

Soil management and vegetation control effects on soil water content in olive orchards in Alentejo

C. Alexandre¹, J. Andrade¹ & T. Afonso²

RESUMO

Este trabalho compara o teor de água do solo, entre Janeiro de 2004 e Abril de 2005, em resultado da aplicação de 3 técnicas de controlo da vegetação herbácea em olivais jovens: cobertura com luzerna, *Medicago spp.* (L), mobilização tradicional (M) e não mobilização (N). A área em estudo localiza-se na Herdade dos Lameirões (DRAAl), Safara, a leste de Moura, envolvendo 6 parcelas de olival (var. “Galega”) situadas numa encosta com 4-5% de declive, num Solo Calcário Vermelho Para Barro derivado de calcários não compactos associados a xistos (Vc⁴), Cambissolo Vértico-Calcárico (Crómico) na terminologia WRBSR. A humidade do solo foi objecto de três tipos de monitorização: irregular (humidade gravimétrica), principalmente na camada 0-10 cm; periódica, quase quinzenal, com sondas PR1 (Delta-T)* até aos 40 cm; e contínua, com as mesmas sondas e profundidades anteriores. Atendendo às limitações das sondas PR1 em solos argilosos, os resultados são analisados comparativamente. O tratamento L teve uma redução mais rápida da

humidade na camada 0 a 20 cm nos períodos com maior desenvolvimento vegetativo e durante o Inverno de 2005 (com temperaturas mínimas muito baixas, grandes amplitudes térmicas diárias e extrema secura). O tratamento M evidencia maior descontinuidade do perfil hídrico dos 10-20 cm para os 20-30 cm, indiciando menor drenagem para as camadas subjacentes aos 20 cm. O mesmo tratamento registou maiores variações de humidade entre os 0 e os 20 cm, durante o Verão de 2004, em que se manteve com solo nu, diferença que pode dever-se a uma maior interceptação e evaporação pelos resíduos vegetais existentes à superfície nos tratamentos L e N. O tratamento N indicia um perfil hídrico mais homogéneo: a ausência de mobilizações permite uma maior variação da humidade nas camadas subjacentes aos 20 cm do que no tratamento M e o controlo da vegetação (com herbicida na linha e corte na entrelinha) origina menores perdas de humidade entre os 0 e os 20 cm do que no tratamento L. (* Referência apenas com fins informativos).

¹ Dep. de Geociências e ICAM, Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora tel: 266745301; fax: 266745397; e-mail: cal@uevora.pt;

² Colaboradora no Projecto AGRO n^o298

ABSTRACT

This paper compares results of soil water content, measured between January of 2004 and April of 2005, under 3 different methods of soil management and weed control in young olive orchards: alfalfa cover, *Medicago spp.* (L), conventional tillage (M), and no tillage (N). This study is being carried out in trials of olive orchards set up near Moura, Alentejo. The plots used for soil water measurements are located on a slope with 4-5% gradient with a Calcaric-Vertic Cambisol (Chromic), according to the WRBSR. Soil water content was measured with three different methods and frequencies: irregular, by the gravimetric method, mainly for the 0-10 cm layer; periodic, approximately twice a month, with a probe PR1 (Delta-T)* from 0 to 40 cm depth, and continuously, with the same probes and depths. Considering the limitations of PR1 probes for clayey soils, results are discussed comparatively. Alfalfa treatment reveals a quicker decrease of the soil water content for the layer 0 to 20 cm on periods of greater plant growth, and also during the winter of 2005 (with very low minimum temperatures, high daily thermal amplitudes and extreme dryness). Conventional tillage shows some signs of greater discontinuity in soil water content profile between 10-20 cm and 20-30 cm layers, suggesting worse drainage around 20 cm depth. Soil under conventional tillage was kept bare during the summer of 2004 and showed greater variation on soil water content between 0 and 20 cm. This difference might be the result of a greater amount of intercepted rain, trapped on the mulch residues at soil surface, on the alfalfa and no tillage treatments. The soil under no tillage shows a more homogeneous soil water profile: no tillage allows a greater variation of soil wa-

ter content under 20 cm depth than the conventional tillage, and weed control makes a lower soil water loss above 20 cm depth than the alfalfa cover. (* Mention made only for information).

INTRODUÇÃO

O controlo dos estratos herbáceo e arbuscivo é essencial para uma boa exploração do olival, com especial importância na fase pós-instalação. As técnicas usadas para esse fim têm implicações directas na gestão do olival, por exemplo, no custo que lhes está associado, e indirectas, por exemplo, na reserva de água disponível no solo (factor crucial para minimizar os prejuízos de curtos períodos de seca intra-aneais) ou na traficabilidade do solo na época de colheita.

As práticas tradicionais de controlo da vegetação herbácea em olival assentam essencialmente na mobilização do solo, normalmente com grade de discos, de modo a manter o solo tanto quanto possível limpo de qualquer vegetação. A progressiva generalização de mobilizações de conservação para diversas culturas agrícolas, fez destas práticas uma alternativa também a considerar no caso do olival, com diferentes níveis de intervenção que podem chegar até à não-mobilização como extremo oposto às mobilizações tradicionais. As mobilizações de conservação visam diminuir as perdas de água por escoamento superficial e as perdas de solo por erosão hídrica, embora a adesão dos agricultores a estas práticas se deva, em geral, à redução de custos e ao aumento de rendimentos, efeitos frequentemente associados (Bradford & Peterson, 2000). Estas técnicas de mobilização mantêm os resíduos vegetais à superfície do solo em vez de os incorporar, conseguindo, dessa forma, outro efeito adi-

cional de grande relevância – o aumento do teor de carbono orgânico do solo, que constitui uma das formas mais importantes de sequestro do carbono da atmosfera (Follet, 2001).

Em Portugal, as mobilizações de conservação em culturas arvenses estudam-se há mais de 20 anos (Carvalho, 1987) não existindo, porém, a mesma experiência em olival. Têm, por isso, grande relevância os estudos sobre esta temática realizados no sul de Espanha, alguns envolvendo ensaios desde o início dos anos 80 (Gómez *et al.* 1999).

