

**ESTUDO DAS CONDIÇÕES DE LIXIVIAÇÃO E DOS RISCOS DE
SALINIZAÇÃO DOS SOLOS DE BARRO DO ALQUEVA:
DRENAGEM DE UM SOLO DE BARRO POR
SUBSOLAGEM E DRENOS TOUPEIRA**

**Study of the leaching conditions and the risks of salt accumulation in
clay soils of Alqueva: Drainage of a clay soil using
subsoiling and mole drains**

Toureiro, A¹.; Laranjeira, I².; Serralheiro, R³.

Departamento de Engenharia Rural – Universidade de Évora, Ap. 94 – Pólo da Mitra,
7001 Évora, telf. +351.266.760823 Fax: +351.266.711189 ¹ajpt@uevora.pt,
²imfl@uevora.pt, ³ricardo@uevora.pt

Resumo

Este estudo realiza-se na Herdade Experimental do Outeiro (Canhestros, Ferreira do Alentejo), tendo como objectivo central averiguar as potencialidades que mostram alguns métodos de drenagem profunda do solo, para promover a circulação da água e lixiviar os sais do perfil, diminuindo os riscos de salinização do solo, contribuindo para o desenvolvimento sustentado da agricultura numa óptica de conservação do solo e da água. Estudam-se as condições de drenagem e lixiviação dos sais e de outros elementos químicos potencialmente poluidores, através de ensaios instalados num solo de Barro (Cp), com rega por aspersão, em talhões experimentais de drenagem subsuperficial e superficial, com vala colectora, nas modalidades: testemunha, subsolagem e drenos toupeira, todas instaladas sobre uma rede de drenos de plástico, que terminam na vala colectora. Verifica-se que durante o Outono / Inverno a precipitação que ocorre é suficiente para a lavagem e remoção dos sais do solo.

Palavras-chave: Barros; salinização; drenagem subsuperficial e superficial; drenos toupeira; subsolagem

Abstract

This study takes place in the Experiment Farm of Outeiro (Canhestros, Ferreira do Alentejo), aiming to contribute to the characterization of subsoiling and mole drains as drainage techniques in an heavy soil, suitable for protecting the possibilities of drainage for protecting the soil against salt accumulation. The drainage conditions were studied and washing of the salts and other potential pollutant chemical elements monitored. Through rehearsals installed in a Clay soil (Cp), with sprinkling irrigation, experimental essays of surface and subsurface drainage were carried out on the modalities: contest, subsoiling and mole drains, all installed above a classical plastic drains network opening

in the collector ditch. It is verified that during the Autumn / Winter the precipitation that happens is enough for the wash and removal of the salts of the soil.

Key-words: clay soils, salinity, subsurface and surface drainage, mole drains, subsoiling.

1. – Introdução e objectivos

O presente estudo constitui parte integrante e conclusão de um trabalho de investigação mais amplo, objectivo do Projecto PEDIZA 2002.64.002453.1. Analisa-se o efeito da subsolagem e dos drenos toupeira na melhoria das condições de drenagem interna dos solos de Barro, na lixiviação de sais e de outros elementos químicos potencialmente poluidores do solo regado, contribuindo para a protecção do solo contra a salinização.

O processo de salinização do solo está relacionado com a acumulação de sais no perfil devido à utilização de água com alto teor de nutrientes, como cloretos, carbonatos e bicarbonatos de sódio, cálcio, magnésio e à adição de fertilizantes com elevados índices salinos, em quantidades superiores às necessidades das plantas. A água da ribeira de Canhestros, que se utiliza nas regas do ensaio, é uma água assim, de baixa qualidade para rega.

O rio Guadiana recebe as águas de drenagem de 300 000 ha de regadios espanhóis e as águas residuais de mais de 1,65 milhões de habitantes e respectivas indústrias, perdendo cerca de 600hm³ por evaporação directa da superfície das albufeiras (Sequeira, 2000), conferindo má qualidade para rega às águas destinadas aos futuros regadios do Alentejo. Os solos regados por essas águas correrão sempre o risco de acumularem os sais que elas contenham (Serralheiro, 2002; 2003). A situação de ensaio representa pois a má qualidade da água de rega que pode vir a verificar-se nos novos regadios do Guadiana.

