

INICIATIVA COMUNITÁRIA INTERREG II C

**PROGRAMA OPERACIONAL DE ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO
E LUTA CONTRA A SECA EM PORTUGAL**

**MEDIDA 2 – Reforço e Optimização do uso da Água na Agricultura
(FEOGA – O)**

PROJECTO: Estudo do movimento da água no solo num sistema de rega gota-a-gota

RELATÓRIO TÉCNICO

RESPONSÁVEL PELO PROJECTO: JOSÉ CARLOS TOMÁS

Faro, 25 de Outubro de 2001

ÍNDICE

- 1 – Introdução
 - 2 – Local em que decorreram os trabalhos de campo
 - 3 - Material e Métodos
 - 3.1 – Estudo do movimento da água no solo
 - 3.1.1 – Dotações de rega aplicadas
 - 3.2 – Estudo da drenagem
 - 3.3 – Concentração de nitratos na solução do solo
 - 3.4 – Cálculo da lixiviação
 - 4 - Resultados obtidos
 - 4.1 – Movimento da água no solo
 - 4.2 – Drenagem ocorrida
 - 4.3 - Evolução da concentração de nitratos na solução do solo
 - 4.4 – Lixiviação ocorrida
 - 5 – Conclusões
 - 6 - Referências bibliográficas
-
- Anexo 1 – Características da água de rega
 - Anexo 2 - Perfil tipo do solo:
 - Anexo 3 – Características físicas das amostras de solo não crivadas
 - Anexo 4 - Características físicas das amostras crivadas (<2 mm)
 - Anexo 5- Curvas características de humidade
 - Anexo 6 - Características químicas do solo
 - Anexo 7 - Precipitações acumuladas e temperaturas médias registadas entre dois eventos de monitorização

1 – Introdução

A actividade agrícola intensiva de regadio é tida como uma das principais fontes de contaminação das águas subterrâneas devido à utilização de grandes quantidades de fertilizantes químicos e de pesticidas, associadas a intensos movimentos de água no solo.

Nos últimos anos generalizou-se no Algarve a utilização dos métodos de rega localizada nas principais culturas de regadio da região. Estima-se que nos citrinos, a principal cultura de regadio da região, com uma ocupação rondando os 18000 ha, cerca de 90% da área total dos pomares seja regada por rega localizada, principalmente na variante gota-a-gota, com cerca de 60% do total.

Em 1997 foi transposta para a legislação nacional a Directiva Comunitária nº91/676/CEE, relativa à protecção das águas contra a poluição difusa causada por nitratos de origem agrícola, através do decreto-lei nº235/97, de 3 de Outubro, que obrigou à identificação e delimitação de Zonas Vulneráveis, tendo sido identificada, no Algarve, a Campina de Faro. Mais recentemente, coloca-se a hipótese de serem delimitadas mais sete nos aquíferos de Covões, Querença-Silves, Albufeira-Ribeira de Quarteira, Quarteira, São João da Venda-Quelfes, Luz de Tavira e São Bartolomeu.

Face à dimensão do problema actual e às preocupações que se colocam relativamente ao futuro da agricultura de regadio no Algarve, entendeu-se que se justificava a elaboração de um trabalho com o objectivo de tentar aprofundar conhecimentos sobre o movimento da água no solo em sistemas de rega gota-a-gota, sobre a lixiviação de nitratos resultantes da prática de fertirrega. Neste trabalho procurou-se também definir uma metodologia simples para estimar a lixiviação de nitratos numa situação frequente no Algarve: a fertirrega localizada em pomares de citrinos.

O trabalho consistiu fundamentalmente na monitorização do teor de humidade do solo a diferentes profundidades a monitorização da concentração de nitratos para permitir a avaliação do movimento da água no solo e a estimativa da lixiviação de nitratos.

2 – Local em que decorreram os trabalhos de campo

Para a execução material do Projecto utilizou-se um ensaio de fertilização azotada instalado no início de Abril de 1999, com laranjeiras Lane Late sobre citranjeiras Carrizo, sendo o compasso de plantação de 5 m por 3,5m. Trata-se de um ensaio de fertilização azotada com cinco níveis de N, com o objectivo de se obterem conclusões sobre o nível de fertilização mais

racional, tendo em vista a produtividade e a diminuição das perdas de N que contribuem para a contaminação das águas subterrâneas pelos nitratos de origem agrícola. níveis de azoto do ensaio de fertilização azotada. Por dificuldades financeiras, nos trabalhos de campo utilizaram-se apenas três dos cinco níveis: os dois extremos e o central; em que o nível mais baixo corresponde a uma fertilização demasiado baixa, o nível central a uma fertilização tida como racional e o mais alto a uma fertilização demasiado elevada.



Figura 1. Ensaio

A rega do ensaio realiza-se por um sistema de rega composto por tubagem de polietileno com gotejadores autocompensantes de débito de cerca de 3.8 L/h. Durante os trabalhos de monitorização cada árvore foi regada por 2 gotejadores. Em Setembro de 2000 foi adquirido o equipamento de automatização das regas e fertirregas.

A água de rega é proveniente de uma captação subterrânea existente no CEHFP. No Anexo 1 apresentam-se as usas características.

O ensaio está instalado no Centro de Experimentação Horto-Frutícola do Patacão, na planície aluvionar conhecida por Campina de Faro, num Podzol Hidromórfico com surraipa de areias ou arenitos (Pzh), de acordo com a classificação de SROA/CNROA (Cardoso, 1974), ou Podzol gleizado (PZgl), segundo a classificação da ISSS-ISRIC-FAO (1998). No Anexo 2 apresenta-se a descrição de um perfil aberto na parcela.



Figura 2. Cabeçal de rega automatizado

Desse perfil, recolheram-se amostras não perturbadas de solo, a partir das quais se determinaram as características físicas do solo, no Laboratório de Pedologia da Estação Agronómica Nacional (EAN), as quais se apresentam no Anexo 3.

Determinaram-se as características no estado natural, depois de passadas no crivo de 0,002 m, apresentando-se os respectivos resultados no Anexo 4.

A partir das características de amostras no estado natural, determinaram-se as curvas características de humidade, para as profundidades de 0,10, 0,30 e 0,90 m que se apresentam no Anexo 5.

Através de uma sonda de hélice, recolheram-se amostras de solo compósitas para determinação das características químicas, sendo as análises realizadas no Laboratório de Solos e Fertilidade da DRAALG. No Anexo 6 apresentam-se os resultados.