Em climas temperados não-mediterrâneos as mobilizações de conservação tendem a manter o solo com maior teor de água do que sucede com as mobilizações tradicionais (McAndrew *et al.*, 1994; Canteromartinez *et al.*, 1995; Bradford & Peterson, 2000). Em climas mediterrâneos esta tendência é menos clara, por exemplo, em culturas arvenses, Moreno *et al.* (1997) verificou que a mobilização reduzida conferiu uma maior acumulação de água no solo durante um ano seco (1994-1995) no sul de Espanha, mas Lopez *et al.* (1996) observou que a não-mobilização proporcionou quer aumentos quer reduções na reserva de água do solo ao longo de 6 anos de ensaios em Aragão. No caso do olival, Gómez *et al.* (1999) no sul de Espanha, não detectou diferenças de produção entre as mobilizações tradicionais e a não-mobilização, com exceção de um ano seco em que o olival não mobilizado produziu significativamente mais. Saliente-se ainda que a não-mobilização, quando praticada de forma a manter o solo limpo de qualquer cobertura de herbáceas, para além do eventual excesso de aplicações de herbicida que exige, pode originar perdas de solo por erosão hídrica tão elevadas que se torna anacrónico considerá-la uma mobilização de conservação. É o que assinala

Gómez *et al.* (2003 e 2004) em olivais no sul de Espanha em que a erosão provocada por essa forma extrema de não-mobilização foi o dobro da obtida com mobilização tradicional e oito vezes a verificada quando o solo teve uma cobertura de herbáceas.

Este trabalho avalia os resultados de cerca de 1 ano de monitorização do teor de água do solo em ensaios com três técnicas de controlo da vegetação em olivais jovens: L – cobertura com luzerna (*Medicago spp.*); M – mobilização tradicional, controlo da vegetação com gradagens; N – não mobilização, controlo da vegetação com herbicida na linha e por corte e destroçamento na entrelinha.

MATERIAIS E MÉTODOS

O olival em estudo faz parte de um conjunto de ensaios localizado na Herdade dos Lameirões (DRAAI), próximo de Safara, cerca de 20 km a leste de Moura.

A área seleccionada para a monitorização da humidade do solo abrange parte de 6 parcelas de olival (*Olea europea* L.) da variedade “Galega”, situadas numa encosta com 4-5% de declive, num Solo Calcário Vermelho Para Barro derivado de calcários não compactos associados a xistos (Vc’) (Cardoso, 1974), na terminologia da WRBSR (FAO, 1998) um Cambissolo Vértico-Calcárico (Crómico). No Quadro 1 (A e B) apresentam-se os dados analíticos deste solo, determinados a partir de um conjunto de 5 pontos de amostragem, 3 obtidos com sonda manual e 2 com sonda mecânica.

Os dados da textura foram obtidos por sedimentometria com raios X, corrigidos para o método da análise mecânica (Alexandre *et al.*, 2001), sem destruição de carbonatos. A massa volúmica aparente foi

QUADRO 1A - Caracterização física do solo em estudo; médias e desvios padrão (em parêntesis) ponderados em função da espessura dos horizontes

Hrz.	N ₁	Lim. Inf. cm	Textura								Classe	N ₄	ρ _{ap} Mg m ⁻³
			N ₂	EG	N ₃	AG	AF	L	G				
			>2 mm g kg ⁻¹	2-0,2 mm	0,2-0,02 mm	0,02-0,002 mm	<0,002 mm	g kg ⁻¹					
Ap	5	19 (7)	2 (6)	407 (6)	5 (5)	210 (26)	178 (5)	203 (69)	409 (53)	G	2	1,57 (0,08)	
B	5	42 (8)	2 (67)	441 (67)	5 (36)	189 (36)	163 (14)	33 (14)	615 (56)	G	2	1,39 (0,01)	
CB	2	60 (15)	0 (-)	- (-)	2 (288)	427 (73)	178 (73)	104 (39)	291 (176)	FGA	1	1,60 (-)	
C1	5	68 (11)	0 (-)	- (-)	2 (19)	193 (19)	199 (2)	293 (102)	315 (82)	FGL	2	1,71 (0,00)	
C2	4	78 (5)	0 (-)	- (-)	1 (-)	161 (-)	155 (-)	506 (-)	178 (-)	FL	2	1,94 (0,00)	
C3	1	95 (-)	0 (-)	- (-)	0 (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	-	1	1,72 (-)	

N₁a N₄ – n^o de amostras; EG, elem. grosseiros; A, areia; AG, areia grossa; AF, areia fina; L, limo; G, argila; F, Franco; ρ_{ap}, massa volúmica aparente

QUADRO 1B - Caracterização química do solo em estudo; médias e desvios padrão (em parêntesis) ponderados em função da espessura dos horizontes.

Hrz.	N ₂	pH (H ₂ O)	Bases extraíveis e CTC								Extraíveis					
			C	N	C/N	Ca	Mg	K	Na	CTC	GSB	$\frac{Na}{CTC}$	NO ₃	P	K	CaCO ₃
			g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	cmol(+) kg ⁻¹	cmol(+) kg ⁻¹	cmol(+) kg ⁻¹	cmol(+) kg ⁻¹	cmol(+) kg ⁻¹	cmol(+) kg ⁻¹	%	%	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
Ap	2	8,5 (0,0)	8,3 (0,2)	1,1 (0,0)	7,5 (0,2)	46,8 (1,4)	1,2 (0,1)	0,6 (0,2)	0,2 (0,0)	25,4 (3,5)	100 (-)	0,8 (-)	7,1 (4,2)	32,0 (2,0)	297,0 (115,4)	11,1 (4,8)
B	2	8,5 (0,1)	6,2 (1,6)	0,9 (0,2)	6,7 (0,4)	47,4 (6,0)	1,1 (0,0)	0,5 (0,2)	0,2 (0,1)	22,0 (2,4)	100 (-)	1,0 (-)	3,0 (0,6)	16,7 (8,4)	221,3 (44,7)	23,7 (29,3)

CTC – capacidade de troca catiônica; GSB – grau de saturação em bases; CaCO₃ – calcário total

determinada pelo método do cilindro nas amostras extraídas com sonda mecânica. As análises químicas envolveram métodos de referência para a análise de solos (Póvoas & Barral, 1992; van Reeuwijk, 2002): combustão por via seca para o carbono orgânico e o azoto total, acetato de amônio a pH 7 para as bases extraíveis e a capacidade de troca catiônica, electrometria para os nitratos, método de Egnér-Riehm ou do lactato de amônio para o fósforo e potássio extraíveis e calcímetro para os carbonatos.

As observações de campo e os dados analíticos revelam uma razoável homogeneidade nos dois primeiros horizontes, A e B, e maior heterogeneidade nos horizontes subjacentes, nomeadamente quanto à existência de um horizonte de transição CB e quanto à textura do material originário.

A monitorização da humidade do solo envolveu três abordagens (Figura 1):

- irregular, para a humidade gravimétrica, em especial na camada 0-10 cm, junto dos mesmos pontos da monitorização periódica;

- periódica, quase quinzenal, com sondas PR1, (Delta-T) até 40 cm de profundidade, em 5 pontos por tratamento, fixos aleatoriamente;
 - contínua com as mesmas sondas e profundidades, 1 ponto por tratamento.
- Os pontos de amostragem distam cerca de 70 cm da linha de plantação do olival.
- As sondas capacitivas usadas na medição da humidade do solo estão sujeitas a diversos tipos de erros (Evelt *et al.*, 2002a e 2002b):
- Erros inerentes aos fundamentos do próprio método – estes erros podem ser minimizados com a calibração para cada par solo-sonda em causa.
 - Erros devido a problemas relacionados com os tubos de acesso das sondas –

estes erros podem resultar da instalação dos tubos (por exemplo, formação de espaços vazios em redor dos tubos ou excessiva compactação do solo) e/ou depender do tipo de solo (por exemplo, devido à formação de fendas por secagem do solo).