2. – Material e métodos

Na Herdade do Outeiro, em Ferreira do Alentejo, encontra-se instalado o ensaio, num solo descrito por Teles Grilo (2002), como Barro Preto Calcário pouco descarbonatado de rochas eruptivas ou cristalofílicas básicas ou de grés argilosos calcários ou margas (Cp). Os Barros são solos evoluídos, de perfil Ap, B1, B2, C1, C2, e 2C, tendo o horizonte A 15 a 20cm de espessura, com textura argilo-arenosa e cerca de 39% de argila. O horizonte B, com espessura de 105 a 130cm, apresenta uma textura argilosa a argilo-arenosa, tendo o horizonte B1 um teor em argila de 48%; o teor de argila ultrapassa os 50% no horizonte B2, podendo originar problemas de drenagem interna.

Em 2003 foi definida uma área útil de ensaio (3 talhões com 81 x 40m (Figura 1)), onde foram instalados, sobre um sistema de “drenagem combinada”, as diferentes modalidades do ensaio: *Testemunha* (sem mobilização profunda); Modalidade *Subsolado* (onde foi efectuada uma mobilização profunda, com recurso a um subsolador vibrador a uma profundidade de 70cm); Modalidade *Toupeira* ou de falsos drenos moldados no solo (operação realizada também a 70cm de profundidade). Estas

operações foram realizadas perpendicularmente ao sistema de “drenagem combinada” – drenos normais (Figura 1).

Em 2004, com independência das outras modalidades, foi definida na mesma parcela um outro talhão com igual dimensão (81 x 40m), onde foram implantados apenas drenos toupeira a uma profundidade de 70cm sem a rede base de drenos de plástico (*Toupeira só*).

