

Modelação da evapotranspiração de um olival intensivo utilizando o modelo SIMDualKc

Mariana Goulão Travassos Correia de Mendonça

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Agronómica

Orientador: Professora Doutora M^a Teresa Gomes Afonso do Paço

Co-orientador: Professor Doutor Francisco Lúcio dos Santos

Júri:

Presidente:

Doutor José Luís Monteiro Teixeira, Professor Associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Vogais:

Doutora Maria do Rosário da Conceição Cameira, Professora Associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Doutora Maria Teresa Gomes Afonso do Paço, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à minha orientadora, Professora Teresa Afonso do Paço, pela disponibilidade demonstrada desde o primeiro momento para a concretização desta dissertação, por todos os conselhos, conhecimentos e motivação que me deu ao longo destes meses; ao Professor Francisco Lúcio dos Santos, meu co-orientador, por ter disponibilizado toda a ajuda necessária para a realização deste trabalho e me ter facultado todos os dados necessários; ao Professor Luís Santos Pereira por toda a disponibilidade, ajuda e motivação prestada ao longo destes meses de trabalho; à Doutora Paula Paredes por toda a ajuda e todo o apoio disponibilizado ao longo da execução do trabalho no modelo SIMDualKc; à Eng^a. Manuela Correia por facultar todos os dados e informações necessárias para a elaboração do trabalho; à Fundação Eugénio de Almeida, proprietária da Herdade Álamo de Cima; à Fundação para a Ciência e a Tecnologia por ter financiado todo o trabalho experimental do projeto H2Olive3S - Integration of in-situ biophysical information on crop and land surface with remotely sensed observations to model olive water use and irrigation scheduling at local and regional scales (PTDC/AGR-PRO/111717/2009)

E para finalizar, à minha família e amigos por me terem apoiado incansavelmente ao longo destes meses.

Resumo

Para o cálculo da evapotranspiração de um olival (ET_c), recorreu-se aos dados da evapotranspiração de referência e do coeficiente cultural, sendo necessário considerar as características do olival em estudo, essencialmente a altura das árvores e a densidade do copado, fatores que influenciam a forma como ocorre a transpiração e a evaporação do solo. Por esta razão, foi necessário ajustar o coeficiente cultural de acordo com as características do olival em causa, utilizando-se a abordagem de K_c dual, ou seja, calculando-se separadamente os dois componentes de ET_c : a transpiração das árvores, através do coeficiente cultural basal, e a evaporação do solo, representada pelo coeficiente de evaporação.

Para estimar a ET_c do olival intensivo em estudo, recorreu-se ao modelo SIMDualKc, por utilizar a abordagem de K_c dual, que é mais completa, ajustando-se melhor à realidade. Através do uso deste modelo obteve-se uma estimativa dos coeficientes culturais e consequentemente de ET_c .

O modelo SIMDualKc foi calibrado e validado através da análise de medições de fluxo de seiva obtidas pelo Método de *Granier*, posteriormente corrigidos pelo método de flutuações instantâneas, para os anos de 2011 e 2012. Foi feita uma tentativa inovadora de calibração do mesmo modelo para a componente de evaporação do solo recorrendo-se a medições do teor de água do solo e, por último, fez-se ainda uma comparação do coeficiente de *stress* obtido pelo mesmo modelo com medições do estado hídrico da planta que permitem avaliar informação similar.

Concluiu-se que, para os dois anos em estudo, os valores de transpiração simulados com o modelo SIMDualKc foram concordantes aos valores de transpiração registados no campo com recurso ao método de *Granier*, apresentando os valores uma eficiência estatística à volta de 0,7 e um índice de concordância superior a 0,9 para os dois anos em estudo, comprovando assim a capacidade do modelo em estimar a ET_c de um olival intensivo.

Palavras-chave: olival intensivo, evapotranspiração cultural, coeficiente cultural dual, modelo SIMDualKc

Abstract

Crop evapotranspiration (ET_c) was simulated for an intensive olive orchard recurring to reference evapotranspiration and crop coefficient data. Crop characteristics such as tree height and canopy density, as they are main factors that influence the fraction of ground covered area and how the transpiration and soil evaporation processes occur, were considered. It was necessary to adjust the crop coefficient according to such olive orchard characteristics, by using a dual K_c approach, namely by separately calculating the two ET_c components, the tree transpiration, with the basal crop coefficient basal, and the soil evaporation, represented by the evaporation coefficient.

The SIMDualKc model was used to estimate crop evapotranspiration of the intensive olive orchard under study. This model uses the dual K_c approach, which is more complete than the single K_c approach and fits better the olive crop characteristics. Through the use of this model estimates of K_c , and consequently of ET_c , were obtained.

The SIMDualKc model was calibrated and validated through the analysis of sap flow measurements obtained by the *Granier* method for the years 2011 and 2012, being 2012 the year of calibration and 2011 the year of validation. This last year was a year with heavy rains and when the placement of sensors in the trunk of trees to measure sap flow took place, and therefore measurements were collected only from the month of July onward.

For the two-year study transpiration values obtained with the SIMDualKc model were similar to those recorded using the *Granier* method and the simulated and observed ET_c values were also close, presenting the same behaviour (statistic efficiency around 0,7 and an approach value more than 0,9). Thus proving the ability of the model in estimating ET_c for this intensive olive orchard.

Key-words: intensive olive orchard, crop evapotranspiration, dual crop coefficient, SIMDualKc model

Índice	Pág.
I. Introdução	1
II. Revisão bibliográfica	2
II.1. O olival no Mundo e em Portugal	2
II.2. Rega no olival	7
II.2.1. Objetivos da rega	7
II.2.2. Condução da rega	9
II.2.3. Estratégias de condução da rega	10
II.2.4. Influência da rega: na oliveira, na produção e no crescimento vegetativo	12
II.3. Métodos para obtenção da evapotranspiração	14
II.4. O Modelo SIMDualKc	15
II.4.1. Apresentação geral do Modelo SIMDualKc	16
II.4.2. Modelação da evapotranspiração no Modelo SIMDualKc	18
III. Materiais e Métodos	18
III.1. Área de estudo	19
III.2. Caracterização da cultura	22
III.3. Caracterização edafo-climática	21
III.4. Calendário da rega no olival em estudo	23
III.5. Medição da transpiração da cultura	23
III.5.1. Avaliação da transpiração através do Método de <i>Granier</i>	23
III.6. Determinação da evaporação do solo	25
III.6.1 Medição de água no solo	25
III.6.2. Estimativa do teor de água na camada evaporativa	27
III.7. Determinação do potencial hídrico foliar da cultura	29
III.8. Modelação da evapotranspiração	30
III.8.1. Identificação dos <i>inputs</i> para a simulação da evapotranspiração com o modelo SIMDualKc	30
III.8.2. Modelação da evapotranspiração no Modelo SIMDualKc	36
III.8.2.1. Calibração da evapotranspiração no Modelo SIMDualKc	36
III.8.2.2. Avaliação da qualidade da modelação da evapotranspiração no Modelo SIMDualKc	39

IV.	Resultados e Discussão	40
	IV.1. Desempenho do Modelo SIMDualKc no cálculo da transpiração da cultura	40
	IV.2. Desempenho do Modelo SIMDualKc no cálculo da evapotranspiração da cultura	45
	IV.3. Coeficientes culturais obtidos com o Modelo SIMDualKc	48
	IV.4. Desempenho do Modelo SIMDualKc para a estimativa do teor de água da camada evaporativa	52
	IV.5. Análise do potencial hídrico foliar e do coeficiente de <i>stress</i> hídrico da cultura	53
V.	Considerações Finais e Conclusões	56
VI.	Referências Bibliográficas	57
	Anexo I	65
	Anexo II	66
	Anexo III	69
	Anexo IV	70
	Anexo V	71

Índice de figuras	Pág.
Figura 1 – Principais países produtores de azeite em 2014 e respetivas percentagens de produção	3
Figura 2 – Distribuição percentual da área ocupada em Portugal por olival para a produção de azeite, em 2013.....	4
Figura 3 – Distribuição regional da área percentual de olival para azeitona de mesa em 2013	5
Figura 4 – Evolução da produção e consumo de azeite em Portugal entre 2000 e 2014.....	6
Figura 5 – Evolução da produção e consumo de azeite a nível mundial entre 2000 e 2014.....	6
Figura 6 – Passos de utilização para o cálculo de ET_c com o modelo SIMDualKc.....	15
Figura 7 – Estrutura do Modelo SIMDualKc.....	16
Figura 8 – Painel inicial e menu principal do modelo SIMDualKc.....	18
Figura 9 – Parcela de olival em estudo na herdade Álamo de Cima, da Fundação Eugénio de Almeida	19
Figura 10 – Olival intensivo Álamo de Cima	20
Figura 11a e 11b – Fruto e folhas da variedade Cobrançosa	20
Figura 12 – Gráfico ombrotérmico relativo aos dados da temperatura média e precipitação média mensais no ano 2011 para a região de Évora.....	21
Figura 13 – Gráfico ombrotérmico relativo aos dados da temperatura média e precipitação média mensais no ano 2012 para a região de Évora.....	22
Figura 14 a, b, c, d – Instalação e utilização do método de medição de fluxo de seiva de Granier no olival da herdade Álamo de Cima	24
Figura 15 – Esquematização dos pontos de colocação dos tubos de acesso à sonda TDR para aquisição da humidade do solo com a sonda TRIME-TDR no ano 2011 e na parcela em estudo.....	26
Figura 16 – Esquematização dos pontos de colocação dos tubos de acesso para monitorização da humidade do solo com a sonda TRIME-TDR no ano 2012.....	27

Figura 17 – Câmara de pressão do tipo <i>Scholander</i> usada para avaliação o potencial hídrico foliar.....	29
Figura 18 – Janela de caracterização do solo para a herdade Álamo de Cima no modelo SIMDualKc.....	30
Figura 19 – Janela de caracterização para o clima no ano 2012 no modelo SIMDualKc.....	31
Figura 20 – Janela de caracterização da cultura no ano de 2012, no modelo SIMDualKc.....	32
Figura 21 – Janela de caracterização das opções de gestão da rega no ano de 2012 no modelo SIMDualKc.....	33
Figura 22 – Janela de caracterização da cobertura vegetal ativa no ano de 2012 no modelo SIMDualKc.....	34
Figura 23 – Janela de caracterização para a percolação profunda no solo da herdade Álamo de Cima no modelo SIMDualKc	35
Figura 24 – Janela de caracterização para o escoamento superficial do solo da herdade Álamo de Cima em estudo no modelo SIMDualKc.....	36
Figura 25 – Transpiração da cultura simulada pelo modelo SIMDualKc (T_{sim}), transpiração observada obtida pelo método de Granier (T_{sf}), evapotranspiração de referência (ET_o), rega e precipitação referente a 2011	41
Figura 26 – Transpiração da cultura simulada pelo modelo SIMDualKc (T_{sim}), transpiração observada obtida pelo método de Granier (T_{sf}), evapotranspiração de referência (ET_o), rega e precipitação referente a 2012.....	41
Figura 27 – Transpiração simulada e observada, T_{sim} e T_{sf} , do período de estudo para o ano de calibração (2012), dos dias do ano 107 a 340.....	43
Figura 28 – Transpiração simulada e observada, T_{sim} e T_{sf} , do período de estudo para o ano de validação (2011), dos dias do ano 194 a 365.	44
Figura 29 – Evapotranspiração observada e simulada, ET_{obs} e ET_{sim} , do período em estudo para o ano de calibração (2012), do dia do ano 107 ao 304.....	46
Figura 30 – Evapotranspiração observada e simulada, ET_{obs} e ET_{sim} , do período em estudo para o ano de validação (2011), do dia do ano 194 ao 365.....	46

Figura 31 – Evapotranspiração de referência (ET_o) e simulada (ET_{sim}) para o ano correspondente à calibração (2012).....	47
Figura 32 – Evapotranspiração de referência (ET_o) e simulada (ET_{sim}) e simulada para o ano correspondente à validação (2011).....	47
Figura 33 – Coeficiente cultural basal (K_{cb}), coeficiente cultural basal ajustado (K_{cb_adj}) e coeficiente de evaporação do solo (K_e) para o ano de calibração (2012)	48
Figura 34 – Coeficiente cultural basal (K_{cb}), coeficiente cultural basal ajustado (K_{cb_adj}) e coeficiente de evaporação do solo (K_e) para o ano de validação (2011).....	49
Figura 35 – Coeficiente cultural basal ajustado (K_{cb_adj}) para o ano de calibração (2012).....	50
Figura 36 – Coeficiente cultural basal ajustado (K_{cb_adj}) para o ano de validação (2011).....	50
Figura 37 – Quantidade de água da camada evaporativa (Θ_{ze}) do ano de calibração (2012)	52
Figura 38 – Quantidade de água da camada evaporativa (Θ_{ze}) do ano de validação (2011)	52
Figura 39 – Comparação dos valores do potencial hídrico (Ψ_b) e do coeficiente de stress (K_s) para o ano 2012.....	55
Figura 40 – Correlação dos valores do potencial hídrico (Ψ_b) normalizado e do coeficiente de stress (K_s) para o ano 2012.....	55

Índice de Quadros	Pág.
Quadro 1 – Dotação total de rega para os dois anos em estudo.....	23
Quadro 2 – Parâmetros e valores de K_{cb} utilizados para iniciar as simulações e os obtidos na calibração do modelo para o ano 2012.....	39
Quadro 3 – Indicadores estatísticos de ajustamento da relação entre a transpiração simulada (T_{sim}) simulada pelo modelo SIMDualKc e a transpiração observada (T_{sf}) pelo método de <i>Granier</i> para os dois anos em estudo.....	42
Quadro 4 – Comparação dos valores mínimos, máximos e médios para a evapotranspiração e transpiração simulada e observada no olival em estudo.....	45
Quadro 5 – Valores totais anuais de precipitação, rega, evapotranspiração de referência (ET_o) e evapotranspiração da cultura ajustada (ET_{c_adj}) para os dois anos em estudo.....	48
Quadro 6 – Indicadores estatísticos de ajustamento da relação entre teor de água da camada evaporativa medido ($\Theta_{Ze\ obs}$) e teor de água da camada evaporativa simulado ($\Theta_{Ze\ sim}$) para os dois anos em estudo.....	53

Lista de Abreviaturas e Símbolos

- A – teor de água armazenado no solo
- AAE – erro médio absoluto
- ARE – erro médio relativo
- ASW – total de água disponível
- b – coeficiente de regressão
- $D_{e,i}$ – evaporação de água acumulada na fração de solo humedecido e exposto à radiação solar direta
- $D_{e_total\ i}$ – depleção total diária
- d_{IA} – índice de concordância
- $DP_{e,i}$ – perda de percolação profunda da camada de solo superficial
- EF – eficiência de modelação
- E_i – evaporação diária
- E_{max} – erro máximo absoluto
- E_s – evaporação do solo
- $E_{s\ sim}$ – evaporação do solo simulada pelo modelo de *Ritchie*
- ET – evapotranspiração
- ET_c – evapotranspiração cultural
- ET_{c_adj} – evapotranspiração ajustada
- ET_o – evapotranspiração de referência
- ET_{obs} – evapotranspiração medida
- ET_{sim} – evapotranspiração simulada
- f_c – fração de área coberta do solo
- $f_{c\ eff}$ – fração efetiva de solo sombreada pela copa da árvore
- f_{ew} – fração de solo humedecido exposto à radiação solar direta
- f_w – fração de solo humedecido pela rega ou pela precipitação
- h – altura das árvores
- I_i – dotação de rega diária
- K_c – coeficiente cultural
- $K_c\ dual$ – coeficiente cultural dual
- K_{cb} – coeficiente cultural basal
- $K_{cb\ adj}$ – coeficiente cultural basal ajustado
- $K_{cb\ full}$ – valor estimado para K_{cb} quando a cultura atinge a altura máxima
- K_{cb_end} – coeficiente cultural basal na fase final de desenvolvimento
- K_{cb_ini} – coeficiente cultural basal na fase inicial de desenvolvimento
- K_{cb_mid} – coeficiente cultural basal na fase intermédia de desenvolvimento

- K_{cmin} – valor mínimo de K_c
- K_d – coeficiente de densidade
- K_e – coeficiente de evaporação
- K_r – coeficiente de redução da evaporação do solo
- K_s – coeficiente de *stress*
- p – fração de depleção da água do solo em conforto hídrico
- P_i – precipitação diária
- R^2 – coeficiente de determinação
- RD – rega deficitária
- RDC – rega deficitária controlada
- RDS – rega deficitária sustentada
- REW – água facilmente evaporável
- RH_{max} – radiação solar máxima
- RH_{min} – radiação solar mínima
- RMSE – erro quadrático médio
- RO_i – escoamento superficial
- T – transpiração medida pelo método de *Granier*
- TAW – água disponível total
- T_c – transpiração da cultura
- TEW – água evaporável total
- $T_{ew,i}$ – transpiração a partir da fração exposta e molhada do solo camada superficial
- T_{max} – temperatura máxima
- T_{min} – temperatura mínima
- T_{sf} – valores da transpiração calibrados pelo método de flutuações instantâneas
- T_{sim} – valores de transpiração simulados
- $T_{total,i}$ – transpiração total diária
- Z_e – camada evaporativa
- Z_r – profundidade radicular
- θ_{ze} – quantidade de água na camada evaporativa
- $\theta_{Z_{e\ obs}}$ – teor de água da camada evaporativa medido
- $\theta_{Z_{e\ sim}}$ – teor de água da camada evaporativa simulado
- θ_e – coeficiente de emurchecimento
- θ_{FC} – teor de água à capacidade de campo
- θ_s – teor de água no ponto de saturação
- θ_{WP} – teor de água ao coeficiente de emurchecimento
- Ψ_b – potencial hídrico foliar

I. Introdução

A olivicultura apresenta grande importância nos países Mediterrâneos, devido ao seu impacto social, na economia e no ambiente. Em Portugal, a oliveira é uma das culturas mais importantes, estando presente em todas as regiões do Continente, principalmente no Alentejo (51,70%), no Centro (23,22%) e no Norte (22,42%) (INE, 2013).

O consumo de azeite tem vindo a aumentar de ano para ano, pois os consumidores estão cada vez mais preocupados com a sua alimentação e saúde e têm consciência que o azeite traz grandes benefícios para o seu bem-estar. Por esta razão, torna-se essencial que o azeite produzido apresente elevada qualidade e que seja possível uma oferta diversificada.

Nos últimos anos, a olivicultura tem vindo a sofrer inúmeras mudanças, com o objetivo de melhorar a produção e a qualidade de azeitonas e do azeite e, não menos importante, rentabilizar o olival. A adoção de novos compassos de plantação, a implementação da rega, o enrelvamento, a utilização de novas cultivares e a introdução de novas máquinas de colheita, são exemplos dessas mudanças, que apesar de terem trazido benefícios para o setor olivícola, a nível ambiental e social, trouxeram também alguns inconvenientes, tais como a intensificação da cultura e a substituição de cultivares autóctones por cultivares alóctones.

Devido ao clima instável e a um grande défice hídrico durante a primavera e o verão, a adoção da rega nos olivais modernos tornou-se um fator de grande importância para que os olivicultores assegurem as suas produções e a rentabilidade dos seus olivais. Com os novos sistemas de rega gota-a-gota e a criação do perímetro de rega do Alqueva, no caso do Alentejo, tem sido possível aumentar a área de olival regado e também a produção total de azeite. A rega não só aumenta a produção, como torna a produção da oliveira mais estável, diminuindo a sua característica alternância produtiva (Orgaz Rosúa *et al.*, 2005).

Este estudo tem como objetivo geral contribuir para a otimização da condução da rega de um olival intensivo, situado em São Manços, concelho de Évora. Em particular, foi utilizado um modelo de simulação das necessidades hídricas da cultura, o modelo SIMDualKc, calibrado e validado com os dados experimentais obtidos no olival, para a determinação da evapotranspiração e dos coeficientes culturais.

O trabalho está dividido em quatro partes principais: Revisão Bibliográfica, Material e Métodos, Resultados e Discussão e Considerações Finais.

II. Revisão Bibliográfica

II.1. O olival no Mundo e em Portugal

A oliveira (*Olea europea* L.) é uma árvore que pertence à família *Oleaceae*. Em Portugal, esta espécie tem duas variedades, a *sativa*, que é a variedade cultivada e a *sylvestris* (Miller), espontânea, sendo o seu nome comum zambujeiro (Franco, 1984). A família *Oleaceae* é constituída por seiscentas espécies, mas só a *Olea europea* L. var. *sativa* apresenta interesse económico, sendo a única utilizada como frutícola (Rapoport, 2008).

A oliveira é uma espécie rústica, passível de desenvolvimento em terrenos de pouca fertilidade e em climas áridos. É, ainda, uma espécie que tem grande capacidade de resistir ao défice hídrico, pelo que está bem adaptada a condições de sequeiro, embora seja preciso ter em conta que esta resistência ao défice hídrico está dependente da fase do ciclo vegetativo em que as árvores se encontram (Pastor Muñoz-Cobo *et al.*, 2005). A cultura da oliveira situa-se nos dois hemisférios, entre as latitudes 30° e 45° (Civantos, 2008).

O tipo de solo mais favorável para o desenvolvimento desta espécie será um solo que apresente uma textura mediana (franca, franco-argilo-limosa e franco-argilo-arenosa), dado que estes solos fornecem normalmente um arejamento adequado para o crescimento radicular, são suficientemente permeáveis, e têm uma adequada capacidade de retenção de água. Ou seja, a oliveira adapta-se melhor a um solo equilibrado em areia, limo e argila, e com boa drenagem interna. Apesar de esta cultura tolerar uma ampla gama de pH do solo, quando da instalação do olival, há que ponderar a não utilização de solos com valores de pH extremos para evitar desequilíbrios nutricionais e, como resultado, doenças nas oliveiras (Tombesi *et al.*, 2007).

De acordo com Gouveia *et al.* (2002), em Portugal existem vestígios muito antigos da família das *Oleaceae*, mais concretamente do género *Olea* L.. Mas só a partir dos finais do século XIV é que a cultura da oliveira se intensificou, graças ao consumo e exportação de azeite. No século XIX, os azeites virgens com baixa acidez eram considerados os de melhor qualidade, o que explica as muitas mudanças registadas na olivicultura. Entre o final do século XIX e início do século XX, a área de olival em Portugal aumentou de 200 000 hectares para 570 000 hectares. No entanto, a partir dos anos 60, a olivicultura entrou em declínio, como consequência da falta de mão-de-obra, da baixa qualidade do azeite e do aparecimento de óleos de sementes como substitutos para o azeite. Com a entrada do nosso país na Comunidade Europeia (CEE), em 1985, verificou-se uma modernização dos olivais, pois Portugal beneficiou de ajudas comunitárias para a plantação de 30 000 hectares de olival, passando a produzir cerca de 51 000 toneladas de azeite. Mais tarde, entre 2005 e 2006, verificou-se um aumento acentuado da área cultivada, resultado dos investimentos espanhóis

em olivais no Alentejo, sobretudo com olivais intensivos e superintensivos. Estas novas plantações vieram confirmar que Portugal possui um grande potencial edafoclimático e socioeconómico para o desenvolvimento desta cultura.

As zonas do mundo que apresentam maior densidade de oliveiras caracterizam-se por invernos amenos e verões quentes e secos. Cerca de 95% da cultura olivícola encontra-se na bacia do Mediterrâneo (COI, 2014), sendo contudo originária da região geográfica que vai desde o sul do Cáucaso até ao Irão, Palestina e zona costeira da Síria e estendendo-se praticamente por todos os países costeiros do mar Mediterrâneo (Gouveia *et al*, 2002). Atualmente, a olivicultura é praticada em diversos países, desde o continente americano até à China e Japão (Civantos, 2008). Em geral, no Mundo, mais de 10 milhões de hectares são apropriados para o cultivo de oliveiras e, em 2014, existiam quase 3 milhões de hectares ocupados com olivais, destacando-se produtores como a Espanha, Itália, Grécia, Turquia, Síria, Tunísia, Portugal e Marrocos (Figura 1).

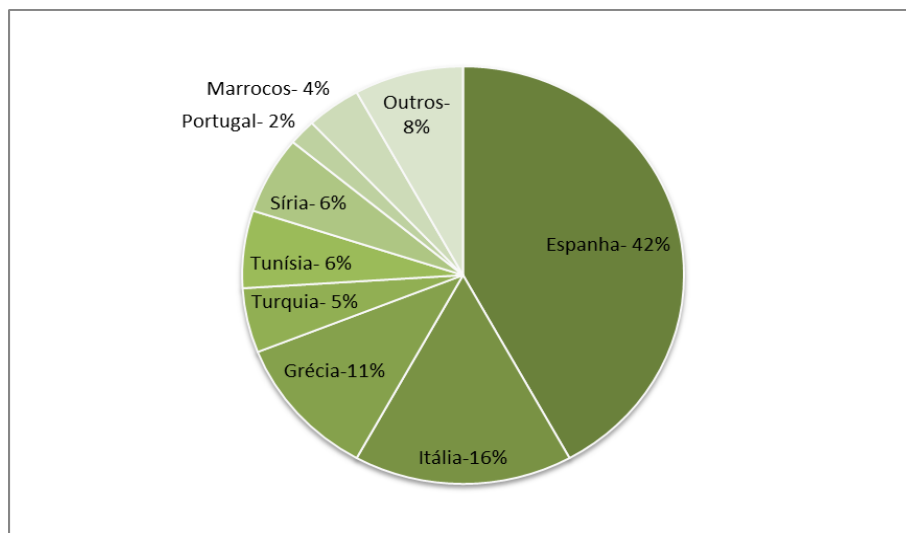


Figura 1. Principais países produtores de azeite em 2014 e respetivas percentagens de produção (Fonte: COI, 2014).

Em Portugal, os olivais encontram-se distribuídos de norte a sul do país (Figura 2) ocupando, em 2013, cerca de 400 000 hectares.

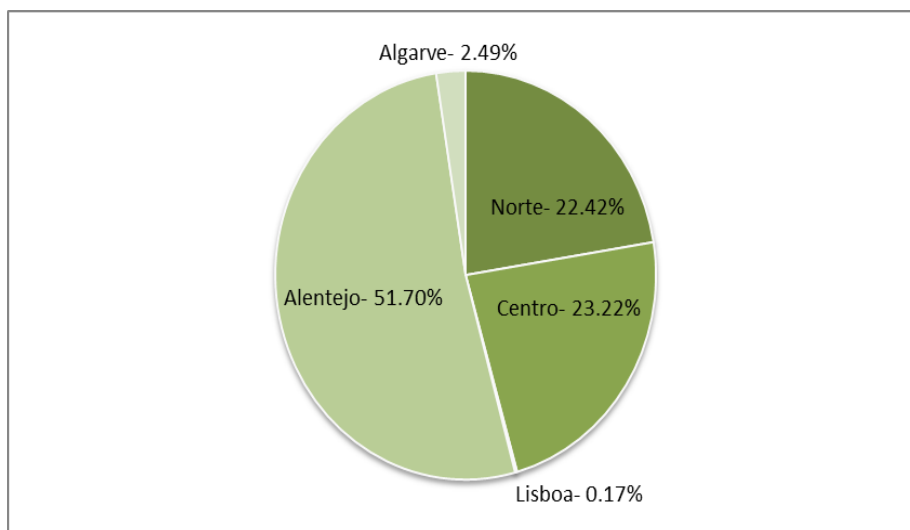


Figura 2. Distribuição percentual da área ocupada em Portugal por olival para a produção de azeite, em 2013 (Fonte: INE, 2013).

Existem seis regiões olivícolas com Denominação de Origem Protegida (DOP) para azeites, sendo estas a região de Moura, do Norte Alentejano, de Trás-os-Montes, do Ribatejo, da Beira Interior e do Alentejo Interior. Esta classificação implica que o azeite é elaborado de acordo com regras próprias estipuladas para se obter tal designação, destacando-se as variedades de azeitona, as condições de apanha e transporte para o lagar, as condições de laboração e as características finais do azeite (CONFRAGI, 2015).

O Alentejo é a região com maior área ocupada por esta cultura, aproximadamente 51,70% do total (INE, 2013) e é aquela onde o olival tem mais impacto económico. Em 2010, o olival alentejano ocupava 162 834 hectares, sendo o Baixo Alentejo, mais concretamente o concelho de Serpa, que apresentava a maior área de cultivo (22 435 ha) seguindo-se o de Moura (18 026 ha) e o de Beja (10 176 ha) (DRAPAL, 2010).

O olival português tem como principal finalidade a produção de azeite, com 96% da azeitona produzida destinada à produção de azeite e os restantes 4% à produção de azeitona de mesa. Enquanto nos olivais destinados a produção de azeite, a região dominante é o Alentejo, com 51,70%, já nos olivais destinados à azeitona de mesa é a região Norte (43%) que se destaca, como se constata na Figura 3.

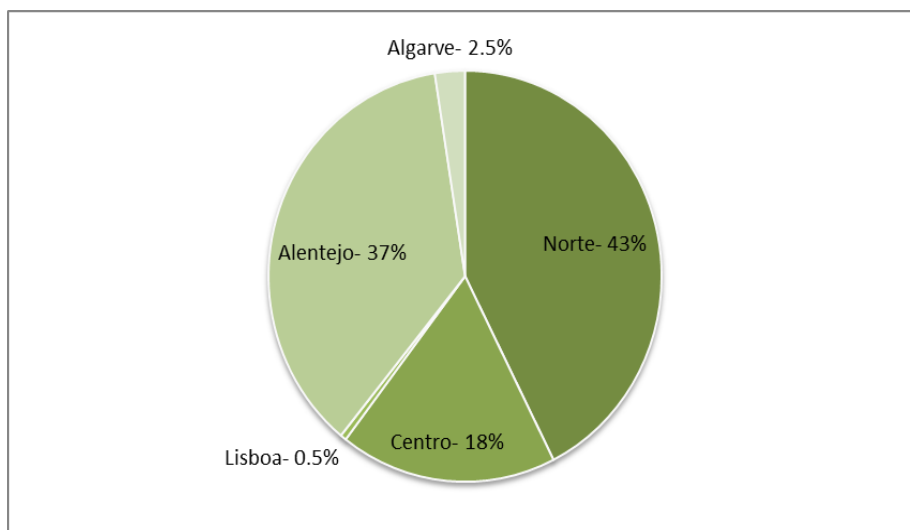


Figura 3. Distribuição regional da área percentual de olival para azeitona de mesa em 2013 (Fonte: INE, 2013).