Atendendo a que os tubos de acesso às sondas de humidade estão fixos no terreno, foi necessário garantir a sua protecção de algumas das práticas como as gradagens no tratamento M ou destroçamento de herbáceas nos tratamentos L e N. No Quadro 2 indica-se a sequência de acções realizadas quer nas parcelas quer nas áreas envolventes aos tubos de modo a que estas reflectam as condições dominantes nas parcelas.

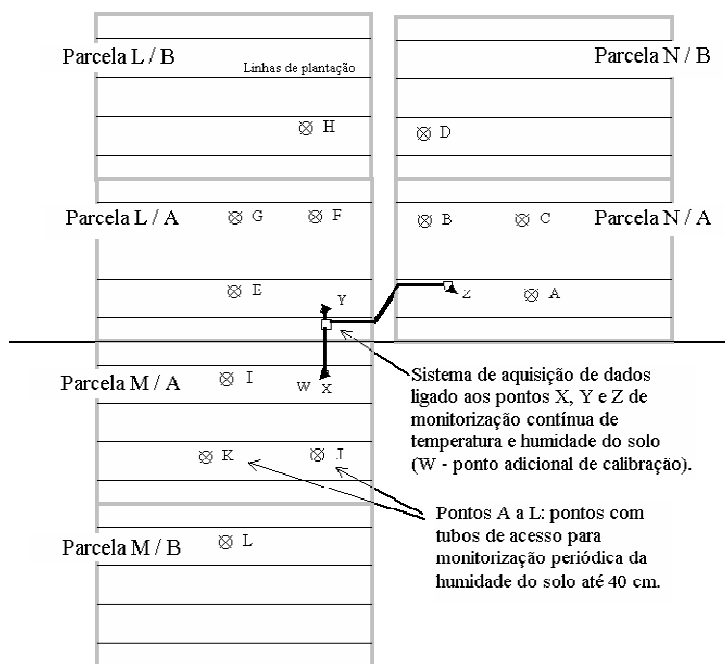


Figura 1 - Esquema com a localização dos tubos de acesso das sondas de humidade, para leituras periódicas, e do sistema de monitorização contínua nas parcelas de olival com os 3 tratamentos: L, M e N (ver texto)

QUADRO 2 - Operações realizadas nas parcelas (tratamentos L, M, N) e nas áreas em redor dos tubos de acesso às sondas de humidade

Data	Parcelas	Tubos
2004		
16 e 17/Fev.	Glifosato na linha (tratamentos M e N)	
22, 28 e 29/Abr.	Destroçamento na entrelinha (tratamentos L e N)	Corte de herbáceas (tratamento N)
19/Mai.	Gradagem (tratamento M)	Monda (tratamento M)
25, 26, 27 e 28/Mai.	Glifosato na linha (tratamentos M e N)	
16/Dez.		Monda (tratamento M) ¹
2005²		
03/Fev.		Monda (tratamento M) ¹
16/Mar.	Gradagem (tratamento M)	
12/Abr.		Monda (tratamento M)

¹ Para garantir condições equivalentes às que predominavam nas parcelas M.

² O Inverno muito seco não justificou a aplicação de herbicida nos tratamentos M e N.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Temperatura, precipitação e rega

Na Figura 2 apresentam-se os dados de temperatura e precipitação registados na estação meteorológica da Herdade dos Lameirões do Centro Operativo de Tecnologias do Regadio (COTR) entre 1 de Janeiro de 2004 e 24 de Abril de 2005. Neste período a precipitação totalizou 348 mm (299 mm em 2004). Indicam-se ainda as dotações de rega gota-a-gota aplicadas entre 17 de Maio e 1 de Outubro de 2004, em doses de 25,2 a 86,4 l/árvore (o equivalente a 0,6 a 2,1 mm) num total de 2.213 l/árvore (53 mm).

Monitorização irregular (humidade gravimétrica)

Na Figura 3 pode-se comparar a humidade volumétrica na camada 0-10 cm obtida pelo método gravimétrico (gráfico A) e por uma sonda PR1 (gráfico B).

Em termos gerais, verifica-se que os dois métodos apresentam valores médios com um padrão muito semelhante mas, em contrapartida, a dispersão de valores, traduzida pelo intervalo de confiança da média com

95% de probabilidade, tende a ser claramente superior no caso da medição com a sonda PR1. Para isso deverão contribuir, certamente, os erros associados a este tipo de sondas referidos na secção anterior.

Não se verificaram diferenças significativas entre os tratamentos ($P < 0,05$), com excepção das medições de 10 de Março de 2004 e 12 de Abril de 2005 pelo método gravimétrico e de 12 de Abril de 2005 com a sonda PR1.

Monitorização periódica (humidade volumétrica)

Na Figura 4 sintetizam-se os dados da monitorização da humidade do solo em 4 camadas (0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm) obtidos com uma sonda PR1 em medições aproximadamente quinzenais. O intervalo de confiança da média ($\alpha = 0,05$) revela uma grande dispersão de valores. É conhecida a tendência dos métodos TDR para sobrestimarem a humidade do solo na gama de valores acima de 0,5 m³ (Miyamoto *et al.*, 2001) e, no caso das sondas PR1, também para sobrestimarem a humidade na gama de valores mais baixos (Evet *et al.*, 2002b) – no caso presente, são de admitir ambas as tendências embora os dados

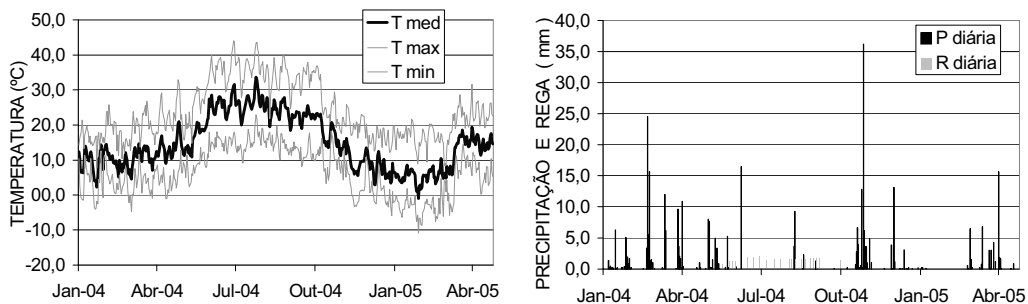


Figura 2 - Temperaturas e precipitação diárias registadas na estação meteorológica do Centro Operativo de Tecnologias do Regadio (COTR), na Herdade dos Lameirões entre 01/01/2004 e 24/04/2005. Neste período a precipitação totalizou 348 mm e as dotações de rega, aplicadas entre 17/05 e 1/10/2004, corresponderam a 53 mm