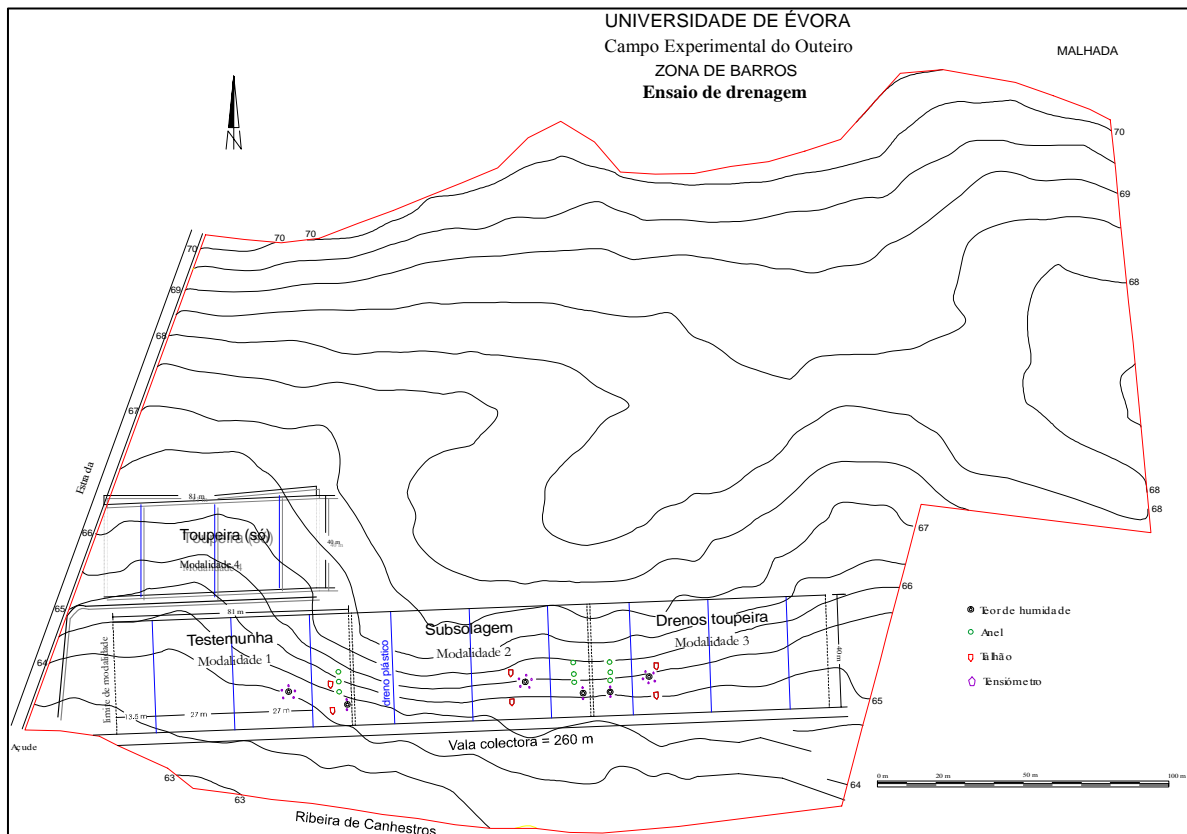


Figura 1 – Campo de Ensaios

Em 2006 foi instalado no ensaio uma cultura de Milho híbrido variedade *Sancho - FAO 400*. Foram acompanhadas as três Modalidades, *Testemunha* e *Subsolagem* (instaladas em 2003 – 4º ano de ensaio) e *Toupeira só* (instalada em 2004 – 3º ano de ensaio – Figura 1).

No mínimo duas vezes por semana foram realizadas leituras em cada modalidade, onde foram instalados 2 talhões de escoamento com a área de 2,612m² cada, ligados a um recipiente colectador de plástico para a recolha da drenagem superficial; 2 tubos em PVC com 90 cm de profundidade para realização das leituras com a sonda *TDR*. Próximo dos tubos *TDR*, instalaram-se *tensiómetros* a 30, 50 e 70cm para leituras de carga hidráulica. Instalaram-se também 4 *pluviómetros* colocados no topo do copado para recolha da precipitação (dotações de rega realizadas).

Durante o Outono / Inverno (2006/2007), continuou-se a acompanhar o ensaio, permitindo avaliar a lixiviação dos sais através da precipitação.

3. – Resultados e discussão

3.1. – Qualidade da água de rega e de drenagem

Na Figura 2 mostra-se o Balanço Hídrico para as três Modalidades. Através da equação $\Delta S = P+I \pm (r-Eta-\Delta Z)$. Onde (ΔS) representa a variação de armazenamento da água no solo; P+I representam a Precipitação e as Regas respectivamente; r corresponde às entradas ou saídas de água por escoamento superficial na área a regar; Eta - é a evapotranspiração real ou cultural; ΔZ - representa o fluxo de transferência de água no solo (o valor da drenagem verificada nos drenos) e, provavelmente, uma parcela, a determinar, representando o volume migrado por percolação profunda ou, ao contrário, por ascensão capilar.

Verifica-se que os períodos de superávide no Balanço hídrico (valores positivos), o solo encontrava-se à capacidade de campo permitindo a drenagem (Figura 3) e permitindo medir a CE dessa água (Figura 4 e Figura 5). Os valores negativos, correspondem a períodos onde a Eta foi superior em relação á Precipitação e ás regas (P+I), pois geralmente a drenagem superficial (r) e profunda (ΔZ) tem valores baixos comparativamente á Eta, que apresenta uma contribuição mais expressiva para o défice do Balanço Hídrico nesses períodos. No entanto o Balanço Hídrico deveria ser nulo, ou seja, as perdas iguais aos ganhos, o que não se verifica devido possivelmente, como se referiu, às perdas por percolação profunda ou ganhos por ascensão capilar. Apesar disso apresenta-se a Figura 2, para se perceber melhor o Balanço hídrico nos ensaios de drenagem.