Em Portugal, tem-se verificado nos últimos anos um acentuado aumento na produção, tanto de azeitonas como de azeite, após o grande declínio registado entre as décadas de 60 e 80, onde se passou de produções de 90 000 toneladas, nos anos 50, para produções de 35 000 toneladas, nos anos 80. Estima-se que em 2020 a produção nacional de azeite seja de 100 000 toneladas (COI, 2014). Contudo, apesar das oscilações verificadas na última década assistiu-se sempre a uma tendência de crescimento da produção de azeite (Figura 4). Estas oscilações, muitas vezes originadas pela safra e contra-safra, tendem a diminuir ou a se esbaterem, como consequência da introdução dos novos olivais, plantados a partir de 2005. Em relação ao consumo de azeite, tem-se verificado um aumento, desde os anos 90, com o consumo anual *per capita* a subir de 3,3 kg, para os atuais quase 8 kg *per capita*. Este aumento acentuado do consumo de azeite está seguramente relacionado com a preocupação de uma alimentação saudável por parte dos consumidores. Na última década, quer a produção, quer o consumo de azeite a nível mundial aumentou significativamente (Figura 5). Relativamente ao azeite, verificou-se na produção um aumento de cerca de 50% e no consumo de 40%. O aumento do consumo verificou-se sobretudo nos países desenvolvidos, devido à composição do azeite em ácidos gordos monoinsaturados e de propriedades antioxidantes que trazem benefícios para a saúde e bem-estar humano.

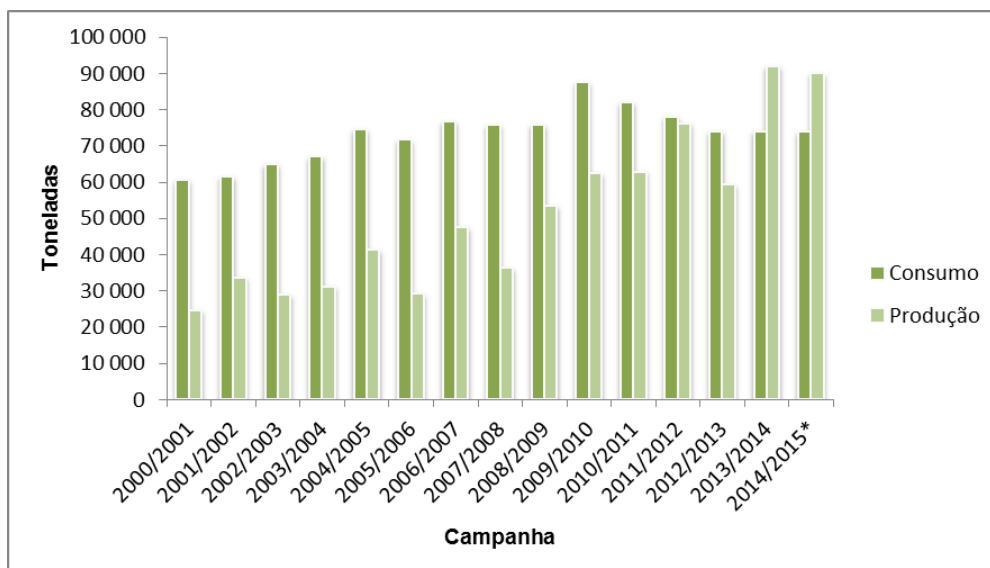


Figura 4. Evolução da produção e consumo de azeite em Portugal entre 2000 e 2014.
*valores estimados (Fonte: COI, 2014)

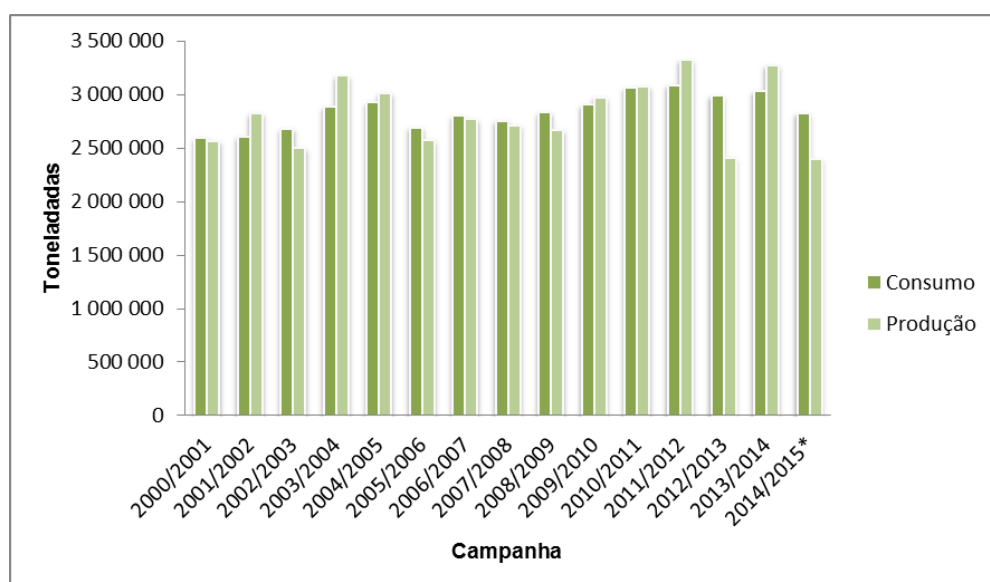


Figura 5. Evolução da produção e consumo de azeite a nível mundial entre 2000 e 2014.
*valores estimados (FONTE: COI, 2014)

A olivicultura tem sofrido, nas últimas décadas, inúmeras mudanças tanto a nível nacional como mundial, causadas, sobretudo pela inovação tecnológica, tal como a substituição de olivais de sequeiro por olivais de regadio e, ainda, de olivais tradicionais por olivais intensivos e superintensivos, graças à grande expansão da rega e à introdução de sistemas de rega gota-a-gota. Estima-se que a área de olival regado tenha triplicado, comparativamente com o olival de sequeiro. De acordo com Vilar Hernández *et al.* (2009), a área de olival regado no Mundo já será de 18 % da área total que poderia ser destinada a esta cultura.

Os olivais intensivo e superintensivo estão associados às consecutivas modernizações no setor olivícola. Estes tipos de olival ganharam enorme importância nas últimas décadas, devido ao aumento do consumo mundial de azeite e às ajudas comunitárias a este setor. Este tipo de olivais surgiu com o objetivo de diminuir os custos de mão-de-obra e tempo despendido na época de colheita, recorrendo-se ao emprego de máquinas. O olival superintensivo apresenta outras vantagens, nomeadamente a entrada precoce em produção, menor alternância e aumento de produções. Contudo, há que ter em conta que o investimento inicial é bastante elevado, apesar de existir um rápido retorno económico.

Tendo em conta a recente evolução da olivicultura, segundo Vilar Hernández *et al.* (2009), prevê-se que a área de olival aumente entre os 150 000 e os 300 000 ha por ano, o que corresponderá a um aumento de 35 a 45 milhões de oliveiras por ano, a nível mundial (COI, 2014).

II.2. Rega no olival

II.2.1. Objetivos da rega

Nas regiões de clima mediterrânico, durante a época estival, as plantas são sujeitas a elevadas temperaturas, baixa humidade atmosférica e intensa radiação solar, o que leva a uma contenção do seu crescimento e conseqüente diminuição da sua produtividade, relativamente a condições mais favoráveis, estando também sujeitas a condições de défice hídrico estival. Contudo, sendo a oliveira uma cultura mediterrânica milenar, encontra-se bem adaptada a estas condições ambientais extremas (Santos, 2013).

A oliveira é uma espécie isohídrica, ou seja, as suas folhas tendem a fechar os estomas quando ocorre uma queda do potencial hídrico do solo. Esta espécie tem assim capacidade para manter um certo grau de hidratação em condições de *stress* hídrico e, após perdas de água, os tecidos conseguem hidratar-se rapidamente. Esta capacidade de adaptação da oliveira a condições de seca e défice hídrico foi uma das principais razões que levou à grande expansão do olival na bacia do Mediterrâneo. As zonas mediterrânicas são caracterizadas por um elevado poder evaporativo da atmosfera, sendo o fecho dos estomas necessário para controlar a saída de água das plantas por transpiração, mantendo assim uma hidratação interna adequada. Esta hidratação pode ser avaliada através do potencial hídrico foliar medido de madrugada (hidratação máxima) e medido ao meio dia solar (hidratação mínima). O fecho dos estomas controla a transferência de água e de carbono entre a planta e a atmosfera. Assim, uma condutância estomática elevada favorece uma elevada taxa de fotossíntese e de transpiração. Segundo Santos (2013), valores de potencial hídrico foliar medidos de madrugada entre -0,5 e -0,8 MPa indicam, de uma forma geral, uma razoável

disponibilidade hídrica, aconselhando a rega para valores inferiores. Outros autores indicam valores de potencial hídrico entre -0,46 e -0,8 MPa para condições de boa disponibilidade hídrica (Fernández et al., 1997; Mariscal et al., 2000; Fernández et al., 2003) e entre -3,0 e -7,0 MPa para condições de stresse hídrico severo (Xiloyannis et al., 1999; Chartzoulakis et al., 2000; Mariscal et al., 2000).

Nos olivais de sequeiro, e para controlar o déficit hídrico, o olivicultor recorre a compassos de plantação largos e à mobilização do solo. Estes compassos têm como objetivo favorecer o desenvolvimento de raízes profundas e extensas, enquanto a mobilização do solo visa a eliminação de infestantes, diminuindo assim a competição pela água (Martínez Raya et al., 2007).

Apesar de a oliveira ter sido cultivada, tradicionalmente, em sequeiro, esta cultura responde muito positivamente à rega, especialmente se esta for feita em alturas de baixa precipitação, pois nas nossas condições esta cultura só se encontra em conforto hídrico e produtividade máxima se se recorrer à rega (Pastor et al., 1998). Por esta razão, tem-se verificado a conversão de olivais de sequeiro para olivais de regadio.

A rega tem influência na produção final de azeitona e ajuda a reduzir ou atenuar as oscilações de produção, ditas de safra e contra-safra, verificadas nos olivais tradicionais de sequeiro. Segundo Lavee et al. (1990), uma rega de 75 mm, após o endurecimento do caroço, duplicou a produção de azeitona e de azeite em oliveiras da cultivar "Souri", comparativamente com oliveiras da mesma cultivar sob condições de sequeiro. Também Pastor et al. (1999) verificaram um aumento acentuado na produção de azeitona e azeite num olival de regadio, em comparação com um olival de sequeiro. Tanto Pastor et al. (1999) como Gómez-Rico et al. (2007) concluíram que olivais com pouca densidade, quando regados, aumentavam a sua produção comparativamente com olivais com densidades semelhantes mas sob condições de sequeiro. Há que ter em conta que só a introdução de rega não é suficiente para aumentar as produções. Na mudança de um olival de sequeiro para regadio, ou na implementação de um olival de regadio, deve-se alterar o tamanho da copa das árvores e adequar a fertilização, com a finalidade de otimizar o fornecimento de água, e obter melhores produções.

II.2.2. Condução da rega

Como a água se tem tornado num recurso escasso e tendencialmente caro, é necessário que a sua utilização seja eficiente. Para tal, é necessário praticar-se uma condução eficiente da rega para se saber quando regar e qual a dotação adequada nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura. A condução da rega baseia-se em estimativas das necessidades hídricas da cultura, ou seja, no conhecimento da evapotranspiração da cultura (ET), sendo também necessário o conhecimento da sua influência no estado hídrico da cultura nas diferentes fases do seu ciclo vegetativo. A ET corresponde ao somatório da quantidade de água perdida por transpiração (T_c) e da que é perdida por evaporação do solo (E_s), traduzida de forma simplificada (sem considerar a evaporação da precipitação interceptada pelas plantas) como:

$$ET = T_c + E_s \quad (1)$$

Para se conseguir obter a máxima produção, é necessário que o teor de água no solo seja o adequado e que se consiga repor rapidamente toda a água que se perde para a atmosfera, sem ocorrer *stress* hídrico. Para calcular as necessidades hídricas num olival pode recorrer-se a uma metodologia de estimativa amplamente divulgada e que se baseia na utilização de dados meteorológicos para o cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o) e no uso de coeficientes culturais (K_c) adequados para determinada cultura (Allen *et al.*, 1998):

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \quad (2)$$

A evapotranspiração de referência (ET_o) quantifica a quantidade de água que se perde por transpiração (T_c) e por evaporação do solo (K_e), no caso de uma cultura de referência e que é frequentemente uma relva. A ET_o pode ser estimada através dos dados meteorológicos obtidos a partir de uma estação meteorológica próxima do coberto em questão.

O coeficiente cultural (K_c) diz respeito às características da cultura e aos efeitos de evaporação do solo. Para o cálculo da ET_c pode-se recorrer ao uso de coeficientes culturais duais, que separadamente incluem a evaporação do solo (coeficiente de evaporação do solo, K_e) e a transpiração das plantas (coeficiente cultural basal, K_{cb}), de acordo com a equação 3.

$$ET_c = ET_o \cdot (K_{cb} + K_e) \quad (3)$$

De acordo com Girona Gomis *et al.* (2005), pode indicar-se que, de uma forma geral, um olival adulto apresenta uma evapotranspiração anual que oscila entre os 500 e os 900 mm, tendo em conta a cobertura do solo e a cobertura da copa.

Quando se verifica que a precipitação média anual varia entre os 300 e os 900 mm, mas concentrada entre os meses de setembro e maio, como acontece em Portugal, calcula-se que as necessidades de rega para que um olival adulto apresente uma produtividade máxima, ronde os 3 000 m³/ha (300 mm) no caso de se tratar de um olival tradicional, e os 6 000 m³/ha (600 mm) se for um olival superintensivo (Vega *et al.*, 2009).

II.2.3. Estratégias de condução da rega

O olival é uma cultura que apresenta um consumo de água relativamente baixo, dado que é uma cultura com uma grande eficiência do uso de água comparativamente a outras culturas. Por esta razão têm-se vindo a usar para o olival regado várias estratégias de rega, tais como a rega deficitária (RD), rega deficitária sustentada (RDS) e rega deficitária controlada (RDC), que têm como objetivo a aplicação de água com dotações inferiores às necessidades do olival quando em conforto hídrico. A rega deficitária é a estratégia mais comum nos olivais intensivos e superintensivos adultos, frequentemente aplicada devido à reduzida disponibilidade de água para a rega e é, também, usada para um controlo do vigor dos olivais. Há que ter em conta que mesmo aplicando dotações de rega menores, o uso desta estratégia origina azeites de elevada qualidade (Mendes *et al.* 2014).

No caso da estratégia RDS, aplica-se uma percentagem constante da evapotranspiração da cultura (ET_c), apresentando grande importância o cálculo de ET_c neste tipo de estratégia de rega, que pode induzir em erro, uma vez que a utilização de uma percentagem constante de ET_c poderá levar a uma redução progressiva do teor de humidade do solo e, como consequência, um aumento do *stress* hídrico do olival. Já para a estratégia RDC, a intensidade de rega deficitária é ajustada à sensibilidade da fase fenológica da cultura ao *stress* hídrico, sendo então, necessário um conhecimento prévio dos estados fenológicos em que o olival é mais sensível ao *stress* hídrico (Mendes *et al.* 2014).

Qualquer sistema de rega tem como objetivo fornecer a quantidade de água estritamente necessária à cultura, na altura certa e ao menor custo, para garantir a produção esperada. Os sistemas de rega localizada, do tipo gota-a-gota, são os mais usados nos olivais. São sistemas muito eficazes, pois permitem obter grande eficiência e uniformidade de rega (Pastor *et al.*, 2005). Podem ser instalados à superfície ou enterrados, mas apresentam, neste último caso, maior eficiência porque a perda de água por evaporação é menor ou nula. Em contrapartida a sua instalação e gestão são mais morosas e onerosas.

A maior parte das vezes, o olivicultor não consegue, ou não pretende, fornecer a quantidade de água necessária para satisfazer plenamente as necessidades do olival visto

que geralmente não é necessário regar para o máximo para obter a produção desejada, em termos quantitativos e qualitativos. Uma rega com elevadas dotações não implica necessariamente um aumento do teor de azeite mas favorece o aumento do teor de água do fruto. Dado o elevado custo da rega, ou, ainda, por não estar disponível a quantidade de água suficiente, recorre-se, como já foi referido, a estratégias de rega deficitária. Estas apresentam como objetivo otimizar o processo por unidade de água fornecida à oliveira, evitando que a oliveira sofra um défice hídrico excessivo, que iria afetar a sua produção de assimilados e, como consequência o crescimento dos frutos. Para se poder recorrer a estas estratégias de rega, é necessário o conhecimento do ciclo vegetativo da oliveira e da disponibilidade de água ao longo do ciclo. Geralmente, não é necessário regar entre o final do outono e o início da primavera, pois neste período há mais precipitação, pelo que o solo poderá armazenar água, satisfazendo facilmente as necessidades da cultura. Segundo Fernández *et al.* (2013), é necessário ter em conta três períodos ao longo de todo o ciclo da oliveira que são mais sensíveis às necessidades hídricas da cultura: o primeiro período é aquele que decorre entre o início do abrolhamento e a floração (de março a junho); o segundo período que vai desde o crescimento do fruto ao endurecimento do caroço (de agosto a setembro); e o último período que ocorre três semanas antes da maturação da azeitona (setembro/outubro).

No primeiro período, é necessário que haja água suficiente para que o vingamento dos frutos não seja afetado pela má qualidade das flores que resultam de um *stress* hídrico acentuado. No segundo período pode ocorrer uma intensa queda de frutos, que pode ser reduzida caso a árvore não entre em profundo *stress* hídrico. Já durante a maturação do fruto, ocorre uma grande acumulação de azeite na polpa do fruto, sendo necessário que exista uma adequada disponibilidade de água para que se verifique um bom desenvolvimento dos frutos e que a árvore consiga armazenar reservas para a produção do ano seguinte (Girona Gomis *et al.*, 2005). Logo entre o segundo e terceiro período, ou seja, entre fim de junho até fim de agosto, pode-se reduzir a dotação da rega ou até mesmo parar a rega neste período.

Nos olivais intensivos e superintensivos, é necessário controlar o crescimento das plantas, pois a rega favorece o crescimento vegetativo e o aumento do volume das copas das árvores, o que vai afetar a produção e dificulta a colheita. Este crescimento é controlado através de uma diminuição das dotações de rega (Lavee *et al.*, 2007) ou de podas que diminuem o volume da copa e, por conseguinte, diminuem a quantidade de folhas, reduzindo assim a quantidade de água a aplicar (Pastor *et al.*, 1998). Segundo Grattan *et al.* (2006), num olival superintensivo que apresentava uma elevada taxa de crescimento, tendo-se optado por regar apenas 30% da ET_c , verificou-se uma diminuição do crescimento dos ramos de 75%.

Perante um plano de gestão de rega, dependendo do tipo de cultura, não se considera por vezes a quantidade de água armazenada no solo durante os meses mais chuvosos mas, no caso da oliveira, e sobretudo por se tratar de um clima mediterrâneo, é aconselhável ter em conta a água armazenada durante esse período, dado que representa uma fração muito importante das necessidades da oliveira (50-65%) para um solo de retenção média, ou seja, temos que ter conhecimento da capacidade que o solo tem em reter água disponível para as plantas (Pastor *et al.*, 1998). A capacidade utilizável de um solo (ou água total disponível no solo na zona radicular, TAW, segundo Allen *et al.* (1998)) representa a diferença entre a quantidade de água na capacidade de campo e a quantidade de água correspondente ao coeficiente de emurchecimento, como representa a equação:

$$TAW = 1000 (\theta_{FC} - \theta_{WP}) Z_r \quad (4)$$

Onde θ_{FC} representa o teor de água à capacidade de campo, expresso em $m^3 m^{-3}$, θ_{WP} apresenta o teor de água ao coeficiente de emurchecimento, expresso em $m^3 m^{-3}$ e, por ultimo, Z_r diz respeito à profundidade radicular (Pereira, 2004).

Em suma, TAW representa o armazenamento de água que uma cultura pode extrair a partir da sua zona radicular e os seus valores dependem do tipo de solo e da profundidade das raízes. A água que é armazenada no solo durante o inverno poderá ser usada como complemento da rega durante o início do período mais seco, minimizando o volume de água por hectare, reduzindo os custos de rega (Pastor *et al.*, 1998).

II.2.4. Influência da rega: na oliveira, na produção e no crescimento vegetativo

A oliveira é conhecida como sendo uma cultura alternante, ou seja, com anos de safra (maiores produtividades) e anos de contra-safra (menores produtividades). Em olivais de baixa densidade, como é o caso dos olivais tradicionais esta alternância pode afetar as produções em 50% ou, em casos extremos, alcançar os 90% (Ramos & Santos, 2010).

Ramos & Santos (2010), concluíram que a rega pode diminuir a incidência de safra e contra-safra. Através de um estudo realizado na região de Moura, com a cultivar “Cordovil”, em 2006 e 2007, estes autores verificaram que nas árvores submetidas a menores dotações de rega se obtiveram menores produções no ano correspondente a contra-safra, comparativamente com as árvores que tiveram maiores dotações de rega. Também Patumi *et al.* (2002), verificaram que, num olival com oliveiras da cultivar “Kalamata”, se obteve uma produção consideravelmente maior quando as árvores foram regadas com uma dotação de 66% da ET_c em comparação com volumes de rega de 0 a 33% da ET_c . Contudo, quando se

aplicou 100% da ET_c , o olival em estudo apresentou uma produtividade semelhante aquela com 66% da ET_c , só reagindo à aplicação dos 33% em anos de seca. Identicamente, Gómez-Rico *et al.* (2007), através de um estudo efetuado num olival tradicional com a cultivar “Cornicabra”, concluíram que a produtividade final de oliveiras sob as condições de sequeiro era 35% menor do que a produtividade de oliveiras sob diferentes condições de regadio (rega deficitária, 100% da ET_c e 125% da ET_c).

O crescimento é muito afetado pela produção da árvore, pois numa oliveira adulta, num ano de safra, os frutos consomem grande parte dos assimilados que a árvore sintetiza, reduzindo o crescimento vegetativo comparativamente com uma oliveira num ano de contra-safra.

Segundo Pastor Muñoz-Cobo (2005), nas condições de regadio, verifica-se um maior crescimento das oliveiras e, ainda, o desenvolvimento dos ramos regista maior vigor e, conseqüentemente, maior produtividade, comparativamente com oliveiras sob condições de sequeiro. Assim, as oliveiras regadas têm a capacidade de produzir maior número de inflorescências, pelo que a percentagem de frutos vingados por oliveira também é maior, sendo esta a principal razão da maior produtividade em olivais de regadio. De acordo com Girona *et al.* (2002), verifica-se o crescimento vegetativo máximo quando ocorrem dotações de rega superiores aos valores necessários para alcançar as produções máximas. Também Palese *et al.* (2010) averiguaram que num olival intensivo em condições de sequeiro, ocorreu, em 1997, uma diminuição de 81% no crescimento dos ramos, comparativamente com o mesmo olival mas sob condições de regadio. Já em 1999, no mesmo olival, verificaram que a redução de crescimento dos ramos tinha sido de apenas 17%, diferença que se deveu ao facto de durante o período estival ter havido maior teor de água armazenado no solo. Neste mesmo estudo, foi possível concluir que nas árvores em sequeiro o crescimento dos seus ramos terminou quando começou o endurecimento do caroço, enquanto nas oliveiras sob condições de regadio apenas houve uma quebra na mesma fase, verificando-se um crescimento posterior. Diversos autores comprovaram que sistemas de rega deficitários provocaram um menor crescimento dos ramos e, como consequência, menor volume de copa, em comparação com olivais em conforto hídrico (Tognetti *et al.*, 2006; Iniesta *et al.*, 2009; Correa-Tadesco *et al.*, 2010).

De acordo com Patumi *et al.* (2002), num estudo feito em Itália num olival com a cultivar “Kalamata”, pode-se admitir que a rega pode originar azeites menos amargos e menos picantes, o que acarreta algumas vantagens, sobretudo a nível dos consumidores e se estes forem do Brasil e dos EUA, pois os consumidores nos novos mercados de azeite, preferem azeites mais doces, menos picantes e menos amargos.

II.3. Métodos para obtenção da evapotranspiração

Para alcançar a máxima produção, o teor de água no solo deve permitir que a cultura consiga extrair a quantidade de água que é perdida para a atmosfera. Essa quantidade de água que é perdida por transpiração e a que se perde por evaporação do solo é intitulada por evapotranspiração da cultura e deve ser repostada, mediante a precipitação ou a rega, de maneira a garantir que a produção da cultura não seja afetada como consequência do déficit hídrico (Mendes *et al.*, 2014).

A taxa de água que é fornecida à cultura varia em função das características dos solos, das condições climáticas e da cultura, essencialmente da fase de desenvolvimento em que se encontra (Mendes *et al.*, 2014).

As necessidades hídricas da cultura poderão ser estimadas por medição direta das variações do teor de água do solo, o que poderá ser mais complicado, uma vez que estas são apenas efetuadas por técnicos especializados, ou então poderão ser estimadas a partir de cálculos indiretos, apoiados em fórmulas baseadas em fatores climáticos, entre outros, como por exemplo o modelo SIMDualKc (Mendes *et al.*, 2014).

Para se ter conhecimento das necessidades hídricas da cultura, dotação útil de rega, número de regas e intervalo entre regas, ao longo de todo o ciclo vegetativo é necessário calcular o balanço hídrico do solo entre todas as entradas de água no perfil do solo, provenientes da rega e precipitação, e das saídas devidas à evapotranspiração. Através do balanço hídrico do solo é possível ter conhecimento do teor de humidade do solo em cada momento (Mendes *et al.*, 2014).

A avaliação da evapotranspiração de uma cultura (ET_c) apresenta algumas dificuldades de metodologia, existindo no entanto vários sistemas para tal avaliação, tais como lisímetros, o método das flutuações instantâneas e o método da razão de *Bowen*. Pode ainda estimar-se a ET_c como termo residual do balanço hídrico ou medir separadamente os componentes da ET_c por exemplo medir a transpiração por fluxo de seiva e avaliar a evaporação do solo com lisímetros. Os métodos de medição da ET_c são geralmente dispendiosos e exigentes em termos de precisão da medição e tendem a ser utilizados só por pessoas experientes e investigadores (Allen *et al.*, 2011). Por esta razão, e em alternativa, recorrem-se a estimativas da evapotranspiração para uma condução da rega adequada. Existindo algumas metodologias, sendo a mais comum a que se encontra descrita no documento da FAO 56 (Allen *et al.*, 1998).

Neste trabalho, utilizou-se o modelo SIMDualKc que estima a evapotranspiração da cultura, utilizando o coeficiente cultural basal (K_{cb}) e o coeficiente de evaporação do solo (K_e)

e analisando com exatidão o modo como a cultura utiliza a precipitação e a água da rega (Rosa *et al.*, 2015). Para o cálculo da ET_c , através do modelo SIMDualKc é necessário executar três passos distintos, exemplificados na Figura 6.

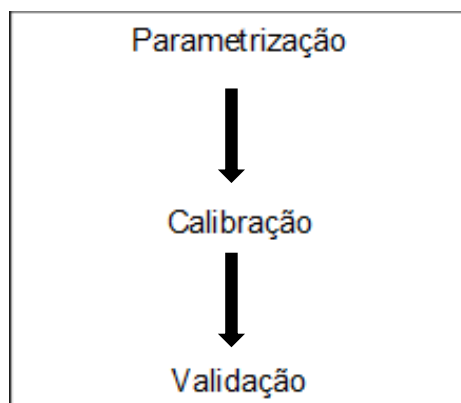


Figura 6. Passos de utilização para o cálculo de ET_c com o modelo SIMDualKc.

II.4. O Modelo SIMDualKc

Como já referido anteriormente, a oliveira é uma planta que, apesar de resistente a condições de secura, apresenta porte arbóreo e, como tal, tem exigências hídricas elevadas relativamente a plantas de porte mais baixo, e como tal é necessário efetuar uma boa gestão da rega. A condução da rega pode ser feita através da estimativa da ET_c , que quantifica as necessidades hídricas da cultura, como referido anteriormente. No caso do olival, uma cultura lenhosa anisotrópica, com um desenvolvimento vertical importante, a ET_c é condicionada pela densidade do copado e pelas dimensões das árvores, dado que estas duas características influenciam a fração de solo coberto e a forma como se processam a transpiração e a evaporação do solo. Depende, ainda, da frequência, dotação da rega e precipitação que, por sua vez, influenciam o teor de humidade do solo (Paço *et al.*, 2014).

Num olival, a ET_c pode ser estimada através de coeficientes culturais (K_c) e da evapotranspiração de referência (ET_o) (Allen *et al.*, 1998). A ET_o diz respeito ao clima e o K_c representa as especificidades da culturas, recorrendo-se, para uma melhor compreensão do funcionamento da mesma, ao coeficiente dual (K_c dual) onde se introduz um coeficiente cultural basal (K_{cb}), relativo à planta, e um coeficiente de evaporação do solo (K_e), sendo o K_c representado por:

$$K_c = K_{cb} + K_e \quad (5)$$

O cálculo de ET_c passa a ser representado, então, pela equação 3, descrita anteriormente em II.2.2.