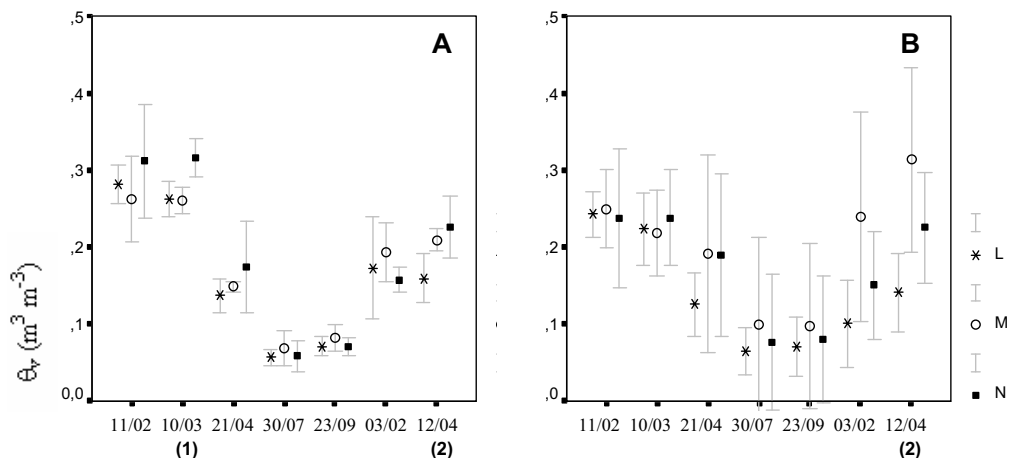


Figura 3 - Comparação da humidade volumétrica (θ_v) na camada 0-10 cm obtida com medição da humidade gravimétrica (gráfico A) e com uma sonda PR1 (gráfico B), entre 11 de Fevereiro de 2004 e 12 de Abril de 2005. Médias e intervalos de confiança a 95%, em geral com $n = 5$ por tratamento. Hipótese de igualdade das médias de L, M e N com $P \leq 0,05$ (1) e $P \leq 0,01$ (2)

reflectam de forma mais notória a primeira. É de salientar a pouca redução de humidade nas camadas 20-30 e 30-40 cm no período de Verão, evidenciando que a 70 cm da linha de plantação do olival o efeito da rega gota-a-gota já se faz sentir a estas profundidades.

No Quadro 3 assinalam-se as datas e as profundidades para as quais a Anova permite evidenciar diferenças estatisticamente significativas entre as médias. Essas diferenças manifestam-se, grosso modo, em dois períodos temporais diferentes: o primeiro, desde o início até 31 de Março de

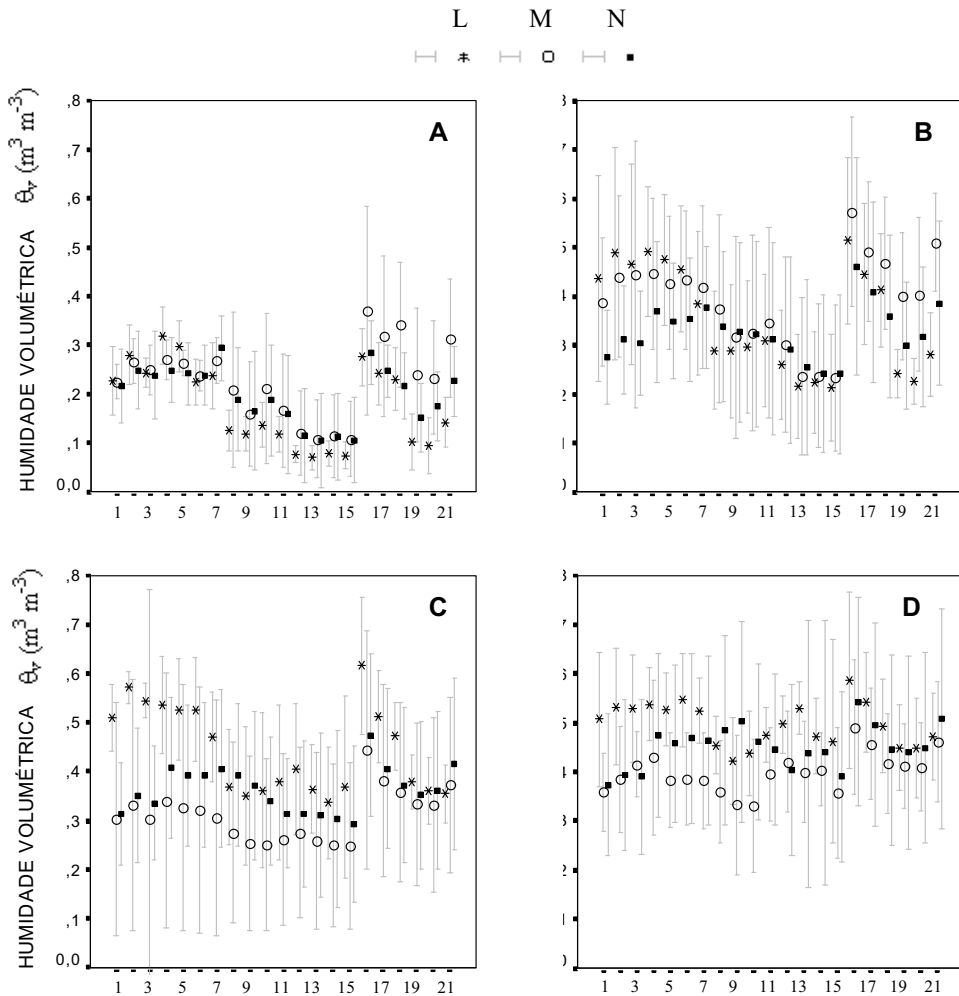


Figura 4 - Médias e intervalos de confiança a 95% ($n = 5$) da humidade volumétrica (θ_v) obtida com uma sonda PR1 em 4 camadas de 10 cm dos 0 aos 40 cm (respectivamente A, B, C e D) em 21 datas entre 21 de Janeiro de 2004 e 12 de Abril de 2005 (ver datas no Quadro 3)