3 - Material e Métodos

No estudo escolheram-se, ao acaso, 4 árvores de cada nível de fertilização, para a monitorização do movimento da água no solo e da concentração de nitratos na solução do solo.



Figura 3. Ponto monitorizado

3.1 - Estudo do movimento da água no solo

Pretendeu-se estudar principalmente a profundidade atingida pela frente de humedecimento, em função das dotações de rega. Este aspecto tem influência na absorção de água e dos nutrientes, pois se a água e os solutos atingem camadas de solo abaixo da zona de maior concentração das raízes, tal significa a ocorrência de perdas de água, por percolação profunda, e lixiviação de nutrientes. Interessa, assim, controlar a profundidade atingida pela frente de humedecimento para aumentar a eficiência de rega.



Figura 4. Medição do teor de humidade através da sonda TDR

Para determinar o movimento da água no solo, em profundidade, adquiriu-se a sonda tubular TDR e utilizou-se também uma sonda capacitiva cedida por uma firma da região. Monitorou-se, assim, os teores de humidade volúmica do solo a 0,1, 0,3, 0,6 e 0,9 m de profundidade, a uma distância de cerca de 0,1 m do gotejador e através das respectivas leituras avaliou-se o movimento.



Figura 5 Sonda capacitiva

Consideraram-se duas situações distintas: a época de outono-inverno, de Novembro a Fevereiro, e a época de fertirregas, de Março a Setembro.

No período de outono-inverno, monitorou-se, semanalmente, o teor de humidade do solo, nos 12 pontos de observação, às profundidades de 0,1, 0,3, 0,6 e 0,9 m, através da sonda TDR.

Na situação de primavera-verão, época das fertirregas, utilizou-se também a sonda capacitiva que por estar ligada a um “logger”, permitiu medir continuamente o teor de humidade. Essa sonda foi instalada no centro do talhão, junto a um dos gotejadores.

3.1.1 - Dotações de rega aplicadas

Para determinação das dotações de rega, calculou-se a evapotranspiração cultural através dos valores da evaporação obtidos numa tina de evaporação de classe A situada nas proximidades do ensaio, corrigidos por um coeficiente relacionado com as características do meio em que está inserida a tina e multiplicados pelos coeficientes culturais correspondentes a cada fase do ciclo da cultura.

No quadro 1, apresentam-se as dotações de rega aplicadas durante o período em que se realizou a monitorização.

Dotações de rega (L/planta/dia)

Mês	Frequência das regas (dias/semana)	Dotação (L/planta)
Fevereiro	2	6,6
Março	4	7,3
Abril	Diária	4,4 (a)
Maio	Diária	7,0 (b)
Junho	Diária	10,3
Julho	Diária	11,0
Agosto	Diária	11,0
Setembro	Diária	11,0

a) a partir de 19/04

b) primeira rega em 16/05

3.2 - Estudo da drenagem

O estudo da drenagem permite calcular a quantidade de água e de solutos transferidos para fora da zona radicular.

Na época de outono-inverno a drenagem foi calculada através da realização de balanços hídricos realizados para cada ponto observado, utilizando-se para isso a expressão:

$$\Delta S = R + I - D - AET \quad (1)$$

em que ΔS é a variação da água armazenada (mm) no perfil do solo explorado pelas raízes, **R** é a precipitação (mm), **I** a dotação de rega (mm), **D** é a drenagem (mm), na profundidade **z** correspondente à zona radical, e **AET** a evapotranspiração cultural actual, estimada através da metodologia já descrita anteriormente, sendo a variação do volume de água armazenada água determinada directamente através das medições periódicas do teor de humidade.

Os valores de **R** foram obtidos directamente da estação meteorológica existente a cerca de 200 m do local.

No anexo 7 apresentam-se as temperaturas médias e as precipitações acumuladas no período que decorreu entre dois eventos de monitorização.

Na época das fertirregas o cálculo da drenagem determinado de forma algo diferente, tendo sido estimada através da simples variação do teor de humidade na camada de solo abaixo das raízes (0,6 a 0,9 m), de acordo com o preconizado por Fares e Alva (2000).

3.3 - Concentração de nitratos na solução do solo

Determinou-se a concentração de nitratos na solução do solo, resultante dos 3 níveis de fertilização azotada e das quantidades de água aplicadas. A recolha de solução do solo iniciou-se em Outubro de 1999, tentando-se avaliar as consequências da fertilização realizada na campanha anterior, e prolongando-se até Setembro de 2000, para avaliar os efeitos das fertirregas.

No quadro 2 indicam-se as quantidades totais de azoto aplicadas durante os anos de 1999 e 2000. O nível 1 corresponde, teoricamente a uma fertilização azotada deficitária, o nível 2 ao que é geralmente preconizado para laranjeiras com um a dois anos de permanência no campo e o nível 3 a uma fertilização excessiva

Quadro 2
Fertilizações totais anuais com azoto

Ano	Nível 1		Nível 2		Nível 3	
	g/planta	Kg/ha	g/planta	Kg/ha	g/planta	Kg/ha
1999	6	3,43	24	13,72	96	54,9
2000	15	8,6	60	34,3	240	137

No quadro 3 apresenta-se a distribuição dessas quantidades ao longo do ciclo cultural.

Quadro 3
Fraccionamento do azoto ao longo do ciclo

	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Julho/99	2	8	32
Agosto/99	2	8	32
Setembro/99	1	4	16
Outubro/99	1	4	16
Março/2000	0,75	3	12
Abril/2000	1,5	6	24

Maio/2000	1,5	6	24
Junho/2000	2,25	9	36
Julho/2000	3	12	48
Agosto/2000	3	12	48
Setembro/2000	2,25	9	36

A monitorização da concentração dos nitratos da solução do solo realizou-se através da recolha da solução às profundidades de 0,3 e 0,9 m.

A solução foi recolhida do interior de cápsulas de sucção, de cerâmica, instaladas às profundidades de 0,3 e 0,9 m, a cerca de 0,1 m do gotejador. As cápsulas foram colocadas à tensão de cerca de 70 kPa, através da utilização de uma pequena bomba de vácuo. A solução foi extraída através de uma seringa apropriada e transportada para o Laboratório de Solos e Fertilidade da DRAALG, para determinação do teor de nitratos através de potenciometria por ião selectivo.



Figura 6. Recolha da solução do solo

Considerou-se que na camada de 0 a 0,3 m ocorreria a maior taxa de mineralização da matéria orgânica do solo e também o maior consumo de água e dos nutrientes pelas plantas. Considerou-se também que a solução recolhida à profundidade de 0,9 m seria resultante de lixiviação, por a essa profundidade não haver praticamente raízes capazes de absorverem os solutos.

