

| D – Profundidade do Topo do Aquífero (m)<br>(Peso - normal: 5; - pesticidas: 5) | Índice |
|---|--------|
| < 1,5   | 10     |
| 1,5 - 4,6   | 9      |
| 4,6 - 9,1   | 7      |
| 9,1 - 15,2  | 5      |
| 15,2 - 22,9   | 3      |
| 22,9 - 30,5   | 2      |
| > 30,5  | 1      |

### 5.2.2 Parâmetro R - Recarga do Aquífero

A recarga do aquífero condiciona o transporte de um poluente na zona não saturada e a disponibilidade de água para processos de dispersão e diluição tanto na zona vadosa como na zona saturada. De uma maneira geral, quanto maior a recarga, maior será o potencial de poluição de águas subterrâneas. No entanto, um grande volume de recarga favorece a diminuição do potencial de poluição pois possibilita a diluição das substâncias poluentes.

Aller *et al.* (1987) consideram os seguintes intervalos de recarga e respectivos índices:



| <b>R - Recarga do Aquífero (mm/ano)<br/>(Peso - normal: 4; - pesticidas: 4)</b> | <b>Índice</b> |
|---|---------------|
| < 51  | 1             |
| 51 - 102  | 3             |
| 102 - 178   | 6             |
| 178 - 254   | 8             |
| > 254   | 9             |

### 5.2.3 Parâmetro A - Material do Aquífero

O parâmetro A - Material do Aquífero, refere-se à capacidade do aquífero para atenuar os efeitos dos poluentes. Para além deste efeito principal, o material do aquífero condiciona o fluxo de água subterrânea que, a par da condutividade hidráulica e do gradiente hidráulico, determinam o tempo disponível para a ocorrência dos processos de atenuação.

Aller *et al.* (1987) consideraram os seguintes materiais de aquífero com importância para a atenuação do potencial de poluição:

| <b>A - Material do Aquífero<br/>(Peso - normal: 3; - pesticidas: 3)</b> | <b>Índice</b> |
|---|---------------|
| Xisto argiloso, argilito  | 1-3 (2)       |
| Rocha metamórfica/ígnea   | 2-5 (3)       |
| Rocha metamórfica/ígnea alterada  | 3-5 (4)       |
| Arenito, calcário e argilito estratificados                             | 5-9 (6)       |
| Arenito maciço  | 4-9 (6)       |
| Calcário maciço   | 4-9 (6)       |
| Areia e balastro  | 4-9 (8)       |
| Basalto   | 2-10 (9)      |
| Calcário carsificado  | 9-10 (10)     |

Cada material tem um intervalo de valores, apresentando-se entre parentesis o índice típico a atribuir. A escolha do índice a atribuir deve basear-se em informação específica sobre o material do aquífero. Se esta informação não existir, deve-se utilizar o índice típico.

### 5.2.4 Parâmetro S - Tipo de Solo

O parâmetro S - Tipo de Solo, refere-se ao material da zona alterada da superfície terrestre, com uma espessura normalmente inferior a 2 m. O tipo de solo tem um significativo impacte na quantidade de recarga, mas é sobretudo pelo seu potencial atenuador da poluição que é considerado no índice DRASTIC.

São as seguintes propriedades de um solo que condicionam o potencial de poluição:

- espessura do solo;
- textura do solo;
- expansibilidade/contractibilidade do solo;
- teor em matéria orgânica do solo.

Baseados nestas características, Aller *et al.* (1987) definiram 11 tipos diferentes de solos aos quais atribuíram índices entre 1 e 10:

| <b>S - Tipo de solo<br/>(Peso - normal: 2; - pesticidas: 5)</b> | <b>Índice</b> |
|---|---------------|
| Fino ou ausente   | 10            |
| Balastro  | 10            |
| Areia   | 9             |
| Turfa   | 8             |
| Argila agregada e/ou expansível                                 | 7             |
| Franco arenoso  | 6             |
| Franco  | 5             |
| Franco siltoso  | 4             |
| Franco argiloso   | 3             |
| "Muck"  | 2             |
| Argila não agregada e não expansível                            | 1             |

### 5.2.5 Parâmetro T - Topografia

A topografia refere-se ao declive do terreno. Este parâmetro condiciona a probabilidade de um poluente escoar superficialmente ou de permanecer à superfície durante o tempo suficiente para se infiltrar. Influencia ainda o desenvolvimento de solos condicionando, desta forma, o efeito de atenuação do contaminante.

Aller *et al.* (1987) definiram as seguintes cinco classes de declives:

| <b>T - Topografia (declive em %)<br/>(Peso - normal: 1; - pesticidas: 3)</b> | <b>Índice</b> |
|--|---------------|
| < 2  | 10            |
| 2-6  | 9             |
| 6-12   | 5             |
| 12-18  | 3             |
| > 18   | 1             |

### 5.2.6 Parâmetro I - Influência da Zona Vadosa

O tipo de material da zona vadosa condiciona o tempo de contacto com o poluente, permitindo a ocorrência de diversos processos: biodegradação, neutralização, filtração

mecânica, reacção química, volatilização e dispersão. A fracturação nesta zona é particularmente importante pois facilita a percolação vertical do poluente até ao aquífero.

Aller *et al.* (1987) consideraram os seguintes materiais da zona vadosa com importância para a atenuação do potencial de poluição:

| <b>I - Influência da Zona Vadosa<br/>(Peso - normal: 5; - pesticidas: 4)</b> | <b>Índice</b> |
|--|---------------|
| Camada confinante  | 1             |
| Argila/Silte   | 2-6 (3)       |
| Xisto argiloso, argilito   | 2-5 (3)       |
| Calcário   | 2-7 (6)       |
| Arenito  | 4-8 (6)       |
| Arenito, calcário e argilito estratificados                                  | 4-8 (6)       |
| Areia e balastro com percentagem significativa de silte e argila             | 4-8 (6)       |
| Rocha metamórfica/Ignea  | 2-8 (4)       |
| Areia e balastro   | 6-9 (8)       |
| Basalto  | 2-10 (9)      |
| Calcário carsificado   | 8-10 (10)     |

Cada material tem um intervalo de valores, apresentando-se entre parêntesis o índice típico a atribuir. A escolha do índice a atribuir deve basear-se em informação específica sobre o material da zona vadosa. Se esta informação não existir, deve-se utilizar o índice típico.

### 5.2.7 Parâmetro C - Condutividade Hidráulica do Aquífero

Este parâmetro refere-se à capacidade do aquífero para transmitir água, que, conjuntamente com o gradiente hidráulico, controla o fluxo de água subterrânea. A condutividade hidráulica depende da quantidade e conectividade dos espaços vazios dentro do aquífero, que podem ser poros, fracturas, cavidades ou planos de estratificação.

Aller *et al.* (1987) consideraram os seguintes seis intervalos de condutividade hidráulica com importância para a atenuação do potencial de poluição:

| <b>C - Condutividade Hidráulica do Aquífero<br/>(m/d) (Peso - normal: 3; - pesticidas: 2)</b> | <b>Índice</b> |
|---|---------------|
| < 4,1   | 1             |
| 4,1 - 12,2  | 2             |
| 12,2 - 28,5   | 4             |
| 28,5 - 40,7   | 6             |
| 40,7 - 81,5   | 8             |
| > 81,5  | 10            |

### 5.2.8 Índice DRASTIC

Depois de atribuído o índice de cada parâmetro (ver secção seguinte) obtêm-se os valores DRASTIC através da equação 1, ou seja, uma soma ponderada dos vários parâmetros.

$$DRASTIC = D_p * D_i + R_p * R_i + A_p * A_i + S_p * S_i + T_p * T_i + I_p * I_i + C_p * C_i \quad \text{Equação 1}$$

Na equação 1 o índice  $p$  corresponde ao valor de ponderação (peso) de cada parâmetro e o índice  $i$  corresponde ao valor atribuído para cada parâmetro segundo as tabelas acima apresentadas. Existe um peso para o caso de poluentes conservativos (Peso normal nas tabelas anteriores) e um peso para poluentes pesticidas (Peso pesticidas nas tabelas anteriores).