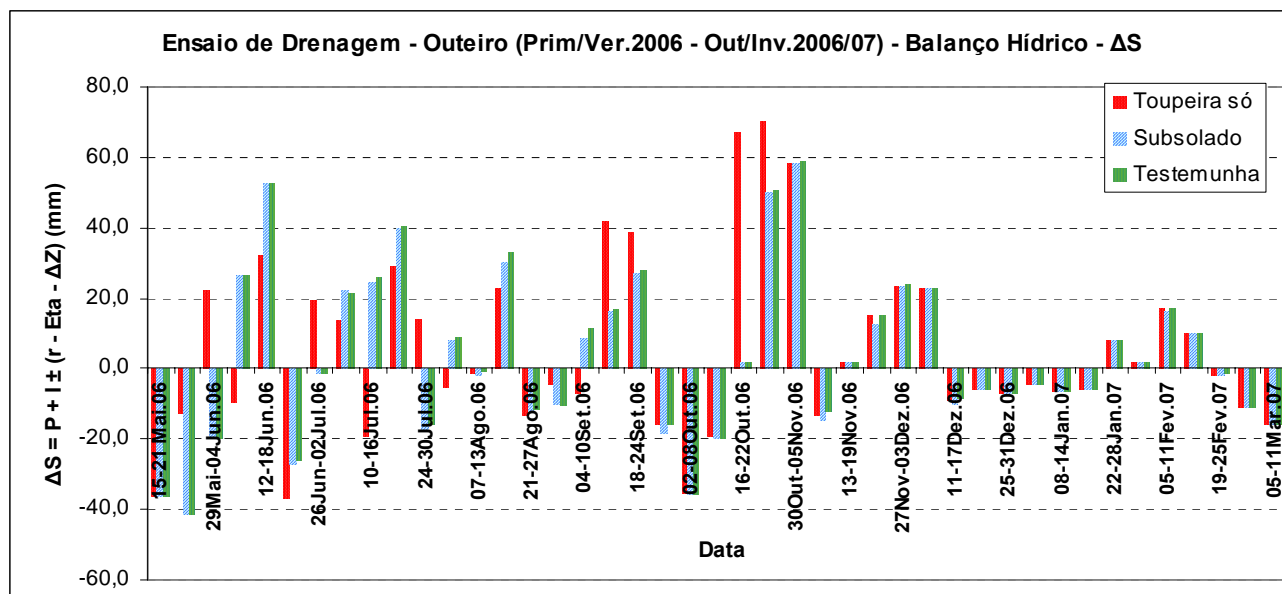


Figura 2: - Balanço hídrico referente ao ensaio de Drenagem

No Quadro 1 apresentam-se as necessidades de lixiviação do solo (NL), para que este não exceda o limiar de salinidade tolerado pelas plantas.

Durante a cultura de Milho instalada em Maio de 2006, como se tem verificado nos anos anteriores, a água da *ribeira de Canhestros* apresentou elevada salinidade (2,85

dS/m), valor este superior ao limiar de salinidade tolerado pela cultura de Milho (1,7dS/m). Devido à má drenagem do solo e altas temperaturas do ar que se verificaram durante o Verão (ETc elevada), o teor de sais no *Extracto de Saturação do Solo (ESS)* manteve-se alto, sendo o *ESS* sempre superior ao limite de tolerância do milho, tendo sido inferior nas Modalidades que possuem mobilização que facilita a drenagem e lixiviação dos sais, Subsolado e Toupeira relativamente à Testemunha. Daí as produções que se verificaram foram baixas (2946 kg/ha na Modalidade Testemunha; 3104 kg/ha na Modalidade *Subsolado* e 4776kg/ha na Modalidade Toupeira só).

Modalidade	Ano	Cultura	Limiar de salinidade da cultura - CEesc (dS/m) (a)	Dotação de rega (mm) (b)	Etc (mm) Prim./Verão (c)	Etc (mm) Out./Inv. (c')	Água de rega - CE (dS/m) (d)	Precipitação anual (mm) (CE 0,11dS/m) (e)	Extracto de saturação do solo observado a 60cm - CEes (dS/m) (f)	Necessidades de Lixiviação através da rega - NLr (mm) =NLr=(c)/[1-(d/((5*f)-d))]	Necessidades de Lixiviação através da chuva - NLC (mm) =NLC=(c')/[1-(0,11/((5*f)-0,11))]
Testemunha	2003	Girassol	5,30	221	423	231	1,83	563	3,20	486	232
	2004	Milho	1,70	292	473	274	1,56	374	2,80	541	276
	2005	Sorgo	4,00	384	452	250	3,25	357	4,93	533	251
	2006	Milho	1,70	875	758	253	2,85	633	5,29	862	254
Subsolado	2003	Girassol	5,30	221	423	231	1,83	563	3,71	475	232
	2004	Milho	1,70	292	473	274	1,56	374	2,50	552	276
	2005	Sorgo	4,00	384	452	250	3,25	357	4,26	551	252
	2006	Milho	1,70	875	758	253	2,85	633	4,57	884	254
Toupeira só	2004	Milho	1,70	292	473	274	1,56	374	1,34	678	279
	2005	Sorgo	4,00	320	452	250	3,25	357	3,51	585	252
	2006	Milho	1,70	863	758	253	2,85	633	3,77	922	254