2004 e o segundo, nos primeiros meses de 2005 (até 12 de Abril 2005). As diferenças significativas na humidade nestes dois períodos são observáveis pela divergência entre os tratamentos L e M: no primeiro período o tratamento L apresenta os valores mais elevados e o M os mais baixos,

principalmente na camada 20-30 cm e, com duração mais limitada, também na camada 30-40 cm; no segundo período estas posições invertem-se, com o tratamento M a apresentar o teor de água mais alto e o L o mais baixo, nas camadas 0-10 e 10-20 cm. Consequentemente, nestes

QUADRO 3 - Datas com diferenças significativas (Anova) na humidade volumétrica dos tratamentos L, M e N. Sem diferenças significativas nas medições 8 a 17, respectivamente 21 e 28/Abril, 19/Maio, 2/Junho, 7 e 30/Julho, 8 e 23/Setembro, 4 e 11/Novembro de 2004

Camadas (cm)	2004										2005	
	1 21/Jan	2 3/Fev	3 11/Fev	4 25/Fev	5 3/Mar	6 10/Mar	7 31/Mar	18 16/Dez	19 3/Fev	20 8/Mar	21 12/Abr	
0-10				*				(*)	(*)	*	**	
10-20									(*)	*	*	
20-30	*	*	*	*	*	*						
30-40	*	(*)	(*)					(*)				
Perf.0-40	*	*	*	*	*	(*)						

(*) Hipótese de igualdade das médias de L, M e N com $P \leq 0,1$; * com $P \leq 0,05$; ** com $P \leq 0,01$

dois períodos o tratamento N ocupa uma posição intermédia.

As diferenças observadas a partir das primeiras medições nas camadas 20-30 e 20-30 cm (e também na 10-20 cm), não têm uma explicação fácil e devem ser interpretadas com reserva, atendendo a uma possível manifestação temporária de perturbações associadas à instalação dos tubos, com distribuição não aleatória pelos diferentes tratamentos. No segundo período (início de 2005), os valores mais elevados de humidade nas camadas de 0 a 20 cm do tratamento M por contraste com os menores registados no tratamento L, poderá dever-se ao maior desenvolvimento da vegetação herbácea (luzerna e infestantes) no segundo caso, enquanto no primeiro a vegetação se manteve ausente (Quadro 2). Este efeito não teve expressão no ano de 2004 embora se tenha registado um decréscimo de humidade mais acentuado nas camadas de 0 a 30 cm do tratamento L entre 25 de Fevereiro e 21 de Abril de 2004, imediatamente antes da data do desmatamento das herbáceas nesse tratamento. A partir dessa data os decréscimos nas camadas 0 a 20 cm tornam-se equiparáveis em todos os tratamentos.

Salienta-se ainda o aumento do valor médio da humidade nas camadas 0-10 e 10-20 cm do tratamento M relativamente aos outros dois tratamentos após o final de Outubro de 2004, quando ocorreram os níveis mais altos de precipitação de todo o período em estudo. Simultaneamente, é também o tratamento M que apresenta o menor valor médio de humidade nas camadas 20-30 e 30-40 cm, embora as diferenças entre tratamentos nessas camadas não se revelem estatisticamente significativas.

A confirmar-se a tendência para uma maior acumulação de água na camada 0 a 20 cm do tratamento M, é possível que tal efeito resulte de uma maior dificuldade de drenagem para as camadas inferiores em consequência das práticas de mobilização do solo associadas a este tratamento. Das posições relativas dos tratamentos L e M decorre que o N é o que parece apresentar o perfil hídrico médio mais homogéneo.

Monitorização contínua (humidade volumétrica)

No caso da monitorização contínua restringe-se a análise ao período de um ano

com início em 21 de Abril de 2004 e final em 20 de Abril de 2005. A restrição deriva de anomalias detectadas nos primeiros 3 meses de registo de dados. Além disso, os dados em análise não cobrem integralmente o período anual referido, nomeadamente, não são considerados os dados de humidade no período de rega (17 de Maio a 30 de Outubro de 2004) para profundidades superiores a 20 cm. Ocorreram ainda alguns problemas de natureza diversa que originaram interrupções temporárias no registo de dados, por vezes num só tratamento. Em todo o caso, os dados considerados correspondem a períodos com registos simultâneos comparáveis em todos os tratamentos, abrangendo um total de 299 dias (192 dias para a camada dos 20 aos 40 cm). No período anual indicado a temperatura média diária do ar foi de 15,9 °C, as médias das temperaturas máxima e mínima diárias foram respectivamente 25,5 e 7,2 °C e a precipitação total foi 225 mm.

Atendendo à variabilidade espacial do solo, os valores absolutos de humidade obtidos para cada um dos 3 perfis não devem ser considerados representativos de cada um dos 3 tratamentos em análise. Por outro lado, a monitorização contínua permite analisar de forma muito mais detalhada a resposta de cada perfil a condições de humedecimento e de secagem semelhantes, pelo que se deve dar mais atenção às variações dos valores absolutos da humidade e a valores relativos da humidade.

O Quadro 4 apresenta uma síntese com os valores estatísticos obtidos para o período de 21 de Abril de 2004 a 20 de Abril de 2005 relativos à humidade volumétrica média diária e às variações diárias de humidade. O tratamento N é o que apresenta valores médios, máximos e mínimos mais elevados para todas as camadas, alguns claramente sobrestimados, enquanto o tratamento M é o que apresenta os valores mais

baixos. Como se referiu, mais do que os valores absolutos interessa salientar outros aspectos comparáveis, como é o caso da variação da humidade média entre camadas, que traduz um comportamento relativamente semelhante em todos os perfis, com a camada mais superficial, 0-10 cm, a apresentar os valores médios mais baixos, as camadas 10-20 e 20-30 cm com valores intermédios e a camada 30-40 cm com os valores mais altos em cada perfil. Apesar deste padrão comum o perfil do tratamento M diferencia-se por apresentar um ligeiro decréscimo da média na camada 20-30 cm relativamente à superior (10-20 cm). A análise do desvio padrão e dos valores máximos permite detectar mais algumas diferenças entre os 3 perfis. A dispersão de valores atinge o seu máximo na camada 10-20 cm em todos os perfis e decresce nas camadas inferiores, mas decresce de modo mais abrupto no caso dos tratamentos L e M: nestes passa de 0,09 para 0,03 enquanto no tratamento N passa de 0,07 para 0,04. Os valores máximos confirmam esta tendência: da camada 10-20 cm para a 20-30 cm os valores máximos de humidade decrescem em todos os perfis mas com reduções de 0,12, 0,09 e 0,02 respectivamente nos tratamentos M, L e N.