O índice DRASTIC varia entre 23 e 226 para poluentes conservativos e entre 26 e 256 para poluentes pesticidas. Os valores mais baixos correspondem a vulnerabilidades mais baixas e os mais altos a vulnerabilidades mais elevadas.

O Quadro 26 apresenta a relação entre o valor quantitativo de vulnerabilidade DRASTIC e o valor qualitativo de vulnerabilidade à poluição.

Quadro 26 - Relação qualitativa e quantitativa de vulnerabilidade

| Índice DRASTIC | Vulnerabilidade |
|----------------|-----------------|
| < 120          | Baixa           |
| 120 - 159      | Intermédia      |
| 160 - 199      | Elevada         |
| > 199          | Muito elevada   |

### 5.3 Resultados obtidos

Conforme atrás referido, a área considerada localiza-se no Alentejo, uma região que está muito explorada em termos de actividade agrícola. A área de regadio da região analisada está sujeita a novas pressões induzidas pelo facto de se ter introduzido a rega nos últimos anos numa área onde tradicionalmente eram utilizadas culturas de sequeiro. Nesse contexto importa caracterizar a área de estudo em termos da sua vulnerabilidade à poluição de forma a contribuir para otimizar o uso do solo agrícola de uma forma sustentável, otimizando o uso de água e de fertilizantes em áreas de maior vulnerabilidade e diminuindo o risco de poluição das águas subterrâneas.

Várias informações foram utilizadas de forma a se aplicar o método DRASTIC. Estas foram as cartas geológica e cartográfica militar da região, o conhecimento da área (resultado de várias visitas de campo) e os diferentes dados recolhidos (piezometria e perfis de solo).

Em relação ao parâmetro D foram necessárias diferentes interpolações de informação SIG levando à obtenção de um mapa aproximado da profundidade média ao nível freático. Utilizando os valores de piezometria dos vários pontos apresentados na Fig. 1 obteve-se um mapa do nível piezométrico da região que, juntamente com o mapa digital de terreno da região, permitiu obter o resultado pretendido. No caso deste parâmetro decidiu-se tomar uma abordagem preventiva visto que a quantidade de dados disponíveis não permitiam a obtenção de um correcto valor médio. Assim, decidiu-se utilizar o valor de piezometria mais alto, ou seja, quando a profundidade ao nível freático é mais baixa e logo o aquífero está mais vulnerável. O resultado obtido para o parâmetro D é o representado na Fig. 31.

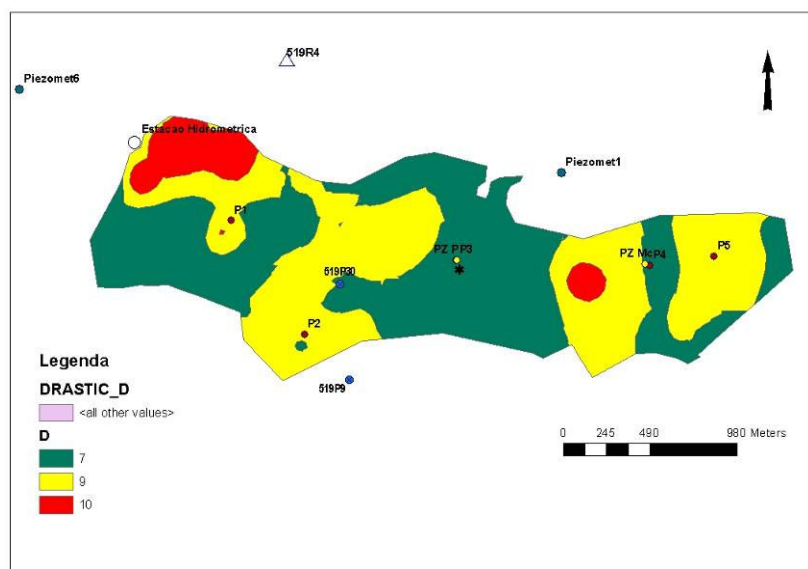


Fig. 31 - Caracterização do parâmetro D na área em estudo (ver tabelas da secção 5.2 para interpretação da legenda)

Em relação ao parâmetro da Recarga do aquífero (parâmetro R) foram calculados os valores médios anuais de recarga no aquífero livre miocénico entre os 105 e os 210 mm/ano (Leitão *et al.*, 2007). Estes valores foram obtidos pela utilização do modelo EARTH, onde se verificou que os valores de recarga do aquífero se situam entre 20% e 40% da precipitação em ano médio.

Foi considerado o valor médio de recarga de 158 mm/ano. Desta forma o resultado obtido para o parâmetro da recarga natural é um valor constante e igual a 6 para toda a área.

O parâmetro A (Material do Aquífero) foi obtido através da carta geológica da região. Foi feita a digitalização da carta geológica 42-D Ajustrel à escala 1:50 000 dos Serviços

Geológicos de Portugal e desenvolveu-se com recurso ao software ARCGIS, a informação da Geologia da área (cf. Fig. 32).

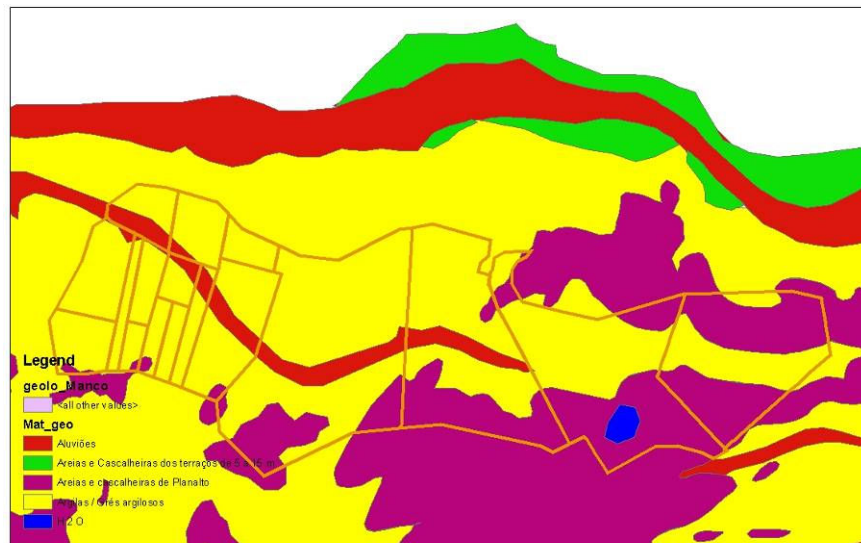


Fig. 32 - Mapa geológico da área em estudo (obtido pelo software ARCGIS)

A Fig. 32 permite constatar que a área em estudo apresenta, na sua maioria, argilas/grés argilosos e areias e cascalheiras do planalto como material geológico. Assim, verifica-se para o parâmetro A a presença de dois valores DRASTIC (5 e 7), como está representado na Fig. 33.