II.4.1. Apresentação geral do Modelo SIMDualKc

O modelo SIMDualKc é uma aplicação de *software* que permite a programação e condução da rega através de uma abordagem que recorre ao uso dos coeficientes culturais duais para estimar a ET_c , efetuando para tal o balanço hídrico no solo. Este modelo efetua o cálculo de ET_c , calculando separadamente os dois componentes de ET_c : a transpiração das plantas (a partir de K_{cb}) e a evaporação do solo (a partir de K_e) (Rosa *et al.*, 2011).

Esta aplicação foi dividida em três estruturas (Figura 7), a base de dados, o modelo computacional e a interface gráfica. A base de dados permite guardar informação relativa ao solo, cultura, clima, sistema de rega, *mulches*, coberturas vegetais ativas, parâmetros para a simulação do escoamento superficial, ascensão capilar e percolação profunda, e à simulação ou representação das condições de campo (Rosa *et al.*, 2011).

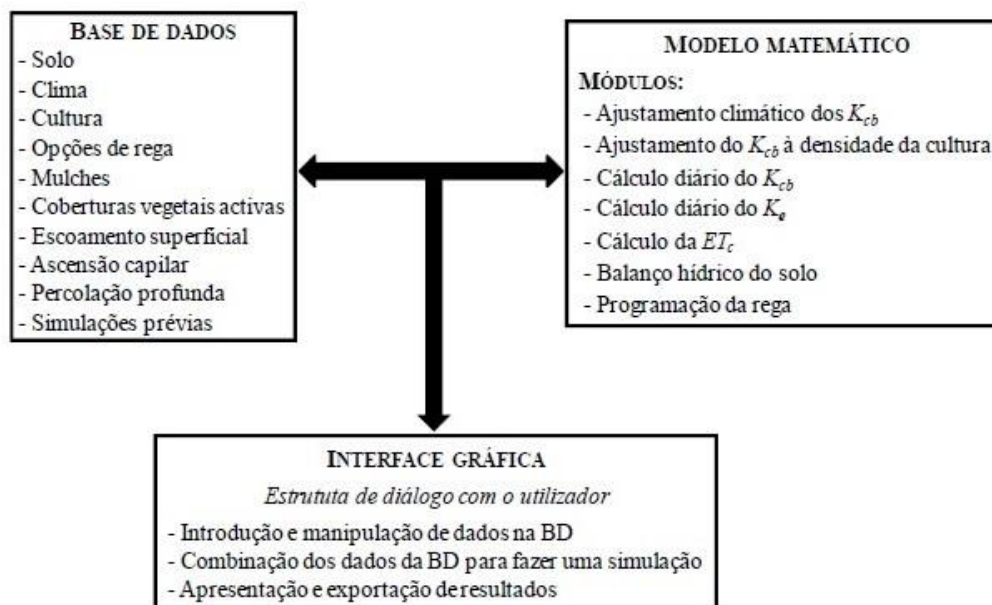


Figura 7. Estrutura do Modelo SIMDualKc (Fonte: Rosa *et al.*, 2011).

Tanto o K_e como o K_{cb} se encontram *standardizados* para as situações de ausência de *stress* e de crescimento ótimo. Contudo, é possível ajustar estes parâmetros tendo em conta o déficit hídrico atual, introduzindo um novo coeficiente de *stress* (K_s) (Allen *et al.*, 1998), que reduz progressivamente K_{cb} , de acordo com o teor de água disponível no solo. Pode ser necessário efetuar mais ajustes ao K_{cb} quando o coberto vegetal não cobre totalmente o solo no pico de crescimento da cultura, ou permanentemente, como no caso dos olivais, introduzindo-se um coeficiente de densidade (K_d) da cultura. Já o coeficiente de evaporação (K_e) apresenta o valor máximo quando o solo está húmido e vai diminuindo com a secagem do solo superficial, pois quando o solo está mais seco existe menor quantidade de água disponível para a evaporação, reduzindo assim a taxa de evaporação do solo.

Para melhor ajustar este coeficiente de evaporação poder-se-á introduzir um coeficiente de redução da evaporação do solo (K_r), que irá depender do teor de água acumulada na camada superficial do solo. Este K_r poderá assumir duas fases: uma primeira fase em que a evaporação ocorre a uma taxa máxima dependente apenas da energia disponível, quando o solo se encontra molhado, sendo K_r igual a 1, e uma segunda fase em que a taxa de evaporação vai diminuindo proporcionalmente à quantidade de água restante na camada superficial do solo, sendo o valor de K_r inferior a 1.

A quantidade máxima de água que pode ser evaporada pelo solo quando a superfície do solo se encontra totalmente molhada é designada por água evaporável total (TEW). Estas considerações implicam um balanço hídrico diário em relação à superfície da camada de solo, devendo ainda ter-se em conta a zona da raiz.

O modelo SIMDualKc incorpora as extensões propostas por Allen *et al.* (2005), com o objetivo de melhorar a metodologia de uso dos K_c duais e a precisão na estimativa de K_e diária, quando a superfície do solo está parcialmente humedecida e a fração de solo coberto pela cultura é reduzida (Rosa *et al.*, 2011). A Figura 8 apresenta uma imagem do painel inicial e do menu principal do *software* SIMDualKc (versão de 2013).

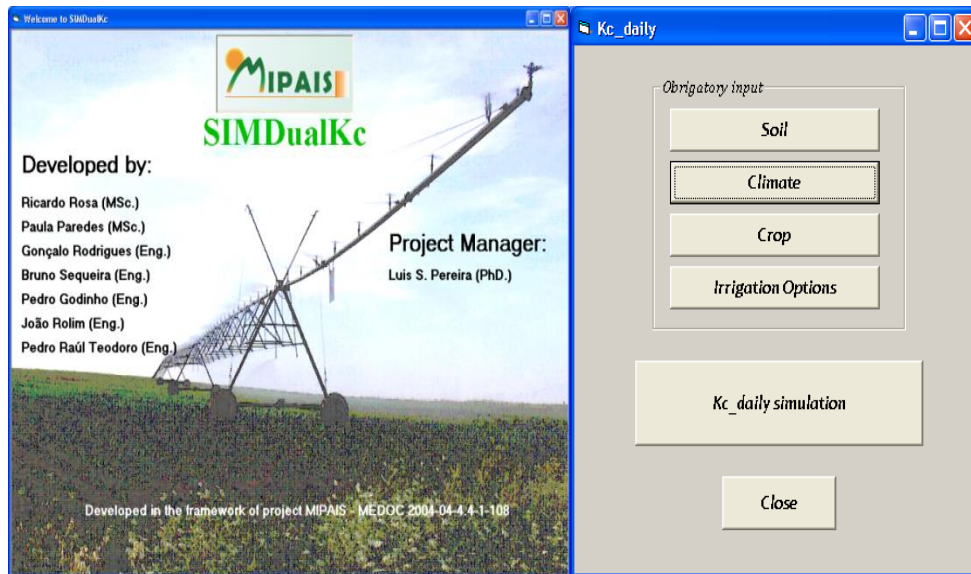


Figura 8. Painel inicial e menu principal do modelo SIMDualKc (Fonte: H2SOlive3s, 2014).

II.4.2. Modelação da evapotranspiração no Modelo SIMDualKc

O modelo SIMDualKc simula a evapotranspiração da cultura (ET_c), com base na evapotranspiração de referência (ET_o), no coeficiente de evaporação do solo (K_e) e no coeficiente cultural basal (K_{cb}), permitindo também separar os componentes de ET_c em transpiração (T_c) e evaporação do solo (E_s):

$$ET_c = (K_{cb} + K_e).ET_o = T_c + E_s \quad (6)$$

A ET_c é calculada para condições de ausência de *stress*. Quando ocorre *stress*, essencialmente *stress* hídrico, a ET_c é ajustada pelo modelo em função da quantidade de água disponível no solo na zona da raiz, considerando um coeficiente de *stress* (K_s), e originando assim a $ET_{c,adj}$, que é considerada como sendo a evapotranspiração real.

$$ET_{c,adj} = (K_s \cdot K_{cb} + K_e) \cdot ET_o \quad (7)$$

III. Material e Métodos

Os dados experimentais utilizados para a modelação com o modelo SIMDualKc foram obtidos no âmbito do projeto H2Olive3S - (PTDC/AGR-PRO/111717/2009), que decorreu entre 2011 e 2013. Este projeto foi coordenado pela Universidade de Évora e contou com a colaboração de uma equipa do ISA. Assim, a atividade desenvolvida no âmbito desta dissertação de mestrado diz respeito ao trabalho de modelação com o modelo SIMDualKc, recorrendo a dados posteriormente recolhidos e que fazem parte da base de dados do projeto.

III.1. Área de estudo

O presente estudo teve lugar num olival intensivo situado em São Manços, concelho de Évora, na Herdade do Álamo de Cima, com as seguintes coordenadas geográficas: 38° 29' N, 7° 45' O e altitude de 225 metros. O principal objetivo do olival em estudo é a produção de azeite virgem com denominação de origem protegida “Azeite do Norte Alentejano”. A herdade pertence à Fundação Eugénio de Almeida, que explora sobretudo o setor vinícola e que, nos últimos anos, tem vindo a alargar a sua atividade para o setor olivícola, sendo, atualmente, o azeite uma das suas apostas estratégicas a nível agrícola. O azeite produzido neste olival tem como designação “Azeite dos Álamos da Cartuxa”.

A Fundação Eugénio de Almeida explora atualmente uma área de olival com cerca de 400 hectares. Para o presente estudo, foi selecionada uma parcela com 12 ha da já referida herdade do Álamo de Cima, assinalada na Figura 9.



Figura 9. Parcela de olival em estudo na herdade Álamo de Cima, da Fundação Eugénio de Almeida (Fonte: H2Olive3S, 2011).

III.2. Caracterização da cultura

O olival em estudo foi plantado em 2001 com um compasso de 4,2 m x 8 m, em sistema intensivo (Figura 10), com uma densidade de 298 árvores por hectare, que durante o período de estudo apresentavam uma altura média de 3,4 metros.



Figura 10. Olival intensivo Álamo de Cima (Fonte: H2Olive3S, 2011).

Neste olival a variedade cultivada é a Cobrançosa, que se distingue por apresentar árvores de vigor médio, arborescência média e porte aberto, originando frutos de médias dimensões que apresentam um peso médio de, aproximadamente, 4 gramas. Esta variedade apresenta, ainda, uma alta produtividade (Cordeiro *et al.*, 2014) (Figura 11a e 11b), grande tolerância ao frio, mas alguma sensibilidade à seca e média capacidade de enraizamento. As azeitonas desta variedade são usadas para conserva em verde e para produção de azeite, tendo este um teor médio em ácido linoleico e um sabor amargo e picante de média intensidade (Azeites do Alentejo, 2015).



Figura 11a e 11b. Fruto e folhas da variedade Cobrançosa (Fonte:H2Olive3s).

III.3. Caracterização edafo-climática

O solo da zona de estudo é constituído por cerca de 30 % de areia, 40 % de argila e 30 % de limo, tendo uma densidade aparente de 1,52 e um teor de matéria orgânica de 1,39%, com isto o solo apresenta uma textura argilo-limosa, tratando-se, assim, de um solo de textura fina (Anexo I). De acordo com a classificação de solos da WRB (*World Reference Base for Soil Resources- FAO*), é um Regossolo Háplico, ou seja, é um solo pouco evoluído, com quatro horizontes diferenciais: A – Bw – C₁ – C₂, o que significa que o horizonte A apresenta pouca evolução; Bw é um horizonte mineral não iluvial com um maior teor de argila; e, por último, C₁ e C₂ são horizontes que mostram pouca alteração (Madeira, 2009). Segundo Madeira (2009), este solo apresenta uma capacidade de campo, ou seja, um limite superior de água útil para as plantas de 230 mm/ m, e um coeficiente de emurchecimento de 160 mm/ m, que indica o limite inferior da água disponível no solo para as plantas, originando um valor de água do solo disponível para as plantas de 120 mm/m.

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, a região de Évora possui um clima do tipo Csa, ou seja, clima mediterrânico com verões secos e quentes e invernos suaves. A análise dos gráficos ombrotérmicos (Figuras 12 e 13), para os anos em estudo (2011 e 2012), evidencia as duas estações características deste tipo de clima, onde a estação quente coincide com os meses de menor precipitação, entre maio a setembro, e a fria com as temperaturas mais baixas e a abranger os meses de maior precipitação.

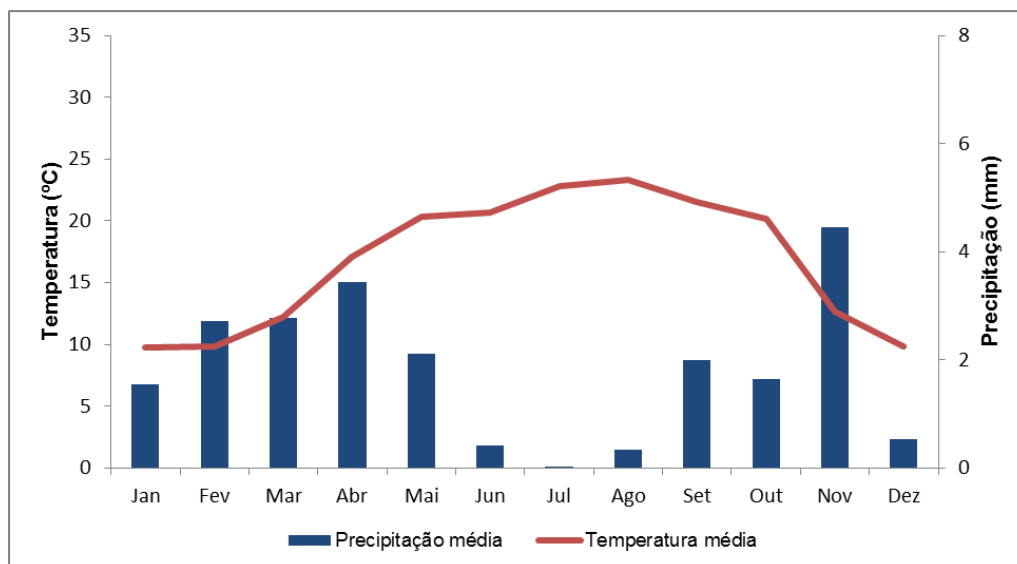


Figura 12. Gráfico ombrotérmico relativo aos dados da temperatura média e precipitação média mensais no ano 2011 para a região de Évora (Fonte: COTR e estação meteorológica de Évora).

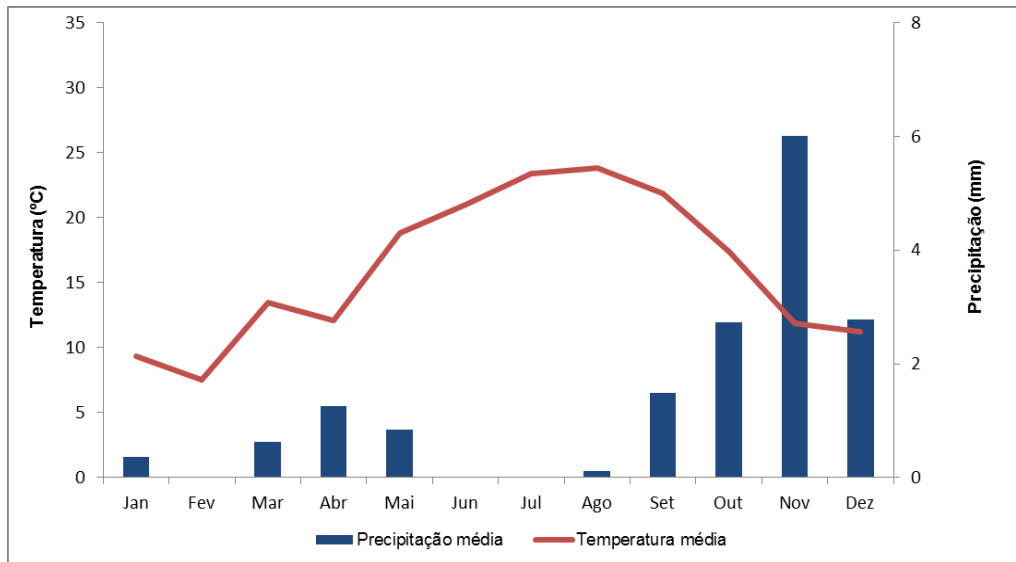


Figura 13. Gráfico ombrotérmico relativo aos dados da temperatura média e precipitação média mensais no ano 2012 para a região de Évora (Fonte: COTR e estação meteorológica de Évora).

Neste trabalho foram utilizados os dados meteorológicos da estação meteorológica de Viana, localizada em Viana do Alentejo, e pertencente à rede de estações geridas pelo Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio (COTR). As variáveis selecionadas para os cálculos efetuados foram: a temperatura mínima e máxima diária, a humidade relativa mínima e máxima diária, a velocidade do vento diária e a radiação solar diária. Para a precipitação usaram-se os dados da estação meteorológica de Évora, estação gerida pelo Centro de Geofísica de Évora, pois eram os que apresentavam uma correlação mais elevada com os da estação meteorológica local, na herdade Álamo de Cima. Não foi possível usar os dados meteorológicos da estação local, pois estes apresentavam falhas e erros de medição num dos anos, o que obrigou a recorrer a dados da estação meteorológica mais próxima do local de estudo, Viana do Alentejo.

Em 2011, de acordo com a análise dos dados recolhidos nas duas estações meteorológicas e dos gráficos acima descritos nas Figuras 12 e 13, registou-se, na região de Évora, uma precipitação anual de 662,5 mm e uma precipitação média mensal de 16,7 mm. No período em que decorreu a rega – 14 de abril a 25 de outubro – a precipitação foi de 286 mm. Também em 2011, a temperatura média anual foi de 16 °C (Figura 12). Já em 2012, a precipitação anual foi de 491 mm para a mesma região. Sendo a precipitação média mensal cerca de 16,1 mm. Neste ano e no período de rega – de 24 de abril a 12 de setembro – registou-se uma precipitação total de 45,7 mm. A temperatura média anual em 2012 foi de 16 °C, a mesma do ano anterior (Figura 13).

III.4. Calendário da rega no olival em estudo

Para a rega do olival era utilizado um sistema de rega localizada, gota-a-gota, com gotejadores espaçados 1 metro entre si na linha. Como o olival apresenta um compasso de 4,2 m x 8 m, entre duas árvores na mesma linha existem 4 gotejadores com um débito de 1,6 l/h. A rega efetuada foi conduzida de acordo com os procedimentos habituais da exploração, tendo esta sido para 2011 de 250,1 mm e para 2012 de 181,4 mm como está exemplificado no Quadro 1 e no Anexo II.

Quadro 1. Dotação total de rega para os dois anos em estudo.

Período de Rega	Dotação total de rega (mm)
14/04 a 25/10 de 2011	250,1
24/04 a 12/09 de 2012	181,4

Como se pode verificar o ano de 2011 foi o ano que registou maior dotação de rega, contrariamente ao esperado, uma vez que neste ano as precipitações também foram mais elevadas, isto é justificado pelo facto de o período de rega de 2011 ter sido superior comparativamente ao período de rega para 2012 e, também, porque as chuvas ocorridas em 2011 foram essencialmente no início da primavera tendo sido necessário regar durante o verão.

III.5. Medição da transpiração da cultura

III.5.1. Avaliação da transpiração através do Método de *Granier*

Para a medição da transpiração das árvores recorreu-se ao Método de *Granier* (Granier, 1985), método de medição de fluxo de seiva em que se utiliza uma fonte de calor constante e pontual gerada através de um sensor térmico composto por duas sondas inseridas no tronco da árvore, permitindo determinar a diferença de temperatura entre as mesmas. Uma das sondas contém no interior uma resistência elétrica (elemento aquecedor) e um termopar (elemento medidor de temperatura). Esta é colocada em posição superior e a segunda sonda contém apenas um termopar e uma resistência elétrica não funcional, sendo colocada no mesmo plano vertical que a primeira. A segunda sonda encontra-se à temperatura de referência, ou seja, à temperatura natural dos tecidos do tronco. Quando a corrente elétrica é fornecida, a temperatura sobe na sonda superior e o termopar mede a diferença de temperatura entre as sondas, que é dependente do fluxo de seiva que ocorre durante a medição. Quando não há fluxo de seiva ou quando é atingido um valor mínimo, a diferença de temperatura é máxima; com o aumento do fluxo de seiva, o calor é dissipado

mais rapidamente e a diferença de temperatura diminuiu. A densidade de fluxo de seiva é calculada através de uma relação empírica determinada por Granier (1985).

Para a medição do fluxo de seiva, foi instalado, no âmbito do projeto, em julho de 2011 um grupo de seis sensores (UP GmbH -Alemanha) com sondas de 2 cm de comprimento, num conjunto de árvores selecionadas de acordo com as classes de diâmetro do tronco.



Figura 14. a, b, c, d. Instalação e utilização do método de medição de fluxo de seiva de *Granier* no olival da herdade Álamo de Cima (Fonte: H2Olive3S, 2011).

A transpiração das árvores foi avaliada através de medições do fluxo de seiva durante os períodos de 13 de julho a 31 de dezembro de 2011 e, no segundo ano, para o período de 14 de abril a 5 de dezembro de 2012. Estes sensores encontravam-se ligados a um sistema de aquisição de dados (modelo CR1000, Campbell Scientific Inc., Logan UT, EUA). Os dados recolhidos foram corrigidos para os efeitos dos gradientes naturais de temperatura no tronco utilizando dados obtidos a partir de sensores de fluxo de seiva sem aquecimento, durante períodos longos.

Após o registo dos dados, foi necessário executar uma calibração dos mesmos, uma vez que os dados medidos não apresentam um valor absoluto, procedimento que requer a utilização de dados obtidos por um método de referência. Para o efeito pode utilizar-se o método das flutuações instantâneas (*eddy covariance*, EC) durante períodos de curta duração. O método das flutuações instantâneas baseia-se na medição da componente vertical da velocidade do vento e da concentração da variável relacionada com o fluxo de calor. A evapotranspiração obtida pelo método das flutuações instantâneas é considerada uma

evapotranspiração direta, pois recorre-se a uma evaporação do solo estimada por outro modelo que já se encontra validado. Apesar de determinar diretamente a evapotranspiração, este método apresenta um certo grau de sofisticação, sendo pouco utilizado para medições de rotina.

A técnica de calibração utilizada relaciona os dados de fluxo de seiva com a transpiração obtida como diferença entre a evapotranspiração medida pelo método de flutuações instantâneas e a evaporação do solo obtida pelo modelo de *Ritchie* (Ritchie, 1972) permitindo assim a obtenção de dados de transpiração calibrados (T_{sf}) para o período de observações, sem a necessidade de realizar observações micrometeorológicas ao longo de todo o período de estudo (Ferreira *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2008; Paço *et al.*, 2012). Como não foi possível instalar os sensores para utilização do método das flutuações instantâneas na Herdade Álamo de Cima, para a calibração da transpiração medida através do método de *Granier* (T), utilizou-se uma relação estabelecida pela equação (8). Uma vez que o método de *Granier* na sua versão inicial (Granier, 1985) foi estabelecido recorrendo a uma calibração tida como independente da espécie, esta calibração é feita para obtenção dos parâmetros da equação que relaciona o fluxo de seiva com as diferenças de temperatura entre as duas sondas do sensor. Posteriormente, verificou-se que nem sempre esta calibração original produz resultados aceitáveis. Assim, realiza-se em muitas situações uma calibração local específica para o coberto ou para uma espécie em causa (Silvestre, 2003). Tendo em conta que em situações anteriores se generalizou a equação de calibração ao nível da espécie e que existia uma equação previamente estabelecida para um olival de alta densidade (cultivar Arbequina) da mesma região, utilizou-se essa equação (5) anteriormente validada para olival no âmbito do mesmo projeto (Paço *et al.*, 2014).

$$T_{sf} = 0,33e^{1,72 \cdot T} \quad (8)$$

Onde T_{sf} representa os valores da transpiração calibrados pelo método de flutuações instantâneas e T significa os valores de transpiração medidos pelo método de *Granier*.

III.6. Determinação da evaporação do solo

III.6.1. Medição de água no solo

Foi efetuado o balanço hídrico na camada relativa à evaporação do solo utilizando dados da precipitação, da rega e da variação do teor de água no solo. Os dados de precipitação foram fornecidos, como já referido anteriormente, pela estação meteorológica de Évora. Para medir a humidade do solo foram instalados tubos de acesso em pvc para

avaliação da humidade a diversas profundidades e usada uma sonda TDR (TRIME-FM3, IMKO, Alemanha) para a aquisição dos valores de humidade do solo no interior dos tubos. Esta sonda, do tipo TDR (*Time Domain Reflectometry*), baseia-se na medição da velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas, sendo este um método de medição do teor de água no solo baseado na medição da constante dielétrica do solo. A constante dielétrica do solo é inversamente proporcional à velocidade de propagação, o que significa que velocidades mais elevadas originam constantes dielétricas mais baixas, ou seja, teores de humidade do solo mais baixos.

Em março de 2011 foram colocados os 12 tubos de acesso à sonda TDR (Figura 15), sendo em número igual a dez os tubos transparentes e dois os tubos cinzentos instalados. Os tubos transparentes são os mais adequados para este tipo de sensores mas, por possuírem um preço elevado, optou-se por tentar usar tubos de acesso cinzentos, mais baratos, que, ao serem colocados junto aos transparentes, permitiriam fazer a sua calibração, possibilitando assim o uso de tubos cinzentos em anos posteriores.

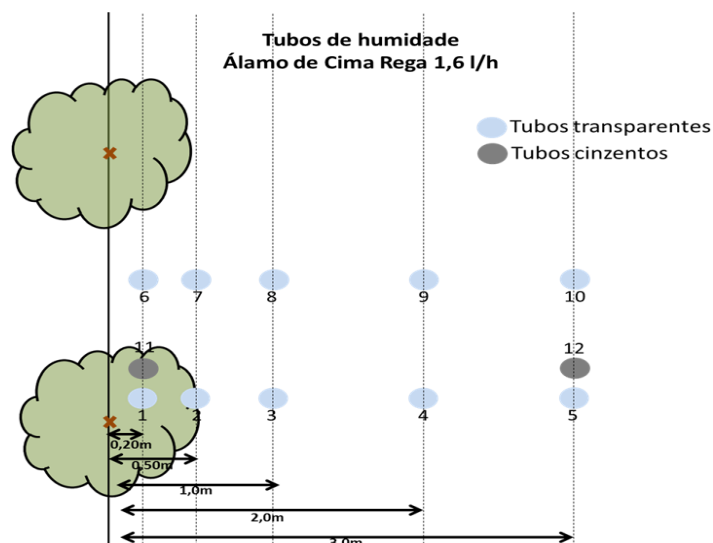


Figura 15. Esquemática dos pontos de colocação dos tubos de acesso à sonda TDR para aquisição da humidade do solo com a sonda TRIME-TDR no ano 2011 e na parcela em estudo.

Estes tubos de acesso foram monitorizados semanalmente, entre os dias 10 de maio e 28 de outubro de 2011, efetuando-se sempre duas medições por semana, que serviram para o cálculo de médias do teor médio de água no solo, para o cálculo da média fez-se uma ponderação da área molhada do solo, como esta explicito no Anexo III. Cujos resultados foram usados na gestão da rega. Neste ano, omitiram-se os resultados obtidos no tubo 9, por estes não serem coerentes com aqueles extraídos dos tubos mais próximos, inferindo-se, assim,

que os resultados obtidos através do tubo 9 tinham anomalias. Em 2012, só foram usados 5 tubos (Figura 16) e mediram-se apenas os tubos 1 a 5, por se considerar que os resultados obtidos nos tubos 6 a 10 eram repetições dos tubos 1 a 5. Estes tubos foram, tal como no ano anterior, monitorizados semanalmente, no período de 28 de março a 19 de dezembro de 2012, sendo feitas duas medições por semana e calculada a média da humidade do solo, para se puder usar os resultados na gestão de rega desse ano. Neste ano não foram usados os dados do tubo 11, por estes não serem fiáveis em comparação com os resultados obtidos nos tubos mais próximos, concluindo-se que os resultados obtidos através desse tubo de acesso apresentavam um mau funcionamento que originava erros nos dados registados.

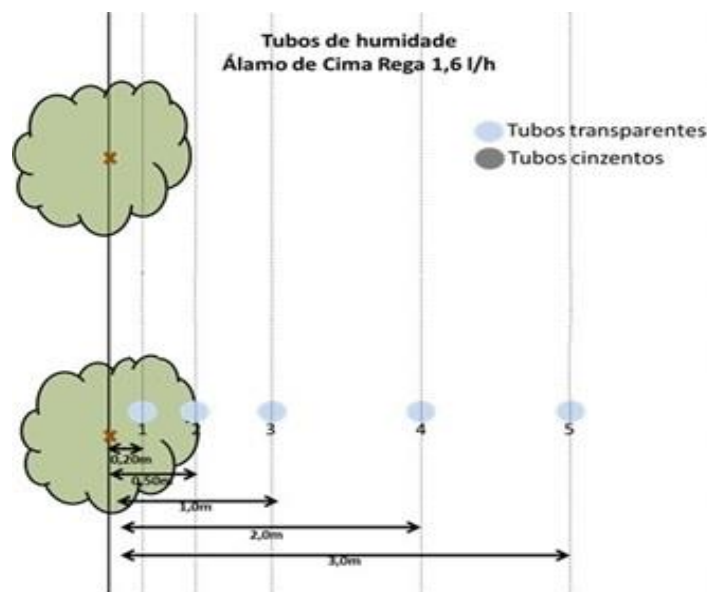


Figura 16. Esquemática dos pontos de colocação dos tubos de acesso para monitorização da humidade do solo com a sonda TRIME-TDR no ano 2012.