Quadro 1: - Necessidades de Lixiviação entre 2003 e 2006

Será importante e necessário que haja lixiviação através da precipitação que ocorre durante o Outono / Inverno, permitindo baixar a salinidade do solo. Verifica-se assim que a precipitação necessária para satisfazer as *Necessidades de Lixiviação (NL)* através da chuva, é atingida em todos os anos do ensaio durante o Outono / Inverno.

3.1.1. – Drenagem

Acompanhou-se a evolução dos volumes drenados (drenagem profunda - ΔZ) com recurso a *Sondas Thalimedes* (conforme Figura 3), permitindo o acompanhamento contínuo, tal como foi realizado em anos anteriores, assim como o acompanhamento da oscilação da *Toalha Freática*.

Apesar das Modalidades Testemunha e Subsolado se encontrarem no quarto ano de ensaio e a Modalidade Toupeira no terceiro ano, ainda apresentam condições de drenagem passíveis de serem analisadas.

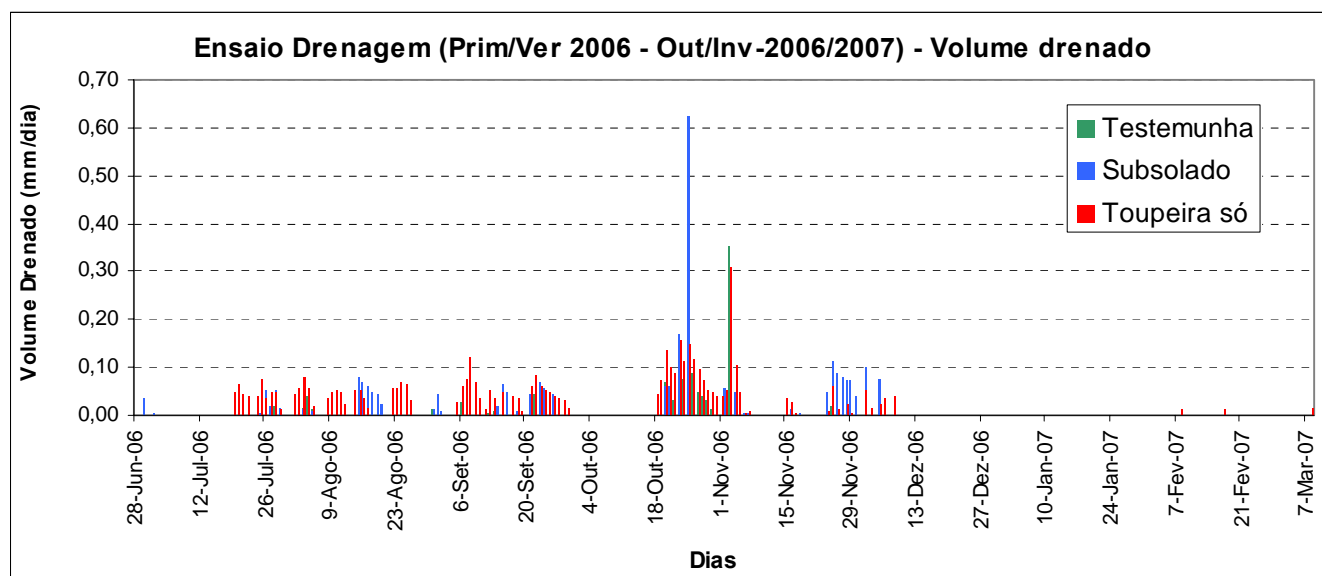


Figura 3: - Drenagem verificada no ensaio (drenos)

3.2. – Qualidade da água do solo e da drenagem

Tomando a equivalência $1\text{dS/m} \approx 0,6\text{g/l}$ de sais (Pacheco, 2006), vê-se que, neste estudo, em 2006 foi adicionado ao solo do ensaio 13969kg/ha de sais na Modalidade Testemunha, 13809kg/ha na Modalidade Subsulado e 13780kg/ha na Modalidade Toupeira só, uma vez que o *ESS* foi de $5,29\text{dS/m}$, $4,57\text{dS/m}$ e $3,77\text{dS/m}$ respectivamente nas três Modalidades, valores estes que contribuem para a redução no rendimento das culturas.

