

NECESSIDADES HÍDRICAS DO OLIVAL NO ALENTEJO E PROJEÇÕES PARA O PERÍODO 2071-2100*

Ana Paulo^{1,2} & Henriqueta Rocha Pinto¹

1. Escola Superior Agrária de Santarém, Instituto Politécnico de Santarém
 2. CEER-Centro de Engenharia dos Biosistemas, Instituto Superior de Agronomia
- *não segue o acordo ortográfico

RESUMO

O olival é uma cultura típica mediterrânica, adaptada a situações de escassez de água. Sendo tradicionalmente uma cultura de sequeiro, poderá no futuro só ser viável em regadio. As necessidades hídricas da cultura são estimadas recorrendo a um modelo empírico de balanço hídrico do solo, para um período de tempo longo, que permitirá captar a sua variabilidade e detectar eventuais tendências.

Usando séries diárias de temperatura máxima e mínima, humidade relativa, insolação e velocidade do vento em Beja calcula-se a evapotranspiração de referência ETo pelo método de Penman-Monteith, no período 1965-2000. Valores diários de precipitação no mesmo período são utilizados na simulação diária do balanço hídrico, considerando um solo representativo. A simulação para os cenários futuros foi feita numa base mensal. Projeções mensais de temperatura máxima e mínima e precipitação geradas pelo modelo regional de clima PRECIS para os cenários A2 e B2, no período 2071-2100 permitiram estimar ETo seguindo o preconizado pela FAO-56 para dados incompletos, e efectuar o balanço hídrico num passo de tempo mensal.

A análise de frequências das estimativas mensais e anuais das necessidades hídricas da cultura permitiu caracterizar os anos mais secos/mais húmidos e detectar eventuais tendências no período histórico analisado. As necessidades históricas são comparadas com as resultantes dos cenários climáticos. No olival projecta-se um acréscimo nas necessidades globais de rega superior a 40% que corresponde a acréscimos da ET máxima de 10 a 15% e a decréscimos da precipitação de 25 a 30% nos cenários A2 e B2 respectivamente. No período de registos históricos analisa-se a evolução temporal da razão entre ET actual e ET máxima acumuladas durante diferentes intervalos de tempo e a sua relação com as secas evidenciando uma razão 0.4-0.5 como indicador de escassez e seca no olival, a 12 meses de acumulação.

Pretende-se com este trabalho quantificar alterações das necessidades hídricas de uma cultura tradicionalmente adaptada à região e identificar futuras situações de escassez que possam apoiar medidas de adaptação e uma melhor gestão futura dos recursos solo e água.

Palavras-chave: necessidades hídricas, olival, alterações climáticas, seca e escassez de água.

ABSTRACT

The olive tree is a typical mediterranean crop, well adapted to water scarcity. It is a traditional rainfed crop that in the future possibly will need to be irrigated for viability. Olive net irrigation requirements are estimated using an empirical soil water balance over a time period of 36 years thus allowing to characterize variability and to capture tendencies.

The reference evapotranspiration in Beja is computed in the period 1965-2000 from daily maximum and minimum temperature, relative humidity, sunshine and wind speed using the Penman-Monteith equation. Daily ETo and precipitation are used in the water balance simulation, considering a representative soil and olive orchard. The water balance simulation under scenarios A2 and B2 was carried on a monthly time scale with ETo, computed with maximum and minimum temperatures, following FAO-56 procedures and precipitation obtained from the regional climate model PRECIS for the period 2071-2100,.

Frequency analysis of net irrigation requirements of olive on a monthly and annual basis allowed to characterize drought/wet years and to scan tendencies over the historical record period. Past water requirements are compared with those derived from climate projections. For the olive crop an increase of more than 40% in net irrigation requirements is projected under A2 and B2 scenarios which correspond to an increase of 10 to 15% in maximum ET and a 25 to 30% decrease in precipitation. Additionally the time evolution of the ratio actual ET / maximum ET cumulated over several months and its relations with droughts is studied suggesting an overall 12-months ratio around 0.4-0.5 as a drought water scarcity threshold.

The aim of this paper is to quantify changes in water requirements of traditional olive orchards well adapted to the region and identify future water scarcity situations supporting adaptation measures and a better soil and water management in the near future.

Keywords: Water necessities, olive, climate changes, drought and water scarcity.

INTRODUÇÃO

O olival é uma cultura tradicionalmente praticada no Alentejo em condições de sequeiro. A área do olival no Alentejo representa 49% da área de olival no país (INE, 2011). Nesta região os novos olivais, que já representam 15% da área, têm elevadas densidades de plantação e são regados.