III.6.2. Estimativa do teor de água da camada evaporativa

Com a sonda TDR TRIME-FM3 efetuaram-se medições do teor de água do solo nos tubos de humidade até uma profundidade de 60 cm e estas foram feitas de 10 em 10 cm (Anexo IV). Destes dados foram seleccionados os da camada mais superficial para calibrar e validar dados similares obtidos por modelação com o modelo SIMDualKc, ou seja, da quantidade de água que é evaporada na camada superficial. Para tal utilizaram-se as medições até 10 cm de profundidade efetuadas com a sonda TRIME-TDR. Foi escolhida esta profundidade pois, segundo Pereira (2004), para o cálculo do teor de água da camada evaporativa recorre-se ao balanço hídrico diário relativo à camada superior do solo, com uma

espessura de 10 a 20 cm, de acordo com o tipo de solo. Sendo o solo em estudo de textura média admitiu-se uma espessura da camada superficial de 10 cm.

Segundo Pereira (2004), para ajudar ao cálculo do teor de água da camada evaporativa recorre-se à depleção diária, isto é, à evaporação acumulada para a mesma profundidade, para cada dia (Allen *et al.*, 1998), uma vez que o teor de água diário da camada evaporativa é calculado pelo balanço hídrico diário:

$$D_{e,i} = D_{e,i-1} - (P_i - RO_i) - (I_i/f_w) + (E_i/f_{ew}) + T_{ew,i} + DP_{e,i} \quad (9)$$

Onde $D_{e,i}$ (mm) representa a evaporação de água acumulada na fração de solo humedecido e exposto à radiação solar direta; $D_{e,i-1}$ (mm) representa a evaporação de água acumulada na fração de solo humedecido e exposto à radiação solar direta no final do dia $i-1$; P_i (mm) significa a precipitação diária; RO_i (mm) é o escoamento superficial diário; I_i (mm) diz respeito à lâmina média de rega que se infiltra em toda a parcela regada; f_w diz respeito à fração de solo humedecido pela rega ou precipitação e está compreendido entre 0,3 e 1; E_i (mm) representa a evaporação diária; f_{ew} é a fração de solo humedecido exposto à radiação solar direta, que varia entre 0,01 e 1; $T_{ew,i}$ é a transpiração a partir da fração exposta e molhada do solo camada superficial no dia i ; $DP_{e,i}$ (mm) é a perda de percolação profunda da camada de solo superficial no dia i se a quantidade de água no solo excede a capacidade de campo (Allen *et al.*, 1998; Pereira, 2004).

Como já foi referido, efetuaram-se medições semanalmente com a sonda TRIME-TDR. Esta encontrava-se ligada a um sistema de aquisição de dados que regista o teor de água medido nas diferentes profundidades. Antes de utilizar estes valores é necessário calibrá-los e ponderá-los de acordo com a área da superfície do solo representada por cada tubo de humidade. Em primeiro lugar subtraiu-se aos valores do armazenamento (A) o valor do coeficiente de emurchecimento (θ_e), calculando em seguida a quantidade de água para a camada em análise (θ_{ze}), através da profundidade Z_e em causa. Num terceiro passo ponderou-se a área que cada tubo representava na parcela e, por último, fez-se uma média ponderada da humidade da camada superficial para cada dia.

Assim, quer para o ano de calibração como para o de validação, após as simulações calculou-se a quantidade de água da camada evaporativa (θ_{ze}) através do balanço hídrico diário (equação 10),

$$\theta_{ze} = \theta_{ze,i-1} + (P_i + I_i) - D_{e_total,i} - T_{total,i} \quad (10)$$

Onde $\theta_{ze,i-1}$ (mm) representa a quantidade de água da camada evaporativa no dia $i-1$; P_i (mm) representa a precipitação diária; I_i (mm) a dotação de rega diária, a $D_{e_total,i}$ (mm) depleção total diária e $T_{total,i}$ (mm) transpiração total diária.

A depleção da camada evaporativa está limitado por 0 e por TEW ($0 \geq \theta_{ze} \geq TEW$), isto é, nunca pode ser menor que 0 nem maior que TEW, sendo que o índice i identifica o dia para o qual a estimativa é feita. Assumiu-se que a quantidade de água na camada evaporativa inicial era igual ao TEW.

III.7. Determinação do potencial hídrico foliar da cultura

O potencial hídrico foliar medido de madrugada (Ψ_b) é um indicador do estado hídrico do solo na zona radicular da planta (Katerji, 1997). Este indicador corresponde ao estado de hidratação da planta estabelecido durante a noite, quando se atinge o equilíbrio entre a água do solo e a água na planta. Assim, através da medição do potencial hídrico foliar consegue-se saber se a planta se encontra em *stress* ou em conforto hídrico, uma vez que quanto mais baixo for Ψ_b (mais negativo), maior é o grau de *stress*. Para a medição do potencial hídrico foliar recorreu-se a uma câmara de pressão do tipo *Scholander* (Scholander, 1965) (Figura 17). Mediu-se o potencial hídrico semanalmente, entre 23 de abril a 15 de outubro, em 2012. Foram selecionadas quatro árvores e escolhidas aleatoriamente 5 a 10 folhas dos ramos terminais, as medições foram efetuadas cerca das 6 horas da madrugada.



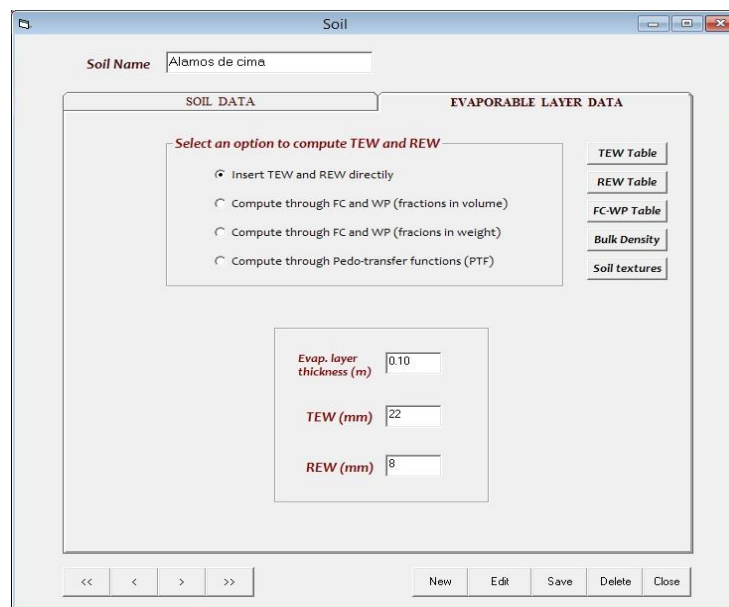
Figura 17. Câmara de pressão do tipo *Scholander* usada para avaliação o potencial hídrico foliar (Fonte: H2Olive3S, 2011).

III.8. Modelação da evapotranspiração

II.8.1. Identificação dos *inputs* para a simulação da evapotranspiração com o modelo SIMDualKc

Para se realizar uma simulação com o modelo SIMDualKc é necessário introduzir os dados de entrada, doravante *inputs*, no modelo, sendo estes previamente identificados e estudados. Os *inputs* necessários para a modelação da evapotranspiração dizem respeito às características do solo, às características da cultura, à rega fornecida, à existência ou não de cobertura da entrelinha, ao escoamento superficial produzido pela chuva, à percolação profunda produzida pela chuva ou rega e ainda a dados meteorológicos necessários para caracterizar o clima e as condições em que se processou a rega.

Os dados relativos ao solo são estabelecidos de acordo com a análise granulométrica do mesmo (teor de argila, limo e areia) com a profundidade da camada evaporativa, Z_e (m), a água facilmente evaporável, REW (mm) e o total de água evaporável, TEW (mm). Tanto a água facilmente evaporável como o total de água evaporável se encontram tabelados de acordo com os diferentes tipos de solo. Neste caso utilizaram-se os valores tabelados para solos de textura argilo-limosa, aquela respeitante ao tipo de solo em estudo, como mostra a Figura 18.



The screenshot shows a software window titled "Soil" with a "Soil Name" field containing "Álamos de cima". The window is divided into two main sections: "SOIL DATA" and "EVAPORABLE LAYER DATA". Under "EVAPORABLE LAYER DATA", there is a section titled "Select an option to compute TEW and REW" with four radio button options: "Insert TEW and REW directly" (selected), "Compute through FC and WP (fractions in volume)", "Compute through FC and WP (fractions in weight)", and "Compute through Pedo-transfer functions (PTF)". To the right of these options are five buttons: "TEW Table", "REW Table", "FC-WP Table", "Bulk Density", and "Soil textures". Below the radio buttons, there are three input fields: "Evap. layer thickness (m)" with the value "0.10", "TEW (mm)" with the value "22", and "REW (mm)" with the value "8". At the bottom of the window, there are navigation buttons "<<", "<", ">", ">>" and a set of action buttons: "New", "Edit", "Save", "Delete", and "Close".

Figura 18. Janela de caracterização do solo para a herdade Álamo de Cima no modelo SIMDualKc.

Os dados meteorológicos foram obtidos através das estações meteorológicas de Évora e de Viana do Alentejo, como referido no capítulo respeitante à caracterização edafo-climática. Foram então introduzidos como *input* do modelo SIMDualKc os dados referentes à temperatura mínima e máxima diária ($^{\circ}\text{C}$), T_{\min} e T_{\max} , respetivamente, à velocidade do vento média diária, medida por um anemómetro a 2 metros de altura (m s^{-1}), à humidade relativa mínima e máxima diária (%), RH_{\min} e RH_{\max} , à radiação solar diária (MJ m^{-2}) e, por último, à precipitação diária, P_i (mm) (Figura 19).

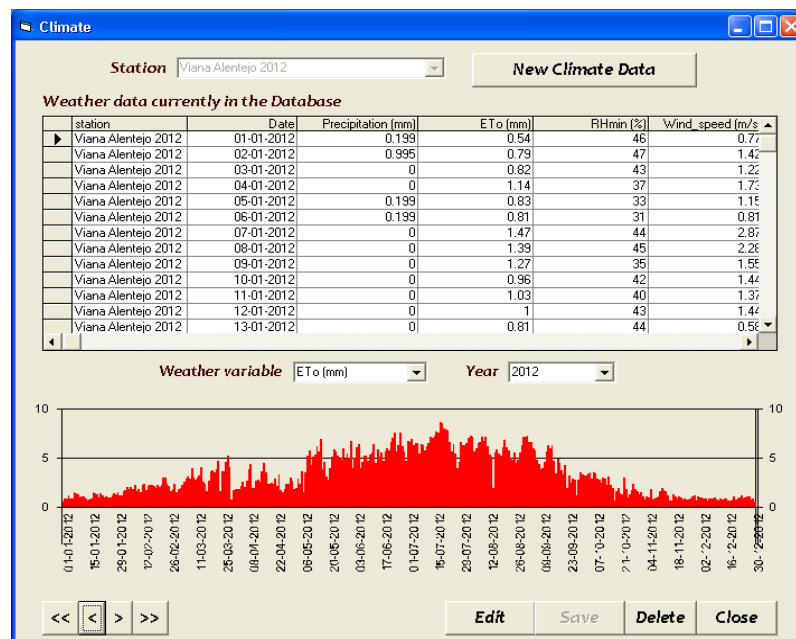


Figura 19. Janela de caracterização para o clima no ano 2012 no modelo SIMDualKc.

Os dados que caracterizam a cultura identificam as datas do ciclo vegetativo da mesma, indicam os valores iniciais, não ajustados, do coeficiente cultural basal (K_{cb}) para o estágio inicial, intermédio e final; o valor mínimo de K_c ($K_{c \min}$); a profundidade radicular (m); a altura das árvores (m); a fração de depleção da água do solo (p) para cada fase do ciclo vegetativo; o parâmetro M_L , que relaciona a altura da árvore com a densidade da copa e a fração de cobertura do solo, f_c (Figura 20). Os valores de K_{cb} , p e M_L são parâmetros que se encontram tabelados para as diferentes culturas (Allen *et al.*, 1998; Allen e Pereira, 2009), e são usados nas primeiras simulações, como *inputs* iniciais, não ajustados. Já o valor de f_c foi determinado de acordo com a densidade e o tamanho das árvores, informações recolhidas a partir da observação do olival. Estes *inputs* iniciais, não ajustados, são apresentados com mais detalhe em II.8.2.

Crop

Name / Crop identification:

Type of crop: Annual crops Deciduous Trees and shrubs Evergreen trees and shrubs

Dates of Development stages	Depletion fraction (p)	Root depth (m)	Plant height (m)
<input type="checkbox"/> Nongrowing / Frozen soil	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Planting/Initiation	01-01-2012	0.4	1.2
Start rapid growth	01-03-2012	0.4	1.2
Start midseason	01-05-2012	0.4	1.2
Start senescence/maturity	10-10-2012	0.4	1.2
End season/harvesting	31-12-2012	0.4	1.2

Auxiliar Table: 365

p aux Table:

Root aux Table:

Height aux Table:

Potential Kcb

Kcb "off"

Kcb_ini:

Kcb_mid:

Kcb_end:

Kcb aux. Table:

Kc min:

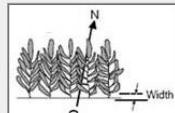
Kcb adjustment according to the fraction of ground cover

No adjustment to the specified potential Kcb Adjust the potential Kcb according to crop density

Row crops / rectangular shaped canopies Randomly planted crops / spherical shaped canopies

Row orientation: Row width (m):

Row angle: ML (1,5 - 2) 1.5



Fraction of soil covered by the crop (0,01 - 1) in the:

"off" season	Initial season stage	Mid season stage	End season
<input type="text" value="0.25"/>	<input type="text" value="0.25"/>	<input type="text" value="0.25"/>	<input type="text" value="0.25"/>

Fraction of ground cover - Evaporation estimation

Use fc default values (derived from Kcb values adjusted or not to plant density) - FAO method

Specify fc for the development stages

"off" season:

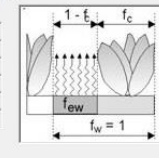
Planting:

Start rapid growth:

Start mid season:

start senescence:

End season:



Input fc at specified dates

Input/Edit Fc and dates:

Account for frozen soil (winter crops)

Soil frozen before planting Soil freezes after planting

% of reduction in TEW:

% of reduction in REW:

<< < > >> Edit Insert Save Delete Close

Figura 20. Janela de caracterização da cultura no ano de 2012, no modelo SIMDualKc.

Os dados relativos à rega foram introduzidos na janela de gestão de rega e dizem respeito aos dias em que foram efetuadas regas e sua dotação (mm) e, ainda, à fração de solo humedecido pela rega à superfície, f_w (Figura 21). A fração da superfície de solo humedecido pela rega foi medida no olival numa amostra representativa, estimando-se através das dimensões da área molhada de um bolbo (considerando de forma simplificada que apresenta a forma de uma elipse), do número de gotejadores, da respetiva dotação e, por último, do espaçamento entre árvores e gotejadores.

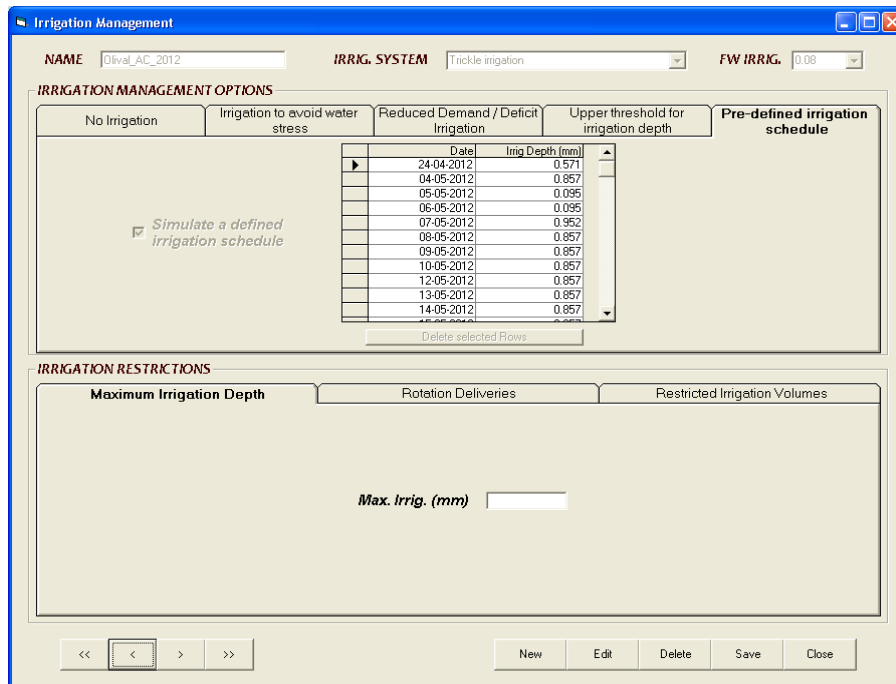


Figura 21. Janela de caracterização das opções de gestão da rega no ano de 2012 no modelo SIMDualKc.

A cobertura vegetal ativa diz respeito à área coberta na entrelinha por vegetação herbácea, sendo necessário, quando se encontra presente, introduzir no modelo informação sobre a mesma, antes de se realizar a simulação. A cobertura vegetal ativa consome também parte da água no solo, interferindo, sobretudo, na evaporação do solo. Como no ano de 2012 o período de estudo se situou entre 16 de abril e 5 de dezembro, incluindo grande parte da primavera, época em que a cobertura vegetal ativa apresenta maior densidade, foi então necessário introduzir, para este ano, os dados da mesma, ou seja: a fração de área coberta, a densidade, a altura e o coeficiente de ensombramento da mesma (Figura 22). Estes dados foram obtidos através da análise do olival.

Active Ground Cover

Designation: AC2012

Fraction of the active ground cover in the field at the beginning of calculations (fr_gcover): (0 - 1) 0.3

Density of the active ground cover at the beginning of calculations (gc_density): (0 - 1) 0.3

Active ground cover height at the beginning of calculations (m) 0.1

Coefficient to attenuate Ground Cover ET at shade 0.5

Operation's name	Date	Fraction gcover		gcover density		Height (m)		fr covered	density	% reduction E
		Before	After	Before	After	Before	After			
operation_2	20-06-2012	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1			

Input operation
Update fc
Save Operation/fc

<< < > >> Delete operation

Name_operation	Date	Fr gcover before	Fr gcover after	gc_density	gc_density after	height before	height after	C
1	01-01-2012	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	
2	20-06-2012	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	

<< < > >> Edit New Save Delete Close

Figura 22. Janela de caracterização da cobertura vegetal ativa no ano de 2012 no modelo SIMDualKc.

A percolação profunda representa o movimento subterrâneo de água através do perfil do solo para zonas situadas abaixo da zona radicular. Dado que esta água fica fora do alcance das raízes das árvores, as perdas por percolação profunda são muitas vezes significativas, pelo que os dados relacionados devem ser introduzidos previamente no modelo (Rosa *et al.*, 2015). Os parâmetros relativos à percolação profunda foram propostos por Liu *et al.* (2006) e encontram-se tabelados para as diferentes texturas de solo e para as culturas implementadas no mesmo solo. Assim, são definidos valores entre o teor de água da capacidade de campo e a saturação (a_D) e o valor para representar a capacidade de drenagem do solo, ou seja, se um solo é rapidamente drenado ou se drena lentamente (b_D). Os valores usados correspondem aos valores para solos com textura argilo-limosa (Figura 23). Estes valores são estimados através de uma equação paramétrica proposta por Liu *et al.* (2006), que requer o conhecimento do índice de área foliar e dos níveis freáticos (Rosa & Paredes, 2011).

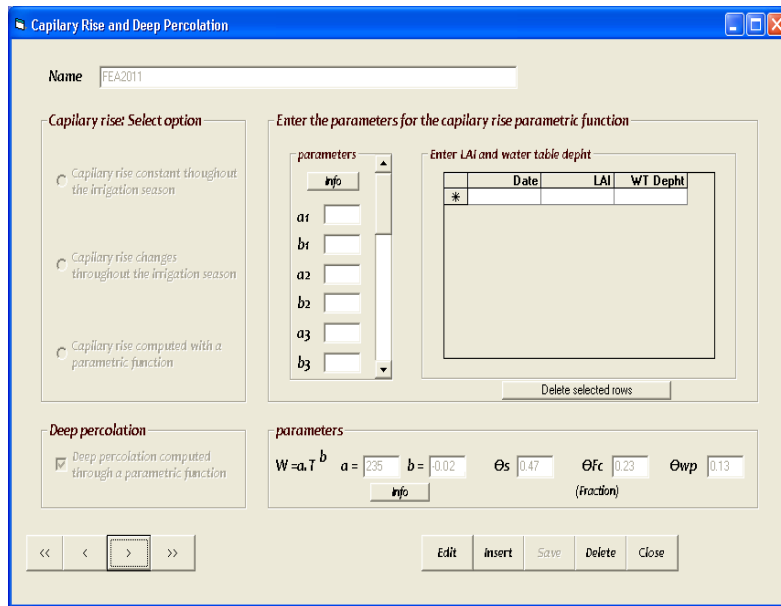


Figura 23. Janela de caracterização para a percolação profunda no solo da herdade Álamo de Cima no modelo SIMDualKc.

O escoamento superficial é um fenómeno importante que também deve ser tido em conta antes de se iniciar a modelação. O escoamento superficial ocorre: quando a taxa de aplicação da água é maior que a taxa de infiltração do solo e quando o solo se encontra saturado quando a água é aplicada. Os dados que caracterizam o escoamento superficial foram definidos por Allen et al. (2007) para as diferentes texturas de solo e de acordo com a cultura implementada no mesmo. Estes parâmetros foram calculados a partir do método “Curve Number” (CN, ou Número de Escoamento, desenvolvido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, USDA) e, para o solo em causa, recorreu-se ao valor definido para solos com textura média, com árvores de fruto e cobertura na entrelinha (Figura 24).

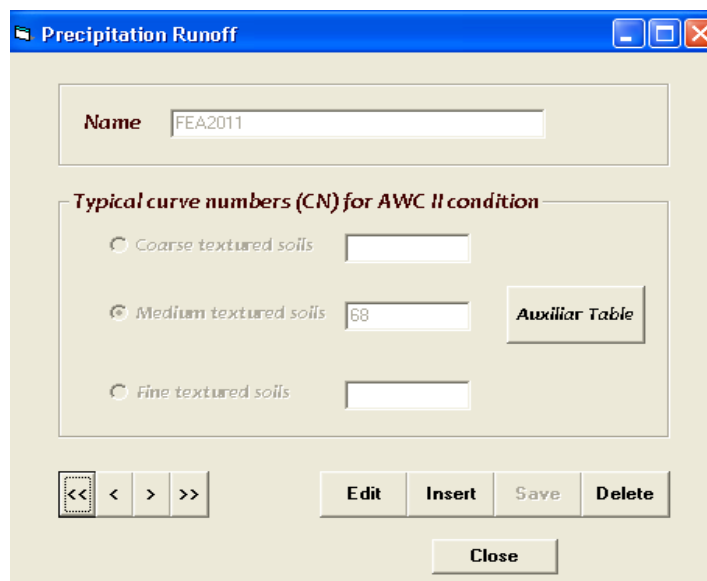


Figura 24. Janela de caracterização para o escoamento superficial do solo da herdade Álamo de Cima em estudo no modelo SIMDualKc.

III.8.2. Modelação da evapotranspiração no Modelo SIMDualKc

III.8.2.1 Calibração da evapotranspiração no Modelo SIMDualKc

Faz-se uma primeira simulação com os dados iniciais e sucessivamente fixa-se um parâmetro específico e retém-se o melhor resultado. Inicialmente fixou-se, para K_{cb} , 0,45 e analisaram-se os indicadores estatísticos descritos mais à frente para esta mesma simulação, tendo-se repetido o processo sucessivamente. O mesmo procedimento foi adotado para K_{cb} igual a 0,55, valor final.

Depois de se analisar e estudar a qualidade do ajustamento entre a transpiração medida pelo método de *Granier* e devidamente calibrada (T_{sf}) e a transpiração simulada (T_{sim}), obtida através do modelo SIMDualKc retiveram-se os melhores resultados obtidos de transpiração simulada para a calibração do modelo.

A calibração e validação do modelo foram feitas de acordo com a metodologia descrita por Rosa *et al.* (2011), tendo sido escolhido o ano de 2012 para a calibração e 2011 para a validação. Esta escolha resultou do fato da recolha de dados pelo método de *Granier* só ter sido iniciada em julho de 2011, enquanto para 2012 existem medições da transpiração desde abril a dezembro, ou seja, existe um maior período de medições para 2012. Acresce o fato de 2011 ter sido um ano atípico em relação à precipitação registada. Assim, a calibração do modelo foi executada por alteração progressiva e cuidada dos coeficientes culturais, dos dados de escoamento superficial, dos parâmetros de evaporação do solo e dos dados de

percolação profunda, da fração de depleção de água no solo (p) e do parâmetro M_L , com o objetivo de minimizar as diferenças entre os valores de transpiração medida pelo método de *Granier* e os valores de transpiração simulada, definidos como T_{sf} e T_{sim} , respetivamente. No processo, o coeficiente de densidade (K_d) é estimado para a fração de área coberta do solo (f_c), sendo os valores de K_{cb} calculados através do K_d , com modificações graduais do parâmetro M_L . Inicialmente o valor do parâmetro M_L era de 1,5 (Allen e Pereira, 2009), tendo sido necessário reduzir este coeficiente para 1,3, o que se justifica tendo em conta f_c ser apenas 0,25, inferior ao valor tabelado, tratando-se de um olival de relativamente baixa densidade. Comparativamente a um olival superintensivo (Paço et al., 2014) o formato da copa das árvores é mais irregular, a copa é mais arejada e a altura a que se inicia a ramificação do tronco maior, o que justifica também a adoção de um valor inferior para M_L , relativamente ao adotado naquele estudo (1,7). As alterações dos coeficientes culturais nas várias fases do ciclo vegetativo foram feitas em conjunto, com os valores inicialmente de $K_{cb_ini}=0,45$, $K_{cb_mid}=0,45$, $K_{cb_end}=0,45$, que se encontram padronizados para o olival, segundo Allen e Pereira (2009), para os valores indicados na Quadro 2, e apresentados mais à frente.

O fator de depleção de água no solo (p) representa a fração da água total disponível (TAW) utilizada antes de ocorrer *stress* hídrico, encontrando-se também tabelado por Allen et al. (1998) para as diferentes culturas. Para a primeira simulação utilizou-se o valor de $p=0,5$, dado ser um valor comumente utilizado na gestão da rega para muitas culturas (Allen et al., 1998) e dado que o valor tabelado para olival (0,65) era indicado para valores de f_c mais elevados do que os encontrados neste estudo. A oliveira é uma cultura que possui raízes profundas conseguindo alcançar a água que se encontra a maiores profundidades podendo, assim, entrar mais tarde em *stress* hídrico, em comparação com outras culturas de raiz menos profundante. Apesar disto, para a calibração adequada do modelo, foi necessário reduzir o valor do fator de depleção para $p=0,4$, uma vez que o solo em estudo apresenta uma elevada percentagem de areia nos perfis mais profundos, o que leva a uma menor retenção de água em relação a solos mais pesados (Quadro 2).

O parâmetro K_{cmin} diz respeito ao valor mínimo de K_c para condições em que o solo se encontra descoberto. Consoante a duração do período em que o solo se encontra húmido e o tipo de solo, o valor deste parâmetro varia, segundo Allen et al. (1998), entre 0 e 0,2. Inicialmente fixou-se o valor em 0,15, valor esse que foi alterado após algumas simulações, para 0,10, por se ter chegado à conclusão que, sendo este solo bastante arenoso, os períodos em que se encontra húmido são mais reduzidos, em relação a solos mais pesados (Quadro 2).

Os parâmetros referentes à evaporação do solo usados para calibrar o modelo foram os seguintes: o total de água evaporável (TEW), ou seja, a quantidade de água que pode ser evaporada a partir da camada superficial do solo; a quantidade de água facilmente evaporável (REW), que representa a quantidade de água que pode ser evaporada facilmente (durante a fase 1, ou seja, a fase inicial após humedecimento do solo em que a taxa de evaporação apenas depende da energia disponível); e a espessura da camada de evaporação do solo (Z_e). Os valores escolhidos inicialmente foram: $Z_e=0,1$ m, TEW=25 mm e REW=9 mm, tendo-se optado por estes valores iniciais por serem os valores médios tabelados para o tipo de solo em estudo, isto é, um solo de textura argilo-limosa, que apresenta uma camada mais arenosa. Os valores mínimos para o solo de textura moderada revelaram-se assim os mais apropriados para este estudo, tendo-se alterado TEW, de 25 para 22, e REW, de 9 para 8 (Quadro 2).

Para a percolação profunda foram definidos os seguintes valores, como proposto por Liu *et al.* (2006), para os parâmetros respetivos: $a_D=235$, parâmetro que representa a diferença entre o teor de água da capacidade de campo (θ_{FC}) e o teor de água no ponto de saturação (θ_s), sendo que para este solo está definido $\theta_{FC}=0,23$ m³m⁻³ e $\theta_s=0,47$ m³m⁻³; $b_D=-0,02$ que traduz a capacidade de drenagem (b_D) e cujo valor atribuído (-0,02) resulta do facto do solo em estudo ser bastante arenoso, pelo que é rapidamente drenado. Para a caracterização do escoamento superficial foi, inicialmente definido um valor de CN=60, tendo sido modificado posteriormente para CN=68 pois, de acordo com Allen *et al.* (2007) este é o valor que corresponde a solos de textura media com árvores de fruto e cobertura vegetal ativa na entrelinha (Quadro 2).