A Condutividade Eléctrica (CE) registada na toalha freática (*ESS*) durante a Primavera / Verão, aumenta e é superior na Modalidade Testemunha (apresenta menor drenagem e lixiviação de sais), relativamente à Modalidade Toupeira só e Subsulado, consequência da maior lixiviação, lavagem e drenagem de sais ao longo do perfil (Figura 4). Durante o Outono / Inverno, após a precipitação intensa que se registou no final de Outubro e princípio de Novembro, houve uma lixiviação acentuada dos sais, diminuindo de forma acentuada a *CE* do *ESS*.

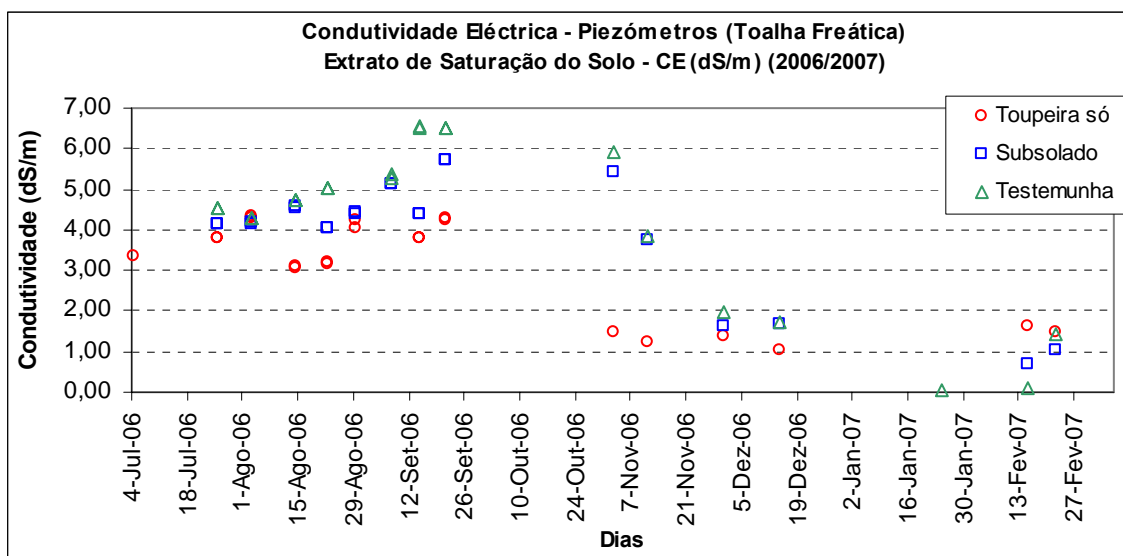


Figura 4: - Condutividade Eléctrica da Toalha Freática

Na Figura 5 pode-se verificar menor drenagem na Modalidade Testemunha, devido ao solo não ter tido uma mobilização que facilitasse a drenagem, como se verifica na Subsolagem e com maior efeito na Modalidade Toupeira só (instalada em 2003) onde, três anos após ser instalada, o solo apresenta ainda melhor drenagem interna comparativamente à Modalidade Testemunha. Verifica-se também que na Modalidade Subsulado ainda se encontra a funcionar a drenagem interna. Os volumes drenados foram respectivamente de 1,50mm; 3,33mm e 4,67mm nas Modalidades Testemunha, Subsulado e Toupeira só.