Para além das cápsulas colocadas junto às 12 árvores, instalaram-se também outro

tubo de acesso para a sonda TDR e mais duas cápsulas de sucção num ponto não fertilizado, nem regado, situado no centro do talhão para monitorização da taxa de mineralização do solo.

3.4 - Cálculo da lixiviação

Assumiu-se, nesta situação em que o solo é bastante arenoso, que se poderá considerar que o movimento do soluto é unidimensional vertical e que o volume de solo humedecido pelos gotejadores tem a forma de um cilindro. Desprezou-se também a contribuição da dispersão para o fenómeno da lixiviação, considerando-se apenas a convecção, de acordo com Kengni *et al.* (1994) Para se calcular a lixiviação resultante dos 3 níveis de fertilização utilizou-se a expressão:

$$L_N = DC_z \quad (2)$$

em que **D** é a drenagem e **C** a concentração dos nitratos na solução do solo.

Para a situação de fertirrega, considerou-se que só haveria lixiviação nas superfícies humedecidas pelos gotejadores. Considerou-se de 0,4 m o diâmetro médio dos círculos humedecidos pelo gotejadores. Nos cálculos por “hectare” considerou-se apenas a área total dos círculos humedecidos, contidos no hectare.

4 - Resultados obtidos

4.1 - Movimento da água no solo

Observou-se que no fim das regas o diâmetro humedecido, pelo gotejador, na superfície do solo apresentava cerca de 0.4 m de diâmetro, revelador da predominância do movimento gravitacional em relação ao movimento através do potencial capilar.

Atendendo a que durante o período em decorreram os trabalhos houve sempre dois gotejadores por planta, de débito de cerca de 3,8 L/h, as maiores dotações de rega pretendidas foram alcançadas através de maiores tempos de funcionamento dos gotejadores, o que provocou maiores profundidades atingidas pela frente de humedecimento.

Nas figuras 7, 8 e 9 apresenta-se a evolução do teor de humidade no solo ao longo do perfil do solo e do tempo, num bolbo humedecido por um gotejador, representando três dotações de rega diferentes, correspondentes às aplicadas diariamente nos meses de Abril, Maio e Agosto. O teor de humidade foi medido continuamente através da sonda capacitiva, com quatro sensores às profundidades de 0,1, 0,3, 0,6 e 0,9 m.

Na figura 7 representa-se uma série de eventos de rega sucessivos com 35 minutos de duração, correspondendo a uma dotação de cerca de 4,4 L por planta aplicada através de 2 gotejadores de débito de 3,8 L/h. Essa dotação foi aplicada diariamente no mês de Abril.

Conforme se pode observar, a frente de humedecimento alcançou os 0,6 m de profundidade após o término da rega, como consequência da elevada condutividade hidráulica do solo, com uma predominância do movimento gravitacional em relação ao movimento gerado pelo gradiente de potencial matricial.

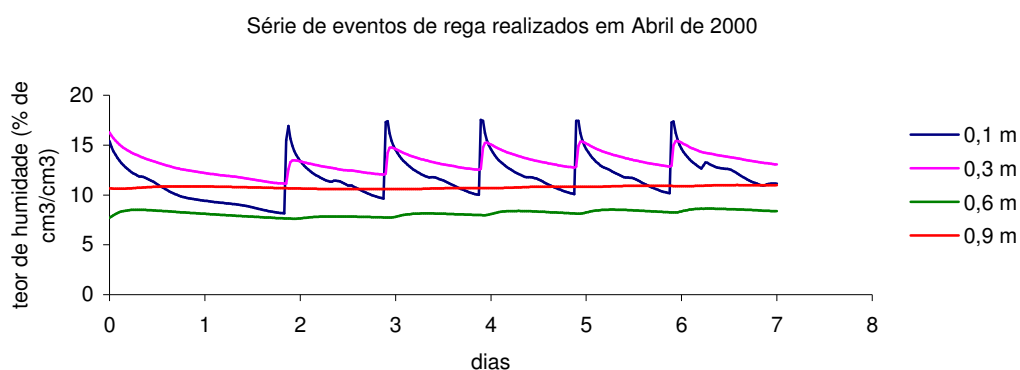


Figura 7. Humedecimento do solo resultante de uma rega com 35 minutos de duração, correspondente a uma dotação de 4.4 L/planta/dia

Na figura 8 pode-se observar a situação correspondente a regas com 56 minutos de duração, correspondente a uma dotação diária de 7 L/planta, aplicada durante o mês de Maio.

Na figura 10 pode-se observar com maior detalhe a evolução do teor de humidade nos quatro pontos observados no perfil.

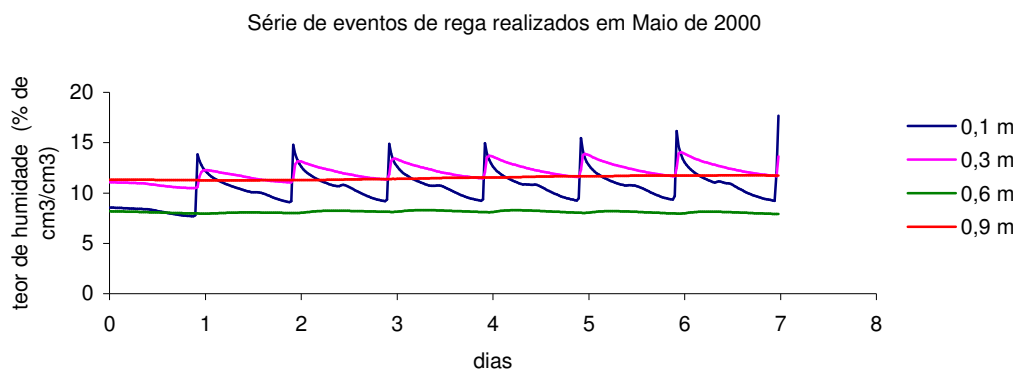
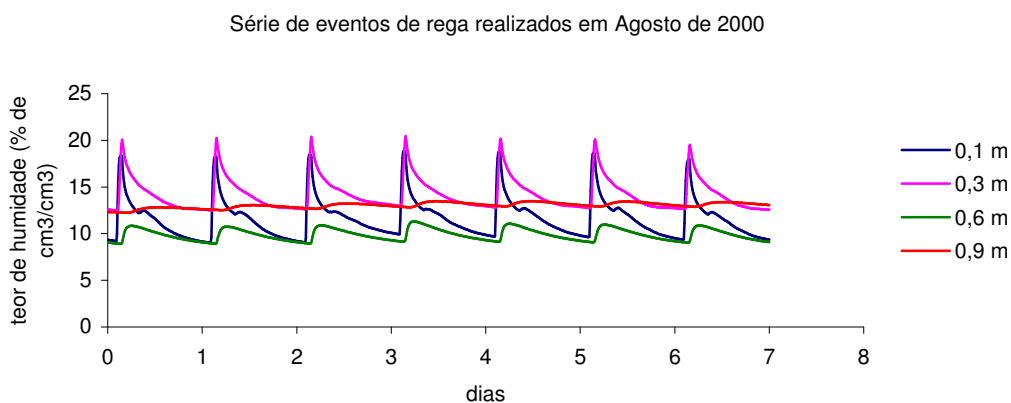