No ano de calibração, ou seja, em 2012, foi necessário introduzir no modelo dados relacionados com a cobertura vegetal ativa existente na entrelinha que cobria 30% do solo até ao final de junho. As elevadas temperaturas e a ausência de precipitação tornaram a cobertura vegetal ativa em *mulch*, ou seja, em plantas secas que cobriram o solo da entrelinha diminuindo a evaporação do solo, sendo que a fração de cobertura de solo correspondente ao *mulch* formado foi de 0,3.

Mais detalhadamente, a calibração foi concretizada em várias etapas: em primeiro lugar, foram modificados os valores de K_{cb} e p , para minimizar as diferenças iniciais observadas entre a transpiração medida e a transpiração simulada, ou seja, entre T_{sf} e T_{sim} , respetivamente; de seguida, e depois de pequenos ajustes feitos nos parâmetros K_{cb} e p , foram alterados os valores de TEW e REW, por se ter verificado que os valores mínimos do intervalo de valores tabelado para os solos com textura franco-argilosa eram os mais adequados para o modelo; e, por último foi alterado o valor de CN, por se ter encontrado um valor mais indicado. Os parâmetros para a percolação profunda (a_D e b_D) não foram alterados,

apesar de se terem realizado algumas tentativas infrutíferas para melhorar o ajuste do modelo (Quadro 2). Estes processos sucessivos de tentativa de calibração do modelo comprovaram que os parâmetros mais importantes e que mais afetaram a calibração foram os K_{cb} e o p assumidos inicialmente. A seguinte tabela apresenta em sumário, os valores iniciais usados e os resultantes finais da calibração.

Quadro 2. Parâmetros e valores de K_{cb} utilizados para iniciar as simulações e os obtidos na calibração do modelo para o ano 2012.

Parâmetros e K_{cb}	Inicial	Final
K_{cb_ini}	0,45	0,55
K_{cb_mid}	0,45	0,55
K_{cb_end}	0,45	0,55
p	0,5	0,4
M_L	1,5	1,3
$K_{c_{min}}$	0,15	0,10
Z_e	0,10	0,10
TEW	25	22
REW	9	8
CN	60	68
a_D	235	235
b_D	-0,02	-0,02

III.8.2.2. Avaliação da qualidade da modelação da evapotranspiração no Modelo SIMDualKc

A qualidade da modelação e da calibração foram avaliadas através de vários indicadores estatísticos e de uma regressão linear forçada à origem entre os valores de T_{sf} e T_{sim} . Assim, foram eleitos os seguintes indicadores: os coeficientes de regressão e de determinação, b e R^2 , respetivamente, o erro quadrático médio (RMSE), o erro máximo absoluto (E_{max}), o erro médio absoluto (AAE), o erro médio relativo (ARE), a eficiência de modelação (EF) e o índice de concordância (d_{IA}) que foram utilizados como indicadores de ajustamento do modelo SIMDualKc (Nash and Sutcliffe, 1970; Willmott, 1981; Moriasi *et al.*, 2007) com os dados de transpiração medidos com as sondas de fluxo de seiva. A eficiência de modelação e o índice de concordância são indicadores que avaliam apenas a modelação realizada, sendo que a EF, segundo Moriasi *et al.* (2007), determina a magnitude relativa da variância residual comparativamente com a variância dos dados medidos, enquanto o índice

de concordância representa a relação entre o erro quadrático médio e o erro provável. Todos os indicadores estatísticos descritos têm sido utilizados em estudos de calibração com o modelo SIMDualKc (Rosa *et al.*, 2011; Zhao *et al.*, 2013) e as suas respetivas fórmulas e equações de cálculo podem aí ser consultadas.

IV. Resultados e Discussão

IV.1. Desempenho do Modelo SIMDualKc no cálculo da transpiração da cultura

Os principais *inputs* iniciais do modelo que foram alvo de modificação são K_{cb} e p pois, e como já referido, foram os que mais influenciaram a transpiração da cultura. Os valores iniciais e finais dos mesmos foram descritos na tabela 2, anteriormente apresentada.

Na primeira simulação, para K_{cb} , utilizaram-se os seguintes valores: $K_{cb_ini}=0,45$; $K_{cb_mid}=0,45$; $K_{cb_end}=0,45$, que foram obtidos para um M_L de 1,5, como foi explicado anteriormente. Usaram-se de seguida valores ligeiramente mais elevados do que os tabelados por Allen e Pereira (2009), pois o modelo considera que estes são os valores máximos que o K_{cb} inicial, médio e final, pode tomar. Estes valores foram usados, também, por serem aqueles que refletem a densidade da cultura, como é esclarecido anteriormente, obtendo-se:

$$K_{cb} = K_{c \text{ min}} + K_d (K_{cb \text{ full}} - K_{c \text{ min}}) \quad (11)$$

em que:

$$K_d = \min (1, M_L f_{c \text{ eff}}, f_{c \text{ eff}}^{(1/(1+h))}) \quad (12)$$

Onde $K_{cb \text{ full}}$ significa o valor estimado para K_{cb} no período intermédio, ou seja, quando a cultura atinge o pleno desenvolvimento ou a altura máxima; $f_{c \text{ eff}}$ diz respeito à fração efetiva de solo sombreada pela copa da árvore (0,01 e 1); h representa a altura das árvores em metros (Pereira, 2004).

O valor final do parâmetro de depleção (p) é ligeiramente menor do que o tabelado por Allen e Pereira (2009) para esta cultura, facto que poderá ser explicado pelas características da variedade em estudo e pelo tipo de solo.

A comparação entre os valores de transpiração simulada pelo modelo SIMDualKc e obtida pelo método de *Granier* para os dois anos do estudo é apresentada nas Figuras 25 e 26, onde também estão explicitados os dados da evapotranspiração de referência (ET_o), da rega e da precipitação, nos dois anos. Observa-se das figuras que o modelo SIMDualKc

simula taxas de transpiração próximas dos valores de transpiração obtidos pelo método de *Granier* calibrado. Os indicadores estatísticos de ajustamento do modelo SIMDualKc descritos anteriormente são agora apresentados no Quadro 3, permitindo com esses valores concluir que o modelo apresentou um bom desempenho e simulou adequadamente a transpiração da cultura.

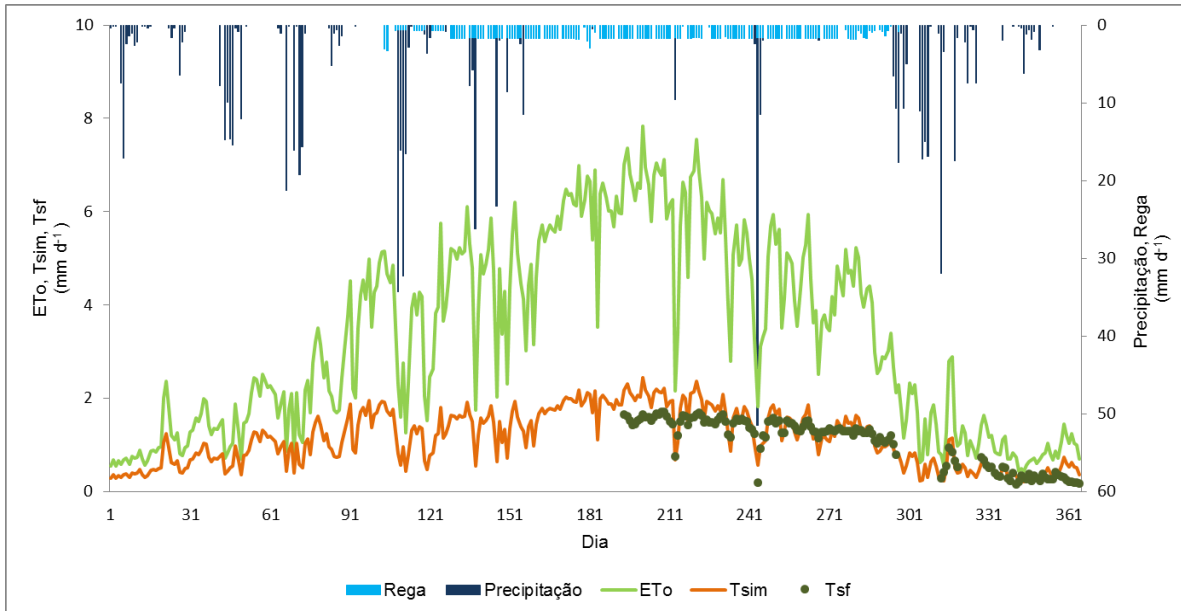


Figura 25. Transpiração da cultura simulada pelo modelo SIMDualKc (T_{sim}), transpiração observada obtida pelo método de *Granier* (T_{sf}), evapotranspiração de referência (ET_o), rega e precipitação referente a 2011.

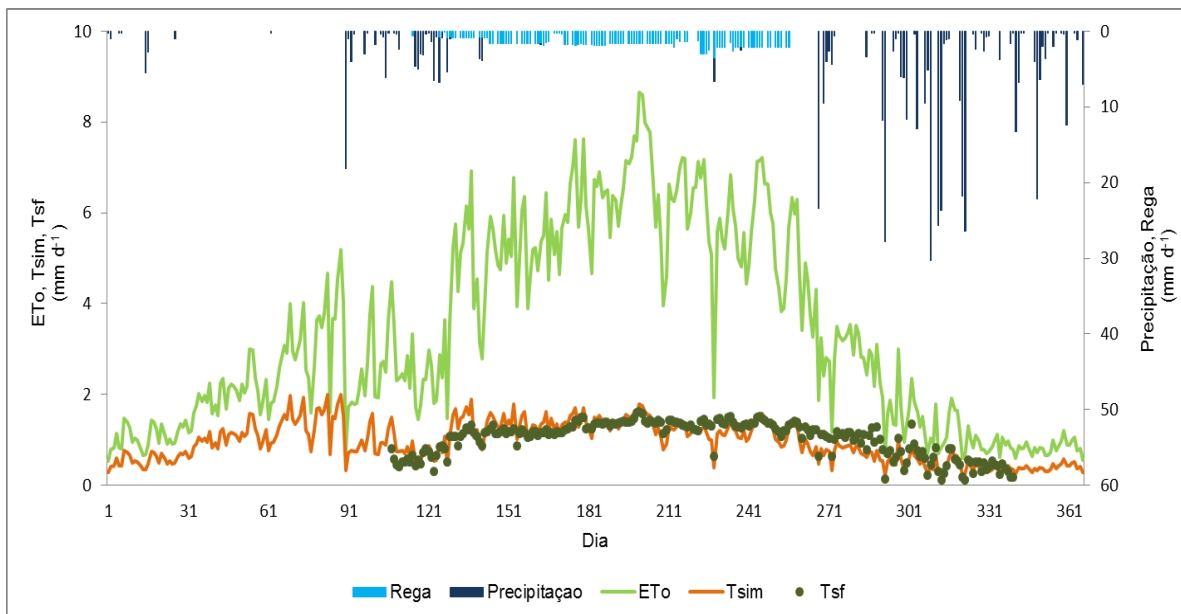


Figura 26. Transpiração da cultura simulada pelo modelo SIMDualKc (T_{sim}), transpiração observada obtida pelo método de *Granier* (T_{sf}), evapotranspiração de referência (ET_o), rega e precipitação referente a 2012.

Assim, para o ano de calibração (2012), os valores observados de transpiração e os simulados revelam uma boa correlação, com um coeficiente de regressão próximo de 1,0 ($b=0,97$), o que indica uma boa conformidade entre os dados observados (T_{sf}) e os simulados (T_{sim}). Além disso, o coeficiente de determinação é elevado ($R^2=0,71$), mostrando assim que o modelo permite explicar uma grande parte da variância dos dados. Os indicadores de erro: o erro quadrático médio (RMSE) e erro médio absoluto (AAE), também traduzem a boa correlação entre T_{sf} e T_{sim} , uma vez que $RMSE=0,23 \text{ mm d}^{-1}$ e $AAE=0,19 \text{ mm d}^{-1}$, isto é, apresentam valores baixos, mais concretamente, erros baixos na simulação da transpiração. Já a eficiência de modelação (EF) é boa, uma vez que é igual a 0,63, e o índice de concordância (d_{IA}), é elevado (0,91), o que mostra que o modelo simulou bem a transpiração observada no campo com o método de *Granier*.

Para o ano de validação (2011), os dados de transpiração observados (T_{sf}) e os de transpiração simulada (T_{sim}) também foram comparados, para validar o modelo, ou seja, para comprovar a sua veracidade. Mais uma vez os valores de T_{sf} e T_{sim} revelaram ter uma boa correlação entre si (Quadro 3), uma vez que o coeficiente de determinação entre os mesmos foi de $R^2=0,88$ e o coeficiente de regressão b , de 1,14. Ambos os coeficientes apresentaram valores mais elevados neste ano, e os resultados denotam um bom desempenho do modelo e fornecem uma boa explicação para a variância dos dados. Os indicadores de erro, RMSE e AAE, apresentaram neste ano valores ligeiramente mais elevados, de $0,28 \text{ mm d}^{-1}$ e $0,21 \text{ mm d}^{-1}$, respetivamente, mas não comprometem a concordância entre o T_{sf} e T_{sim} , uma vez que a eficiência de modelação (EF) e o índice de concordância (d_{IA}) foram elevados, de 0,71 e 0,94, respetivamente. Estes valores defendem o bom desempenho do modelo.

Quadro 3. Indicadores estatísticos de ajustamento da relação entre a transpiração simulada (T_{sim}) pelo modelo SIMDualKc e a transpiração observada (T_{sf}) pelo método de *Granier* para os dois anos em estudo.

	n	b	R^2	RMSE (mmd^{-1})	E_{max} (mmd^{-1})	AAE (mmd^{-1})	ARE (%)	EF	d_{IA}
Calibração:2012 T_{sim} vs T_{sf}	234	0,97	0,71	0,23	0,67	0,19	10,87	0,63	0,91
Validação:2011 T_{sim} vs T_{sf}	148	1,14	0,88	0,28	0,78	0,21	19,67	0,71	0,94

Em termos gerais, a eficiência de modelação entre T_{sf} e T_{sim} indica um bom desempenho do modelo SIMDualKc, sobretudo no seu ano de validação, o que significa que este é capaz de estimar a transpiração do olival em questão.

Através da observação das curvas de transpiração obtidas pelo método de *Granier* (T_{sf}) e da transpiração simulada (T_{sim}) para os dois anos em estudo, apresentados nas seguintes Figuras 27 e 28, respetivamente, conclui-se que, em ambos os anos, as duas curvas de transpiração se acompanham, não havendo muitas divergências entre si.

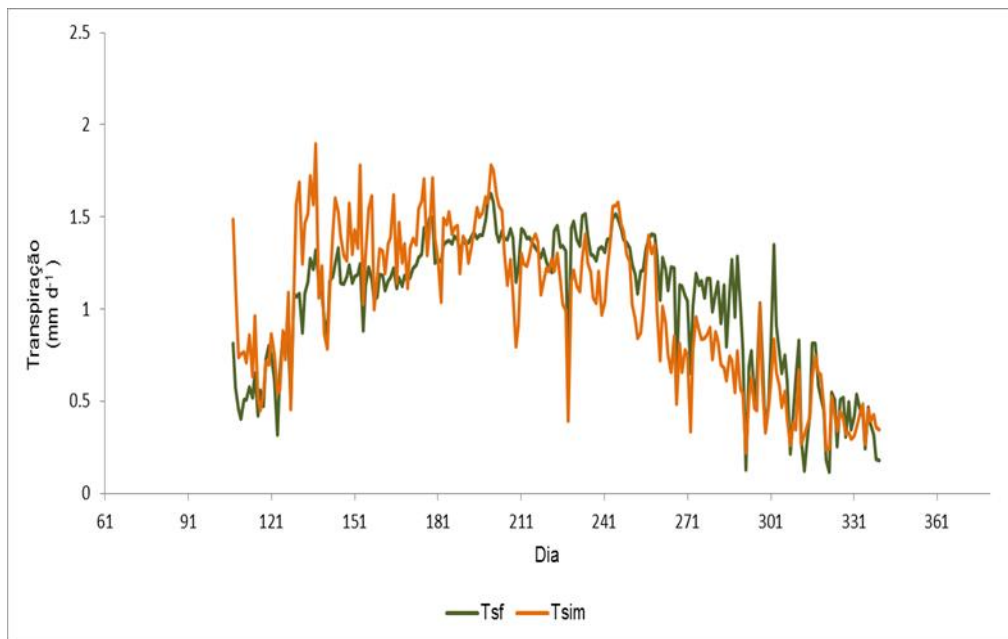


Figura 27. Transpiração simulada e observada, T_{sim} e T_{sf} , do período de estudo para o ano de calibração (2012), dos dias do ano 107 a 340.

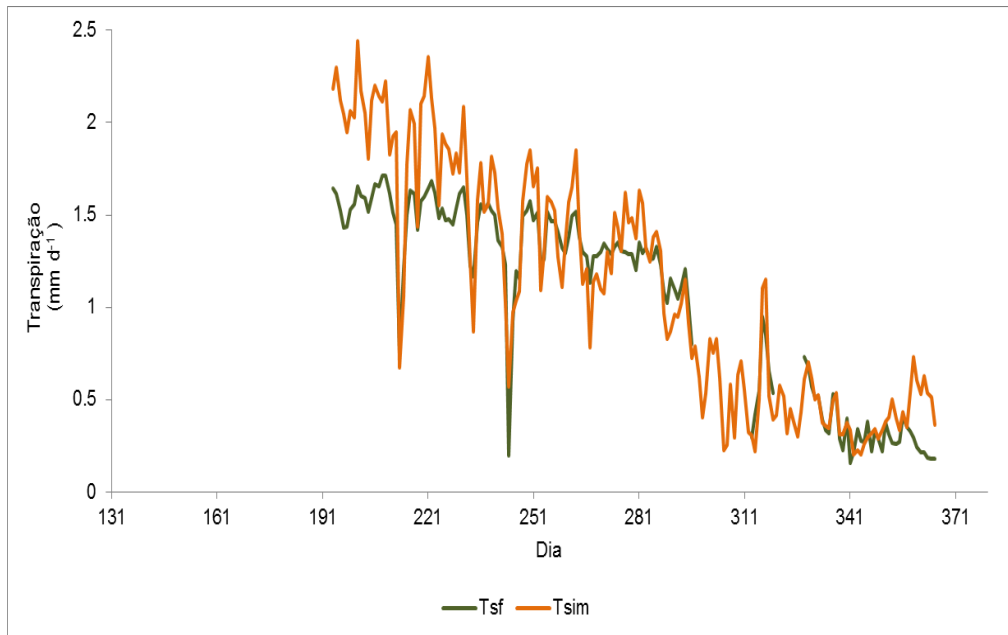


Figura 28. Transpiração simulada e observada, T_{sim} e T_{sf} , do período de estudo para o ano de validação (2011), dos dias do ano 194 a 365.

Nos dois anos de estudo a transpiração simulada situa-se quase sempre acima dos valores da transpiração observada, o que se deve possivelmente ao facto de o modelo SIMDualKc admitir um teor de água no solo mais elevado do que o real, pois poderão ter existido algumas diferenças entre a dotação de rega definida no plano de rega da empresa e a efetuada, uma vez que só se teve acesso ao primeiro. Contudo, admite-se que as curvas de T_{sf} e T_{sim} estão em concordância, o que comprova o bom desempenho do modelo. Em geral, os valores de transpiração simulada e observada, T_{sim} e T_{sf} , respetivamente, são semelhantes quer para o ano de calibração, quer para o ano de validação, e são apresentados no Quadro 4. Para 2012 (ano de calibração), T_{sim} apresentou um valor médio de $1,01 \text{ mm d}^{-1}$, enquanto T_{sf} foi de $1,03 \text{ mm d}^{-1}$; já para 2011 (ano de validação), o valor médio de T_{sim} foi de $1,12 \text{ mm d}^{-1}$ e o de T_{sf} de $1,08 \text{ mm d}^{-1}$ (Quadro 4). O Quadro 4 apresenta também os valores mínimos e máximos para a transpiração simulada e observada, podendo concluir-se que os valores simulados e observados estão próximos tanto para o ano de calibração, como para o de validação.

Quadro 4. Comparação dos valores mínimos, máximos e médios para a evapotranspiração e transpiração simulada e observada no olival em estudo.

	ET _{sim} (mmd ⁻¹)	ET _{obs} (mmd ⁻¹)	T _{sim} (mmd ⁻¹)	T _{sf} (mmd ⁻¹)
2011				
Média	1,73	1,64	1,12	1,08
Mínimo	0,33	0,31	0,20	0,16
Máximo	4,61	4,53	2,44	1,71
2012				
Média	1,49	1,51	1,01	1,03
Mínimo	0,55	0,44	0,22	0,12
Máximo	2,99	3,18	1,89	1,62

IV.2. Desempenho do Modelo SIMDualKc no cálculo da evapotranspiração da cultura

O modelo SIMDualKc faz uma estimativa de ET_{c adj}, isto é, da evapotranspiração da cultura ajustada (ET_{sim}). Assim, e para avaliar o desempenho do modelo, foram comparados, para os dois anos de estudo, os valores de ET_{sim} e de ET_{obs} (vd. secção IV.1). A evapotranspiração observada (ET_{obs}) foi calculada através dos dados de transpiração medidos pelo método de *Granier* (T_{sf}) e pela evaporação do solo simulada pelo modelo de *Ritchie* (E_{s sim}).

$$ET_{obs} = T_{sf} + E_{s sim} \quad (13)$$

Da análise dos dados apresentados no Quadro 4 conclui-se que, para o olival em estudo, os valores médios diários da evapotranspiração simulada e observada, ET_{sim} e ET_{obs}, respetivamente, estão bastante próximos, uma vez que, para 2012, a ET_{sim} foi de 1,49 mm d⁻¹ e a ET_{obs} foi de 1,51 mm d⁻¹ e para 2011, foram, respetivamente, 1,73 mm d⁻¹ e de 1,64 mm d⁻¹. Os valores mínimos e máximos que ET_{sim} e ET_{obs} podem tomar são também muito próximos. Os valores do quadro 4 e os gráficos apresentados nas seguintes Figuras 29 e 30 comprovam o bom desempenho do modelo para estimar a evapotranspiração do olival, uma vez que os valores simulados e observados são muito semelhantes apesar de, tal como ocorre na transpiração, a linha da evapotranspiração simulada estar, por vezes, acima da linha da evapotranspiração observada, devido, como já justificado, ao modelo admitir que existe mais água no solo do que o que possivelmente se verificava.

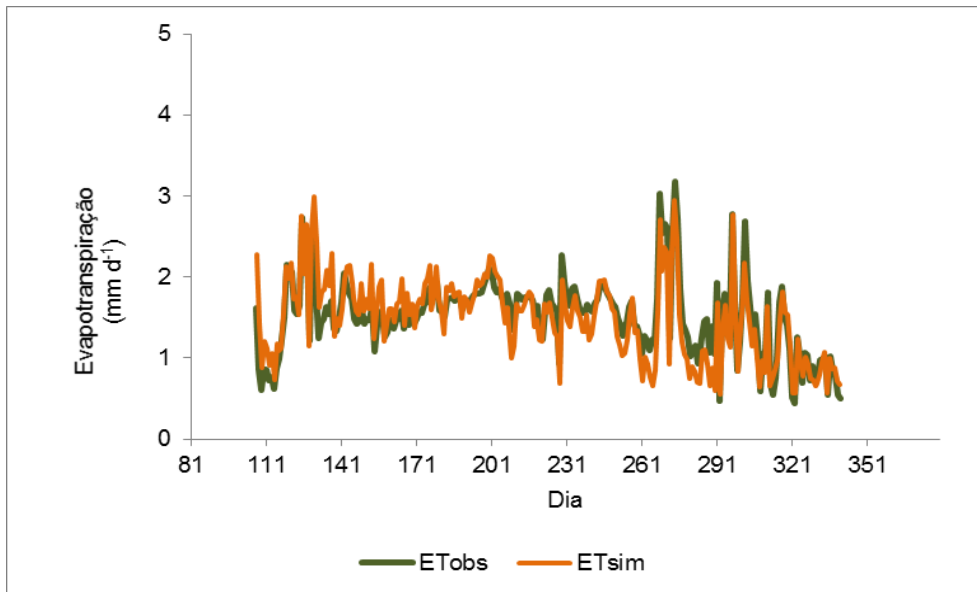


Figura 29. Evapotranspiração observada e simulada, ET_{obs} e ET_{sim} , do período em estudo para o ano de calibração (2012), do dia do ano 107 ao 304.

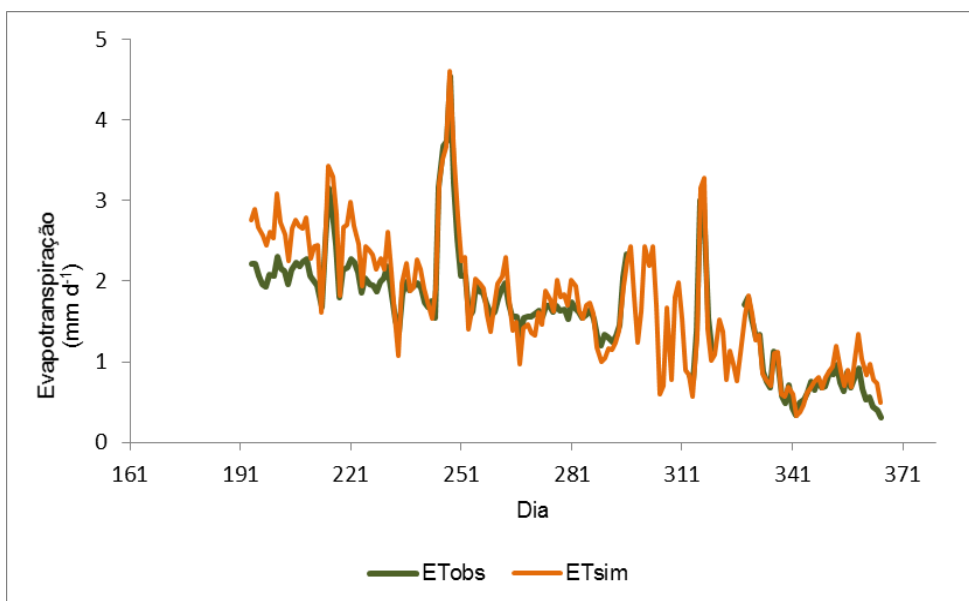


Figura 30. Evapotranspiração observada e simulada, ET_{obs} e ET_{sim} , do período em estudo para o ano de validação (2011), do dia do ano 194 ao 365.

Para a análise da ET_{sim} dos dois anos fez-se, também, uma comparação gráfica da ET_o e da ET_{sim} . Assim, através do cálculo de ET_o é possível ter uma percepção da procura evaporativa climática e, para se ter uma estimativa concreta das necessidades hídricas da cultura deve-se, então multiplicar a ET_o pelo coeficiente cultural, como se explica pela equação 2, no ponto II.2.2. As Figuras 31 e 32 representam essas curvas de ET_o e ET_{sim} , podendo verificar-se que têm um comportamento e evolução temporal idênticos para os dois anos de estudo.

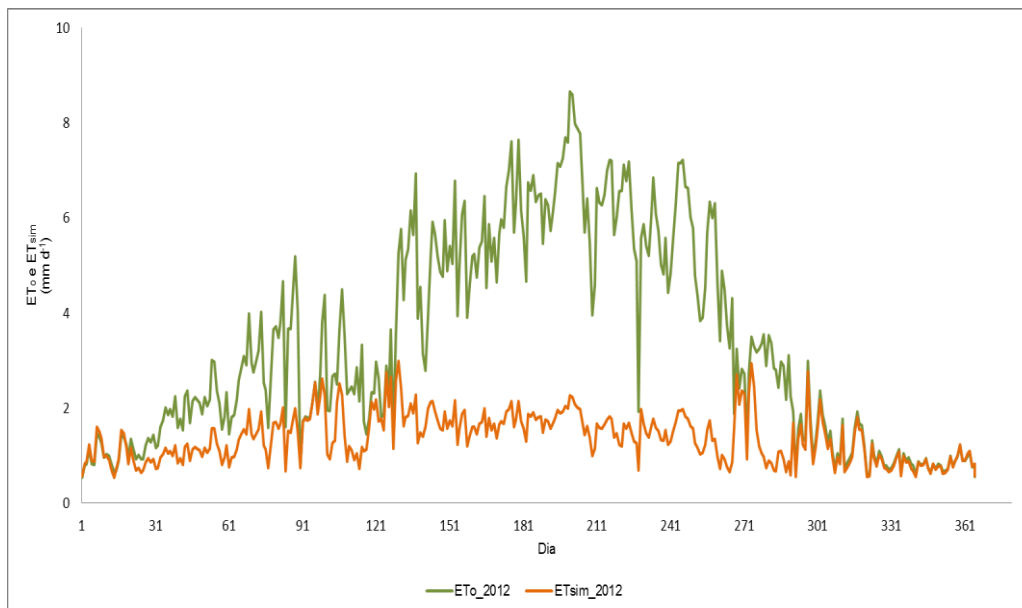


Figura 31. Evapotranspiração de referência (ET_o) e simulada (ET_{sim}) para o ano correspondente à calibração (2012).