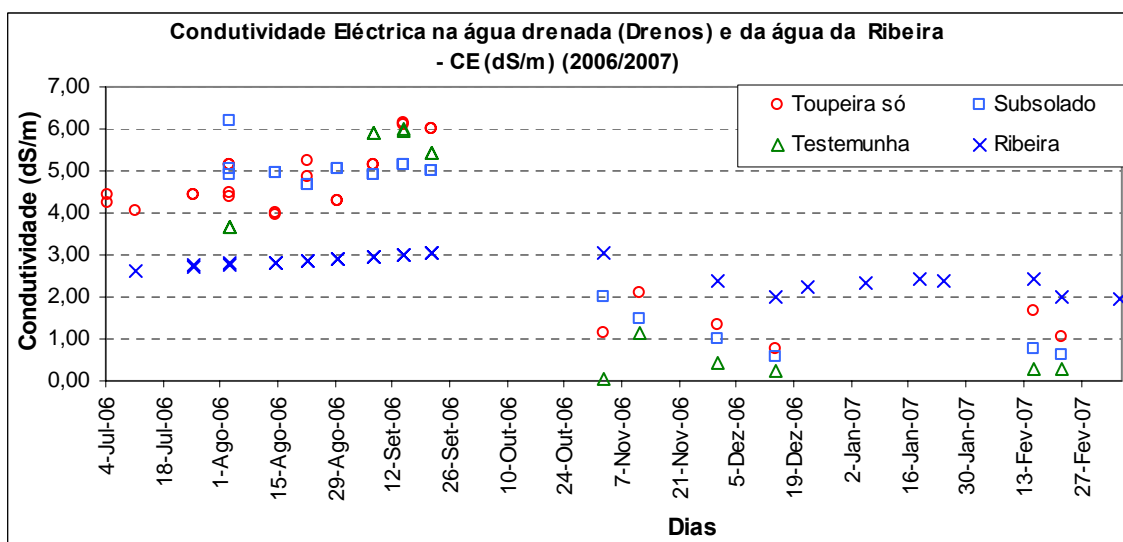


Figura 5: - Condutividade eléctrica da água drenada

Existe um aumento da salinidade do solo nas amostras recolhidas em Outubro de 2005 nas modalidades relativamente à amostragem realizada em 2003. Refira-se que a parcela

até esta data, esteve dedicada apenas a culturas cerealíferas de sequeiro apresentando valores de salinidade bastante baixos. Tendo-se feito a rega com água de má qualidade (C3S1), o teor de sais no solo (ESS) aumentou significativamente em todas as modalidades durante o Verão de 2006. Sendo o nível limite para classificar o solo de salino, CEes > 4 dS/m (Richard's, 1954), as modalidades Testemunha (5,29dS/m) e Subsulado (4,57dS/m) ultrapassaram esse valor no referido período, ficando com solo salino, a modalidade Toupeira só ficou próximo (3,77dS/m). No entanto, graças à lixiviação ocorrida pela precipitação do Outono / Inverno, esse valor baixou significativamente para valores inferiores a 2,00dS/m, como se verifica nas Figuras 4 e 5.

As dotações aplicadas não permitiram manter o solo a uma salinidade compatível com a cultura instalada no terreno (milho), cujo limiar de salinidade é de 1,7dS/m. Apenas seria tolerado pelo sorgo (limiar de salinidade de 4dS/m), na Modalidade Testemunha, ou para o Girassol (limiar de salinidade de 5,3dS/m), valor que quase se atingiu na Modalidade Testemunha (5,29dS/m).

4. – Conclusões e recomendações

Os resultados obtidos permitem-nos concluir que a informação sobre as necessidades hídricas das culturas, a *salinidade da água de rega*, do *Extracto de Saturação do Solo* e do *limiar de tolerância das plantas*, são factores importantes para determinar as dotações a aplicar ao solo, que satisfaçam as necessidades das culturas e permitam a lavagem e lixiviação dos sais ao nível do perfil do solo para a rede de drenagem.

Verifica-se também que após estes anos de ensaio, as Modalidades Subsulado e Toupeira só, continuam a funcionar em condições que nos permitem observar que são sistemas de mobilização do solo que, associados ao sistema de drenagem combinada, permitem melhorar a circulação da água no perfil e facilitam a drenagem e lixiviação dos sais, em comparação com a Modalidade Testemunha, obtendo melhores resultados a Modalidade Toupeira só. Esta é, por isso, uma alternativa viável para evitar a salinização dos solos (Barros) nos regadios do Alqueva.