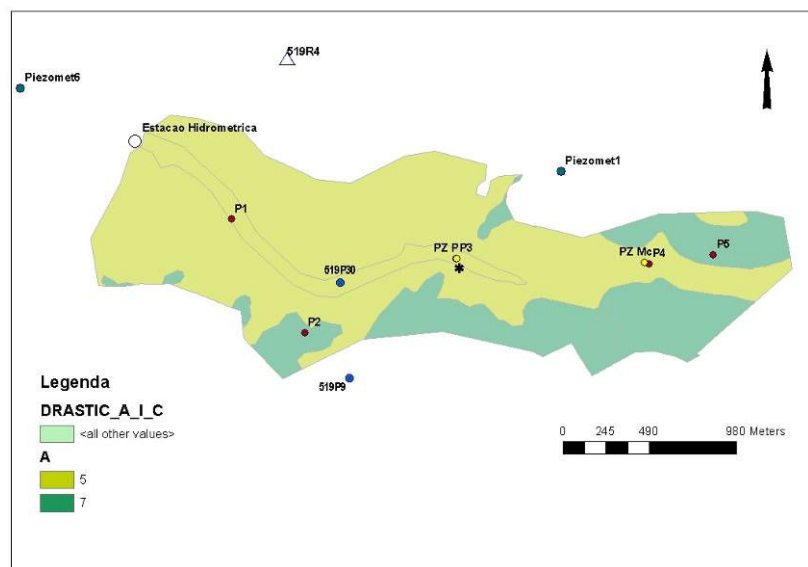


Fig. 33 - Caracterização do parâmetro A na área em estudo (ver tabelas da secção 5.2 para interpretação da legenda)

O parâmetro S (Solos) foi aquele em que foi possível efectuar um tratamento mais detalhado de informação. Esta possibilidade foi conferida pelo COTR que forneceu os dados do tipo de solos em formato digital permitindo o seu posterior tratamento para o DRASTIC em SIG.

Utilizando a relação dada pelos valores medidos e o índice respectivo, apresenta-se o resultado obtido na Fig. 34.

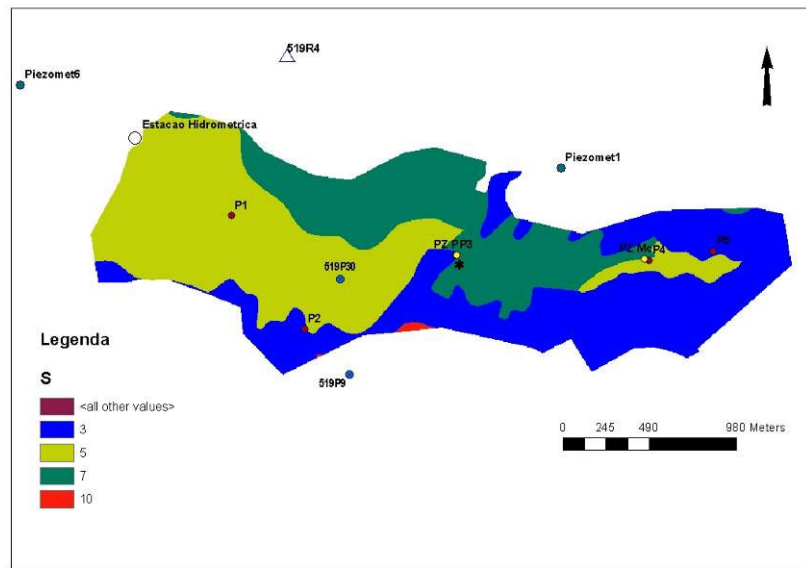


Fig. 34 - Caracterização do parâmetro S na área em estudo (ver tabelas da secção 5.2 para interpretação da legenda)

Os declives da topografia da área de estudo são bastante baixos, o que favorece a residência de poluentes colocados à superfície do terreno. O parâmetro T (topografia) foi obtido através da transformação dos dados do mapa digital de terreno em declives, convertendo-os à posteriori nas classes definidas para o parâmetro T do DRASTIC. O resultado final apresenta-se na Fig. 35 onde o fraco relevo da área confere a atribuição do valor máximo desta classe ao parâmetro T (10) para quase toda a área.

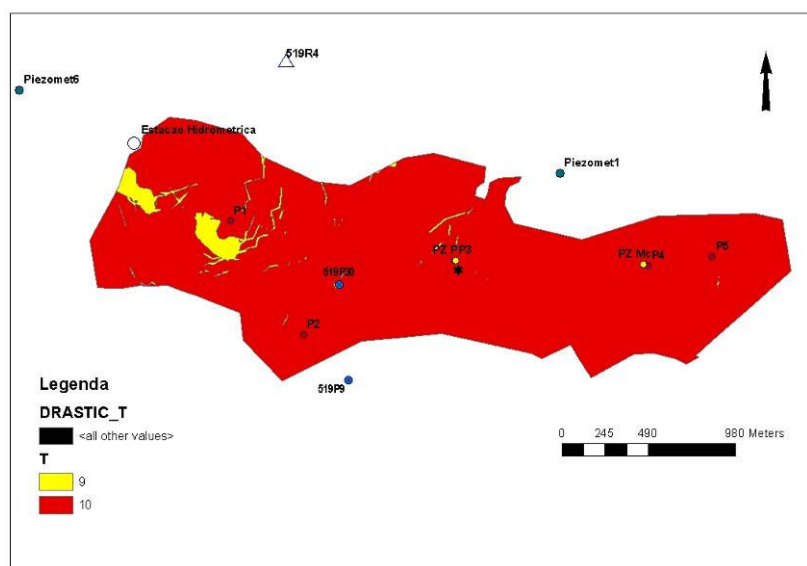


Fig. 35 - Caracterização do parâmetro T na área em estudo (ver tabelas da secção 5.2 para interpretação da legenda)

A informação de base utilizada para o parâmetro I (Influência da Zona Vadosa) foi a mesma que a utilizada para o parâmetro A. Contudo, dada a presença de argilas nas camadas da zona vadosa, os valores da classe I do DRASTIC são ligeiramente mais baixos que o valor do parâmetro A, como pode ser visto no resultado final apresentado na Fig. 36.

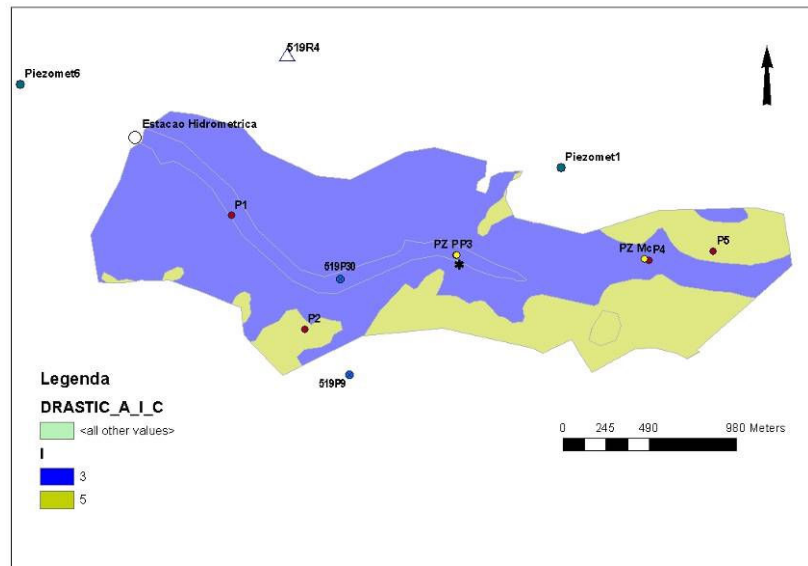


Fig. 36 - Caracterização do parâmetro I na área em estudo (ver tabelas da secção 5.2 para interpretação da legenda)

Verifica-se nos dados dos perfis apresentados nos ANEXOS 1 e 2, e na bibliografia existente sobre a região, que o valor máximo de condutividade hidráulica é de cerca de 2 m/dia. Este valor é também referido em várias tabelas ou ábacos da bibliografia para o material do aquífero (cascalheira ou areia - cf. Fig. 32). Assim, atribuiu-se a toda a área em estudo o valor mínimo do parâmetro C: 1. Desta forma o resultado obtido para o parâmetro C para toda a área é um valor constante igual a 1.

O valor final do índice de vulnerabilidade DRASTIC foi obtido através do somatório ponderado de cada parâmetro, tal como referido na secção anterior.