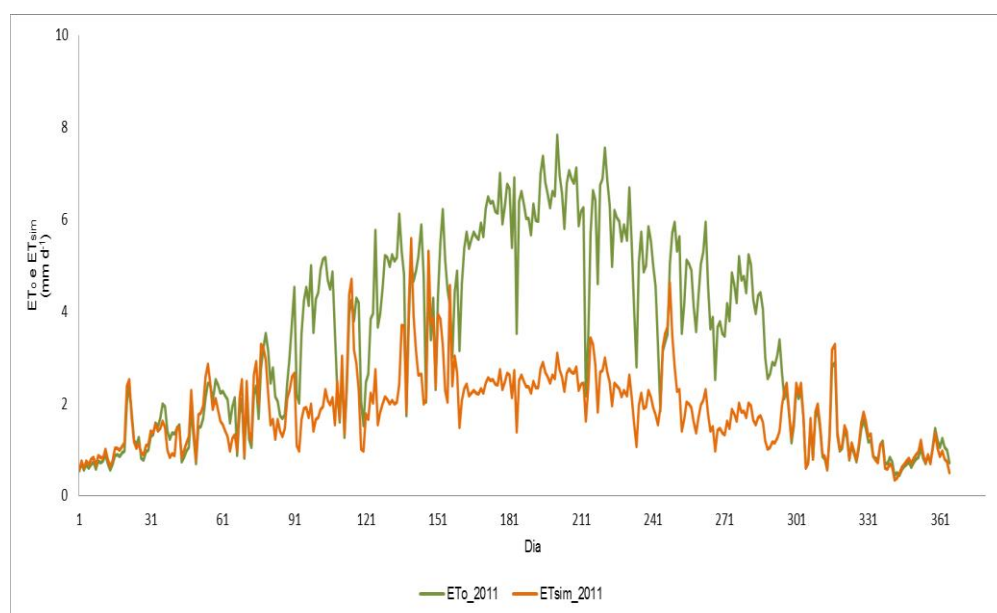


Figura 32. Evapotranspiração de referência (ET_o) e simulada (ET_{sim}) e simulada para o ano correspondente à validação (2011).

Sumarizam-se no Quadro 5 os valores totais de precipitação, rega, ET_o e ET_{c_adj} , o que demonstra, como já mencionado, que o ano de 2011 foi um ano com elevadas precipitações, apesar do total de rega ter sido mais elevado nesse ano, uma vez que estas chuvas ocorreram sobretudo na primavera. A partir desta tabela foi possível calcular qual a percentagem relativa à rega na ET_{c_adj} , tendo a rega representado 36,5 % da ET_{c_adj} para 2011 e 35 % da ET_{c_adj} para 2012.

Quadro 5. Valores totais anuais de precipitação, rega, evapotranspiração de referência (ET_o) e evapotranspiração da cultura ajustada (ET_{c_adj}) para os dois anos em estudo.

	2011	2012
Precipitação (mm)	662, 2	481,0
Rega (mm)	250,1	181,4
ET_o (mm)	1209,5	1218,8
ET_{c_adj} (mm)	681,2	503,0

IV.3. Coeficientes culturais obtidos com o Modelo SIMDualKc

Como foi referido anteriormente, no ponto IV.1, os valores de K_{cb} finais são semelhantes aos valores propostos por Allen e Pereira (2009) para olivais com um f_c de 0,25, uma vez que o modelo estima um $K_{cb\ mid}$ médio igual a 0,31 para 2011 e para 2012. As Figuras 33 e 34 representam as curvas de K_{cb} , de K_{cb} ajustado pelo SIMDualKc a partir dos K_d calculados e do coeficiente de evaporação do solo (K_e).

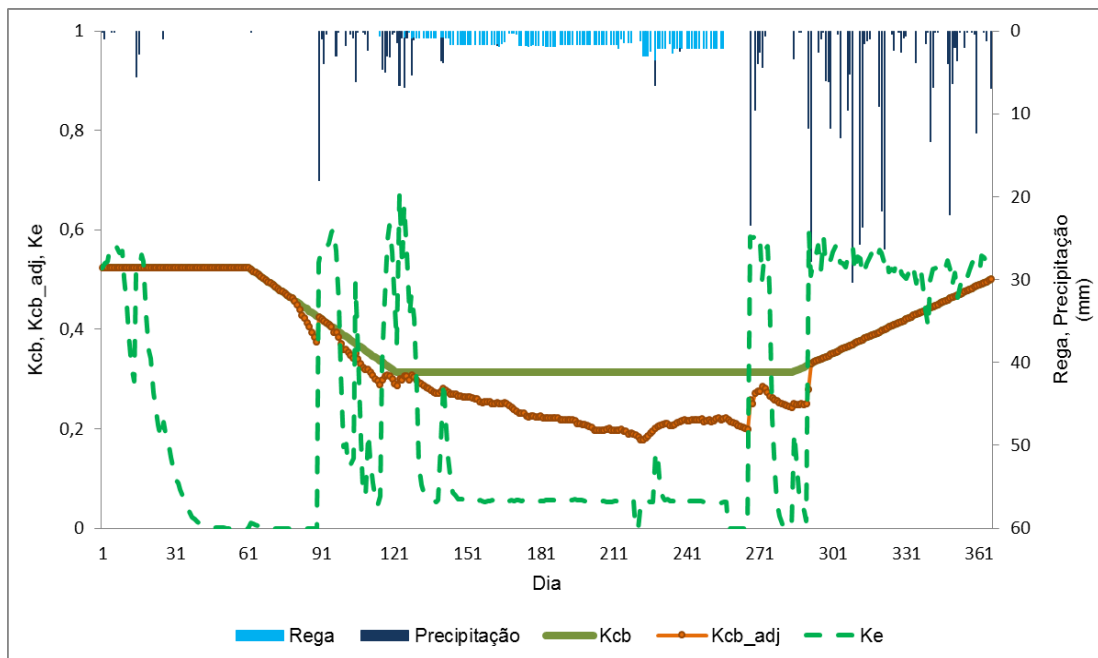


Figura 33. Coeficiente cultural basal (K_{cb}), coeficiente cultural basal ajustado (K_{cb_adj}) e coeficiente de evaporação do solo (K_e) para o ano de calibração (2012).

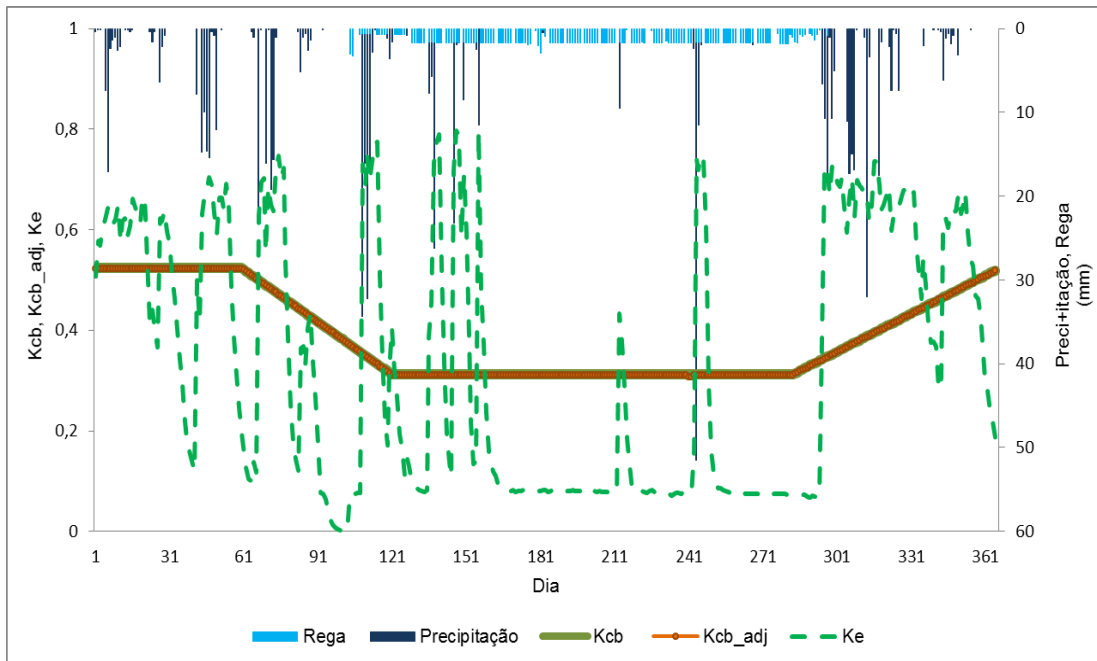


Figura 34. Coeficiente cultural basal (K_{cb}), coeficiente cultural basal ajustado (K_{cb_adj}) e coeficiente de evaporação do solo (K_e) para o ano de validação (2011).

Os valores de K_{cb_ini} e K_{cb_end} obtidos são mais elevados do que aqueles que estão tabelados para olivais com as mesmas características que as do estudo em causa. Para 2012, os valores de K_{cb_ini} e K_{cb_end} foram, respetivamente, de 0,52 e de 0,50 e, para 2011, de 0,52 para K_{cb_ini} e de 0,51 para K_{cb_end} , devido ao facto de existirem chuvas no período húmido, de intensidade suficiente que permitiu que as árvores não entrassem em *stress* hídrico.

Ao analisar a curva de K_{cb_adj} , e a curva de K_{cb} , nas figuras 33 e 34, conclui-se que, em 2011 a cultura não esteve sob *stress* hídrico uma vez que foi um ano atípico em relação à precipitação e em consequência, a depleção nunca foi superior a $p \times TAW$. Em 2012 o *stress* hídrico foi bastante acentuado e ocorreu durante um período alargado, entre 15 de abril e 17 de outubro, ou seja, durante o período de rega, o que comprova que a rega foi deficitária não suprimindo todas as necessidades hídricas da cultura.

As curvas referentes ao coeficiente de evaporação (K_e) demonstram, para os dois anos, vários picos que são resultado da ocorrência de precipitação. Atente-se, por exemplo, que a meio do ciclo vegetativo da cultura, sendo a rega localizada e ocorrendo nas linhas, a zona molhada está mais sombreada e é muito menor do que quando toda a superfície do solo é humedecida, uma vez que a fração de solo molhado (pela rega) é também menor, registando-se assim valores menores de K_e . Também é esta a explicação para a curva de K_{cb_adj} estar abaixo da curva de K_{cb} nos períodos de *stress* hídrico, em 2012.

As Figuras 35 e 36 representam as curvas de K_{c_adj} , isto é, o coeficiente cultural ajustado de acordo com o K_{cb_adj} e o K_e , traduzindo o K_{cb_adj} os valores de K_{cb} ajustado pelo *stress* hídrico.

$$K_{c_adj} = K_{cb_adj} + K_e \quad (14)$$

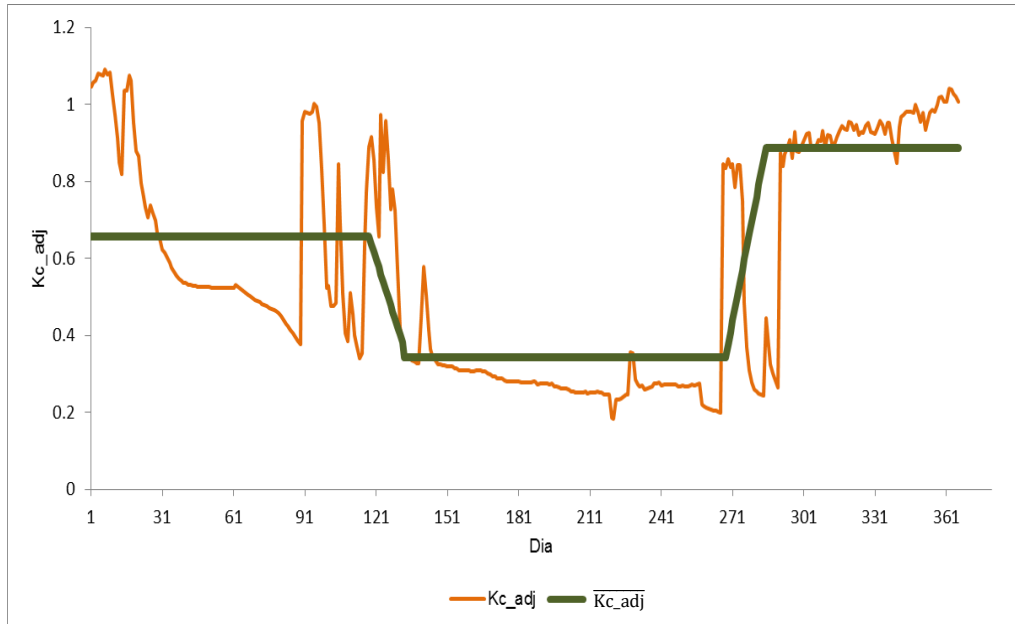


Figura 35. Coeficiente cultural basal ajustado (K_{cb_adj}) para o ano de calibração (2012).

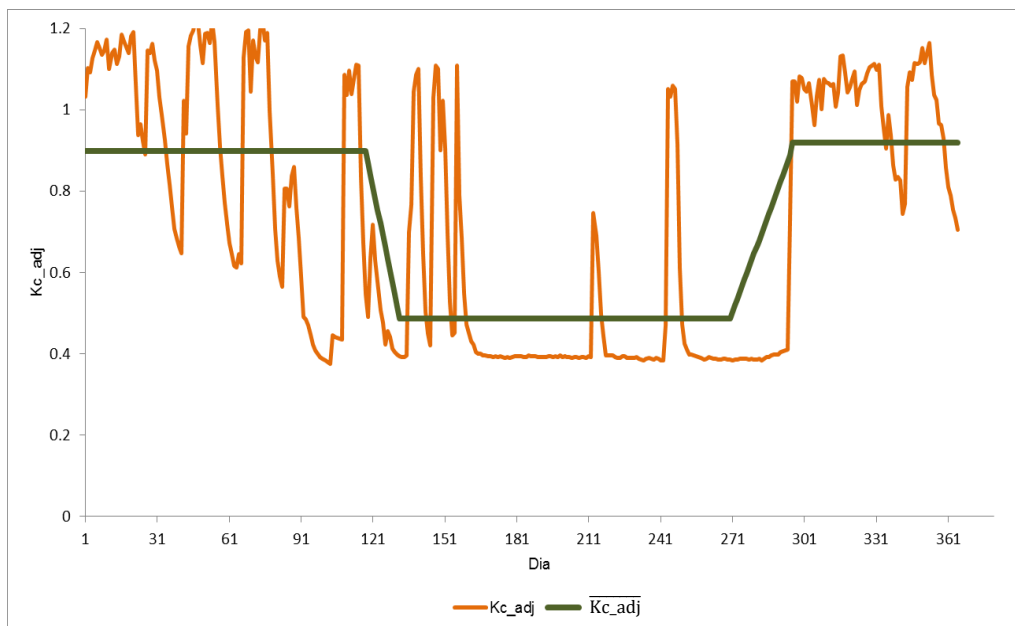


Figura 36. Coeficiente cultural basal ajustado (K_{cb_adj}) para o ano de validação (2011).

Os valores médios de K_{c_adj} durante o período de desenvolvimento médio (Figuras 35 e 36) foram de 0,34 para 2012 e de 0,48 para 2011. O facto de os valores de K_{c_adj} no ano de 2012 serem inferiores aos de 2011, para o mesmo período, reflete o acentuado *stress* hídrico que ocorreu em 2012.

Durante a estação chuvosa e para o ano de calibração (Figura 35), registou-se um $K_{c_adj\ ini}$ de 0,65 e um $K_{c_adj\ end}$ de 0,8, refletindo o valor mais elevado as intensas chuvas que ocorreram a partir de outubro de 2012 e que originaram um aumento da evaporação do solo e, conseqüentemente uma subida do $K_{c_adj\ end}$. Já para o ano de validação (Figura 36), os valores registados de $K_{c_adj\ ini}$ e de $K_{c_adj\ end}$ foram de 0,89 e de 0,91, respetivamente, ou seja, muito elevados devido às intensas chuvas registadas neste ano, como já foi referido anteriormente.

Em suma, estes resultados de K_{c_adj} demonstram que o coeficiente cultural assume valores mais elevados durante a época chuvosa do que na época seca, devido ao aumento da evaporação do solo, como consequência da elevada precipitação verificada nesses períodos. Para a estação seca, os valores de K_c são menores dado que a ocorrência de precipitação é menor e o solo está, assim, menos molhado, diminuindo a evaporação do mesmo. Durante esta estação, os valores de K_c são, essencialmente, o resultado da transpiração e evaporação do solo na fração da área sombreada.

Segundo Villalobos *et al.* (2000), os valores do coeficiente cultural são afetados pela precipitação, sendo estes mais elevados na época húmida, o que é também comprovado neste estudo. Os valores de K_c obtidos seguem o mesmo comportamento tanto do estudo de Villalobos *et al.* (2000) como do de Santos *et al.* (2012) para um olival de sequeiro e ainda de Paço *et al.* (2014) para um olival superintensivo sob condições de regadio.

É de salientar que, para os dois anos, os valores médios de K_c são semelhantes aos tabelados por Allen e Pereira (2009) para olivais com uma fração de área coberta de 0,25, uma vez que está definido para estas condições um $K_{c\ mid}$ de 0,4.

Ao comparar os resultados obtidos em 2011 com os de 2012, conclui-se que existe uma variabilidade entre os dois anos, sobretudo na ocorrência de precipitação o que origina mudanças de K_c de ano para ano, essencialmente no inverno e outono.

IV.4. Desempenho do Modelo SIMDualKc para a estimativa do teor de água da camada evaporativa

Executou-se também a simulação da água disponível no solo para a camada evaporativa, tendo sido usados para calibração e validação os resultados obtidos a partir de medições do teor de água. Estimou-se para os dois anos, através do modelo SIMDualKc, o teor de água da camada superficial, isto é, até 10 cm, profundidade correspondente à camada evaporativa.

A comparação entre os dados obtidos pelo modelo SIMDualKc e os valores medidos para os dois anos de estudo, é apresentada nas seguintes Figuras 37 e 38.

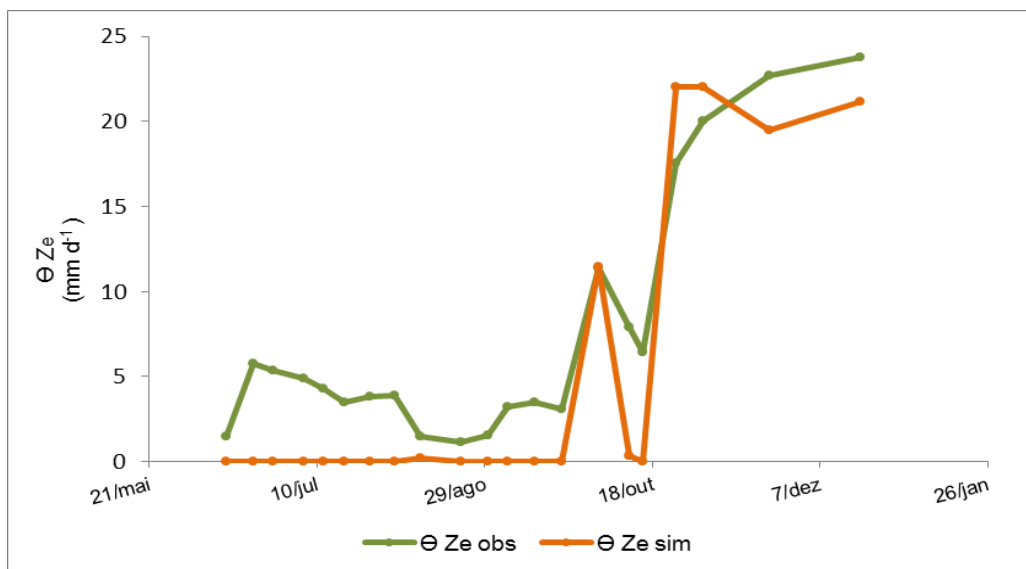


Figura 37. Quantidade de água da camada evaporativa (θ_{ze}) do ano de calibração (2012).

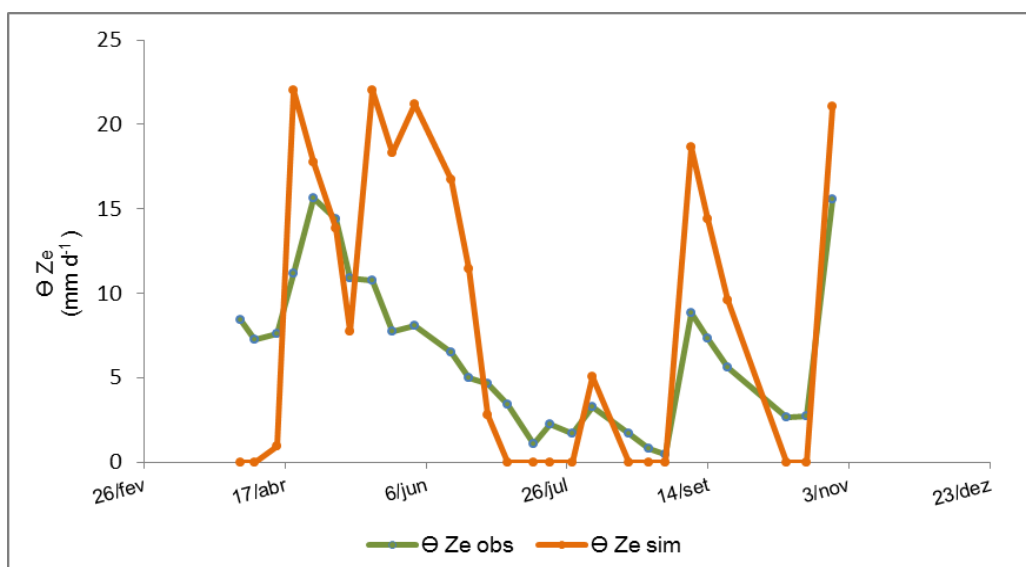


Figura 38. Quantidade de água da camada evaporativa (θ_{ze}) do ano de validação (2011).

Embora as curvas apresentem um comportamento semelhante, foram encontradas algumas discrepâncias, nomeadamente para alguns dias em que os dados simulados assumem valores nulos, tendo ocorrido uma rega ou uma precipitação poucos dias antes. Tal pode significar que a amostragem do teor de água do solo poderá não ter sido suficientemente exaustiva ou que será necessário que os parâmetros introduzidos no modelo apresentem maior especificidade. Pode no entanto observar-se que as curvas para o teor de água do solo determinado experimentalmente e simulado apresentam uma tendência similar e que os valores são próximos, o que significa que o modelo SIMDualKc foi moderadamente eficaz para o cálculo da evaporação do solo do olival. Para comprovar a veracidade dos resultados obtidos calcularam-se os indicadores estatísticos para os dois anos, tal como se efetuou para a transpiração simulada e observada, mas chegou-se à conclusão que para 2011 os resultados não permitem um ajustamento adequado. Como se verifica no quadro 6 os valores dos indicadores de ajustamento do modelo SIMDualKc, permitem concluir que o modelo apresentou um bom desempenho para 2012. Os dados do teor de água da camada evaporativa medidos e simulados revelam uma boa correlação, com um coeficiente de regressão próximo de 1,0 ($b=0,86$), o que indica uma conformidade entre $\Theta_{Ze\text{ obs}}$ e $\Theta_{Ze\text{ sim}}$. Além disso, o coeficiente de determinação é alto ($R^2=0,96$), mostrando assim que o modelo permite explicar uma grande parte da variância dos dados. Já a eficiência de modelação é boa, uma vez que $EF=0,69$, e o índice de concordância é elevado ($d_{IA}=0,94$).

Quadro 6. Indicadores estatísticos de ajustamento da relação entre teor de água da camada evaporativa medido ($\Theta_{Ze\text{ obs}}$) e teor de água da camada evaporativa simulado ($\Theta_{Ze\text{ sim}}$) para os dois anos em estudo.

	n	b	R ²	RMSE (mm d ⁻¹)	E _{max} (mm d ⁻¹)	AAE (mm d ⁻¹)	ARE (%)	EF	d _{IA}
Calibração:2012 $\Theta_{Ze\text{ obs}}$ vs $\Theta_{Ze\text{ sim}}$	21	0,86	0,91	3,93	7,56	3,48	78,16	0,69	0,94

IV.5. Análise do potencial hídrico foliar e do coeficiente de *stress* hídrico da cultura

Como referido anteriormente, através do potencial hídrico foliar de base (Ψ_b) é possível avaliar o estado hídrico da cultura e as necessidades de rega, uma vez que valores de Ψ_b entre os -0,8 e -0,5 MPa indicam que a planta dispõe de uma razoável disponibilidade hídrica (Santos *et al.*, 2013), enquanto para valores entre 0 e -0,4 MPa, a planta dispõe de uma boa capacidade hídrica, sendo que, para valores inferiores ao mais baixo dos referidos, a planta

se encontra em *stress* hídrico. Há que ter em conta que os valores de Ψ_b são comparáveis apenas em condições climáticas semelhantes e na mesma região (Häusler *et al.*, 2015).

Após a simulação no *software* SIMDualKc obtemos, como já foi mencionado, vários coeficientes e parâmetros culturais que nos dão informação, essencialmente, sobre o estado hídrico da cultura, sendo um deles o coeficiente de *stress* (K_s). Este coeficiente indica-nos o nível de *stress* hídrico em que a cultura se encontra. O coeficiente de *stress* varia entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo de 0 maior é o grau de *stress*.

Através da comparação dos valores do potencial hídrico e do coeficiente de *stress* é possível avaliar, também, o desempenho do modelo SIMDualKc, uma vez que os valores dos dois parâmetros terão que ser semelhantes na sua tendência de evolução. São analisados os valores do potencial hídrico e do coeficiente de *stress* para o ano de 2012.

Através da análise da Figura 39 concluiu-se que os valores de Ψ_b são inferiores a -0,5 MPa, o que justificaria o uso da rega a partir de Abril, para manutenção das plantas em conforto hídrico ou em *stress* hídrico moderado. Em relação à evolução do coeficiente de *stress*, esta indica que quando o potencial hídrico foliar é menor, o coeficiente de *stress* é mais próximo de 0, verificando-se que os gráficos de Ψ_b e de K_s apresentam um comportamento semelhante, ou seja, através do conhecimento do coeficiente de *stress* dado pelo modelo SIMDualKc é possível prever o nível de *stress* hídrico a que a planta pode estar sujeita. Há que ter em conta que a diferença entre os valores está relacionada com o nível de aproximação que é usado, uma vez que para Ψ_b é uma amostragem baseada em algumas árvores ($n=7$) e no K_s é uma abordagem ao nível da parcela. Contudo, para 2012, existe uma boa correlação entre Ψ_b e K_s (Figura 40), uma vez que o índice de correlação entre os dois parâmetros é de, aproximadamente, 0,74.

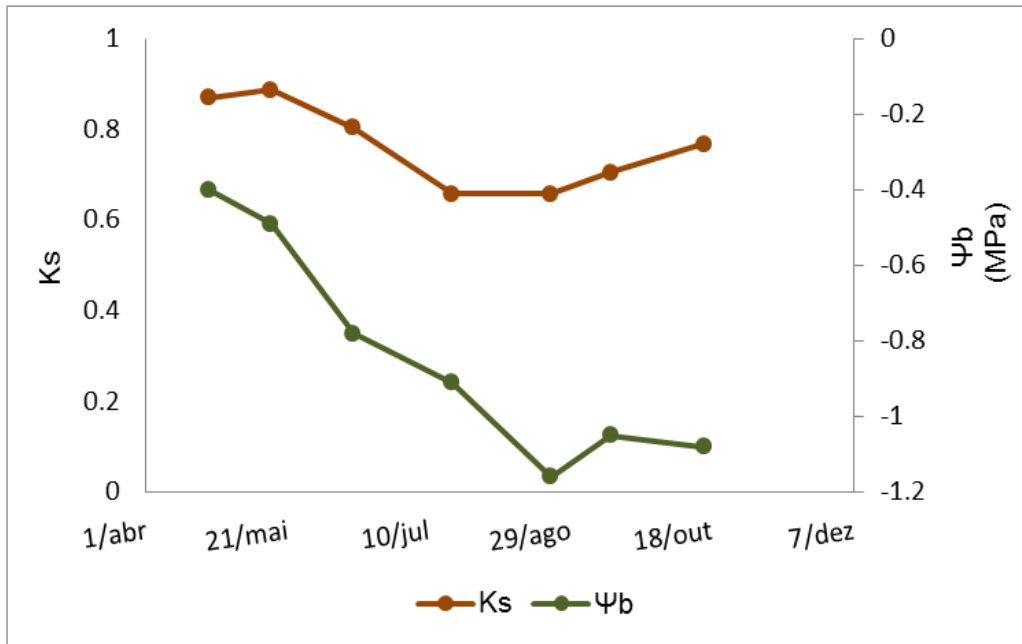


Figura 39. Comparação dos valores do potencial hídrico (Ψ_b) e do coeficiente de stress (K_s) para o ano 2012.