Figura 8. Humedecimento do solo resultante de uma rega com 56 minutos de duração, correspondente a uma dotação de 7 L/planta/dia

Na figura 9 apresenta-se o humedecimento causado por regas diárias com duração de cerca 90 minutos, cerca de 11 L/planta correspondendo aos meses de Julho a Setembro. Verifica-se que nesta situação há um claro aumento do teor de humidade à profundidade de 0,6 m, pouco depois de terminada a rega, como se pode observar melhor na figura 7 que pormenoriza a evolução do teor de humidade durante e pouco depois de terminada a rega.

Figura 9. Humedecimento do solo resultante de uma rega com 88 minutos de duração,



correspondente a uma dotação de 11 L/planta/dia

Na figura 11 pode-se observar que a frente de humedecimento atingiu também os 0,9 m de profundidade, embora só algumas horas depois do término da rega, existindo assim perdas por percolação profunda neste período, atendendo a que nesta fase do desenvolvimento das plantas o seu sistema radical não excederá os 0,6 m de profundidade.

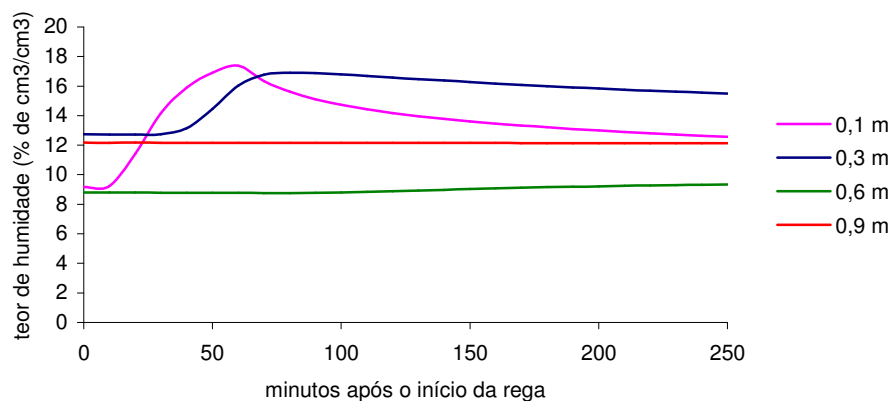


Figura 10. Evolução do teor de humidade no perfil do solo, durante e após uma rega com 56 minutos de duração com um gotejador de débito de 3,8 L/h.

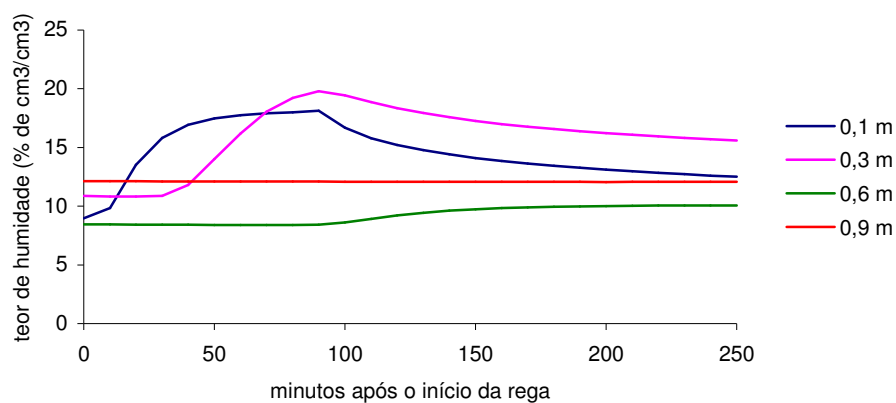


Figura 11. Evolução do teor de humidade no perfil do solo, durante e após uma rega com 90 minutos de duração com um gotejador de débito de 3,8 L/h.

4.2 - Drenagem ocorrida

No quadro 4 apresentam-se os valores de drenagem calculados para a drenagem ocorrida durante o período outono-inverno, a qual foi bastante uniforme conforme se poderá observar no quadro 4.

A determinação da drenagem ocorrida durante o período das fertirregas, resultante das regas, realizou-se a partir do estudo do teor de humidade no solo ao longo do perfil do solo, em função da dotação de rega, a qual está directamente associada ao tempo de rega.

Quadro 4
Drenagem ocorrida no período outono-inverno (mm)

Período	Nível 1		Nível 2		Nível 3	
	Média	Desv. Pad.	Média	Desv. Pad.	Média	Desv. Pad.
22/10 a 25/10/99	33,7	0,3	33,6	0,6	33,7	0,3
26/10 a 15/11/99	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1
16/11 a 23/11/99	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24/11 a 29/11/99	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/11 a 6/12/99	45,1	0,6	44,7	1,1	44,8	0,4
7/12 a 12/12/99	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13/12 a 19/12/99	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
20 a 26/12/99	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27/12/99 a 3/01/000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4/1 a 12/01/00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12/01 a 17/01/00	36,2	0,6	35,9	0,5	36,2	0,9
18/01 a 24/01/00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25/01 a 01/02/00	13,3	0,4	13,2	0,2	13,4	0,1
2/02 a 7/02/00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8/02 a 13/02/00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14/02 a 21/02/00	0,3	0,1	0,5	0,4	0,1	0,0
22/02 a 1/03/00	2,3	0,3	2,2	0,2	2,5	0,1
Totais	131,2	0,6	130,3	0,4	130,8	1,3

No quadro 5 apresentam-se os valores de drenagem calculados para a época em que se realizaram as fertirregas. É de realçar que estes elevados valores foram determinados nos círculos humedecidos, com cerca de 0,4 m de diâmetro. Observa-se que a drenagem foi maior nos meses de maiores dotações, como consequência de maiores profundidades atingidas pela frente de humedecimento resultante de maiores tempos de funcionamento dos gotejadores.