As projecções climáticas do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) apontam um aumento de temperatura no Verão e um decréscimo da precipitação anual no Sul da Europa, com níveis de confiança elevado e médio respectivamente (IPCC, 2014). Perspectiva-se pois o aumento da evaporação e das necessidades de rega e uma diminuição das disponibilidades em água. A convivência com a seca e a escassez de água (Pereira et al, 2009) possivelmente mais frequentes num futuro próximo exigem medidas de adaptação. Estudos de impactes das alterações climáticas nas necessidades de rega anuais de rotações culturais integrando o milho e tomate em Évora e Beja, apontam para aumentos de 13 a 70% em cenários de alteração climática (Rolim et al, 2012). Os cenários de emissões que serviram de base ao presente trabalho projectam subidas globais de 2,34 °C (cenário B2) e de 3,29 °C (cenário A2) na temperatura média anual para a década de 2080. As incertezas associadas aos cenários introduzem uma variabilidade muito grande nas projecções da precipitação.

Propomo-nos efectuar uma estimativa e quantificação da variação das necessidades de rega do olival em Beja face às alterações climáticas projectadas.

Neste contexto, calculam-se as necessidades hídricas em Beja, no período de 1965-2000 e comparam-se com as necessidades simuladas para o período 2071-2100, resultantes de projecções climáticas geradas pelo modelo regional de clima PRECIS (Jones et al, 2004) para os cenários A2 e B2.

Para estimar as necessidades hídricas do olival considerou-se um olival tradicional com densidade média de plantação de 60-80 árvores por hectare, menos exigente em água que olivais mais densos.

MATERIAL E MÉTODOS

As necessidades hídricas foram estimadas recorrendo a um modelo empírico de balanço hídrico do solo e à aplicação ISAREG (Teixeira e Pereira, 1992). Para o balanço

hídrico são necessários dados climáticos, características do solo e características das culturas, contribuição da toalha freática e parâmetros de gestão da rega.

Os dados climáticos requeridos pelo modelo são a evapotranspiração de referência (ET_o) e a precipitação (Pre) e podem ser diários, decendiais (dias 1 a 10, 11 a 20, 21 até ao final do mês) ou mensais. O balanço hídrico é efectuado num passo de tempo diário. Dados decendiais ou mensais são convertidos internamente pelo modelo em valores diários, admitindo-se que são constantes no período a que se referem.

A estimativa de ET_o e a sua periodicidade, diária ou mensal foi condicionada pelos dados disponíveis, usando o método FAO-Penman-Monteith (Allen et al, 1998) no caso de dados completos e a simplificação preconizada pela FAO-56 para dados incompletos (Tabela 1). No período de 1965-2000 calculou-se ET_o diária com base na temperatura máxima e mínima, na insolação, na velocidade do vento e na humidade relativa mínima. Por falta de valores no período 1965-2000 a humidade relativa mínima foi estimada por regressão linear com a humidade relativa às 9h.

Tabela 1. Dados climáticos para o balanço hídrico do solo

Período	ET _o	Pre
1965-2000	Diária em Beja (IM) T _{max} , T _{min} , Ins, HR min*, Ven	Diária em Ferreira do Alentejo (SNIRH)
1961-1990	Mensal em Beja (IM) T _{max} , T _{min}	Mensal em Beja (IM)
1961-1990 Cenário Controlo	ET _o mensal (T _{max} , T _{min})	Mensal
2071-2100 Cenários A2 e B2	ET _o mensal (T _{max} , T _{min}) com correcção dos desvios	Mensal

* HR min em falta de 1995 a 2000; estimada por regressão linear com a humidade relativa às 9h

As séries de ET_o mensal referentes ao período histórico de 1961-1990, ao período de controlo 1961-1990 do modelo de clima e ao período de 2071-2100, para os cenários A2 e B2 foram calculadas apenas com as temperaturas máximas e mínimas. Efectuou-se posteriormente a correcção dos desvios do modelo de clima nos cenários A2 e B2, para a evapotranspiração e também para a precipitação mensal.