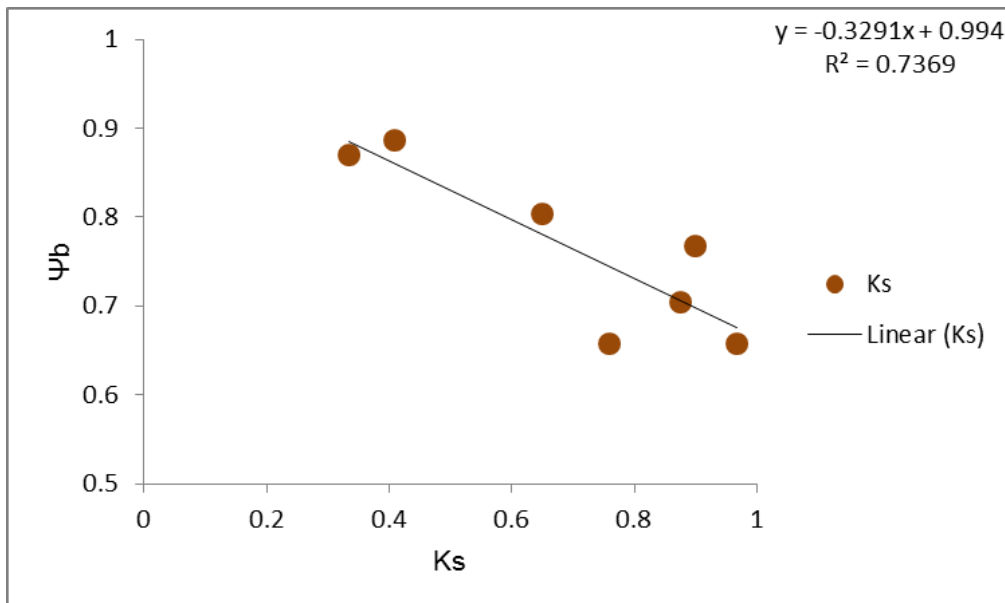


Figura 40. Correlação dos valores do potencial hídrico (Ψ_b) normalizado e do coeficiente de stress (K_s) para o ano 2012.

V. Considerações Finais e Conclusões

Este trabalho teve como principal objetivo a modelação e análise da evapotranspiração de um olival intensivo e, ainda, a determinação dos respetivos coeficientes culturais, recorrendo ao modelo SIMDualKc. Este modelo permite o planeamento e gestão da rega através de uma abordagem dos coeficientes culturais duais, tendo como objetivo estimar a evapotranspiração da cultura.

As simulações obtidas foram calibradas e validadas recorrendo a medições do fluxo de seiva das árvores, utilizadas para estimar a transpiração e, a partir da mesma, determinar a evapotranspiração da cultura, depois de obtida a componente da evaporação do solo. O modelo SIMDualKc produziu bons resultados e boa concordância entre a transpiração simulada e a observada. Além disso, o modelo foi capaz de simular outros parâmetros relacionados com a evapotranspiração da cultura, como os coeficientes culturais e a evaporação do solo, os quais contribuem para uma melhor compreensão da gestão da água no olival em estudo. Este modelo recorre à utilização dos K_c duais e permitiu a quantificação dos valores de K_{cb} ao longo dos dois anos de estudo, concluindo-se que estes são mais elevados durante a estação seca. Quanto ao K_e , apresenta valores bastante coerentes, mas díspares ao longo do ano, sendo mais elevados no outono-inverno e mais baixos no verão. Os valores médios de K_c para o olival seguem um padrão diferente daquele apresentado pela maior parte das culturas regadas, ou seja, num olival registam-se valores de K_c mais elevados na estação húmida e mais baixos na estação seca, o que também se verificou neste estudo. A modelação permite ainda fornecer ao agricultor valores quantificados e úteis, como por exemplo a ET_{c_adj} anual, e as dotações de rega anuais, entre outros.

Os resultados obtidos indicam que o coeficiente cultural em olivais é afetado por fatores como a densidade da cultura, a fração de área coberta do solo e a precipitação. A fração de área coberta do solo (f_c) neste tipo de culturas perenes aumenta a importância da evaporação do solo na contabilização da evapotranspiração, essencialmente na estação chuvosa, o que origina valores de K_c elevados no inverno e mais baixos no verão, uma vez que a evaporação do solo diminui nessa altura do ano e a evapotranspiração é quase que reduzida somente à transpiração da cultura.

Em suma, os resultados alcançados com as simulações efetuadas com o modelo SIMDualKc revelaram o seu bom desempenho na estimativa da evapotranspiração e dos coeficientes culturais do olival intensivo da cv. Cobrançosa em estudo. Para melhorar o desempenho do modelo e alcançar um melhor conhecimento da evapotranspiração em olivais intensivos seria útil a realização de mais estudos neste tipo de coberto.

VI. Referências Bibliográficas

- Allen, R.G., Tasumi, M., Morse, A., Trezza, R., Wright, J.L., Bastiaanssen, W., Kramber, W., Lorite, I., Robison, C.W., 2007a. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) – applications. *Journal Irrigation*, 133: 395–406.
- Allen, R. G., Pereira, L. S. (2009). Estimating crop coefficients from fraction of ground cover and height. *Irrigation Science*, 28 (1): 17 – 34.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Howell, T.A., Jensen, M.E. (2011). Evapotranspiration information reporting: I. Factors governing measurement accuracy. *Agricultural Water Management* 98 (6): 899-920.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). *Irrigation and Drainage No.56*, 300 (56), 300.
- Arteaga, M. (2008). Obtención de aceites de oliva virgen extra de la máxima calidad. *OLint*, 15, pp. 28 – 35.
- Azeites do Alentejo. Disponível em: www.azeitedoalentejo.pt/inicio.html (acedido a 24/Abril/2015)
- Beltrán, G., Uceda, M., Hermoso, M., Frias, L. (2008). Maduración. In: *El cultivo del olivo*. 6ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa y Junta de Andalucía. Madrid, pp.165-184.
- Berenguer, M.J., Voseen, P., Grattan, S., Connel, J., Polito, V. (2006). Tree irrigation levels for optimum chemical and sensory properties of olive oil. *Hortscience*, 41 (2): 427-432.
- Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio. Disponível em: <http://www.cotr.pt/cotr/> (acedido a 17/Abril/2015)
- Chartzoulakis K., Bosabadilis, A., Patakas, A., Vemmos, S. (2000). Effects of water stress on water relations, gas exchange and leaf structure of olive tree. *Acta Horticulturae* 537: 241-247.
- Civantos, L. (2008). La olivicultura en el mundo y en España. In: *El cultivo del olivo*. 6ª Edición. D. Barranco, R. Fernández-Escobar, L. Rallo. (Eds.). Ediciones Mundi-Prensa y Junta de Andaluzia. Madrid, pp. 19-35.
- COI. Consejo Oleícola Internacional. (2014). Disponível em: www.internationaloliveoil.org/?lang=es_ES (acedido a 18/Março/2015)
- CONFAGRI. Confederação Nacional das Cooperativas Agrícolas e do Crédito Agrícola de Portugal, CCRL. Disponível em: www.confagri.pt (acedido a 22/Abril/2015)
- Cordeiro, A., Inês, C., Morais, N. (2014). Principais cultivares de oliveira existentes em Portugal. *Boas Praticas no Olival e no Lagar*. INIAV. Lisboa, pp. 44- 51.
- Correa-Tedesco, G., Rousseaux, M.C., Searles, P.S. (2010). Plant growth and yield responses in olive (*Olea europaea*) to different irrigation levels in na arid region of Argentina. *Agricultural Water Management*, 97: 1829-1837.

- DRAPAL. Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Alentejo. Disponível em: www.drapal.min-agricultura.pt/drapal/images/divulgacao/Caracterizacao_Agricola_do_Alentejo_Centra.pdf (acedido a 22/Abril/2015)
- FAO. (2015). Disponível em: www.faostat3.fao.org/browse/area/174/S (acedido a 20/Abril/2015)
- Fernández, J.E., Moreno, F., Girón, I.F., Blázquez, O.M. (1997). Stomatal control of water use in olive tree leaves. *Plant and Soil* 190: 179-192.
- Fernández, J.E., Palomo, M.J., Díaz-Espejo, A., Girón, I.F. (2003). Influence of partial soil wetting on water relation parameters of the olive tree. *Agronomie* 23: 545-552.
- Fernández, J.E., Perez-Martin, A., Torres-Ruiz, J.M., Cuevas, M.V., Rodriguez-Dominguez, C.M., Elsayed-Farag, S., Morales-Sillero, A., Garcia, J.M., Hernandez-Santana, V., Diaz-Espejo, A. (2013). A regulated deficit irrigation strategy for hedgrow olive orchards with high plant density. *Plant Soil* 372:279-295.
- Ferreira, M.I., Paço, T.A., Silvestre, J. (2004). Combining techniques to study evapotranspiration in woody crops: application to small areas – two case studies. *Acta Horticulture* 664, 225 – 232.
- Franco, J. A. (1984). *Nova Flora de Portugal (Continente e Açores)*. Vol. II. Sociedade Astória, Lisboa.
- Girona Gomis, J., Hidalgo Moyam J., Pastor Muñoz-Cobo, M. (2005). Riego deficitário controlado. In: *Cultivo del Olivo com Riego Localizado*. M. Pastor Muñoz-Cobo. (Ed.). Ediciones Mundi- Prensa y Junta de Andaluzia. Madrid, pp. 139-163.
- Girona J., Luna, M., Arbones, M., Mata, J., Rufat, J., Marsal, J. (2002). Young olive tree response (*Olea europaea*, cv “Arbequina”) to different water supplies. Water function determination. *Acta Horticulture*, 568: 277-280.
- Girona, J. (2001). Estrategias de riego deficitario controlado en olivar. In: *Programación de Riegos en Olivar*. Serie Olivicultura y Elaiotecnia. Consejería de Agricultura y Pesca Junta de Andalucía. Sevilla. 41-57.
- Gómez-Rico, A., Moriana, A., Pérez, D., Olmedilla, N., Ribas, F., Fregapane, G. (2007). Influence of different irrigation strategies in a traditional Conicabra cv. Olive orchard on virgin olive oil composition and quality. *Food Chemistry*, 100: 5-13.
- Gouveia, J. (2011). *A diferença dos azeites pelas variedades*. Simpósio – Encontro Ibérico do Azeite. Abrantes.
- Gouveia, J.M.B., Saldanha, J.L.P., Martins, A.S., Sobral, V. (2002). *O azeite em Portugal*. Edições Inapa. Lisboa.
- Granier, A. (1985). Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. *Annales des Sciences Forestière* 42, 193-200.

- Grattan S.R., Berenguer, M.J., Connell, J.H., Polito, V.S., Vossen, P.M. (2006). Olive oil production as influenced by the different quantities of applied water. *Agricultural Water Management*, 96: 1525-1531.
- Greven, M., Neal, S., Green, S., Dichio, B., Clothier, B. (2009). The effects of drought on the water use, fruit development and oil yield from young olive trees. *Agriculture Water Management*, 96: 1525-1531.
- Häusler, M., Tezza, I., Pacheco, C.A., Ferreira, M.I., Conceição, N., Lourenço, S. (2015). Evapotranspiration measured in a traditional rainfed and irrigated intensive olive orchard during a year of hydrological drought. *Research Gate*.
- Hermoso, M., Uceda, M., Frías, L., Beltrán, G. (1997). Maduración. In: *El cultivo del olivo*. 2ª Edición. D. Barranco, R. Fernández-Escobar, L. Rallo. (Eds.). Ediciones Mundi-Prensa y Junta de Andalucía. Madrid.
- Hidalgo, J., Vega, V., Hidalgo, J.C. (2008). Influencia del riego sobre la calidad del aceite. IFAPA. Centro "Alameda del Obispo". Córdoba. Disponible em: www.juntadeandalucia.es (accedido a 5/Maio/2015)
- H2Olive3S - Integration of in-situ biophysical information on crop and land surface with remotely sensed observations to model olive water use and irrigation scheduling at local and regional scales. Disponible em: www.isa.utl.pt/proj/H2Olive3s/#home (accedido em Abril/2015)
- INE. Instituto Nacional de Estatística. Disponible em: www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_main (accedido a 19/Março/2015)
- Iniesta, F., Testi, L., Orgaz, F., Villalobos, F.J. (2009). The effects of regulated and continuous deficit irrigation on the water use, growth and yield of olive trees. *European Journal of Agronomy*, 30:258-265.
- Jiménez Herrera, B., Crapio Dueñas, A. (2008). *La cata de aceites. Aceite oliva virgen. Características organolépticas y análisis sensorial*. Junta de Andalucía. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Sevilla, pp. 145.
- Katerji, N. (1997). Les indicateurs de l'état hydrique de la plante. In: Riou, C., Bonhomme, R., Chassin, P., Neveu, A. & Papy, F. (ed.), *L'Eau dans l'Espace Rural*, INRA, Paris, p. 169-177.
- Kiritsakis, A.K. (1992). Capítulo 3- *El aceite de oliva*. Ediciones Madrid, pp. 31-43.
- Lavee, S., Hanoch, E., Wodner, E., Abramowitch, H. (2007). The effect of predetermined deficit irrigation on the performance of cv. Muhasan olives (*Olea europaea* L.) in the eastern coastal plain of Israel. *Scientia Horticulturae*, 112: 156-163.
- Lavee, S., Nashef, M., Wodner, M., Harshemesh, H. (1990). The effect of complementary irrigation added to old trees (*Olea europaea* L.) cv 'Souri' on fruit characteristics, yield and oil production. *Advances in Horticulture Science*, 4: 135-138.

- Liu, Y., Pereira, L.S., Fernando, R.M. (2006). Fluxes through the bottom boundary of the root zone in silty soils: parametric approaches to estimate groundwater contribution and percolation. *Agricultural Water Management*, 84: 27-40.
- Madeira, M. (2009). *A água no solo*. In: apontamentos teóricos das aulas. Capítulo 8. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.
- Manrique, T., Rapoport, H. F., Castro, J., Pastor, M. (1999). Mesocarp cell division and expansion in the growth of olive fruits. *Acta Horticulturae* 474:301-304.
- Mariscal, M.J., Lavado, M., Moñino, M.J. e Prieto, M.H. (2000b). Olive tree (*Olea europaea* L. cv. "Morisca") response to sustained deficit irrigation in Extremadura. *Acta Horticulturae* 537: 917-922.
- Martínez Raya, A., Francia, J.R., Marínez Vilela, A. (2007). Introducción a la agricultura de conservación en olivar. Evolución del comportamiento de los sistemas de manejo de suelos. In: *Cubiertas vegetales en olivar*. Junta de Andalucía, pp. 7-16.
- Mendes, J., Boteta, L., Fabião, M., Santos, M., Varela, M., Brás, P., Silvestre, J. (2014) Capítulo 7 – Rega. *Boas Praticas no Olival e no Lagar*, pp. 139 – 164.
- Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M.V., Bingner, R.L., Harmel, R.D., Veith, T.L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Trans ASABE* 50, 885-900.
- Mota, M., Nogueira, A.M., Guimarães, A., Gonzalez, L.F., Paço, T.A., Correia, M.M., Coelho, R., Vaz, M., Santos, F.L., Alegre, A.H., Vasconcelos, P., Ferreira-Dias, S. (2014). Impact of irrigation in production and oil properties in intensive and hedgerow olive groves. *Acta Horticulturae*. 1038, pp. 553 – 558.
- Nash, J.E., Sutcliffe, J.V. (1970). River flow forecasting through conceptual models: Part 1. A discussion of principles. *Journal Hydrology* 10, pp. 282 – 290.
- Orgaz Rosúa, F., Villalobos Martín, F., Testi, L., Pastor Muñoz-Cobo, M., Hidalgo Moya, J. C., Ferreres Castiel, E. (2005). Programación de riegos en plantaciones de olivar. Metodologías para el cálculo de las necesidades de agua de riego en el olivo regado por goteo. In: cultivo del Olivo con Riego Localizado. M. Pastor Muñoz-Cobo. (Ed.). Ediciones Mundi- Prensa y Junta de Andalucía. Madrid, pp. 63-81.
- Paço, T. A., Ferreira, M. I., Rosa, R. D., Paredes, P., Rodrigues, G. C., Conceição, N., Pereira, L. S. (2012). The dual crop coefficient approach using a density factor to simulate the evapotranspiration of a peach orchard: SIMDualKc model versus eddy covariance measurements. *Irrigation Science*, 30 (2), 115 – 126.
- Paço, T. A., Pôças, I., Cunha, M., Silvestre, J. C., Santos, F. L., Paredes, P., Pereira, L. S. (2014). Evapotranspiration and crop coefficients for a super intensive olive orchard. An application of SIMDualKc and METRIC models using ground and satellite observations. *Journal of Hydrology*, 519: 2067-2080.

- Palese, A., Nuzzo, V., Favati, F., Pietrafesa, A., Celano, J., Xiloyannis, C. (2010). Effects of water deficit on the vegetative response, yield and oil quality of olive trees (*Olea europaea* L., cv Corantina) grown under intensive cultivation. *Scientia Horticulturae*, 125: 222-229.
- Pastor Muñoz-Cobo, M., Vega Macías, V., Hidalgo Moya, J., Girona Gomis, J. (2005). Influencia del riego sobre la calidad del aceite y sobre el comportamiento de la aceituna en el proceso industrial de extracción. In: *Cultivo del Olivo en Riego Localizado*. Pastor Muñoz-Cobo. (Ed.). Ediciones Mundi-Prensa y Junta de Andalucía. Madrid, pp: 167-184.
- Pastor, M., Castro, J., Mariscal, M.J., Vega, V., Orgaz, F., Ferreres, E., Hidalgo, J. (1999). Respuesta del olivar tradicional a diferentes estrategias y dosis de agua de riego. *Investigación Agrícola*, 14: 393-404.
- Pastor, M., Orgaz, V., Veja, J., Hidalgo, J., Castro, J. (1998). Programación de riego. In: *Programación del riego y de la fertilización en olivares de la provincia de Jaén*. Junta de Andalucía Sevilla, pp. 11-32.
- Patumi, M., D'Andria, R., Marsillio, V., Fontanazzan G., Morelli, G., Lanza, B. (2002). Olive and live oil quality after intensive monocone olive growing (*Olea europaea* L., cv. Kalamata) in different irrigation regimes. *Food Chemistry*, 77: 27-34.
- Pereira, L. S., Allen, R. G., Smith, M., Raes, D. (2015). Crop evapotranspiration estimation with FAO56: Past and future. *Agricultural Water Management*, 147, 4– 20.
- Pereira, L.S. (2004). *Necessidade de água e métodos de rega*. Publicações Europa-América. Lisboa.
- Rallo, L., Cuevas, J. (2008). Fructificación y producción. In: *El cultivo del olivo*. Ediciones Mundi-Prensa y Junta de Andalucía. Madrid, pp. 127-162.
- Ramos, A.F., Santos, L.F. (2010). Yield and olive oil characteristics of low density orchard (cv. Cordovil) subjected to different irrigation regimes. *Agriculture Water Management*, 97: 363-373.
- Rapoport, H.F. (2008). Botánica y morfología. In: *El Cultivo del olivo*. 6ª Edición. D. Barranco, R. Fernández-Escobar, L. Rallo. (Eds.). Ediciones Mundi-Prensa y Junta de Andalucía. Madrid, pp. 39-62.
- Ritchie, J.T. (1972). Model for predicting evaporation from a row with incomplete cover. *Water Resources Research*, 8, pp. 1204 – 1 1213.
- Rosa, R.D., Paredes, P. (2011). THE SIMDualKc MODEL – Software application for water balance computation and irrigation scheduling using the dual crop coeficiente approach. CEER-Biosystems Engineering. Lisboa

- Rosa, R. D., Paredes, P., Rodrigues, G., Alves, I., Pereira, L. S. (2015). O Modelo SIMDualKc para a simulação da rega e geração de calendário de rega. *Gestão do Risco em Secas. Métodos, Tecnologias e Desafios*, pp. 279- 300.
- Salas, J., Pastor, M., Castro, J., Vega, V. (1997). Influencia del riego sobre la composición y características organolépticas del aceite de oliva. *Grasas y Aceites*, 48 (2): 74-82.
- Santos, C., Lorite, I.J., Allen, R.G., Tasumi, M. (2012). Aerodynamic parameterization of the satellite-based energy balance (METRIC) model for ET estimation in rainfed olive orchards of Andalusia, Spain. *Water Resource Management* 26, 3267-3283.
- Santos, F.L. (2013). A importância da rega no olival. Conceitos e prática. In: *O grande livro da oliveira e do azeite: a importância da rega no olival- conceitos e prática*. Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais. Évora, pp.94 – 96.
- Santos, F.L., Correia, M.M., Coelho, R.R., Sousa, A., Paço, T.A., Pereira, L.S. (2013). Efeitos da rega e do regime hídrico em olival superintensivo no Alentejo. *Revista de Ciências Agrárias*, 36: 206-219.
- Scholander, P.F., Hammel, H.T., Branstreer, E.D., Hemmingsen, E.A. (1965). Sap pressure in vascular plants. *Science N. Y.*, 148: 339 – 346.
- Silva, R.M., Paço, T.A., Ferreira, M.I., Oliveira, M. (2008). Transpiration of a kiwifruit orchard estimated using the Granier sap flow method calibrated under field conditions. *Acta Hort.* 792, 593 – 600.
- Tognetti, R., Andria, R., Lavini, A., Morelli, G. (2006). The effect of deficit irrigation on crop yield and vegetative development of *Olea europaea* L. (cvs. Frantoio and Leccino). *European Journal of Agronomy*, 25: 365-364.
- Tombesi, A., Tombesi, S., Saavedra, M. M. S., Fernández-Escobar, R., D'Andria, R., Lavini, A., Jardak, T. (2007). Plantación del olivar. In: *Técnicas de producción en olivicultura*. Consiejo Oleícola Internacional. Madrid, pp. 17-40.
- Uceda, M., Hermoso, M., Aguilera, M.P. (2008). La calidad del aceite de oliva. In: *El cultivo del olivo*. Ediciones Mundi-Prensa y Junta de Andalucía. Madrid, pp. 699-727.
- Vega, V., Hidalgo, J., Hidalgo, J.C. (2009). Riego y fertirrigación del olivar. In: *Algunas contribuciones sobre olivicultura y elaiotecnica desde la perspectiva de la experiencia*. 2ª Edición. Vilar Hernández, J. (coordinador). GEA Westfalia Separator. Úbeda, pp.57-87.
- Vilar Hernández, J., Velasco Gámez, M.M., Puentes, R. (2009). Análisis del sector oleícola internacional. In: *El olivar tradicional giennense*. Fundación Caja Rural de Jaén, pp. 97-148.
- Villalobos, F.J., Orgaz, F., Testi, L., Fereres, E. (2000). Measurement and modeling of evapotranspiration of olive (*Olea europaea* L.) orchards. *Eur. J. Agron.* 13, 155-163.

- Xiloyannis, C., Dichio, B., Nuzzo, V. e Celano, G. (1999). Defense strategies of olive against water stress. *Acta Horticulturae* 474: 423-426.
- Willmott, C.J. (1981). On the validation of models. *Physical Geography*. 2, pp. 184 – 194.
- Zhao, N., Liu, Y., Cai, J., Paredes, P., Rosa, R.D., Pereira, L.S. (2013). Dual crop coefficient modelling applied to the winter wheat – summer maize crop sequence in North China Plain: basal crop coefficients and soil evaporation component. *Agricultural Water Management* 117, 93–105.

Anexo I

Laboratório Hidrologia Prof. Lúcio									
Amostra: AC1/ 0-15					Amostra: AC1/ 65-90				
Peso:40g					Peso: 40g				
Diametro	% CUM	% CUMC	Crivagem (gr)		Diametro	% CUM	% CUMC	Crivagem (gr)	
100	95,2	100	2-0.2 mm	12,702	100	97,8	100	2-0.2 mm	19,472
50	91,8	96,42857143	0.2-0.1 mm	4,802	50	93,3	95,39877301	0.2-0.1 mm	5,756
20	77,7	81,61764706	0.1-0 mm	22,496	20	73,6	75,25562372	0.1-0 mm	14,772
10	68,6	72,05882353			10	61,2	62,57668712		
5	60,7	63,7605042			5	50,9	52,04498978		
2	51	53,57142857			2	40,6	41,51329243		
1	45	47,26890756			1	35,9	36,70756646		
Resultados					Resultados				
Internacional (%)					Internacional (%)				
TEXTURA					TEXTURA				
2-0.2 mm	31,755	31,76	A.grossa		2-0.2 mm	48,68	48,68	A.grossa	
0.2-0.02 mm	21,85	22,34	A.fina		0.2-0.02 mm	23,33	23,33	A.fina	
0.02-0.002 mm	15,02	15,77	limo		0.02-0.002 mm	12,19	12,46	limo	
<0.002 mm	31,38	30,13	argila		<0.002 mm	15,81	15,33	argila	
Americano (%)					Americano (%)				
2-0.2 mm	31,755	31,755			2-0.2 mm	48,68	48,68		
0.2-0.01 mm	26,96	27,72			0.2-0.01 mm	27,91	28,21		
0.01-0.002 mm	9,90	10,40			0.01-0.002 mm	7,61	7,78		
<0.002 mm	31,38	30,13			<0.002 mm	15,81	15,33		
Amostra: AC1/ 15-40					Amostra: AC1/ 40-65				
Peso:40g					Peso: 40g				
Diametro	% CUM	% CUMC	Crivagem (gr)		Diametro	% CUM	% CUMC	Crivagem (gr)	
100	100	100	2-0.2 mm	11,986	100	100,1	100	2-0.2 mm	19,136
50	96,7	96,7000	0.2-0.1 mm	4,552	50	93,4	93,30669331	0.2-0.1 mm	5,458
20	82,5	82,5000	0.1-0 mm	23,462	20	74,7	74,62537463	0.1-0 mm	15,406
10	73,2	73,2000			10	62,7	62,63736264		
5	64,8	64,8000			5	53	52,94705295		
2	55	55,0000			2	43	42,95704296		
1	47	47,0000			1	38,2	38,16183816		
Resultados					Resultados				
Internacional (%)					Internacional (%)				
TEXTURA					TEXTURA				
2-0.2 mm	29,965	29,97	A.grossa		2-0.2 mm	47,84	47,84	A.grossa	
0.2-0.02 mm	21,64	21,64	A.fina		0.2-0.02 mm	23,43	23,42	A.fina	
0.02-0.002 mm	16,13	16,13	limo		0.02-0.002 mm	12,21	12,20	limo	
<0.002 mm	32,26	32,26	argila		<0.002 mm	16,52	16,54	argila	
Americano (%)					Americano (%)				
2-0.2 mm	29,965	29,965			2-0.2 mm	47,84	47,84		
0.2-0.01 mm	27,10	27,10			0.2-0.01 mm	28,05	28,04		
0.01-0.002 mm	10,68	10,68			0.01-0.002 mm	7,59	7,58		
<0.002 mm	32,26	32,26			<0.002 mm	16,52	16,54		

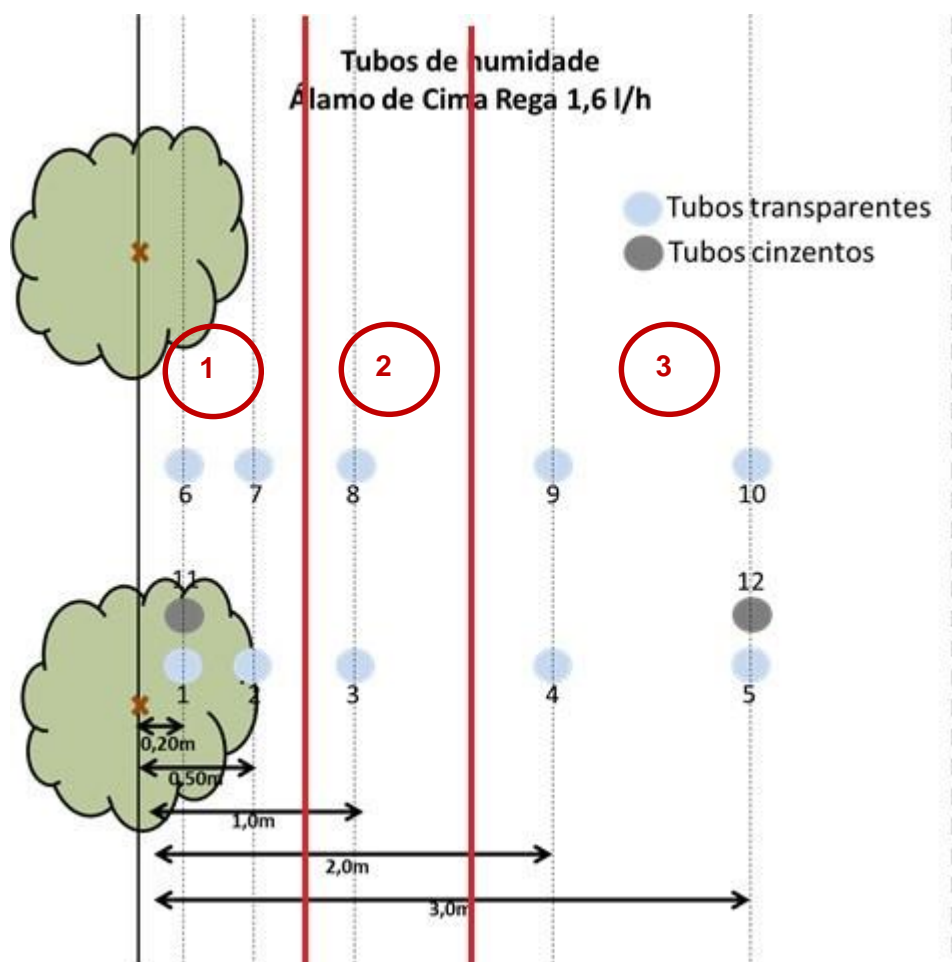
Bloco Rega	Perfil	Prof. (cm)	pH(SO)	Catiões troca (cmol _c kg ⁻¹)							CTC	ESP	V	CEc	Soma	Catiões solúveis (mmol _e L ⁻¹)				SAR	NO ₃	NH ₄	Cl	Carbonato	C.org.	M.O.	N Kjeldahl	P205	K2O
				Na	Ca	Mg	K	SOMA	Na	Ca						Mg	K												
Monte Novo	MN-3	0-15	6,20	0,070	6,546	2,412	0,301	8,91	15,60	0,45	57,2	0,71	0,69	0,85	1,43	2,34	0,24	0,50	21,01	nd	2,50	nd	10,54	1,82	0,66	79	192		
		15-34	6,30	0,219	11,391	3,347	0,114	15,07	18,50	1,19	81,5	0,53	0,53	1,00	2,83	1,39	0,04	0,69	32,55	nd	1,73	nd	5,54	0,96	0,41	20	52		