Quadro 5
Drenagem no período de fertirrega

Meses	Drenagem (mm)
Março	19,6
Abril	29,5
Maio	21,2
Junho	89,7
Julho	102,5
Agosto	83,3
Setembro	67,3
Totais	413,0

4.3 - Evolução da concentração de nitratos na solução do solo

Na figura 12 apresentam-se os valores médios da concentração dos nitratos na solução do solo durante o período de outono-inverno de 1999/2000, às profundidades de 0,3 e 0,9 m, correspondentes aos 3 níveis de fertilização praticados na campanha anterior e num ponto do talhão, no qual não houve fertilização.

A evolução dos teores de nitratos na solução do solo, no período outono-inverno de 1999/2000, após as fertilizações azotadas da primavera e verão de 1999, mostrou-se bastante dependente das precipitações registadas.

A influência das fertilizações praticadas anteriormente só se terá feito sentir até ao início de Dezembro, altura em que as concentrações da solução recolhida nos pontos fertilizados com o nível 3 de fertilização terão sido ligeiramente superiores às dos outros dois níveis. A partir dessa data os teores encontrados na solução do solo dependeram principalmente da mineralização da matéria orgânica ocorrida nos diversos pontos.

Pode-se observar também, apesar das reservas que merece o facto de só se ter estudado um ponto não fertilizado, o “nível zero”, foi aí que se registaram os maiores valores da concentração de nitratos, provavelmente por não haver uma árvore próxima para consumir o azoto disponível no solo.

Esse ponto foi instalado mais tarde e permitiu avaliar a mineralização da matéria orgânica, através das concentrações a 0,3 m de profundidade, a qual terá sido mais elevada entre 6 de Dezembro até 18 de Janeiro, apesar de as temperaturas médias terem sido as mais baixas registadas no período do estudo, tendo descido de 15 a 9°C, durante esse período.

As concentrações da solução recolhida a 0,3 m diminuiram acentuadamente após 18 de Janeiro devido às precipitações ocorridas nessa nos dias anteriores, em que terá ocorrido intensa lixiviação. Observou-se também que nesse ponto as concentrações de nitratos a 0,9 m foram sempre superiores às obtidas a 0,3 m.

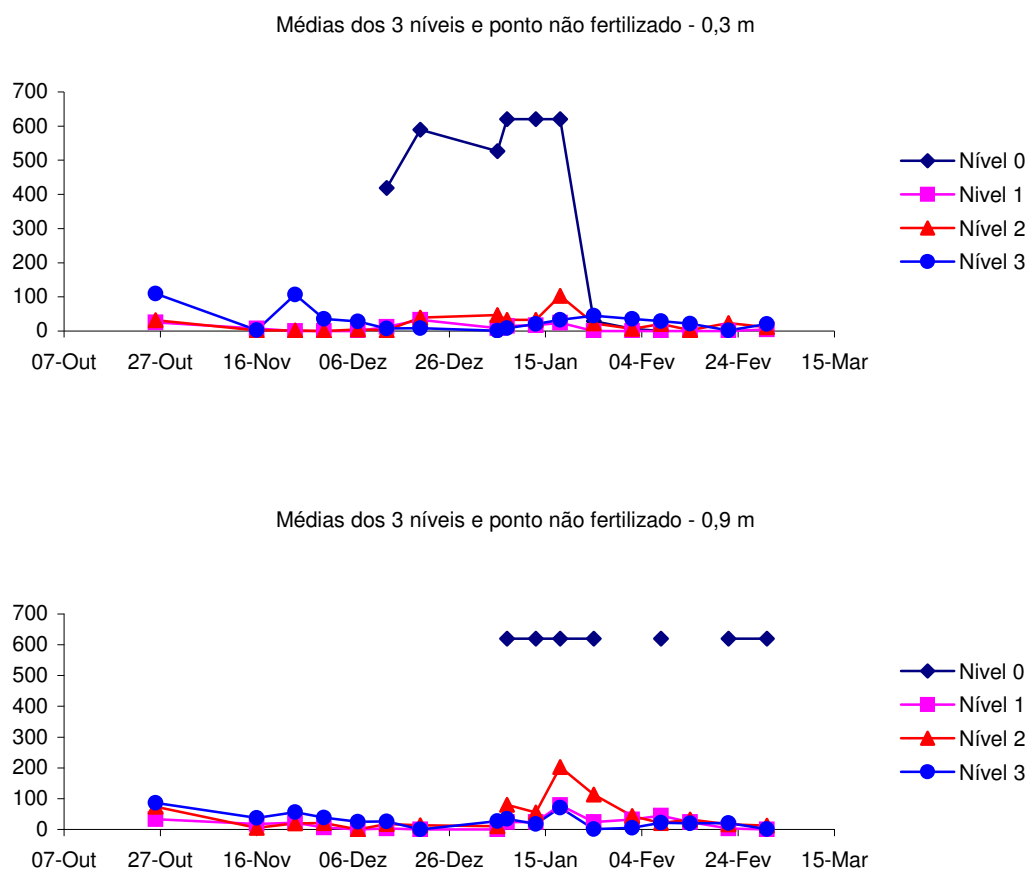
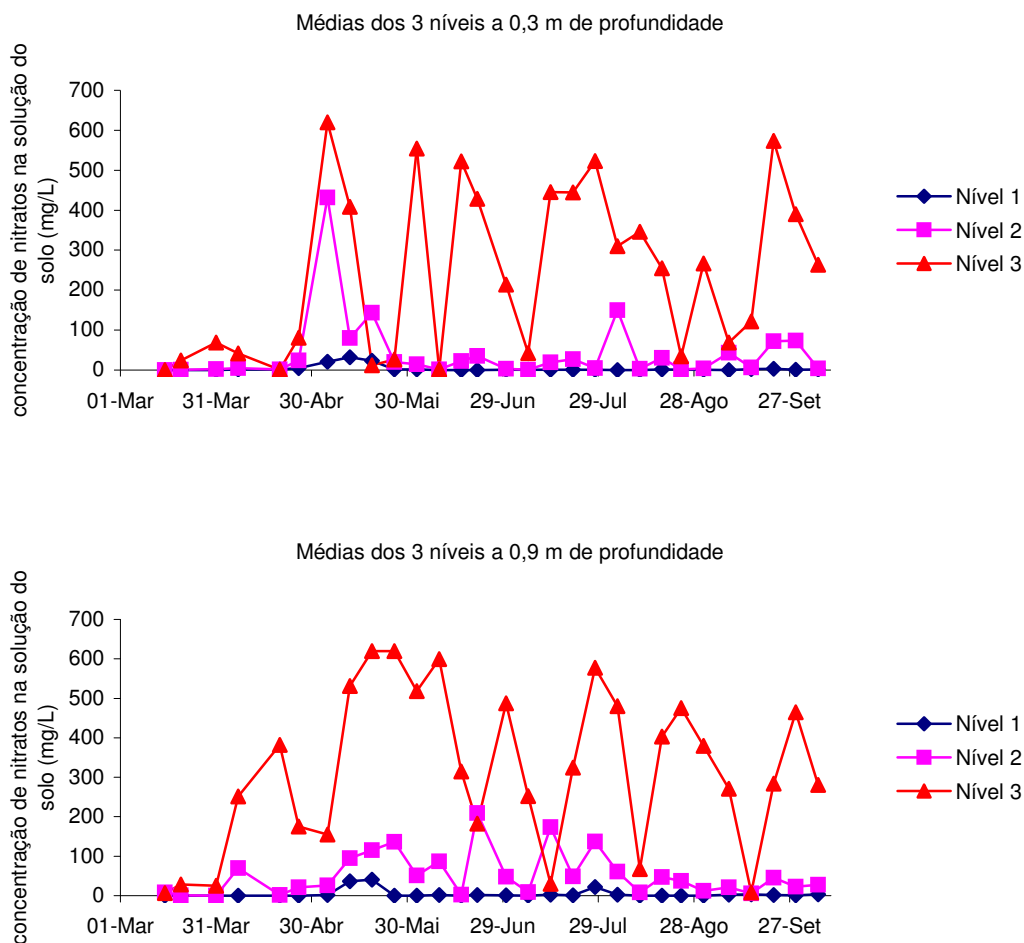