A evapotranspiração cultural ou evapotranspiração máxima do olival obtém-se por

$$ET_c = k_c k_r ET_o$$

[1]

onde k_c é o coeficiente cultural e k_r um coeficiente de redução que depende da densidade de plantação e do volume e forma da copa das árvores. Orgaz et al (2006) propõem uma nova metodologia em que o k_c resulta da soma de quatro componentes que expressam a transpiração da árvore, a evaporação da água interceptada pelas folhas e a evaporação do solo e da zona molhada pelos gotejadores e o k_r faz parte dos componentes de k_c . Contudo, esta metodologia requer calibração de campo, pelo que se adoptaram para k_c os valores mensais da Tabela 2. Soria et al. (2001) indicam coeficientes de redução de 0,4 a 0,5 para um olival tradicional de sequeiro recomendando valores mais elevados se o olival passar a ser regado. Por esse motivo, adoptou-se k_r igual a 0,7 de acordo com Pastor et al. (1999).

Tabela 2. Coeficientes culturais mensais do olival (Orgaz e Ferreres, 2001)

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
K_c	0,5	0,5	0,65	0,65	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60	0,65	0,65	0,50

O balanço hídrico do olival foi realizado para um solo representativo da região, com textura média, uma profundidade de 1,5 metros e uma capacidade utilizável (U) de 100 mm/m.

Considerou-se um olival adulto, com uma densidade de plantação de inferior a 100 árvores/ha, com raízes com 1,5 m de profundidade (z). A fracção de esgotamento de água do solo (p) tomou o valor de 0,65. Este valor, que depende da cultura e tipo de solo define o limiar de rendimento óptimo p.U.z, reserva de água no solo abaixo da qual se começa a verificar défice hídrico por diminuição da transpiração da cultura.

O balanço hídrico para um dado intervalo de tempo e uma dada espessura de solo é dado por

$$\Delta S = (P + I + G) - (RO + DP + E + T) \quad [2]$$

onde a variação de armazenamento resulta da diferença entre as entradas de água no solo, precipitação (P), rega (I) e ascensão capilar (G) e as saídas de água do solo, escoamento superficial (RO), percolação profunda (DP), evaporação a partir do solo (E) e transpiração da cultura (T). Para estimar os consumos de água do olival utilizou-se uma aproximação que considera as 'perdas' por escoamento superficial e percolação

profunda desprezáveis (Pereira, 2004). Optou-se por não considerar a contribuição da toalha freática, por desconhecer o seu valor, embora possa satisfazer parte da evapotranspiração do olival em condições de sequeiro.

O balanço hídrico do solo foi efectuado para três opções distintas: (1) necessidades globais de rega onde se calculam as necessidades hídricas da cultura em situação de conforto hídrico, (2) as necessidades de rega admitindo défice hídrico e (3) em condições de sequeiro, isto é sem rega. Na opção 2 a rega do olival é desencadeada quando a relação entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração cultural máxima (ET_a/ET_m) desce abaixo de valores pré-fixados, estabelecidos de acordo com as fases do ciclo vegetativo e com a maior ou menor sensibilidade ao défice hídrico. Nesta opção escolheu-se um volume de rega variável, que permitisse manter a relação ET_a/ET_m indicada.

PROJEÇÕES DAS NECESSIDADES HÍDRICAS PARA OS CENÁRIOS DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

As alterações projectadas na evapotranspiração de referência e na precipitação em termos médios em Beja são patentes na Fig.1.

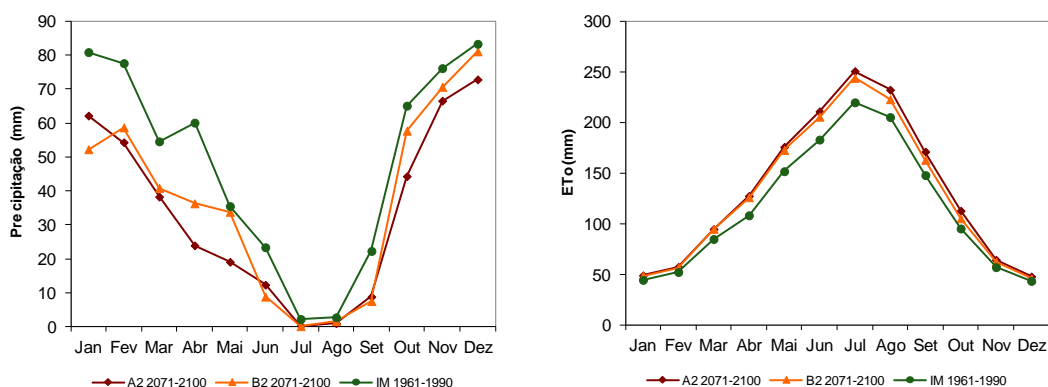


Figura 1. Precipitação e evapotranspiração de referência em Beja, em 1961-1990 e nos cenários de alterações climáticas A2 e B2.