O resultado final do índice DRASTIC para poluentes conservativos apresenta-se na Fig. 37.

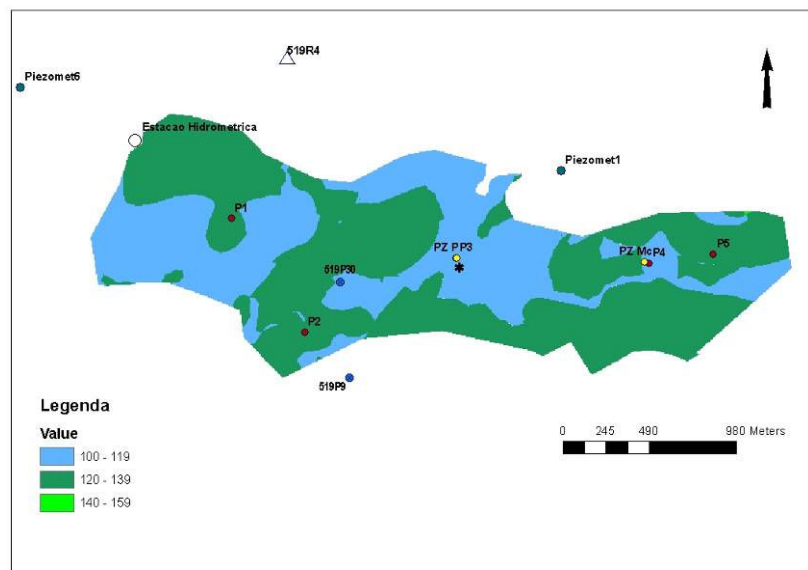


Fig. 37 - Resultado da aplicação do método DRASTIC para poluente conservativos (ver Quadro 26 para interpretação da legenda)

Verifica-se na figura anterior que a área em estudo apresenta, essencialmente, os valores DRASTIC entre 100 e 139. Atendendo à relação referida no Quadro 26 é possível concluir que a área em estudo apresenta essencialmente áreas com vulnerabilidade baixa e intermédia à poluição.

Tendo em conta a realidade da região (Alentejo) considerou-se prudente aplicar o método DRASTIC para pesticidas (*i.e.* alterando o peso de cada parâmetro). O resultado obtido apresenta-se na Fig. 38.

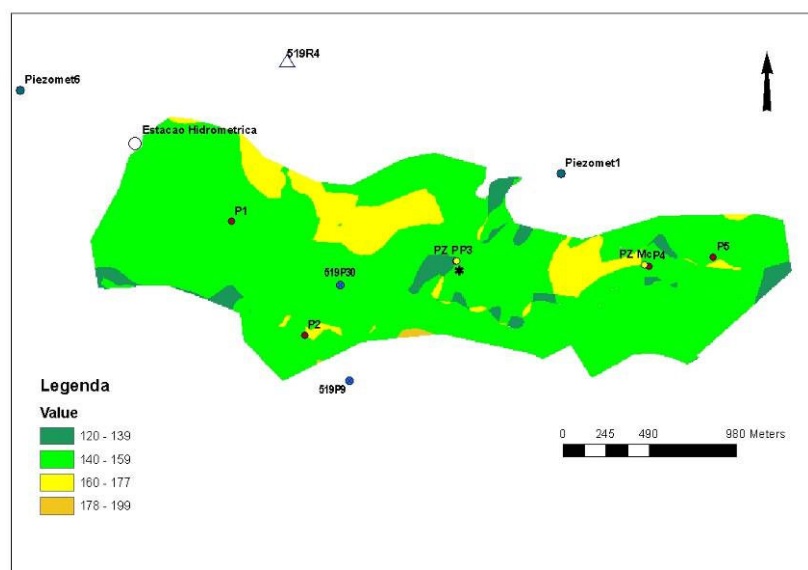


Fig. 38 - Resultado da aplicação do método DRASTIC para pesticidas (ver Quadro 26 para interpretação da legenda)

É possível concluir a partir da análise da Fig. 38 que a classe predominante é a classe [140-159] correspondente a vulnerabilidade intermédia, havendo algumas áreas com vulnerabilidade baixa e vulnerabilidade alta.

É de notar que se considerou "vulnerabilidade" na sua mais genuína definição, ou seja, relacionando-a com as características naturais intrínsecas do aquífero. No entanto, existe um factor antropogénico que é importante para a recarga, a rega na região. De acordo com o COTR (2006) existem cinco parcelas da área em estudo que são irrigadas. Este relatório apresenta os valores anuais de rega em volume total ( $m^3$ ) por cada parcela, assim como os valores de volume por hectare ( $m^3/ha$ ) em cada parcela. Considerando que a rega produz um volume em excesso, que não é utilizado pelas plantas, escoado ou evaporado, verifica-se que a recarga do aquífero é superior nas áreas irrigadas. Sendo o parâmetro R um dos mais importantes (o terceiro com maior peso) no valor final de aplicação do DRASTIC, então é possível concluir que, se se considerasse este factor antropogénico, o valor DRASTIC seria muito superior nas áreas irrigadas.

## 6 Optimização da ocupação do solo na região

### 6.1 Introdução

O desenvolvimento de um modelo de apoio à decisão para a definição das melhores práticas agrícolas tem como base o esquema proposto na Fig. 39.

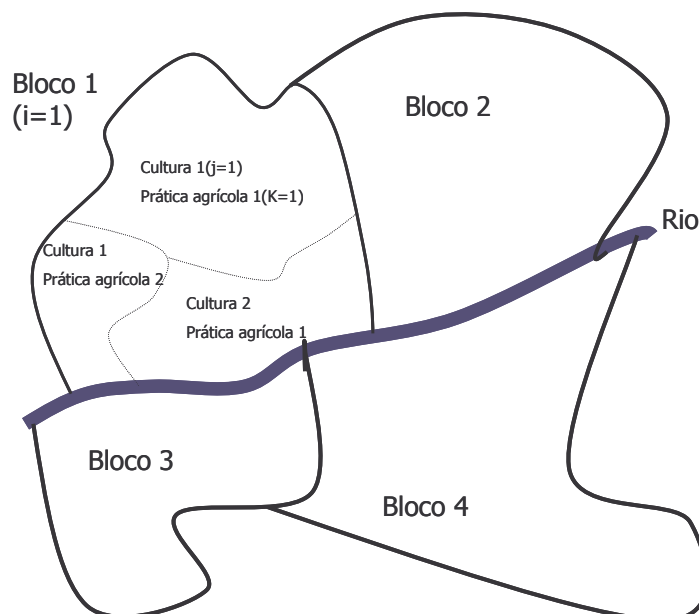


Fig. 39 - Esquema base do modelo de apoio à decisão

O modelo é composto por uma função objectivo para a maximização dos benefícios líquidos da actividade agrícola e por restrições que impõem limitações a essa actividade, tendo em linha de conta diferentes tipos de solos, diferentes práticas agrícolas, disponibilidades hídricas e consequências ambientais sobre os sistemas subterrâneos e ou superficiais que possam vir a ser afectados. De seguida, apresenta-se uma função objectivo genérica e as mais importantes restrições que serão consideradas no modelo de decisão.