Figura 12. Evolução das concentrações de nitratos nos 3 níveis de fertilização, considerando os valores médios, e no ponto não fertilizado, no período outono-inverno.

Na figura 13 apresentam-se os valores médios da concentração dos nitratos na solução do solo, registados no período em que se realizaram as fertirregas, também correspondentes aos 3 níveis de fertilização.

Figura 13. Evolução das concentrações de nitratos nos 3 níveis de fertilização, considerando os



valores médios, e no ponto não fertilizado, no período primavera-verão.

Os valores obtidos durante este período foram, como seria de esperar, bastante mais elevados que os do período anterior. Acentuaram-se as diferenças entre os 3 níveis, de acordo com as quantidades de fertilizante aplicadas.

Na figura 13 podem-se observar os valores médios de cada nível, em que as maiores concentrações de nitratos observadas corresponderam sempre ao nível 3. Observa-se também que a 0,9 m de profundidade foi no mês de Maio que se verificaram as maiores concentrações por se terem realizado menos fertirregas que nos meses de verão o que implicou que as quantidades de N fossem menos distribuídas.

Os valores do nível 1 são os mais baixos, praticamente sempre inferiores a 50 mg/L.

Pode-se concluir que as plantas absorveram bastante do N aplicado no nível 2 nos meses de Agosto e Setembro. Atendendo a que se trata um nível de fertilização tido como racional, os valores médios registados nas concentrações dos nitratos na solução do solo, não muitas vezes superiores a 50 mg/L, são bastante aceitáveis, numa perspectiva ambiental.

Observa-se que as concentrações do nível 3 são tendencialmente bastante mais elevadas que o quádruplo dos valores do nível 2, principalmente nos meses de Julho a Agosto, o que significa que a taxa de aplicação do N excedeu largamente a capacidade de absorção das plantas.

Verifica-se também que os picos registados são pouco persistentes, dependentes das quantidades aplicadas, diminuindo rapidamente quando não se realizam as fertilizações situação também observada por Alva e Paramasivam (1998).

4.4 - Lixiviação ocorrida

Nos quadros 6 e 7 podem-se observar as quantidades lixiviadas de N-NOBBB_{3PBPBPBPB}^{-PPPP} nos períodos outono-inverno e no período da fertirrega.

Quadro 6
Lixiviação de N-NO₃⁻ no período de outono/inverno (Kg/ha)

Período	Nível 1		Nível 2		Nível 3	
	Média	Desv. Pad.	Média	Desv. Pad.	Média	Desv. Pad.
22/10 a 25/10/99	0,196	0,208	0,355	0,108	0,401	0,266
26/10 a 15/11/99	0,001	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000
16/11 a 23/11/99	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
24/11 a 29/11/99	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30/11 a 6/12/99	0,181	0,290	0,092	0,184	0,251	0,279
7/12 a 12/12/99	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
13/12 a 19/12/99	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002
20 a 26/12/99	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
27/12/99 a 3/01/000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4/1 a 12/01/00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12/01 a 17/01/00	0,410	0,799	0,876	1,174	0,358	0,457
18/01 a 24/01/00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
25/01 a 01/02/00	0,059	0,118	0,206	0,252	0,010	0,020
2/02 a 7/02/00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8/02 a 13/02/00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14/02 a 21/02/00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
22/02 a 1/03/00	0,000	0,000	0,004	0,008	0,000	0,000
Totais	0,848	1,289	1,533	1,383	1,021	0,664

No nível 1, correspondente a uma fertilização azotada deficitária, a lixiviação foi de cerca de 0,47 % das quantidades totais aplicadas, tendo as concentrações de nitratos na solução do solo sido quase sempre inferiores a 50 mg/L, abaixo dos valores máximos admissíveis na nossa legislação, para águas potáveis. Isto significa que se houvesse uma lixiviação permanente não seria este nível de fertilização que contribuiria para a ultrapassagem desse valor de referência.

No nível 2, tido como um nível adequado para plantas de citrinos neste estado de desenvolvimento, as perdas de N por lixiviação do N-NOBBB_{3PBPBPBPB}^{-PPPP} foram muito

reduzidas, cerca de 2,1% das quantidades totais de N aplicadas durante a época da fertirrega, em que as maiores quantidades lixiviadas ocorreram nos meses de maiores dotações de N e de rega, de Junho a Julho. As concentrações do NO_3^- na solução do solo, foram também muitas vezes inferiores a 50 mg/L, tendo-se registado os valores de concentração mais elevados nos meses de Maio a Julho.