As diferenças entre cenários e período de referência são mais elevadas para a precipitação e menores para a evapotranspiração de referência. A variabilidade é no entanto maior no caso da precipitação. O coeficiente de variação, uma medida de variabilidade relativa, toma o valor máximo de 13% em Janeiro e mínimo de 6% em Agosto para ETo e de 64% em Abril e 204% em Agosto para a precipitação.

Na Fig.2 observam-se valores médios mensais das necessidades líquidas de rega, da precipitação e da evapotranspiração do olival para o período histórico e cenários de alterações climáticas. Projecta-se um aumento das necessidades líquidas de rega, uma antecipação de um mês na rega, de Junho para Maio e uma deslocação do pico das necessidades de Agosto para Julho (Fig. 2).

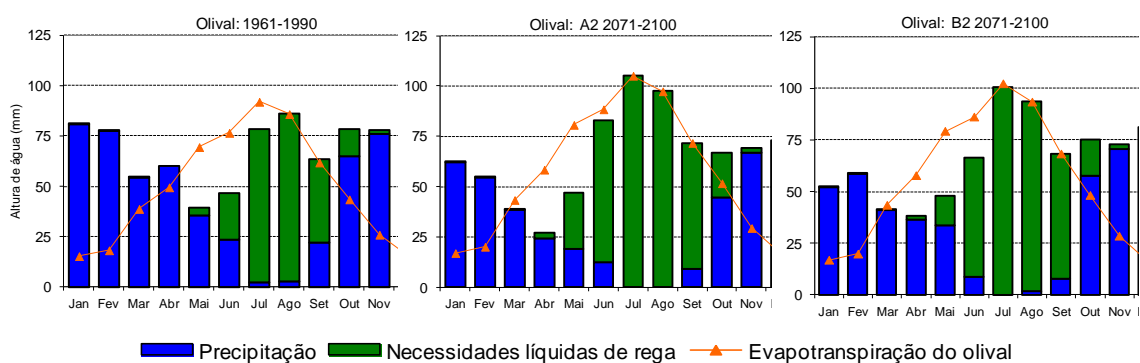


Figura 2. Médias mensais da precipitação, evapotranspiração e necessidades líquidas de rega no olival, em Beja para o período de 1961-1990 e cenários de alterações climáticas A2 e B2.

Na Tabela 3 apresentam-se as necessidades líquidas anuais de rega do olival em Beja, em situação de conforto hídrico, com a evapotranspiração actual (ETa) a igualar a evapotranspiração cultural máxima (ETm) bem como outras componentes do balanço hídrico para os cenários A2 e B2 e para o período histórico de 1961-1990 e a sua variação relativa. Também se apresentam as componentes do balanço hídrico do solo em regime de sequeiro e a relação ETa/ETm que representa a proporção da evapotranspiração cultural satisfeita apenas pela precipitação.

Tabela 3. Componentes do balanço hídrico do solo com rega e sem rega (valores médios) em mm e variação dos cenários A2 e B2 em relação a 1961-1990

Para satisfação das necessidades hídricas								
Período	Rega	ζ Rega	ETm	ζ ETm	Pre	ζ Pre	RO+DP	ζ (RO+DP)
1961-1990	243	-	594	-	584	-	228	-
A2 2071-2100	393	62%	681	15%	404	-31%	113	-51%
B2 2071-2100	347	43%	661	11%	450	-23%	132	-42%
Em sequeiro								
Período	RO+DP	ζ (RO+DP)	ETa	ζ ETa	ETa/ETm			
1961-1990	203		377	-	0,63			
A2 2071-2100	90	-55%	311	-18%	0,46			
B2 2071-2100	107	-47%	339	-10%	0,51			

Projecta-se para o período 2071-2100 um aumento das necessidades líquidas de rega do olival superior a 40%, que atinge os 62% no cenário A2. Este aumento resulta dum

acrécimo de 15% e 11% de ET_m acompanhado de uma diminuição da precipitação de 31% e 23% nos cenários A2 e B2, respectivamente. O escoamento superficial e percolação estimados em 228 mm no período histórico de 1961-1990 diminuirão para 113 mm e 132 mm em A2 e B2.