As variações diárias da humidade, indicadas no Quadro 4 e obtidas pela diferença entre as humidades médias diárias em dias consecutivos indicam que o tratamento M é o único que apresenta uma média de variação diária na camada 20-30 cm quase nula (valor arredondado 0,0%) enquanto nas outras camadas apresenta valores equiparáveis aos restantes tratamentos. Em suma, vários indicadores dos dados do Quadro 4 sugerem uma maior homogeneidade no comportamento do perfil submetido ao tratamento N e uma certa descontinuidade do perfil hídrico entre as camadas 10-20 cm e 20-30 cm, mais marcada no

QUADRO 4 - Estatísticas da humidade do solo entre 21 de Abril de 2004 e 20 de Abril de 2005; no caso das camadas 20-30 e 30-40 cm não é incluído o período de rega (17 de Maio a 30 de Outubro de 2004)

cm	n	L				M				N			
		\bar{x}	s	máx.	mín.	\bar{x}	s	máx.	mín.	\bar{x}	s	máx.	mín.
Humidade volumétrica média diária ($m^3 m^{-3}$)													
0-10	299	0,15	0,07	0,36	0,07	0,13	0,05	0,24	0,05	0,25	0,05	0,37	0,18
10-20	299	0,35	0,09	0,51	0,19	0,22	0,09	0,39	0,10	0,55	0,07	0,72	0,44
20-30	192	0,35	0,03	0,42	0,29	0,20	0,03	0,27	0,12	0,59	0,04	0,70	0,48
30-40	192	0,58	0,02	0,66	0,53	0,57	0,05	0,66	0,47	0,71	0,03	0,78	0,63
0-40	299	0,32	0,08	0,49	0,20	0,23	0,10	0,38	0,07	0,48	0,06	0,63	0,36
Variação diária da humidade volumétrica ($\times 100 m^3 m^{-3}$)													
0-10	299	-0,1	0,6	4,3	-1,3	-0,1	1,0	9,3	-2,2	-0,1	0,6	5,7	-1,8
10-20	299	-0,2	0,5	4,2	-2,3	-0,1	0,2	1,5	-1,0	-0,1	0,6	5,3	-2,0
20-30	192	-0,1	0,2	1,2	-0,5	0,0	0,1	0,4	-0,6	-0,1	0,5	1,2	-3,7
30-40	192	0,0	0,2	0,5	-0,8	0,0	0,2	0,6	-0,6	0,0	0,5	2,6	-2,9
0-40	299	-0,1	0,3	2,4	-0,6	0,0	0,3	2,2	-1,0	-0,1	0,6	4,3	-1,9

caso do tratamento M mas também visível no tratamento L. Por contraste, a maior homogeneidade do perfil hídrico do tratamento N sugere um maior e mais rápido aumento da humidade na camada dos 20 aos 40 cm. Estes resultados reforçam a hipótese formulada na secção anterior da maior dificuldade de drenagem no tratamento M em consequência das práticas de mobilização do solo.

O registo contínuo da humidade permite comparar os 3 tratamentos em dois períodos contrastantes (Figura 5): Primavera-Verão (21 de Abril a 25 de Setembro de 2004) e Outono-Inverno (4 de Novembro de 2004 a 30 de Março de 2005). Os dados referem-se apenas às duas camadas mais superficiais, 0-10 e 10-20 cm, dado que as camadas entre os 20 e os 40 cm revelaram a influência da rega gota-a-gota no período de Verão e foram pouco contrastantes no período de Inverno. Para minorar os erros de medição, apresenta-se a humidade volumétrica em valores relativos (θ_{vr}), expressos em relação ao valor máximo registado em cada um dos dois períodos. Ambos começaram pouco antes, ou logo a

seguir à ocorrência de precipitação significativa o que fez elevar o teor de humidade na camada superficial (0-10 cm) até ao valor máximo ($\theta_{vr} = 1,0$) em cada um desses períodos, apesar de outras ocorrências de precipitação posteriores.

Considerando que as temperaturas mínimas no Inverno, ultrapassaram frequentemente o limite inferior de maior confiança nos registos das sondas PR1 usadas (0 a 70 °C, embora possam ser usadas sem problemas de -20 a 70 °C) e aproveitando o facto de dispormos do registo contínuo dos perfis térmicos nos mesmos tratamentos, fez-se um teste de verificação dos dados neste período. O teste consistiu em usar apenas a humidade às horas em que todo o perfil tinha temperaturas positivas e amplitudes térmicas menores, o que aconteceu geralmente das 18:00 às 20:00 h. Os resultados obtidos revelaram padrões semelhantes aos da humidade média diária da Figura 5.

No período de Primavera-Verão (gráficos 1.A e 1.B na Figura 5) sobressai a rapidez do decréscimo da humidade na camada 0-10 cm no tratamento M e L,