O nível 3 de fertilização revelou-se excessivo para a capacidade de absorção das plantas, traduzindo-se por valores muito altos na concentração da solução do solo, frequentemente superiores a 600 mg/L.

Quadro 7
Lixiviação do N-NO_3^- no período de fertirrega (Kg/ha)

Meses	Nível 1			Nível 2			Nível 3		
	Média	Desv. Pad.	% Lixiv.	Média	Desv. Pad.	% Lixiv.	Média	Desv. Pad.	% Lixiv.
Março	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,009	0,011	0,125
Abril	0,000	0,000	0,024	0,031	0,047	0,903	0,271	0,171	1,975
Maio	0,005	0,005	0,574	0,038	0,042	1,107	0,286	0,113	2,090
Junho	0,002	0,003	0,185	0,168	0,159	3,267	1,232	0,249	5,994
Julho	0,025	0,040	1,466	0,325	0,262	4,736	1,055	0,185	3,850
Agosto	0,001	0,002	0,054	0,083	0,025	1,217	1,043	0,400	3,805
Setembro	0,005	0,002	0,367	0,052	0,036	1,013	0,425	0,255	2,068
Totais	0,038	0,050	0,470	0,697	0,421	2,141	4,321	0,634	3,319

5 – Conclusões

Os resultados obtidos demonstram que a rega gota-a-gota, pode ser otimizada através da utilização de adequado equipamento de monitorização e do conhecimento das características hidráulicas do solo. Os tempos de rega nos solos de textura arenosa têm uma forte influência sobre a profundidade atingida pela frente de humedecimento.

A rega gota-a-gota bem conduzida e as fertirregas racionais podem diminuir as perdas de azoto por lixiviação. É também importante otimizar a rega, para se evitem as perdas por percolação profunda que contribuem fortemente para a lixiviação de solutos como os nitratos.

Para uma boa gestão das regas, será importante o seu correcto planeamento, ao nível das dotações e frequências, e a opção pela utilização de equipamentos aplicadores de qualidade, com boa uniformidade de débito e autolimpantes, para prevenção dos entupimentos. No caso da rega gota-a-gota terá bastante interesse estudar o movimento da água no solo resultante dos diferentes débitos dos gotejadores existentes no mercado e de diferentes tempos de rega, em diferentes tipos de solos, para que possa haver melhores critérios na escolha dos sistemas mais adequados para cada situação.

Será importante, assim, a realização de mais trabalhos de monitorização nas situações mais representativas da região, sobre o movimento de água e solutos, nomeadamente os nitratos, ao longo do perfil do solo, recorrendo a equipamentos de monitorização como as novas sondas TDR. Deverão ser realizados mais trabalhos semelhantes a este noutras situações, nomeadamente em pomares adultos instalados em solos de diferentes características hidráulicas.

A divulgação das novas tecnologias para a monitorização da aplicação de água e dos nutrientes, associadas às boas práticas agrícolas, deverá ser também uma prioridade que poderá passar pela instalação de campos de demonstração em explorações de agricultores, para divulgação junto de técnicos e agricultores, poderão dar também um importante contributo para uma utilização mais eficiente da água e dos nutrientes na agricultura.

As acções enunciadas anteriormente poderão ser integradas num novo Projecto no âmbito do INTERREG III, mas com uma equipa técnica alargada, podendo eventualmente estas acções poderem ser integradas num Projecto que dê continuidade aos trabalhos desenvolvidos no Projecto INTERREG II - “Efeito do uso intensivo de fertilizantes e de produtos fitossanitários na qualidade do solo e das águas subterrâneas”.

6 - Referências bibliográficas

Alva, A.K; Paramasivam, S. (1998) – Nitrogen management for high yield and quality of citrus in sandy soils. *Soil Science Society America Journal* **61**: 1335-1342.

Fares, A ; Alva, A K. (2000) – Evaluation of capacitance probes for optimal irrigation of citrus through soil moisture monitoring in an entisol profile. *Irrigation Science* **19**: 57-64.

Kengni, L.; Vachaud, G.; Thony, J.L.; Laty, R. ; Garino, B.; Casabianca, H.; Jame, P.; Viscogliosi, R. (1994) – Field measurements of water and nitrogen losses under irrigated maize. *Journal of Hydrology* **162**: 23-46.

ANEXOS

Anexo 1

Características da água de rega

Parâmetros	Valores
PH	7,50
Condutividade eléctrica (dS/m)	0,81
cloreto de sódio (g/L)	0,117
razão de adsorção de sódio (SAR)	1,69
Carbonatos (mg/L)	0,00
Bicarbonatos (mg/L)	408,77
sódio (mg/L)	58,65
Potássio (mg/L)	1,56
Magnésio (mg/L)	35,02
cálcio (mg/L)	92,18
cloretos (mg/L)	71,00
nitratos (mg/L)	16

Anexo 2

Perfil tipo do solo:

A1	0-0,35 m	Pouco fresco; pardo acinzentado claro 10YR 6/2 (s); pardo a pardo escuro 10 YR 4/3 (h); arenoso; algum saibro e cascalho de Quartzo; compacidade mínima; solto; sem estrutura; muitas raízes finas, raras médias. Transição nítida para
A2	0,35-0,55 m	Pouco fresco; cinzento claro 10RY 7/2 (s); pardo acinzentado 10 YR 5/2 (h); arenoso; bastante saibro e cascalho de quartzo; compacidade mínima; solto; sem estrutura; algumas raízes finas; raras manchas pequenas acastanhadas ferruginosas. Transição nítida para
B2g	0,55-0,70 m	Pouco fresco; pardo muito pálido 10 YR 8/3 (s); pardo pálido 10 YR 6/3 (h); arenoso; sem estrutura; compacidade mínima; solto; alguma pedra miúda de surraipa em linha descontínua; sintomas mais ou menos evidentes de redução pelo destaque de algumas manchas pequenas e médias castanhas de material ferruginoso. Transição abrupta para
C1g	0,70-1,25 m	Fresco; material originário pardo muito pálido 10 YR 7/4 (s); pardo amarelado claro 10 YR 6/3 (h); arenoso; algum saibro, cascalho e pedra miúda de Quartzo rolado e de surraipa; estrutura grumosa média fraca; bastantes manchas castanhas e avermelhadas que reflectem variações de oxidação e redução intensas; medianamente poroso, poros muito finos e finos. Transição abrupta para
C2r	1,25-1,55 m	Material originário acentuadamente reduzido proveniente de arenitos pouco consolidados de compacidade elevada e fortemente manchado de tons castanhos com laivos acinzentados, assente em camada pouco permeável