O balanço hídrico sem rega conduz a reduções de ET_a de 18% no cenário A2 e 10% no cenário B2. Em sequeiro estima-se uma diminuição de 55 e 47% no escoamento superficial e percolação relativamente ao período de referência. A relação anual ET_a/ET_m toma valores médios de 0,63 para o período histórico decrescendo para 0,46 e 0,51 nos cenários A2 e B2. No período histórico, em condições de sequeiro, a relação ET_a/ET_m é inferior a 0,63 em 50% dos anos enquanto que nos cenários A2 e B2 os valores passam a 0,46 e 0,50. O olival tradicional está adaptado a situações de escassez. No entanto a diminuição de ET_a poderá levar a quebras de produção consideráveis e à necessidade de adaptar a cultura ao regadio.

Admitindo restrições à satisfação das necessidades hídricas simulou-se o balanço hídrico para A2 e B2 considerando que a rega do olival é desencadeada quando a relação ET_a/ET_m desce abaixo de valores pré-fixados que se estabeleceu serem 0,7 em todos os meses. Nesta opção escolheu-se um volume de rega variável, que permitisse manter a relação ET_a/ET_m indicada.

Ao observar as curvas de frequências acumuladas dos volumes anuais de rega nos cenários A2 e B2, sujeitos às restrições mencionadas, com as necessidades líquidas de rega em situação de conforto hídrico no período de 1961-1990 (Fig. 3, à esquerda) pode verificar-se que os volumes anuais de rega do cenário B2 são inferiores às necessidades líquidas históricas. A distribuição de frequências de A2 e do período histórico são semelhantes. Constata-se que em média o volume mensal de água de rega necessário para satisfazer as necessidades líquidas de rega no período histórico de referência poderá nos cenários A2 e B2 ser suficiente para conduzir a rega por forma a manter a relação ET_a/ET_m acima do valor 0,7 (Fig. 3, à direita).

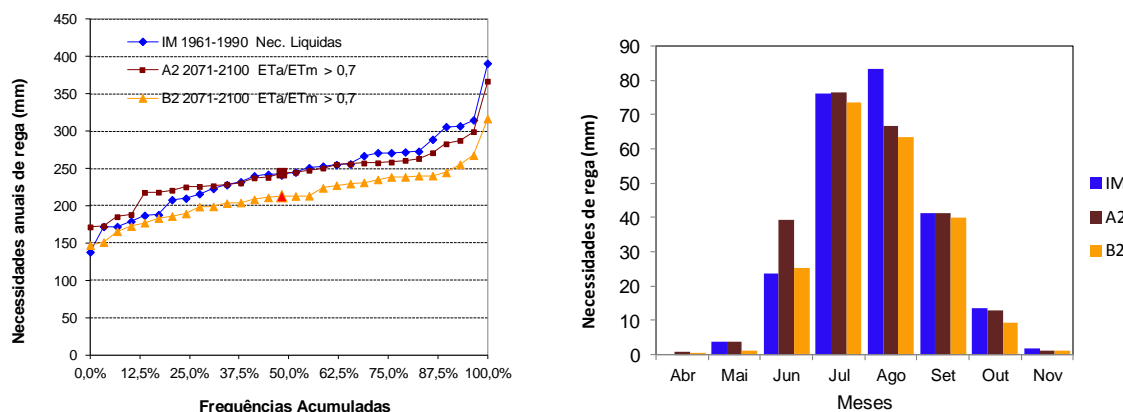


Figura 3. Distribuição empírica dos valores anuais (à esquerda) e médias mensais (à direita) das necessidades de rega do olival em Beja em 1961-90 ($ETa/ETm=1$) e nos cenários A2 e B2 com restrições ($ETa/ETm=0,7$).

No período de referência, a adaptação do olival de sequeiro a regadio levaria a um consumo anual médio de 243 mm de água de rega, admitindo a satisfação total das necessidades hídricas. Esse mesmo volume nos cenários A2 e B2 apenas poderia suprir em média 80 e 82% da evapotranspiração cultural máxima.

ÍNDICES DE SECA E INDICADORES DE ESCASSEZ NO OLIVAL

Os índices de seca são utilizados para monitorizar e quantificar a severidade da seca. O índice de seca SPI (McKee et al. 1993, 1995) e o índice de seca MedPDSI, uma modificação do índice de Palmer para condições mediterrânicas foram usados em Portugal na caracterização e estudo de secas (Paulo e Pereira 2006; Pereira et al. 2007; Rosa et al. 2010). No período de 1965-2000 efectuou-se o balanço hídrico do olival em condições de sequeiro, usando valores diários de ETo , calculada pelo método FAO-Penman Monteith com dados completos em Beja, e de precipitação diária em Ferreira do Alentejo. A relação ETa/ETm é agregada pelo modelo ISAREG e o seus valores reportam-se a um passo de tempo mensal.