## 6.2 Função objectivo a utilizar

A função objectivo genérica a considerar no modelo de decisão é a seguinte:

$$\max BLA = \sum_{ijk} (p_j y_{aijk} A_{ijk}) - \sum_{ijk} (ca_{ijk} A_{ijk}) - \sum_{ijk} (ci_{ijk} I_{ijk}) - t_p \sum_i N_i$$

onde:

$BLA$ : benefício líquido da actividade agrícola;

$i$ : índice do bloco agrícola;

$j$ : índice da cultura;

$k$ : índice da prática agrícola;

$p_j$ : preço unitário de venda da cultura  $j$ ;

$y_{aijk}$ : produção real de cultura  $j$  no bloco  $i$  com a prática agrícola  $k$ ;

$A_{ijk}$ : área do bloco  $i$ , com a cultura  $j$  com a prática agrícola  $k$ ;

$ca_{ijk}$ : custo unitário de sistematizar, preparar e operar o bloco  $i$ , com a cultura  $j$ , com a prática agrícola  $k$ ;

$ci_{ijk}$ : custo unitário de obtenção da água para irrigação do bloco  $i$ , com a cultura  $j$ , com a prática agrícola  $k$ ;

$t_p$ : custo (taxa) unitário de poluição;

$N_i$ : poluição decorrente do bloco agrícola  $i$ .

## 6.3 Restrições a considerar

As restrições a serem consideradas na função objectivo terão em consideração os seguintes aspectos:

### Determinação da produção real

$$\left(1 - \frac{Ya_{ijk}}{Ym_{ijk}}\right) = Ky_{ijk} \left(1 - \frac{ETa_{ijk}}{ETm_{ijk}}\right)$$

onde:

$Y_{mijk}$ : produção máxima da cultura  $j$  no bloco  $i$  com a prática agrícola  $k$ ;

$Ky_{ijk}$ : coeficiente de resposta de produção da cultura  $j$  no bloco  $i$  com a prática agrícola  $k$ ;

$ET_{aijk}$ : evapotranspiração real da cultura  $j$  no bloco  $i$  com a prática agrícola  $k$

$ET_{mijk}$ : evapotranspiração máxima da cultura  $j$  no bloco  $i$  com a prática agrícola  $k$ .

A evapotranspiração real depende da quantidade de água disponível no solo, incluindo o teor de humidade no início do período vegetativo  $W_{ijk\text{inicial}}$ , a precipitação efectiva  $P_{ijk}$  e a dotação total efectiva de rega  $I_{ijk}$ .

$$W_{ijk} = W_{ijk\text{inicial}} + P_{ijk} + I_{ijk} - ET_{aijk}$$

$$I_{ijk} = Ef \cdot Ia_{ijk}$$

$$ET_{aijk} \geq 0.5ET_{mijk}$$

onde:

$Ia_{ijk}$ : dotação total de rega;

$Ef$ : eficiência do sistema de irrigação.

### Determinação da poluição decorrente da actividade agrícola

$$N_i = \sum_{jk} \chi_i n_{ijk} A_{ijk}$$

$$\sum_i N_i \leq N_{i\text{max}}$$

onde:

$\chi_i$ : função de transferência que representa a fracção de poluição que atinge as águas subterrâneas e ou as águas superficiais a partir bloco  $i$  (depende do tipo de solo, infiltração, posição do nível piezométrico, etc.);

$n_{ijk}$ : quantidade de fertilizante aplicado no bloco  $i$ , na cultura  $j$  com a prática agrícola  $k$ ;

$N_{i\text{max}}$ : valor máximo admissível de poluição no bloco  $i$ .

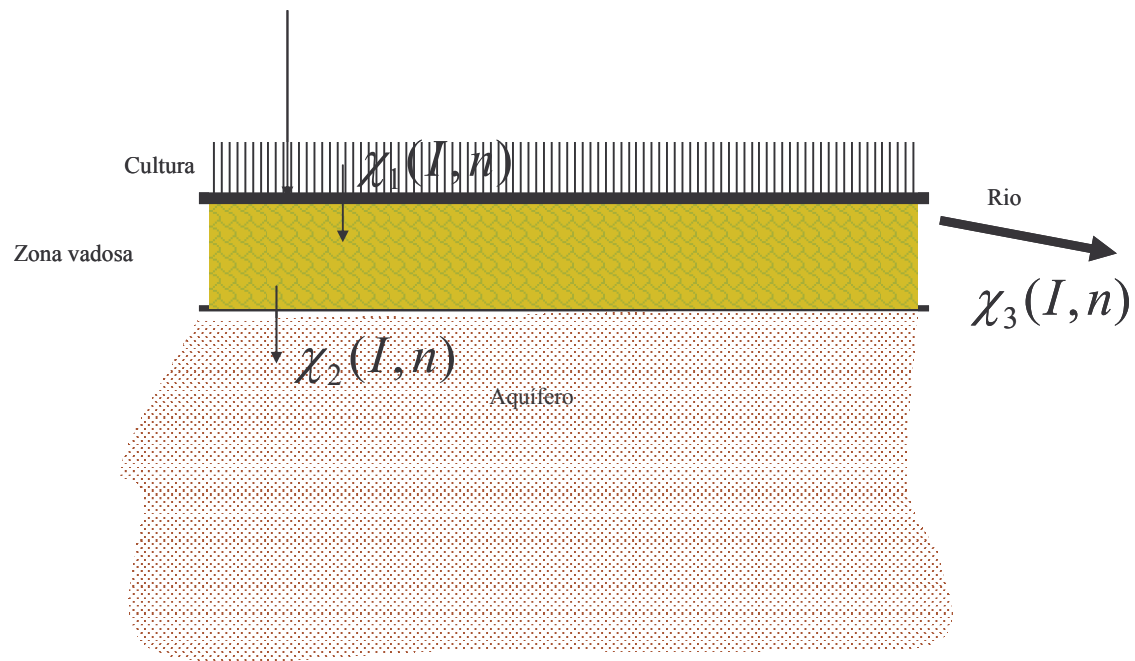


Fig. 40 - Representação esquemática da transferência de poluição

#### Limitação à área agrícola total a usar para cada cultura

$$\sum_{ik} A_{ijk} \leq A_{j \max}, \forall j$$

onde:

$A_{j \max}$ : área máxima a usar para a cultura  $j$ .

Espera-se a conclusão do modelo de otimização durante 2008.

## 7 Considerações finais

Neste 3.º Relatório de Progresso apresentam-se os resultados dos ensaios relativos ao ano de 2007, para duas culturas, o milho e o melão, realizados em três parcelas regadas, uma no Monte da Mancoca e as outras duas no Monte do Pinheirinho, correspondentes a 2 solos diferentes. Os ensaios de 2007 complementam a informação de ensaios de campo obtida em 2006.

Os ensaios realizados consistiram na análise dos efeitos das duas culturas referidas na qualidade dos diferentes meios atravessados pela água de rega: solos, zona vadosa e águas subterrâneas. Estes meios foram analisados em diversas datas e a diferentes profundidades ao longo dos ensaios, de forma a acompanhar a sua evolução no espaço e no tempo. Essa

análise foi complementada com análises das características físico-químicas dos solos. Além da observação da evolução da qualidade dos solos e das águas no interior das parcelas foram, ainda, analisadas as águas da zona envolvente às parcelas, em poços, em cinco novos piezómetros instalados em 2007, bem como nas águas do canal de rega e das valas de drenagem localizadas a jusante das parcelas regadas. Os dados obtidos em 2007 permitiram, à semelhança dos de 2006, verificar de forma clara a influência das práticas agrícolas na qualidade das águas e solos a jusante.

O relatório apresenta também a aplicação da metodologia DRASTIC de cálculo da vulnerabilidade dos aquíferos à poluição tendo sido concluído que a área em estudo apresenta áreas com vulnerabilidade baixa a intermédia, para o índice normal, e vulnerabilidade essencialmente intermédia, para o índice pesticidas.

A informação de campo obtida e analisada nos dois primeiros anos do projecto será modelada em termos do estudo do escoamento e do transporte de poluentes. Está, igualmente, a ser efectuada uma análise à ocupação óptima do solo para a região estudada com recurso a um modelo de apoio à decisão tendo em atenção as diferentes práticas agrícolas. O modelo é composto por uma função objectivo para a maximização dos benefícios líquidos da actividade agrícola e por restrições que impõem limitações a essa actividade, tendo em linha de conta diferentes tipos de solos, diferentes práticas agrícolas, disponibilidades hídricas e consequências ambientais sobre os sistemas subterrâneos e ou superficiais que possam vir a ser afectados.

Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil  
Fevereiro de 2008

**VISTOS**



J.P. Cárcamo Lobo Ferreira  
Chefe do Núcleo de Águas Subterrâneas



Rafaela de Saldanha Matos  
Directora do Departamento de Hidráulica e Ambiente

**AUTORIAS**



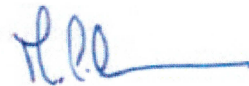
Teresa E. Leitão  
Doutora em Hidrogeologia  
Investigadora Principal do LNEC  
Núcleo de Águas Subterrâneas



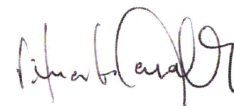
Isabel Laranjeira  
Eng.ª Agrícola da Universidade de Évora  
Aquisição de Serviços do Projecto FCT no  
Núcleo de Águas Subterrâneas



Luís Oliveira  
Eng. do Ambiente do IST  
Mestrando em 2007 no  
Núcleo de Águas Subterrâneas



Maria da Conceição Cunha  
Eng.ª Civil, Professora Associada  
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de  
Coimbra



Eduardo Paralta  
Geólogo, Mestre em Georrecursos  
Instituto Superior Técnico

## BIBLIOGRAFIA

Aller, L., Bennet, T., Lehr, J.H. e Petty, R., 1987 – *DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potencial using hydrogeologic settings*. U.S. EPA Report 600/2-85/018.

Almeida, C. e Silva, M. L., 1987 - *Incidence of agriculture on water quality at Campina de Faro (south Portugal)*. IV Simposio de Hidrogeología de la Asociación Española de Hidrología Subterránea, Palma de Mallorca, 5 a 9 de Octubre de 1987.

Ayers, R. e Westcot, D., 1985 - *Water quality for agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper 29, Rev. 1. Rome, Italy.

Böhlke, J.K., 2002 - *Groundwater recharge and agricultural contamination*. Hydrogeology Journal, Vol. 10, pp. 153-179.

Chia H. e Correia V., 2002 - *Conservação e mobilização do solo*. Actas das comunicações apresentadas no seminário "Conservação do Solo e da Água em Regadio" no âmbito dos projectos POCTI 34149/AGR/2000 e POCTI 34847/AGR/2000; AGRO 14 e AGRO 17 na Universidade de Évora, em Dezembro de 2002.

Colaço, A. M., 2001 - *Contribuição para a Avaliação do Estado da Rega na Zona de Infra-estrutura 12*. Relatório de Projecto, 2001.

Costa, J.B., 1973 – *Estudo e classificação das rochas por exame macroscópico*. Fundação Calouste Gulbenkian. 6.ª edição. Lisboa.

Custódio, E e Llamas, M. R., 1996 - *Hidrologia subterranea*, 2.ª edição, Tomo I e II, Ediciones Omega, Barcelona, 2350 pp.

Custodio, E. e Llamas, M.R., 1976 - *Hidrología Subterránea*. 1ª Edição, Barcelona, Ediciones Omega, S.A., 1976, 1157 pp.

Gonçalves, M.C., Martins, J.C., Castanheira, N., Santos, F.L., Neves, M.J., Reis, J., Prazeres, A., Ramos, T., Fonte, S., Pires, F., Bica, M. e Bica, J., 2005 - *Interacção da salinidade e da fertilização azotada na produtividade do milho-grão*. Comunicação apresentada ao I Congresso de Rega e Drenagem, organizado pelo Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio – COTR, Beja, 5 a 7 de Dezembro de 2005, 20 pp.

Leitão, T.E., Laranjeira, I., Henriques, M.J. e Paralta, E., 2007 - *Metodologias para um melhor planeamento e gestão do uso do solo agrícola atendendo à vulnerabilidade dos aquíferos à poluição difusa*. 2.º Relatório 75/07 - NAS, LNEC, 65 pp.

Lobo Ferreira, J.P.C. e Cabral, M. C., 1991 - *Proposal for an Operational Definition of Vulnerability for the European Community's Atlas of Groundwater Resources*. Comunicação. Bruxelas, Instituto Europeu da Água.



Oliveira, M.M., 2006 - *Métodos de avaliação da recarga de águas subterrâneas*. In Tecnologia da Água, Volume 46 - Edição II, Novembro/Dezembro, pp. 14 a 22.

Paralta, E.; Francés, A. e Ribeiro, L., 2006 - *Modelação da recarga do aquífero livre miocénico da Bacia de Alvalade e implicações ao nível da contaminação agrícola (um caso de estudo na Infra-estrutura 12 – Bloco de Rega de Canhestros/Ferreira do Alentejo)*. Actas/CD 5.º Congresso Ibérico – Gestão e Planeamento da Água. Faro, 4 - 8 de Dezembro de 2006, 12 pp.

Richards, L.A., 1954 - *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. USDA Handbook 60. Washington, USA, 160p.

Toureiro C.M., 2003 - *Uma estratégia para apoiar a implementação de um sistema de avisos de rega aos agricultores*. Actas das comunicações apresentadas no Seminário "Conservação do solo e da água em regadio: investigação, experimentação e divulgação" no auditório do Instituto Politécnico de Beja.

Van der Lee e Gehrels, J. C., 1990 - *Modelling Aquifer Recharge. Introduction to the Lumped Parameter Model EARTH*. Hydrological Report, Free University of Amsterdam. The Netherlands, 1990, 30 pp.



## **ANEXOS**



## ANEXO I - CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA DO SOLO DO MONTE DA MANCOCA

### Perfil 106 (Dep. Ciência do Solo - Estação Agronómica Nacional)

Local: Monte da Mancoca, Ferreira do Alentejo

Data de Observação: 27/09/2006

Solo Mediterrâneo Pardo de Materiais Calcários Para-Hidromórfico – Pagc (Cardoso, 1974)

Luvissolo Gleizado (FAO, 2001)

Utilização do Solo: Restolho da cultura de milho-grão

- Ap1 0 - 20 cm** Húmido; pardo 10YR 4/3 (s) e pardo escuro 10YR 3/3 (h); franco-argilo-arenoso; muito saibro, cascalho, pedra miúda e pedra de quartzo e calcário; compactidade média; firme a muito firme; anisóforme grosseira e média moderada; algumas fendas verticais; alguns poros finos e muito finos; muitas raízes médias, finas e muito finas; reacção ligeira ao HCl a 10%.  
Transição plana nítida para
- B 20 - 35/40 cm** Pouco húmido; pardo 10YR 4/3 (s) e pardo escuro 10YR 3/3 (h), com manchado cinzento e pardo avermelhado; franco-argiloso; muito saibro, cascalho, pedra miúda e pedra de quartzo e calcário; compactidade muito grande; muito firme; prismática grosseira fraca; raros poros muito finos; poucas raízes finas e muito finas; reacção ligeira ao HCl a 10%.  
Transição ondulada nítida para
- Cg 35/40 - 100 cm (f.c.)** Pouco húmido; cinzento 10YR 5/1 (s) e (h), com bolsas de calcário esbranquiçado e alaranjado, pulverulento; argiloso; compactidade grande; maciço; raras raízes finas e muito finas; horizonte gley; reacção muito viva ao HCl a 10%.