No entanto, verifica-se que estamos a aumentar a salinidade do solo ao regar com este tipo de água, a drenagem que se verifica não é suficiente para remover os sais do solo, as Modalidades Testemunha e Subsulado já ultrapassaram o nível limite para considerar o solo salino a nível do extracto de saturação do solo CEes > 4 dS/m (Richard's, 1954). As necessidades de fracção de lixiviação (com dotação de rega) seriam muito afectadas, implicando muito baixa eficiência de aplicação da água de rega.

Verifica-se no entanto que durante o Outono / Inverno a precipitação que ocorre contribui para a lavagem e remoção dos sais do solo, baixando a Condutividade Eléctrica do Extracto de Saturação do Solo para valores tolerados pelas culturas. Ou seja, em termos pedológicos, não se estará a degradar o solo por salinização, uma vez que ele é recuperado em cada Inverno.

5 - Referências bibliográficas

Ayers, R. S., D. W. Westcot (1987) La qualité de l'eau en agriculture. Rome, FAO Irrigation and Drainage Bull. N° 29.

Curtin, D., H. Steppuhn, F. Selles (1994) Clay Dispersion in Relation to Sodicty, Electrolyte Concentration, and Mechanical Affect. Soil Sci. Soc. Am. J. 58:995-996.

Leeds-Harrison, P. B.; Spoor, G.; Godwin, R. J. (1982) Water flow to mole drains. J. Ag. Eng. Res. 27: 81-91.

Matos, L. S. D. (1998) Estudo do efeito da subsolagem num solo Mediterrâneo regado por sulcos. Dissertação apresentada à Universidade de Évora para obtenção do grau de mestre em Engenharia do Solo e da Água. Évora.

Pacheco, C. A. (2006) Pedologia Aplicada, Aula Teórica nº 15, Processos de Degradação do Solo, Prof. Responsável: Carlos de Arruda Pacheco, Departamento de Ciências do Ambiente – instituto Superior de Agronomia – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. (http://www.isa.utl.pt/dca/Ped_Aplicada/textos/Aula%20Teorica%2015.pdf)

Raposo, J.R. (1996) A Rega – Dos primitivos regadios às modernas técnicas de rega, Serviço de educação – Fundação Calouste Gulbikian, Maia.

Richards, L.A. (1954) Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington DC, US Department of Agricultural. 160p. (USDA Agricultural Handbook, 60).

Sequeira, E. M. (2000) O Alqueva face às questões ambientais, à nova PAC (2000) a à Directiva Quadro da Água. Revista de Ciências Agrárias XXIII (3/4): 160-186.

Serralheiro, R. P. (1993) Qualidade da água de Rega: Impacto na Agricultura. Encontro técnico ÁGUA E AGRICULTURA. Não publicado.

Serralheiro, R. P.; Bettencourt, A; Fernandes, J. P; Carvalho, J. M.; Pinto, P. (1996) Recursos hídricos do Alentejo. Perspectivas de utilização sustentável. Évora, Universidade de Évora, Coleção “Publicações Universidade de Évora”, série Ciências da Natureza e Ambiente, nº 1.

Serralheiro, R. P. (1997) Perspectiva da Agricultura de Regadio em Portugal. Évora, Coleção “Publicações Universidade de Évora”, série Ciências Agrárias, nº 5.

Serralheiro, R. P. (2002) A Sustentabilidade do Regadio e a Conservação do Solo e da Água em condições Mediterrânicas. – “Água, recurso a preservar”, separata dos Anais da Universidade de Évora, 11.209-248.

Serralheiro, R. P. (2003) Lição inaugural do ano académico 2003/2004 na Universidade de Évora. Não publicado em papel.

SNIRH, FERREIRA DO ALENTEJO (25I/01UG) - Precipitação mensal (mm),
[http://snirh.pt/snirh.php?main_id=2&item=1.1&objlink=&objrede=\(19-01-2007\)](http://snirh.pt/snirh.php?main_id=2&item=1.1&objlink=&objrede=(19-01-2007))

Teles Grilo. (2002) Informação não publicada