Obteve-se também o índice SPI mensal em Ferreira do Alentejo, para uma escala de acumulação de 12 meses. O índice de seca MedPDSI foi também obtido para o mesmo período. A seca moderada corresponde a valores de SPI entre -1 e -1,5 e de MedPDSI entre -2 e -3. Valores de SPI inferiores a -1,5 (MedPDSI -3) indicam seca severa.

Admite-se que a relação ETa/ETm poderá ser um indicador de seca. Analisou-se a evolução temporal da razão ETa/ETm acumulada a 9 e 12 meses e investigou-se a sua relação com as secas identificadas pelos índices de seca. Existe concordância entre o

SPI e a razão ETa/ETm , a 12 meses de acumulação (Fig. 4) bastante marcada em períodos de maior secura, como se pode verificar no ano de 1992. Ao observar a evolução temporal conjunta da razão ETa/ETm e do MedPDSI também os períodos mais secos identificados pelo MedPDSI são acompanhados pela descida de ETa/ETm . A seca de 1995 identificada pelos índices SPI e MedPDSI só mais tarde se repercute na descida de ETa/ETm .

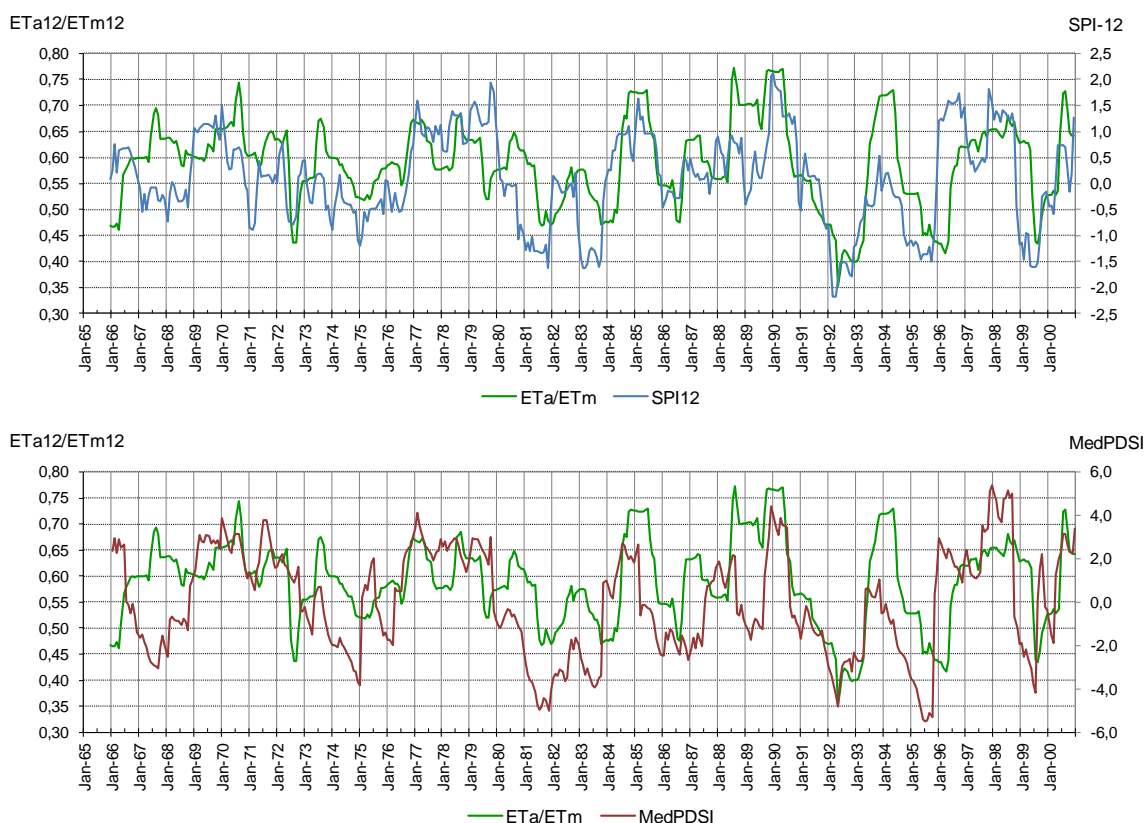


Figura 4. Índices de seca SPI-12, MedPDSI e razão ETa/ETm em olival de sequeiro, em Beja, 1965-2000.