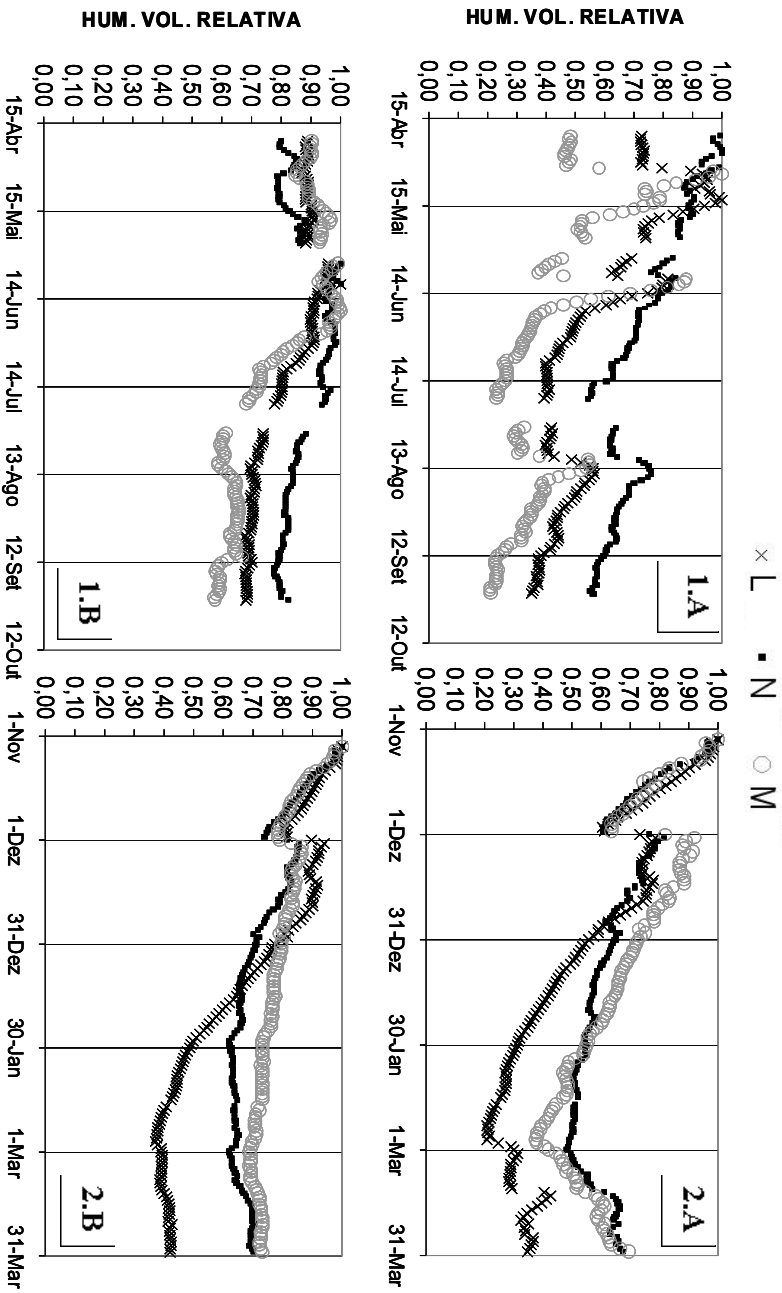


Figura 5 - Humidade volumétrica relativa (expressa em relação ao máximo registado em cada período) nos períodos de 21/Abr a 25/Set/2004 (1) e de 04/Nov/2004 a 30/Mar/2005 (2), para as camadas 0-10 (A) e 10-20 cm (B). Nos gráficos do período 1 existem duas falhas de registo que causam algum desvio em relação aos valores imediatamente antes da interrupção

imediatamente após as três maiores chuvas ocorridas neste período (ver Figura 2). O decréscimo na camada superficial traduz-se por alguma drenagem para a camada 10-20 cm, mais marcada no segundo episódio de precipitação a 8 de Junho, altura em que se atinge o máximo de humidade nesta camada no período em análise.

O período de Outono-Inverno (gráficos 2.A e 2.B na Figura 5) começa após as chuvas ocorridas no final de Outubro (as maiores durante este estudo). A fase de secagem prolonga-se por quase um mês e é semelhante em todos os tratamentos e em ambas as camadas. A situação altera-se na fase de secagem após as chuvas do início de Dezembro em que já são evidentes diferenças entre os tratamentos: a camada superficial do tratamento L tem o decréscimo mais rápido e mais acentuado, em termos relativos, seguido de perto pelo M, sendo o N mais lento; na camada 10-20 cm o tratamento L continua a ser o mais rápido na secagem e o que sofre a maior redução em termos relativos, mas agora, o mais lento é o M que se mantém quase estável, enquanto o N apresenta um comportamento intermédio, no início semelhante a L e, em seguida, quase estabilizando num nível mais baixo, em termos relativos, do que o tratamento M.

As diferenças nos padrões de variação do teor de água do solo deverão resultar de aspectos específicos de cada um dos tratamentos e, mais exactamente, do modo como são aplicados nas áreas de influência de cada um dos tubos usados no registo contínuo.

O início do período de Primavera-Verão coincide com a data de destroçamento das herbáceas nos tratamentos L e N, enquanto no tratamento M se mantém a vegetação até 19 de Maio 2004, data de realização duma gradagem (Quadro 2). Após esta data, o solo sujeito aos tratamentos L e N

manteve uma cobertura de resíduos vegetais secos, mas no caso do tratamento M o solo permaneceu integralmente limpo. Estas condições foram mantidas também nas áreas envolventes aos tubos de medição (Quadro 2). Portanto, a partir de 19 de Maio, podemos admitir que o crescimento de plantas é negligenciável em todos os tratamentos, o que contribui para um padrão geral de variação da humidade volumétrica relativa com muitas semelhanças em todos os tratamentos (Figura 5, gráficos 1.A e 1.B). Contudo, o tratamento M apresenta variações mais acentuadas em termos relativos, em ambas as camadas. Isto poderá dever-se ao facto deste tratamento apresentar solo nu, com elevada rugosidade à superfície, enquanto nos tratamentos L e N a cobertura de resíduos vegetais origina maior intercepção levando a uma menor infiltração efectiva. Esta diferença de comportamento será relevante com temperaturas do ar elevadas e eventos de precipitação pequenos e ocasionais, como sucede no período em causa, favorecendo uma rápida evaporação da água interceptada.

No período de Outono-Inverno as parcelas do tratamento L apresentam um tapete de herbáceas rasteiro em 3 de Fevereiro de 2005, um pouco mais desenvolvido em 8 de Março de 2005 e já com enorme densidade e grande altura (40 a 50 cm) em 12 de Abril de 2005, em resultado do aumento das temperaturas mínimas e de alguma precipitação ocorrida no final de Fevereiro e no mês de Março. As parcelas dos tratamentos M e N mantiveram sempre as mesmas condições neste período: o M com o solo nu, apenas com algumas herbáceas em 8 de Março de 2005 pouco antes da gradagem de 16 de Março (Quadro 2), e o N com uma cobertura de detritos vegetais. As áreas junto dos tubos de medição reflectiram as con-

dições das parcelas (Quadro 2), sendo de assinalar em 3 de Fevereiro de 2005 um desenvolvimento mais precoce da vegetação junto ao tubo do tratamento L. Assim, a vegetação no tratamento L constitui a diferença mais evidente para explicar o forte decréscimo na humidade volumétrica relativa que se verifica neste caso em ambas as camadas a partir do final de Dezembro de 2004 (Figura 5, gráficos 2.A e 2.B). O crescimento da parte aérea foi limitado até ao final de Fevereiro pelas temperaturas mínimas extremamente baixas de Janeiro e Fevereiro (Figura 2) mas, por outro lado, as elevadas temperaturas máximas no mesmo período terão permitido o crescimento do sistema radical, o que, a par da ausência de precipitação, poderá explicar a forte dessecação observada no solo com o tratamento L. Esta hipótese, já formulada atrás a partir das observações periódicas de humidade (Figura 4), é reforçada com os dados de registo contínuo da humidade. Embora se possa admitir que a diferenciação do tratamento L esteja ampliada relativamente às condições gerais existentes nas parcelas, atendendo ao referido desenvolvimento precoce das herbáceas junto do respectivo tubo de medição, em todo o caso, parece indiscutível que no período de Outono-Inverno o tratamento L sofreu uma redução de humidade entre os 0 e os 20 cm mais acentuada do que os restantes tratamentos.

Os resultados obtidos nesta fase do estudo indiciam que o tratamento N tende a favorecer uma maior homogeneidade no perfil hídrico: a ausência de mobilizações permite uma maior variação da humidade nas profundidades superiores a 20 cm do que o tratamento M, e o controlo da vegetação, com herbicida na linha e por corte na entrelinha, reduz as perdas de humidade acima dos 20 cm quando comparado

com o tratamento L. Esta tendência poderá resultar numa maior reserva de água no solo, contribuindo para explicar as maiores produções obtidas com práticas de não mobilização em anos secos com clima mediterrâneo, em olival (Gómez *et al.*, 1999) e em outras culturas (Moreno *et al.*, 1997). É de referir que a não mobilização aqui considerada permite um desenvolvimento controlado da cobertura de herbáceas espontâneas e a permanência dos resíduos dessa vegetação à superfície do solo. A existência de um substrato herbáceo controlado, seja instalado ou de vegetação espontânea, poderá conferir maior flexibilidade à gestão do olival permitindo, por exemplo, uma melhor adaptação deste à variabilidade climática inter-anual.