### Características físicas e químicas das amostras de terra crivadas correspondentes ao Perfil 106

| Local   | P 106   |             |          |
|---|---------|-------------|----------|
| Prof. (cm)  | 0-20    | 20-44       | 44-90    |
| Amostra n°  | 53418   | 53419       | 53420    |
| Elementos grosseiros (%)                                  | 7.89    | 5.82        | 8.33     |
| Textura   | Fr-A-Ar | Fr-argilosa | Argilosa |
| Areia Grossa (%)  | 43.62   | 31.97       | 15.89    |
| Areia Fina (%)  | 20.64   | 19.71       | 18.20    |
| Limo (%)  | 7.72    | 11.70       | 19.38    |
| Argila (%)  | 28.02   | 36.62       | 46.53    |
| pH (H <sub>2</sub> O)                                     | 7.99    | 8.08        | 9.08     |
| CE (dS m <sup>-1</sup> )                                  | 1.27    | 1.04        | 0.68     |
| SAR (mmol <sub>(c)</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>0.5</sup> | 1.75    | 0.79        | 2.92     |
| Cl (mmol <sub>(c)</sub> L <sup>-1</sup> )                 | 8.96    | 7.48        | 5.96     |

### Características hidrodinâmicas e físicas das amostras no estado natural dos Perfis P 106

|  | Perfil                                 | P106   |        |
|--|--|--------|--------|
|  |  | 0-20   | 20-44  |
|  | prof. (cm)                             |        |        |
| massa volúmica aparente (Mg m <sup>-3</sup> )        |  | 1.63   | 1.71   |
| Porosidade total (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> ) |  | 0.4020 | 0.4010 |
|  | 0,25 kPa (pF 0,4)                      | 0.3914 | 0.3916 |
|  | 1 kPa (pF 1,0)                         | 0.3772 | 0.3798 |
| teor de  | 3 kPa (pF 1,5)                         | 0.3490 | 0.3533 |
| água   | 6 kPa (pF 1,8)                         | 0.3363 | 0.3413 |
| (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )                  | 10 kPa (pF 2,0)                        | 0.3238 | 0.3324 |
| à sucção   | 20 kPa (pF 2,3)                        | 0.3130 | 0.3227 |
|  | 30 kPa (pF 2,5)                        | 0.3048 | 0.3146 |
|  | 100 kPa (pF 3,0)                       | 0.2800 | 0.2993 |
|  | 1500 kPa (pF 4,2)                      | 0.2119 | 0.2394 |
|  | K <sub>sat</sub> (cm d <sup>-1</sup> ) | 112.7  | 31.2   |

## ANEXO 2 - CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA DO SOLO DO MONTE DO PINHEIRINHO

### Perfil P126 (Dep. Ciência do Solo - Estação Agronómica Nacional)

Local: Monte do Pinheirinho, Ferreira do Alentejo

Data de Observação: 30/03/2007

Barro Preto Calcário Muito Descarboxinado – Bpc (Cardoso, 1974)

Calcic Vertisol (Eutric, Pellic) – (FAO, 2006)

Utilização do Solo: restolho de milho

- |           |                                |  |
|-----------|--------------------------------|--|
| <b>A</b>  | <b>0 – 40/43 cm</b>            | Pouco húmido; pardo acinzentado escuro 10YR 4/2 (s), (h); franco-argilo-arenosa; algum saibro e cascalho de quartzo; compacidade grande; muito firme, extremamente rijo, quando seco; prismática grosseira e média, moderada; pouco poroso, poros muito finos; algumas raízes finas e muito finas; reacção nula ao HCl (10%).<br>Transição plana nítida para                     |
| <b>B</b>  | <b>40/43 - 88 cm</b>           | Pouco húmido; cinzento muito escuro 10YR (s), (h); franco-argilosa; pouco saibro e cascalho de quartzo; compacidade média; extremamente rijo; firme; prismática grosseira e média, moderada; pouco poroso, poros muito finos; raras raízes muito finas; com películas de argila; reacção nula ao HCl (10%).<br>Transição plana nítida para                                       |
| <b>C1</b> | <b>88 - 112 cm</b>             | Pouco húmido; material originário de matriz cinzenta clara; franco-argilo-limosa; pouco saibro de quartzo, de calcário e de concreções de Mn; compacidade pequena; firme; prismática grosseira, fraca; pouco poroso, poros muito finos; sem raízes; reacção muito viva ao HCl (10%).<br>Transição plana gradual para   |
| <b>C2</b> | <b>112 – 145 cm<br/>(f.c.)</b> | Pouco húmido; material originário de matriz cinzenta clara com manchado cinzento e branco de calcário e amarelado de Fe; franco-limosa; muito cascalho de quartzo, de calcário e de concreções de Mn e pedra miúda de calcário; compacidade pequena; friável; prismática média, moderada, decompondo-se em anisoforme média e fina; sem raízes; reacção muito viva ao HCl (10%); |



### Perfil P127 (Dep. Ciência do Solo - Estação Agronómica Nacional)

Local: Monte do Pinheirinho, Ferreira do Alentejo

Data de Observação: 30/03/2007

Solo Mediterrâneo Pardo de Materiais Calcários Para-Hidromórfico – Pagc (Cardoso, 1974)

Calcic Gleyic Luvisol (Manganiferric, Abruptic) – (FAO, 2006)

Utilização do Solo: restolho de milho

- |           |                     |   |
|-----------|---------------------|---|
| <b>A</b>  | <b>0 – 42 cm</b>    | Pouco fresco; pardo pálido 10YR 6/3 (s) e pardo 10YR 5/3 (h); manchado escuro de Fe e Mn, nos últimos 12 cm da camada que apresenta mais elementos grosseiros mas também um maior teor de argila; areno-franca a franco-arenosa na parte inferior da camada; algum saibro, cascalho e pedra miúda de quartzo; compacidade pequena; muito friável, sem estrutura; muito poroso, poros finos e muito finos; bastantes raízes finas e muito finas nos primeiros 10 cm e raras raízes no resto da camada; reacção nula ao HCl (10%).<br>Transição plana nítida para |
| <b>Bg</b> | <b>42 - 100 cm</b>  | Pouco fresco; cinzento pardacento claro 2,5YR 6/2 (s) e (h), com manchado pardo forte (Fe) e pontos negros de concreções de Mn e de Fe (da dimensão de saibro); franco-argilosa; algum saibro e cascalho de quartzo; compacidade grande; muito firme; prismática muito grosseira a maciça; raros poros muito finos; sem raízes; reacção nula ao HCl (10%).<br>Transição plana nítida para   |
| <b>C</b>  | <b>100 - 155 cm</b> | Pouco fresco; material originário de cor cinzenta clara com bastante manchado pardo forte (Fe) e esbranquiçado (calcário); franco-argiloso-limosa; bastante saibro, cascalho e pedra miúda de calcário e bastantes concreções de Mn; compacidade média; friável; prismática grosseira, moderada, e na parte inferior da camada anisoforme subangulosa fina e média; sem raízes; reacção muito viva ao HCl (10%).<br>Transição plana gradual para  |



**Características físicas e químicas das amostras de terra crivadas (Perfil P126)**

| Local  | P126           |              |                 |              |
|--|----------------|--------------|-----------------|--------------|
|  | 0-40/43        | 40/43-88     | 88-112          | 112-145      |
| Prof. (cm)   | 0-40/43        | 40/43-88     | 88-112          | 112-145      |
| Amostra nº   | 53773          | 53774        | 53775           | 53776        |
| Elementos grosseiros (%)   | 0.2            | 0.1          | 0.0             | 0.0          |
| Areia grossa (%)   | 44.1           | 24.6         | 0.0             | 3.7          |
| Areia fina (%)   | 23.8           | 18.8         | 32.3            | 22.7         |
| Limo (%)   | 12.0           | 17.7         | 27.9            | 30.5         |
| Argila (%)   | 20.1           | 38.9         | 39.8            | 43.1         |
| Textura  | Fr. Arg. Aren. | Fr. Argilosa | Fr. Arg. Lim. * | Fr. Limosa * |
| pH (H <sub>2</sub> O)  | 7.19           | 7.50         | 8.57            | 8.83         |
| C orgânico (g kg <sup>-1</sup> )                                 | 9.81           | 6.99         | 2.42            | 1.31         |
| M.O. (g kg <sup>-1</sup> )                                       | 16.91          | 12.05        | 4.17            | 2.26         |
| N total (g kg <sup>-1</sup> )                                    | 0.406          | 0.273        | 0.140           | 0.070        |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilável (mg kg <sup>-1</sup> ) | 97             | n.d.         | 6               | 6            |
| K <sub>2</sub> O assimilável (mg kg <sup>-1</sup> )              | 44             | 42           | 30              | 28           |
| CaCO <sub>3</sub> (%)  | 0.0            | 0.0          | 33.9            | 37.1         |