Uma razão ETa/ETm_{12} inferior a 0,4-0,5 evidencia escassez de água e complementa a informação dos índices de seca.

De notar que nalguns casos existe um atraso de alguns meses do indicador ETa/ETm_{12} em relação ao SPI que poderá ser devido à contribuição da água armazenada no solo para a satisfação de parte da procura do olival. O mesmo também se verifica com o MedPDSI que, apesar de ter por base o balanço hídrico do solo, tem um algoritmo complexo onde o peso de todos os componentes do balanço hídrico são considerados. A diminuição da precipitação só mais tarde se traduz em carência hídrica e escassez no olival.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Há que salientar as incertezas e simplificações inerentes a este estudo e em geral a estudos de adaptação da agricultura às alterações climáticas. Os estudos que utilizam dados de projecções climáticas são 'datados' na medida em que os cenários de emissões e os modelos climáticos estão em constante actualização. Por outro lado as alterações de clima introduzem mudanças nas datas dos estados fenológicos e na duração das fases do ciclo vegetativo das plantas, podendo até inviabilizar a sua permanência nas regiões onde hoje vegetam. Orlandi et al. (2010) relacionam a floração da oliveira com a latitude mostrando que o comportamento das diferentes espécies de oliveira é constante para condições meteorológicas semelhantes, independentemente das variações na latitude. Melo e Abreu et al. (2004) registam atrasos na floração da oliveira com o aumento da temperatura. Os cenários de emissões contemplam maiores concentrações de CO₂ e a concentração de CO₂ influencia a eficiência da fotossíntese e a perda de água pelas folhas (Melo e Abreu e Pereira, 2010; Pereira, 2011).

O presente trabalho é pois uma aproximação uma vez que não inclui ajustamentos nas datas dos estados fenológicos da oliveira e usa os mesmos valores de coeficientes culturais nas simulações para cenários de alteração climática. Outro tipo de incertezas, resultantes de distintos modelos de clima, não é avaliada pois apenas se utilizam dados resultantes de um único modelo.

O olival tradicional de sequeiro, com baixas densidades de plantação (menos de 80 árvores/ha) tem resistido a anos secos e à escassez de água. A satisfação de pelo menos 60% da evapotranspiração cultural máxima anual só se verifica em cerca de 50% dos anos nas condições actuais de clima. Contudo, estes olivais podem tornar-se mais produtivos após adaptação ao regadio, com aplicação de baixos volumes de água de rega, conforme documentado para a região da Andaluzia, no Sul de Espanha por Soria et. al. (2001).

Os volumes líquidos de rega estimados para o período de 1961-1990 por forma a satisfazer na totalidade as necessidades hídricas do olival de sequeiro, supririam em média 80 a 82% da evapotranspiração máxima simulada para os cenários A2 e B2.

Analisando o balanço hídrico do solo com dados climáticos históricos e com dados resultantes das alterações climáticas dos cenários A2 e B2 conclui-se que o aumento das necessidades líquidas de rega pode tornar inviável o olival tradicional em regime de sequeiro. A adaptação do olival ao regadio ou a sua substituição por outro tipo de vegetação ou cultura poderá vir a ser equacionada no futuro.

Agradecimentos: os dados meteorológicos foram disponibilizados pelo IM-IPMA e pela APA-SNIRH; o modelo ISAREG pelo Centro de Engenharia dos Biosistemas-ISA.

BIBLIOGRAFIA

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M., 1998. Crop Evapotranspiration, Guidelines for Computing Crop Water Requirements, Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome, 300 pp.

IPCC, 2014. WGII AR5 Report, Chapter 23. Europe. Coord. Lead Authors: Sari Kovats (UK), Riccardo Alentini (Italy).

INE, 2011. Recenseamento Agrícola 2009-Análise dos principais resultados. Instituto Nacional de Estatística, 2011.

Jones, R.G., Noguer, M., Hassell, D.C., Hudson, D., Wilson, S.S., Jenkins, G.J. and Mitchell, J.F.B.(2004) Generating high resolution climate change scenarios using PRECIS, Met Office Hadley Centre, Exeter, UK, 40pp, April 2004

McKee, T.B., Doesken N.J., Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA, 179-184.