Anexo 3

Características físicas das amostras de solo não crivadas

Profundidade (m)	0-0,10	0,20-0,30	0,40-0,50
Densidade aparente	1,42	1,55	1,65
Porosidade total (%)	40,3	38,8	34,5

Capacidade máxima para a água (%)	28,4	25,0	20,9
Teor de humidade (%) a pH:			
1,5	16,8	19,6	15,8
2,0	6,0	8,1	3,6
2,5	4,4	4,3	2,1
2,7	3,9	3,8	1,8
3,0	3,5	3,5	1,7
4,2	2,8	2,5	1,5

Anexo 4

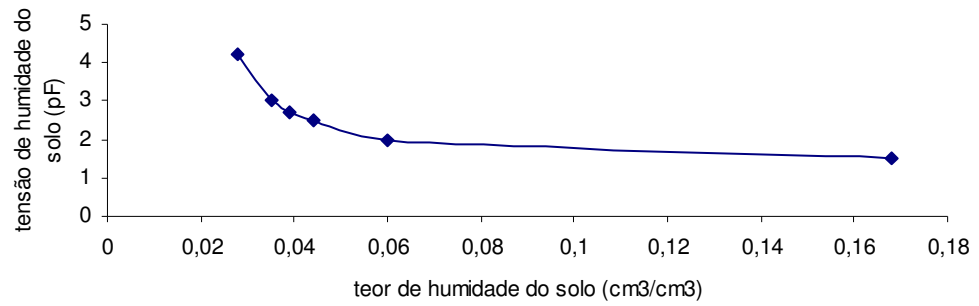
Características físicas das amostras crivadas (<2 mm)

Descrição	0-35	35-55	55-70	70-125
Elementos grosseiros > 0,002 m (%)	5,3	12,5	10,6	7,4
Humidade (%)	0,39	0,19	0,12	0,21
Areia grossa (%)	66,0	64,5	68,2	58,8
Areia fina (%)	30,3	32,2	27,3	34,9
Limo (%)	2,5	2,4	3,6	4,8
Argila (%)	1,2	0,9	0,9	1,5
Textura	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa
Densidade aparente	1,60	1,61	1,56	1,54
Porosidade total (%)	34,6	33,3	32,6	32,6
Capacidade máxima para a água (%)	21,6	20,7	20,9	21,2
Expansibilidade (%)	0,0	0,0	0,0	0,0
Contractilidade (%)	0,0	0,0	0,0	0,0
Teor de água a pF (%)				
1,5	14,6	12,7	10,0	10,4
2,0	5,2	4,2	4,2	6,3
2,5	3,6	2,7	2,6	4,1
2,7	3,0	2,3	2,2	3,4
3,0	2,5	1,8	1,8	2,8
4,2	1,5	1,1	0,8	1,0

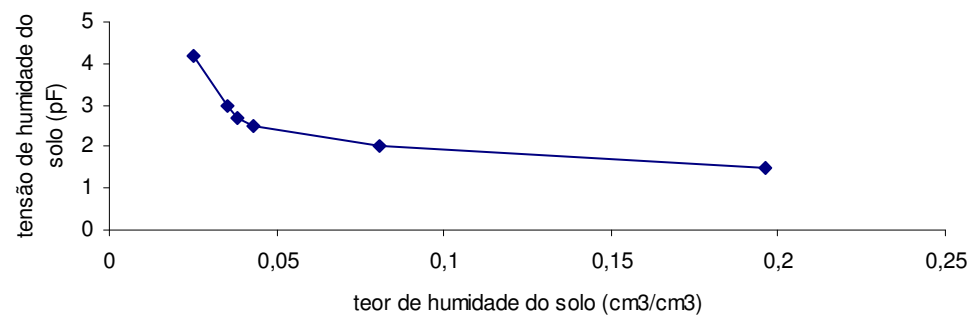
Anexo 5

Curvas características de humidade

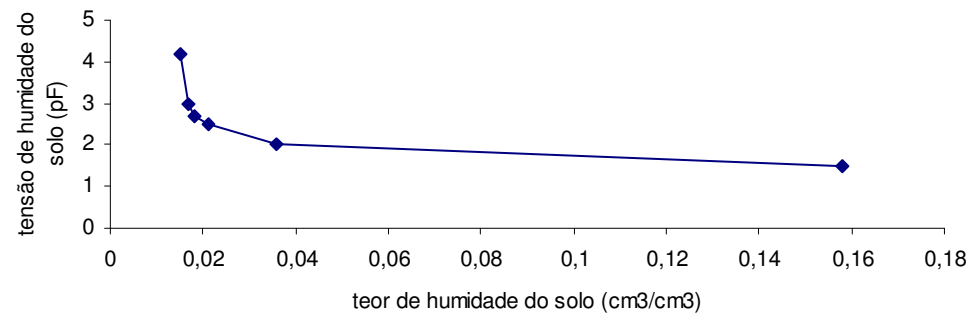
curva característica de humidade (0,1 m)



curva característica de humidade (0,3 m)



curva característica de humidade (0,9 m)



Anexo 6
Características químicas do solo

Parâmetros	0-0,25 m	0,25-0,50 m	0,50-0,75 m
Fósforo (PBBBB _{2BBBB} OBBBB _{5BBBB}) (ppm)	33	22	23
Potássio (KBBBB _{2BBBB} O) (ppm)	20	16	28
Matéria orgânica (%)	0,7	0,6	0,4
Carbono orgânico (%)	0,4	0,3	0,2
Azoto total (%)	0,03	0,04	0,03
Relação C/N	13,53	8,7	7,73
Textura	Grosseira	Grosseira	Grosseira
PH (HBBBB _{2BBBB} O)	6,2	6,5	6,6
Calcário total (%)	0	0	0
Condutividade eléctrica (mmhos/cm)	0,1	0,1	0,1
Ferro (ppm)	32	34	26
Manganês (ppm)	9	4	2
Zinco (ppm)	0,1	0,1	0,1
Capacidade de troca catiónica			
Bases de troca (meq/100g):			
Cálcio	0,50	0,30	0,25
Magnésio	0,01	0,01	0,01
Potássio	0,13	0,05	0,03
Sódio	0,17	0,04	0,13
Soma	0,81	0,40	0,42
Hidrogénio de troca	1,0	1,40	0,40
Capacidade de troca	1,81	1,80	0,82
Grau de saturação (%)	44,8	22,2	51,2

Anexo 7

Precipitações acumuladas e temperaturas médias registadas entre dois eventos de monitorização