**Características físicas e químicas das amostras de terra crivadas (Perfil P127)**

| Local  | P 127             |             |              |               |
|--|-------------------|-------------|--------------|---------------|
|  | 0-30              | 30-42       | 42-100       | 100-155       |
| Prof. (cm)   | 0-30              | 30-42       | 42-100       | 100-155       |
| Amostra nº   | 53777             | 53778       | 53779        | 53780         |
| Elementos grosseiros (%)   | 0.1               | 5.5         | 5.5          | 4.1           |
| Areia grossa (%)   | 59.9              | 51.0        | 26.6         | 10.0          |
| Areia fina (%)   | 24.0              | 23.6        | 20.7         | 20.2          |
| Limo (%)   | 6.9               | 8.9         | 19.6         | 36.5          |
| Argila (%)   | 9.2               | 16.5        | 33.1         | 33.3          |
| Textura  | Ar. fr. / Fr. ar. | Fr. arenosa | Fr. argilosa | Fr. arg. lim. |
| pH (H <sub>2</sub> O)  | 6.78              | 6.36        | 6.75         | 8.71          |
| C orgânico (g kg <sup>-1</sup> )                                 | 4.43              | 3.77        | 1.43         | 1.55          |
| M.O. (g kg <sup>-1</sup> )                                       | 7.64              | 6.50        | 2.46         | 2.68          |
| N total (g kg <sup>-1</sup> )                                    | 0.287             | 0.196       | 0.147        | 0.441         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilável (mg kg <sup>-1</sup> ) | 55                | 8           | vest.        | vest.         |
| K <sub>2</sub> O assimilável (mg kg <sup>-1</sup> )              | 13                | 17          | 26           | 26            |
| CaCO <sub>3</sub> (%)  | 0                 | 0           | 0            | 20.3          |

**Características hidrodinâmicas e físicas das amostras no estado natural dos Perfis P126 e P127**

| Perfil   | P126  |       | P127  |        |
|--|-------|-------|-------|--------|
|  | 0-40  | 40-75 | 0-42  | 42-100 |
| prof. (cm)   |       |       |       |        |
| massa volúmica aparente (Mg m <sup>-3</sup> )        | 1.88  | 1.62  | 1.64  | 1.68   |
| Porosidade total (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> ) | 0.390 | 0.420 | 0.360 | 0.385  |
| 0,25 kPa (pF 0.4)                                    | 0.384 | 0.409 | 0.354 | 0.381  |
| 1 kPa (pF 1.0)                                       | 0.367 | 0.402 | 0.325 | 0.364  |
| teor de 3 kPa (pF 1.5)                               | 0.333 | 0.392 | 0.283 | 0.355  |
| água 6 kPa (pF 1.8)                                  | 0.308 | 0.383 | 0.221 | 0.345  |
| (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> ) 10 kPa (pF 2.0)  | 0.292 | 0.377 | 0.188 | 0.336  |
| à sucção 30 kPa (pF 2.5)                             | 0.262 | 0.355 | 0.148 | 0.320  |
| 100 kPa (pF 3.0)                                     | 0.236 | 0.310 | 0.108 | 0.283  |
| 251 kPa (pF 3.4)                                     | 0.221 | 0.288 | 0.092 | 0.262  |
| 1500 kPa (pF 4.2)                                    | 0.188 | 0.261 | 0.056 | 0.230  |
| K <sub>sat</sub> (cm d <sup>-1</sup> )               | 27.3  | 9.7   | 249.4 | 13.2   |

## ANEXO 3 - BOLETIM ANALÍTICO DA LQA AMBIENTE

Prestação de Serviços, Gestão e Controlo Ambiental, Lda.



## BOLETIM ANALÍTICO

Boletim Definitivo

|   |  |
|---|--|
| <b>Amostra:</b> 2007/02046                        | Versão: 1.0  |
| <b>Tipo Amostra:</b> Água                         | <b>Requisitante:</b> LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil |
| <b>Designação da Amostra:</b> LNEC - Águas        | <b>À Atenção de:</b> Exma Sra Eng <sup>a</sup> Teresa Leitão         |
| <b>Ponto de Amostragem:</b> PML - Cp20 (25/06/07) | Av. Diogo de Leite, 344  |
| <b>Método de Amostragem:</b>                      | 4400 V. N. Gaia  |
| <b>Amostragem por:</b> Requisitante               |  |
| <b>Recepção:</b> 14 Julho 2007                    | <b>Início da Análise:</b> 14 Julho 2007                              |
|   | <b>Conclusão da Análise:</b> 30 Julho 2007                           |

## Determinações laboratoriais

| Determinação             | Método                   | Unidades           | Resultado            |
|--------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|
| Nitritos *               | SMEWW 4500-NO3 D (pot.)  | mg/l NO3           | 312                  |
| Nitritos *               | SMEWW4500-NO2 B          | mg/l NO2           | 1,2                  |
| Fosfatos *               | SMEWW 4500-P E-EAM       | mg/l PO4           | 96                   |
| Cálcio *                 | SMEWW 3500-Ca D          | mg/l Ca            | 46                   |
| Magnésio *               | SMWEE 3500-Mg E          | mg/l Mg            | 50,5                 |
| Dureza total             | SMEWW 2340 C             | mg/l CaCO3         | 322                  |
| Sódio *                  | SMEWW 3500-Na D (fot ch) | mg/l Na            | 101,0                |
| Potássio *               | SMEWW 3500-K D           | mg/l K             | 6,6                  |
| Sulfatos *               | SMEWW 4500-SO4 E         | mg/l SO4           | 54                   |
| Cloretos *               | SMEWW4500-Cl B (Tit.)    | mg/l Cl            | 237                  |
| Carbonatos *             | SMEWW 4500-CO2 D         | mg/l CO3           | <0,1                 |
| Alcalinidade             | NP EN ISO 9963-1         | mg/l CaCO3         | 11,7                 |
| pH (o)                   | SMEWW 4500-H B           | Escala de Sorënsen | 5,5 (medição a 26°C) |
| Carbono Orgânico Total # | C-E-1484                 | mg/l C             | 20                   |

## Observação:

## Notas:

Os ensaios assinalados com \* são ensaios não acreditados. Os ensaios assinalados com # são ensaios subcontratados.  
Os ensaios assinalados com (o) foram efectuados com compensação automática da temperatura.  
A amostragem não está no âmbito da acreditação.

V. N. de Gaia, 08 de Agosto de 2007.

O Responsável do Laboratório  
Lúcia Soares de Sousa

O boletim analítico refere-se apenas à amostra analisada, não podendo ser generalizado a processos, partidas ou lotes, salvo nos casos especificamente mencionados. Este documento é considerado confidencial, não podendo ser parcialmente reproduzido, nem ser utilizado para fins publicitários, sem a nossa prévia autorização escrita.

Pagina: 1 de 1

Sede:  
Rua Delfim de Lima, 3524 | 4410-229 Canelas, V. N. Gaia | NIF: 504 574 299 | Tel. (+351) 22 71 29 294 | Fax (+351) 22 71 29 296

inform@egi-ambiente.com  
www.egi-ambiente.com