McKee, T. B.; Doesken, N. J.; Kleist, J. 1995. Drought monitoring with multiple time scales. In: 9th Conference on Applied Climatology, Am. Meteor. Soc., Boston, pp. 233-236.

Melo e Abreu JP de, Pereira LS, 2010. Impactos e vulnerabilidade da agricultura resultantes das alterações climáticas. In :Pereira LS, Victoria FB, Paredes P, Garcia M, Palácios E, Torrecillas A (Eds). Tecnologias para o Uso Sustentável da Água em Regadio. Edições Colibri e CEER, Lisboa, p. 159-163 & CD-Rom paper 8.1

Melo-Abreu J.P., Barranco D., Cordeiro A.M., Tous J., Rogado B.M., Villalobos F. 2004. Modelling olive flowering date using chilling for dormancy release and thermal time. *Agricultural and Forest Meteorology*, 125 (1-2): 117-127.

Miranda PMA, Coelho F, Tomé AR, Valente MA, Carvalho A, Pires C, Pires HO, Cabrinha VC Ramalho C (2002) 20th Century Portuguese Climate and Climate Scenarios. In Santos FD, Forbes K, Moita R (eds) *Climate Change in Portugal: Scenarios, Impacts and Adptation*, 27-83. Gradiva.

Orgaz F., Testi L., Villalobos F.J. , Ferreres E., 2006. Water requirements of olive orchards–II: determination of crop coefficients for irrigation scheduling. *Irrig Sci* (2006) 24: 77-84

Orgaz F., Ferreres E., 2001. Riego. In: Barranco D., Fernández-Escobar R., Rallo L., eds. *El cultivo del olivo*. Junta de Andalucía. Ed Mundi-Prensa, Madrid.

Orlandi F., Msallem M., Bonofiglio T., Ben Dhiab A., Sgromo C., Romano B., Fornaciari M. (2010). Relationship between olive flowering and latitude in two Mediterranean countries (Italy and Tunisia). *Theor Appl Climatol* (2010) 102:265-273. DOI 10.1007/s00704-009-0239-1.

Paulo, A. A. and Pereira, L. S., 2006. Drought concepts and characterization. Comparing drought indices, *Water Int.*, 31, 37–49, 2006.

Pastor M., Castro J., Mariscal M.J., Veja V., Orgaz F., Ferreres E., Hidalgo J., 1999. Respuestas del olivar tradicional a diferentes estrategias y dosis de agua de riego. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* Vol. 14 (3), 1999.

Pereira, L. S., Cordery, I., and Iacovides, I., 2009. *Coping with Water Scarcity. Addressing the Challenges*, Springer, Dordrecht, 382pp.

Pereira, L. S., 2004. *Necessidades de água e métodos de rega*. Ed. Europa-América, Lisboa, 312pp.

Pereira, L. S., 2011. Challenges on water resources management when searching for sustainable adaptation to climate change focusing agriculture. *European Water*, 34: 41-54, 2011.

Pereira, L. S., Rosa, R. D., e Paulo, A. A., 2007. Testing a Modification of the Palmer Drought Severity Index for Mediterranean Environments, in: *Methods and Tools for Drought Analysis and Management*, edited by: Rossi, G., Vega, T., and Bonaccorso, B., Springer, Dordrecht, 149–167.

Rolim, J., Teixeira, J., Catalão, J., 2012. Aplicação experimental de uma metodologia para o estudo dos impactes das alterações climáticas no regadio: estudo de caso na região do Alentejo. In: IV CNRD, Coimbra, Setembro 2012.

Rosa, R. D., Pereira, L. S., e Paulo, A. A., 2010. O MedPDSI, uma modificação do índice de Palmer para clima mediterrânico, 2. Aplicação ao país, in: Gestão do Risco em Secas, Métodos, Tecnologias e Desafios, editado por: Pereira, L. S., Mexia, J. T., e Pires, C. A. L., Edições Colibri e CEER, Lisboa, 35–58, 2010..

Sistema Nacional de Informação em Recursos Hídricos. <http://snirh.pt/>

Soria L., Orgaz F., Fernández E., Pastor M., 2001. Programación de riegos en olivar e su aplicación a la comarca de La Loma (Jaén). In: Programación de riegos en olivar, Ed Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura e Pesca.

Teixeira, J.L. and L.S. Pereira, 1992. ISAREG, an irrigation scheduling simulation model. In: Pereira, L.S., Perrier, A., Ait Kadi, M. and Kabat (guest editors) Crop Water Models. Special issue of ICID Bulletin, 41(2): 29-48.