CONCLUSÕES

A dispersão de valores de humidade do solo obtida com as sondas PR1 é maior que a obtida pelo método gravimétrico.

A cobertura com luzerna (L) registou um maior decréscimo da humidade entre 0 e 20 cm nos períodos de maior desenvolvimento vegetativo (Março e Abril de 2004 e 2005) mas também em Janeiro e Fevereiro de 2005, caracterizados por temperaturas mínimas muito baixas, grandes amplitudes térmicas diárias e extrema secura.

A mobilização tradicional (M) e o tratamento L, em menor grau, evidenciaram uma certa descontinuidade do perfil hídrico entre as camadas 10-20 cm e 20-30 cm, sugerindo uma maior dificuldade na drenagem para as camadas subjacentes aos 20 cm.

No Verão de 2004 o tratamento M manteve-se com solo nu e registou maiores variações de humidade entre 0 e 20 cm do que os tratamentos L e N, presumível-

mente porque nestes se verificou uma redução da água infiltrada devido à interceptação e evaporação nos resíduos vegetais mantidos à superfície do solo.

A não mobilização (N) tende a apresentar maior homogeneidade no perfil hídrico: a ausência de mobilizações permite maior variação da humidade entre 20 e 40 cm do que no tratamento M, e o controlo da vegetação (com herbicida na linha e corte na entrelinha) origina menos perdas de humidade entre 0 e 20 cm do que no tratamento L.

AGRADECIMENTOS

Trabalho realizado no âmbito do projecto AGRO Nº 298, coordenado pela Prof.^a Maria da Conceição Castro da Universidade de Évora, a quem se agradece toda a colaboração para a concretização desta componente do projecto. Agradecimentos ainda ao Eng. Luís Boteta do Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio (COTR) pela disponibilização dos dados meteorológicos, à Eng.^a Técn.^a Helena Mafalda e restante pessoal do Laboratório de Física do Solo do Instituto de Ciências Agrárias Mediterrâneas (ICAM) pelas análises físicas do solo e ao Prof. Manuel Madeira pela disponibilidade para a realização de algumas das análises químicas no Laboratório de Pedologia do Departamento de Ciências do Ambiente do Instituto Superior de Agronomia (ISA).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexandre, C., Silva, J.R. & Ferreira, A.G. 2001. Comparação de dois métodos de determinação da textura do solo: sedimentometria por raios X vs. método da pipeta. *Revista de Ciências Agrárias*, **24 (3-4)**: 73-81.
- Bradford, J.M. & Peterson, G.A. 2000. Conservation tillage. In Sumner, M.E. *Handbook of Soil Science*, pp. G-247-270. CRC press. Boca Raton..
- Canteromartinez, C., Oleary, G.J. & Connor, D.J. 1995. Stubble retention and nitrogen-fertilization in a fallow-wheat rain-fed cropping system. 1. Soil-water. *Soil & Tillage Research*, **34 (2)**: 79 – 94.
- Cardoso, J. C. 1974. A Classificação dos Solos de Portugal – Nova Versão. *Boletim de Solos*, **17**: 14-46. SROA, Sec. de Estado da Agricultura, Lisboa.
- Carvalho, M. 1987. *Factores Limitantes e Técnicas Culturais da Produção de Trigo no Alentejo*. Évora. Tese de Doutoramento. Universidade de Évora. pp. 214.
- Evet, S., Laurent, J-P., Cepuder, P. & Hignett C. 2002a. Neutron scattering, capacitance, and TDR soil water content measurements compared on four continents. Paper no. 1021, *17th World Congress of Soil Science*, 14-21 August 2002, Bangkok, Thailand.
- Evet, S., Ruthardt, B., Kottkamp, S. Howell, T., Schneider, A. & Tolk, J. G. 2002b. Accuracy and precision of water measurements by neutron, capacitance, and TDR methods. Paper no. 318, *17th World Congress of Soil Science*, 14-21 August 2002, Bangkok, Thailand.
- FAO, ISRIC & ISSS. 1998. *World Reference Base for Soil Resources*. World Soil Resources Report Nº84. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. pp. 88.
- Follett, R.F. 2001. Soil management concepts and carbon sequestration zin

- cropland soils. *Soil & Tillage Research*, **61 (1-2)**: 77-92.
- Gómez, J.A., Giráldez, J.V., Pastor, & M. Fereres, E. 1999. Effects of tillage method on soil physical properties, infiltration and yield in an olive orchard. *Soil & Tillage Research*, **52**: 167-175.
- Gómez, J.A., Battany, M., Renschler, C.S. & Fereres, E. 2003. Evaluating the impact of soil management on soil loss in olive orchards. *Soil Use and Management*, **19 (2)**: 127-134.
- Gómez, J.A., Romero, P., Giraldez, J.V. & Fereres, E. 2004. Experimental assessment of runoff and soil erosion in an olive grove on a Vertic soil in southern Spain as affected by soil management. *Soil Use and Management*, **20 (4)**: 426-431.
- Lopez, M.V., Arrue, J.L. & Sanchez Giron, V. 1996. A comparison between seasonal changes in soil water storage and penetration resistance under conventional and conservation tillage systems in Aragon. *Soil & Tillage Research*, **37 (4)**: 251-271.
- McAndrew, D.W., Fuller, L.G. & Wetter, L.G. 1994. Grain and straw yields of barley under 4 tillage systems in Northeastern Alberta. *Canadian Journal of Plant Science*, **74 (4)**: 713 – 722.
- Miyamoto, T., Kobayashi, R., Annaka, T. & Chikushi, J. 2001. Applicability of multiple length TDR probes to measure water distributions in an Andisol under different tillage systems in Japan. *Soil & Tillage Research*, **60**: 91-99.
- Moreno, F., Pelegrin, F., Fernandez, J.E., Murillo, J.M. 1997. Soil physical properties, water depletion and crop development under traditional and conservation tillage in southern Spain. *Soil & Tillage Research*, **41 (1-2)**: 25-42.
- Póvoas, I. & Barral, M.F., 1992. Métodos de análises de solos. *Série de Ciências Agrárias*. Inst. de Inv. Cient. Tropical. Lisboa. pp. 61.
- van Reeuwijk. L.P. (ed). 2002. *Procedures for Soil Analysis* (6th ed). International Soil Reference and Information Centre, ISRIC, Wageningen.