Anexo II

Data	Dotação (mm)				
14/04/2011	3,048				
15/04/2011	3,238				
18/04/2011	0,762				
19/04/2011	0,762				
20/04/2011	0,762				
21/04/2011	0,762				
22/04/2011	0,762				
25/04/2011	0,762				
26/04/2011	0,762				
27/04/2011	0,762				
28/04/2011	0,762				
29/04/2011	0,762				
02/05/2011	0,762				
03/05/2011	0,762				
04/05/2011	0,762				
05/05/2011	0,762				
06/05/2011	0,762				
09/05/2011	1,75				
10/05/2011	1,75				
11/05/2011	1,75				
12/05/2011	1,75				
13/05/2011	1,75				
14/05/2011	1,75				
16/05/2011	1,75				
17/05/2011	1,75				
18/05/2011	1,75				
19/05/2011	1,75				
20/05/2011	1,75				
21/05/2011	1,75				
23/05/2011	1,75				
24/05/2011	1,75				
25/05/2011	1,75				
26/05/2011	1,75				
27/05/2011	1,75				
28/05/2011	1,75				
30/05/2011	1,75				
31/05/2011	1,75				
		01/06/2011	1,75	14/07/2011	1,75
		02/06/2011	1,75	15/07/2011	1,75
		03/06/2011	1,75	16/07/2011	1,75
		04/06/2011	1,75	18/07/2011	1,75
		06/06/2011	1,75	19/07/2011	1,75
		07/06/2011	1,75	20/07/2011	1,75
		08/06/2011	1,75	21/07/2011	1,75
		09/06/2011	1,75	22/07/2011	1,75
		10/06/2011	1,75	23/07/2011	1,75
		11/06/2011	1,75	25/07/2011	1,75
		13/06/2011	1,75	26/07/2011	1,75
		14/06/2011	1,75	27/07/2011	1,75
		15/06/2011	1,75	28/07/2011	1,75
		16/06/2011	1,75	29/07/2011	1,75
		17/06/2011	1,75	30/07/2011	1,75
		18/06/2011	1,75	01/08/2011	1,75
		20/06/2011	1,75	02/08/2011	1,75
		21/06/2011	1,75	03/08/2011	1,75
		22/06/2011	1,75	04/08/2011	0,16
		23/06/2011	1,75	06/08/2011	1,71
		24/06/2011	1,75	07/08/2011	1,73
		25/06/2011	1,88	08/08/2011	1,66
		26/06/2011	1,84	09/08/2011	1,66
		28/06/2011	0,28	10/08/2011	1,65
		29/06/2011	2,09	11/08/2011	1,68
		30/06/2011	2,95	14/08/2011	0,21
		01/07/2011	0,30	15/08/2011	1,68
		02/07/2011	0,91	16/08/2011	1,71
		04/07/2011	1,75	17/08/2011	1,70
		05/07/2011	1,75	18/08/2011	1,72
		06/07/2011	1,75	20/08/2011	1,52
		07/07/2011	1,75	21/08/2011	1,71
		08/07/2011	1,75	22/08/2011	1,75
		09/07/2011	1,75	23/08/2011	1,75
		11/07/2011	1,75	24/08/2011	1,75
		12/07/2011	1,75	25/08/2011	1,75
		13/07/2011	1,75	26/08/2011	1,75

27/08/2011	1,75	13/10/2011	0,74
29/08/2011	1,75	14/10/2011	0,93
30/08/2011	1,75	15/10/2011	0,67
31/08/2011	1,75	17/10/2011	0,64
01/09/2011	1,75	18/10/2011	0,78
02/09/2011	1,75	19/10/2011	1,33
03/09/2011	1,75	20/10/2011	0,67
05/09/2011	1,75	21/10/2011	0,01
06/09/2011	1,75	23/10/2011	0,02
07/09/2011	1,75	24/10/2011	0,93
08/09/2011	1,75	25/10/2011	0,01
09/09/2011	1,75		
10/09/2011	1,75		
12/09/2011	1,75		
13/09/2011	1,75		
14/09/2011	1,75		
15/09/2011	1,75		
16/09/2011	1,75		
17/09/2011	1,75		
19/09/2011	1,75		
20/09/2011	1,75		
21/09/2011	1,75		
22/09/2011	1,75		
23/09/2011	1,75		
24/09/2011	1,75		
26/09/2011	1,75		
27/09/2011	1,75		
28/09/2011	1,75		
29/09/2011	1,75		
30/09/2011	1,75		
01/10/2011	1,75		
04/10/2011	0,64		
05/10/2011	1,77		
06/10/2011	1,78		
07/10/2011	1,79		
08/10/2011	1,78		
09/10/2011	0,75		
10/10/2011	1,01		
11/10/2011	1,65		
12/10/2011	1,73		

Data	Dotação (mm)				
24/04/2012	0,571	18/06/2012	0,286	04/08/2012	1,429
04/05/2012	0,857	19/06/2012	0,381	05/08/2012	1,429
05/05/2012	0,095	20/06/2012	1,714	09/08/2012	1,238
06/05/2012	0,095	21/06/2012	1,714	10/08/2012	3,048
07/05/2012	0,952	23/06/2012	1,714	11/08/2012	3,048
08/05/2012	0,857	24/06/2012	1,905	12/08/2012	3,048
09/05/2012	0,857	25/06/2012	1,810	13/08/2012	2,476
10/05/2012	0,857	26/06/2012	1,619	14/08/2012	2,762
12/05/2012	0,857	27/06/2012	1,810	15/08/2012	3,619
13/05/2012	0,857	28/06/2012	1,810	16/08/2012	2,095
14/05/2012	0,857	30/06/2012	1,810	17/08/2012	2,095
15/05/2012	0,857	01/07/2012	1,905	18/08/2012	2,095
16/05/2012	0,857	02/07/2012	1,905	19/08/2012	2,095
17/05/2012	0,857	03/07/2012	1,905	21/08/2012	1,524
19/05/2012	0,857	04/07/2012	1,905	22/08/2012	2,667
20/05/2012	0,857	05/07/2012	1,905	23/08/2012	2,095
21/05/2012	0,857	07/07/2012	1,619	24/08/2012	2,095
22/05/2012	0,857	08/07/2012	1,619	25/08/2012	2,095
23/05/2012	1,619	09/07/2012	1,619	26/08/2012	2,095
24/05/2012	1,619	10/07/2012	1,619	28/08/2012	2,095
26/05/2012	1,619	11/07/2012	1,619	29/08/2012	2,095
27/05/2012	1,619	12/07/2012	1,619	30/08/2012	2,095
28/05/2012	1,619	14/07/2012	1,619	31/08/2012	2,095
29/05/2012	1,619	15/07/2012	1,619	01/09/2012	2,095
30/05/2012	1,619	16/07/2012	1,619	02/09/2012	2,095
31/05/2012	1,619	17/07/2012	1,619	04/09/2012	2,095
02/06/2012	1,619	18/07/2012	1,619	05/09/2012	2,095
03/06/2012	1,619	19/07/2012	1,619	07/09/2012	2,095
04/06/2012	1,619	21/07/2012	1,619	08/09/2012	2,095
05/06/2012	1,619	22/07/2012	1,619	09/09/2012	2,095
06/06/2012	1,619	23/07/2012	1,619	10/09/2012	0,000
07/06/2012	1,619	24/07/2012	1,619	11/09/2012	2,095
09/06/2012	1,619	25/07/2012	1,619	12/09/2012	2,095
10/06/2012	1,619	26/07/2012	1,619		
11/06/2012	1,619	28/07/2012	1,619		
12/06/2012	1,905	29/07/2012	1,619		
13/06/2012	1,524	30/07/2012	1,619		
14/06/2012	1,333	31/07/2012	2,095		
16/06/2012	0,286	01/08/2012	0,952		
17/06/2012	0,286	02/08/2012	1,429		



Área de ponderação:

1 - $A_1 = 4,2 \times 0,75 = 3,15 \text{ m}^2$ $3,15 / 33,6 = 0,094$

2 - $A_2 = 4,2 \times 0,75 = 3,15 \text{ m}^2$ $3,15 / 33,6 = 0,094$

3 - $A_3 = 33,6 - (3,15 + 3,15) = 27,3 \text{ m}^2$ $27,3 / 33,6 = 0,812$

Anexo IV

data	Θ Ze obs	Θ Ze sim
01/04/2011	8,42	0,00
06/04/2011	7,23	0,00
14/04/2011	7,58	0,91
20/04/2011	11,14	22,00
27/04/2011	15,60	17,76
05/05/2011	14,38	13,86
10/05/2011	10,93	7,74
18/05/2011	10,76	22,00
25/05/2011	7,72	18,34
02/06/2011	8,10	21,17
15/06/2011	6,48	16,73
21/06/2011	4,98	11,42
28/06/2011	4,68	2,80
05/07/2011	3,42	0,00
14/07/2011	1,07	0,00
20/07/2011	2,26	0,00
28/07/2011	1,69	0,00
04/08/2011	3,28	5,07
17/08/2011	1,69	0,00
24/08/2011	0,80	0,00
30/08/2011	0,47	0,00
08/09/2011	8,82	18,64
14/09/2011	7,31	14,38
21/09/2011	5,64	9,57
12/10/2011	2,67	0,00
19/10/2011	2,74	0,00
28/10/2011	15,55	21,03

data	Θ Ze obs	Θ Ze sim
13/06/2012	1	0
21/06/2012	6	0
27/06/2012	5	0
06/07/2012	5	0
12/07/2012	4	0
18/07/2012	4	0
26/07/2012	4	0
02/08/2012	4	0
10/08/2012	1	0
22/08/2012	1	0
30/08/2012	2	0
05/09/2012	3	0
13/09/2012	4	0
21/09/2012	3	0
02/10/2012	11	11
11/10/2012	8	0
15/10/2012	6	0
25/10/2012	18	22
02/11/2012	20	22
22/11/2012	23	20
19/12/2012	24	21

Anexo V

Date	Kcb(crop+gcover)	Ks	Ke	Kcb_ajd	Kc act	ETo (mm)	ETc (mm)
01/01/2012	0,524	1	0,523	0,524	1,047	0,540	0,565
02/01/2012	0,524	1	0,532	0,524	1,056	0,790	0,834
03/01/2012	0,524	1	0,537	0,524	1,061	0,820	0,870
04/01/2012	0,524	1	0,557	0,524	1,081	1,140	1,232
05/01/2012	0,524	1	0,553	0,524	1,077	0,830	0,894
06/01/2012	0,524	1	0,551	0,524	1,075	0,810	0,871
07/01/2012	0,524	1	0,566	0,524	1,090	1,470	1,602
08/01/2012	0,524	1	0,553	0,524	1,077	1,390	1,497
09/01/2012	0,524	1	0,558	0,524	1,082	1,270	1,374
10/01/2012	0,524	1	0,502	0,524	1,026	0,960	0,985
11/01/2012	0,524	1	0,449	0,524	0,973	1,030	1,002
12/01/2012	0,524	1	0,390	0,524	0,914	1,000	0,914
13/01/2012	0,524	1	0,326	0,524	0,850	0,810	0,689
14/01/2012	0,524	1	0,295	0,524	0,819	0,660	0,541
15/01/2012	0,524	1	0,511	0,524	1,035	0,680	0,704
16/01/2012	0,524	1	0,512	0,524	1,036	0,890	0,922
17/01/2012	0,524	1	0,550	0,524	1,074	1,430	1,536
18/01/2012	0,524	1	0,537	0,524	1,061	1,390	1,475
19/01/2012	0,524	1	0,427	0,524	0,951	1,240	1,179
20/01/2012	0,524	1	0,356	0,524	0,880	0,940	0,827
21/01/2012	0,524	1	0,341	0,524	0,865	1,350	1,168
22/01/2012	0,524	1	0,272	0,524	0,796	1,130	0,899
23/01/2012	0,524	1	0,234	0,524	0,758	0,920	0,697
24/01/2012	0,524	1	0,208	0,524	0,732	1,010	0,739
25/01/2012	0,524	1	0,181	0,524	0,705	0,920	0,649
26/01/2012	0,524	1	0,214	0,524	0,737	0,930	0,686
27/01/2012	0,524	1	0,192	0,524	0,716	1,210	0,866
28/01/2012	0,524	1	0,175	0,524	0,699	1,360	0,951
29/01/2012	0,524	1	0,143	0,524	0,667	1,290	0,860
30/01/2012	0,524	1	0,126	0,524	0,650	1,440	0,936
31/01/2012	0,524	1	0,099	0,524	0,623	1,160	0,723
01/02/2012	0,524	1	0,091	0,524	0,615	1,210	0,744
02/02/2012	0,524	1	0,078	0,524	0,602	1,610	0,969
03/02/2012	0,524	1	0,065	0,524	0,589	1,740	1,025
04/02/2012	0,524	1	0,052	0,524	0,576	2,010	1,158
05/02/2012	0,524	1	0,042	0,524	0,566	1,850	1,047
06/02/2012	0,524	1	0,030	0,524	0,554	1,970	1,091
07/02/2012	0,524	1	0,023	0,524	0,547	1,820	0,996
08/02/2012	0,524	1	0,018	0,524	0,542	2,240	1,214
09/02/2012	0,524	1	0,013	0,524	0,537	1,580	0,848
10/02/2012	0,524	1	0,011	0,524	0,535	1,770	0,947
11/02/2012	0,524	1	0,008	0,524	0,532	1,530	0,814
12/02/2012	0,524	1	0,007	0,524	0,531	2,240	1,189
13/02/2012	0,524	1	0,005	0,524	0,529	2,360	1,248
14/02/2012	0,524	1	0,004	0,524	0,528	1,680	0,887
15/02/2012	0,524	1	0,003	0,524	0,527	2,150	1,133
16/02/2012	0,524	1	0,002	0,524	0,526	2,230	1,173

17/02/2011	0,524	1	0,69	0,524	1,214	1,88	2,282
18/02/2011	0,524	1	0,633	0,524	1,158	1,26	1,458
19/02/2011	0,524	1	0,59	0,524	1,114	0,69	0,769
20/02/2011	0,524	1	0,663	0,524	1,187	1,47	1,745
21/02/2011	0,524	1	0,664	0,524	1,189	1,5	1,782
22/02/2011	0,524	1	0,641	0,524	1,165	1,67	1,946
23/02/2011	0,524	1	0,692	0,524	1,217	2,12	2,578
24/02/2011	0,524	1	0,642	0,524	1,166	2,44	2,845
25/02/2011	0,524	1	0,485	0,524	1,009	2,4	2,422
26/02/2011	0,524	1	0,384	0,524	0,908	2,05	1,861
27/02/2011	0,524	1	0,312	0,524	0,836	2,51	2,098
28/02/2011	0,524	1	0,246	0,524	0,771	2,39	1,840
01/03/2011	0,524	1	0,195	0,524	0,719	2,23	1,603
02/03/2011	0,521	1	0,152	0,521	0,672	2,27	1,528
03/03/2011	0,517	1	0,127	0,517	0,644	2,17	1,397
04/03/2011	0,514	1	0,104	0,514	0,617	2,08	1,285
05/03/2011	0,51	1	0,101	0,51	0,611	1,57	0,959
06/03/2011	0,507	1	0,137	0,507	0,644	1,92	1,236
07/03/2011	0,503	1	0,118	0,503	0,622	2,13	1,323
08/03/2011	0,5	1	0,63	0,5	1,13	0,86	0,972
09/03/2011	0,496	1	0,694	0,496	1,19	1,77	2,106
10/03/2011	0,493	1	0,703	0,493	1,196	2,1	2,512
11/03/2011	0,489	1	0,555	0,489	1,044	0,81	0,846
12/03/2011	0,486	1	0,685	0,486	1,171	2,11	2,471
13/03/2011	0,483	1	0,65	0,483	1,132	1,22	1,382
14/03/2011	0,479	1	0,638	0,479	1,117	1,05	1,173
15/03/2011	0,476	1	0,722	0,476	1,198	2,18	2,612
16/03/2011	0,472	1	0,747	0,472	1,219	2,38	2,901
17/03/2011	0,469	1	0,702	0,469	1,17	1,68	1,967
18/03/2011	0,465	1	0,723	0,465	1,188	2,76	3,279
19/03/2011	0,462	1	0,536	0,462	0,997	3,21	3,204
20/03/2011	0,458	1	0,382	0,458	0,84	3,51	2,948
21/03/2011	0,455	1	0,252	0,455	0,706	3,15	2,227
22/03/2011	0,451	1	0,178	0,451	0,629	2,43	1,528
23/03/2011	0,448	1	0,143	0,448	0,59	2,78	1,643
24/03/2011	0,444	1	0,121	0,444	0,565	2,15	1,215
25/03/2011	0,441	1	0,365	0,441	0,806	2,05	1,652
26/03/2011	0,437	1	0,368	0,437	0,806	1,74	1,401
27/03/2011	0,434	1	0,328	0,434	0,762	1,68	1,280
28/03/2011	0,43	1	0,406	0,43	0,836	1,75	1,463
29/03/2011	0,427	1	0,433	0,427	0,86	2,44	2,098
30/03/2011	0,423	1	0,336	0,423	0,759	3,01	2,285
31/03/2011	0,42	1	0,264	0,42	0,684	3,77	2,579
01/04/2011	0,416	1	0,173	0,416	0,59	4,52	2,662
02/04/2011	0,413	1	0,077	0,413	0,49	2,19	1,073
03/04/2011	0,409	1	0,075	0,409	0,484	2,01	0,973

04/04/2011	0,406	1	0,064	0,406	0,47	3,51	1,650
05/04/2011	0,403	1	0,046	0,403	0,448	4,22	1,895
06/04/2011	0,399	1	0,024	0,399	0,423	4,53	1,916
07/04/2011	0,396	1	0,013	0,396	0,409	4,12	1,685
08/04/2011	0,392	1	0,008	0,392	0,4	4,99	1,996
09/04/2011	0,389	1	0,004	0,389	0,392	3,53	1,387
10/04/2011	0,385	1	0,002	0,385	0,388	4,27	1,652
11/04/2011	0,382	1	0,001	0,382	0,383	4,4	1,685
12/04/2011	0,378	1	0,001	0,378	0,379	4,91	1,861
13/04/2011	0,375	1	0	0,375	0,375	5,13	1,924
14/04/2011	0,371	1	0,075	0,371	0,446	5,16	2,301
15/04/2011	0,368	1	0,074	0,368	0,442	4,67	2,064
16/04/2011	0,364	1	0,074	0,364	0,439	4,48	1,962
17/04/2011	0,361	1	0,076	0,361	0,436	4,86	2,124
18/04/2011	0,357	1	0,077	0,357	0,434	3,55	1,541
19/04/2011	0,354	1	0,731	0,354	1,085	2,28	2,474
20/04/2011	0,35	1	0,686	0,35	1,037	1,6	1,658
21/04/2011	0,347	1	0,751	0,347	1,097	2,76	3,030
22/04/2011	0,343	1	0,696	0,343	1,039	1,26	1,309
23/04/2011	0,34	1	0,736	0,34	1,076	2,33	2,507
24/04/2011	0,336	1	0,773	0,336	1,11	3,93	4,358
25/04/2011	0,333	1	0,775	0,333	1,108	4,24	4,698
26/04/2011	0,329	1	0,506	0,329	0,835	3,79	3,165
27/04/2011	0,326	1	0,346	0,326	0,672	4,28	2,876
28/04/2011	0,323	1	0,224	0,323	0,546	4,18	2,286
29/04/2011	0,319	1	0,171	0,319	0,49	2,05	1,005
30/04/2011	0,316	1	0,319	0,316	0,634	1,51	0,959
01/05/2011	0,312	1	0,405	0,312	0,717	2,46	1,764
02/05/2011	0,312	1	0,319	0,312	0,631	2,63	1,660
03/05/2011	0,312	1	0,266	0,312	0,578	3,83	2,214
04/05/2011	0,312	1	0,194	0,312	0,506	3,96	2,004
05/05/2011	0,312	1	0,164	0,312	0,476	5,75	2,737
06/05/2011	0,312	1	0,11	0,312	0,422	3,65	1,540
07/05/2011	0,312	1	0,144	0,312	0,456	3,95	1,801
08/05/2011	0,312	1	0,128	0,312	0,44	4,51	1,984
09/05/2011	0,312	1	0,101	0,312	0,413	5,21	2,152
10/05/2011	0,312	1	0,092	0,312	0,404	5,16	2,085
11/05/2011	0,312	1	0,086	0,312	0,398	4,98	1,982
12/05/2011	0,312	1	0,082	0,312	0,394	5,23	2,061
13/05/2011	0,312	1	0,08	0,312	0,392	5,09	1,995
14/05/2011	0,312	1	0,079	0,312	0,391	5,16	2,018
15/05/2011	0,312	1	0,083	0,312	0,395	6,11	2,413
16/05/2011	0,312	1	0,386	0,312	0,698	5,3	3,699
17/05/2011	0,312	1	0,455	0,312	0,767	4,8	3,682
18/05/2011	0,312	1	0,733	0,312	1,045	1,74	1,818
19/05/2011	0,312	1	0,773	0,312	1,085	3,82	4,145
20/05/2011	0,312	1	0,789	0,312	1,101	5,07	5,582
21/05/2011	0,312	1	0,523	0,312	0,835	4,66	3,891
22/05/2011	0,312	1	0,332	0,312	0,644	4,87	3,136
23/05/2011	0,312	1	0,191	0,312	0,503	5,19	2,611

24/05/2011	0,312	1	0,138	0,312	0,45	5,87	2,642
25/05/2011	0,312	1	0,108	0,312	0,42	4,74	1,991
26/05/2011	0,312	1	0,719	0,312	1,031	2,03	2,093
27/05/2011	0,312	1	0,797	0,312	1,109	4,78	5,301
28/05/2011	0,312	1	0,788	0,312	1,101	3,38	3,718
29/05/2011	0,312	1	0,588	0,312	0,9	4,29	3,861
30/05/2011	0,312	1	0,71	0,312	1,022	2,31	2,361
31/05/2011	0,312	1	0,593	0,312	0,905	4,35	3,937
01/06/2011	0,312	1	0,385	0,312	0,697	5,51	3,840
02/06/2011	0,312	1	0,215	0,312	0,527	6,21	3,273
03/06/2011	0,312	1	0,134	0,312	0,446	5,12	2,284
04/06/2011	0,312	1	0,14	0,312	0,452	4,46	2,016
05/06/2011	0,312	1	0,797	0,312	1,109	4,12	4,569
06/06/2011	0,312	1	0,477	0,312	0,789	3,01	2,375
07/06/2011	0,312	1	0,372	0,312	0,684	4,43	3,030
08/06/2011	0,312	1	0,236	0,312	0,548	4,87	2,669
09/06/2011	0,312	1	0,159	0,312	0,471	3,14	1,479
10/06/2011	0,312	1	0,138	0,312	0,451	4,6	2,070
11/06/2011	0,312	1	0,119	0,312	0,431	5,37	2,314
12/06/2011	0,312	1	0,11	0,312	0,422	5,72	2,414
13/06/2011	0,312	1	0,092	0,312	0,404	5,36	2,165
14/06/2011	0,312	1	0,088	0,312	0,4	5,57	2,228
15/06/2011	0,312	1	0,087	0,312	0,399	5,71	2,278
16/06/2011	0,312	1	0,083	0,312	0,395	5,63	2,224
17/06/2011	0,312	1	0,083	0,312	0,395	5,57	2,200
18/06/2011	0,312	1	0,081	0,312	0,393	5,91	2,323
19/06/2011	0,312	1	0,082	0,312	0,394	5,63	2,218
20/06/2011	0,312	1	0,079	0,312	0,391	6,23	2,436
21/06/2011	0,312	1	0,081	0,312	0,393	6,48	2,547
22/06/2011	0,312	1	0,08	0,312	0,392	6,35	2,489
23/06/2011	0,312	1	0,082	0,312	0,394	6,39	2,518
24/06/2011	0,312	1	0,08	0,312	0,392	6,17	2,419
25/06/2011	0,312	1	0,078	0,312	0,39	6,13	2,391
26/06/2011	0,312	1	0,08	0,312	0,392	6,99	2,740
27/06/2011	0,312	1	0,078	0,312	0,39	5,9	2,301
28/06/2011	0,312	1	0,08	0,312	0,392	6,26	2,454
29/06/2011	0,312	1	0,081	0,312	0,393	6,77	2,661
30/06/2011	0,312	1	0,08	0,312	0,393	6,66	2,611
01/07/2011	0,312	1	0,082	0,312	0,394	5,39	2,124
02/07/2011	0,312	1	0,082	0,312	0,394	6,9	2,719
03/07/2011	0,312	1	0,079	0,312	0,391	3,52	1,376
04/07/2011	0,312	1	0,08	0,312	0,392	6,39	2,505
05/07/2011	0,312	1	0,083	0,312	0,395	6,61	2,611

06/07/2011	0,312	1	0,081	0,312	0,393	6,32	2,484
07/07/2011	0,312	1	0,081	0,312	0,393	6,02	2,366
08/07/2011	0,312	1	0,082	0,312	0,394	6,01	2,368
09/07/2011	0,312	1	0,079	0,312	0,391	5,67	2,217
10/07/2011	0,312	1	0,08	0,312	0,392	6,33	2,481
11/07/2011	0,312	1	0,08	0,312	0,392	5,97	2,340
12/07/2011	0,312	1	0,08	0,312	0,392	5,96	2,336
13/07/2011	0,312	1	0,082	0,312	0,394	7	2,758
14/07/2011	0,312	1	0,081	0,312	0,393	7,37	2,896
15/07/2011	0,312	1	0,08	0,312	0,392	6,8	2,666
16/07/2011	0,312	1	0,08	0,312	0,393	6,55	2,568
17/07/2011	0,312	1	0,08	0,312	0,392	6,24	2,446
18/07/2011	0,312	1	0,084	0,312	0,396	6,61	2,618
19/07/2011	0,312	1	0,079	0,312	0,391	6,5	2,542
20/07/2011	0,312	1	0,082	0,312	0,394	7,83	3,085
21/07/2011	0,312	1	0,08	0,312	0,392	6,96	2,728
22/07/2011	0,312	1	0,08	0,312	0,392	6,57	2,575
23/07/2011	0,312	1	0,078	0,312	0,39	5,79	2,258
24/07/2011	0,312	1	0,08	0,312	0,392	6,79	2,662
25/07/2011	0,312	1	0,079	0,312	0,391	7,05	2,757
26/07/2011	0,312	1	0,078	0,312	0,39	6,87	2,679
27/07/2011	0,312	1	0,079	0,312	0,391	6,78	2,651
28/07/2011	0,312	1	0,079	0,312	0,391	7,12	2,784
29/07/2011	0,312	1	0,078	0,312	0,39	5,85	2,282
30/07/2011	0,312	1	0,081	0,312	0,393	6,17	2,425
31/07/2011	0,312	1	0,079	0,312	0,391	6,25	2,444
01/08/2011	0,312	1	0,433	0,312	0,745	2,16	1,609
02/08/2011	0,312	1	0,378	0,312	0,69	3,39	2,339
03/08/2011	0,312	1	0,289	0,312	0,601	5,7	3,426
04/08/2011	0,312	1	0,184	0,312	0,496	6,63	3,288
05/08/2011	0,312	1	0,131	0,312	0,443	6,4	2,835
06/08/2011	0,312	1	0,083	0,312	0,395	4,6	1,817
07/08/2011	0,312	1	0,084	0,312	0,396	6,74	2,669
08/08/2011	0,312	1	0,082	0,312	0,395	6,87	2,707
09/08/2011	0,312	1	0,083	0,312	0,395	7,55	2,982
10/08/2011	0,312	1	0,08	0,312	0,392	6,84	2,681
11/08/2011	0,312	1	0,078	0,312	0,39	6,31	2,461
12/08/2011	0,312	1	0,077	0,312	0,389	4,98	1,937
13/08/2011	0,312	1	0,081	0,312	0,393	6,2	2,437
14/08/2011	0,312	1	0,082	0,312	0,394	6,04	2,380
15/08/2011	0,312	1	0,078	0,312	0,39	5,95	2,321
16/08/2011	0,312	1	0,077	0,312	0,389	5,53	2,151
17/08/2011	0,312	1	0,078	0,312	0,39	5,87	2,289
18/08/2011	0,312	1	0,077	0,312	0,389	5,54	2,155
19/08/2011	0,312	1	0,079	0,312	0,391	6,68	2,612
20/08/2011	0,312	1	0,076	0,312	0,388	5,45	2,115
21/08/2011	0,312	1	0,074	0,312	0,386	4,02	1,552
22/08/2011	0,312	1	0,071	0,312	0,383	2,79	1,069

23/08/2011	0,312	1	0,075	0,312	0,387	5,07	1,962
24/08/2011	0,312	1	0,077	0,312	0,389	5,71	2,221
25/08/2011	0,312	1	0,076	0,312	0,388	4,86	1,886
26/08/2011	0,312	1	0,074	0,312	0,386	4,99	1,926
27/08/2011	0,312	1	0,078	0,312	0,39	5,83	2,274
28/08/2011	0,312	1	0,075	0,312	0,388	5,55	2,148
29/08/2011	0,312	0,984	0,076	0,307008	0,383	4,99	1,911
30/08/2011	0,312	0,985	0,076	0,30732	0,383	4,55	1,744
31/08/2011	0,312	1	0,158	0,312	0,47	3,26	1,532
01/09/2011	0,312	1	0,739	0,312	1,051	1,82	1,913
02/09/2011	0,312	1	0,719	0,312	1,032	3,12	3,217
03/09/2011	0,312	1	0,748	0,312	1,06	3,32	3,519
04/09/2011	0,312	1	0,738	0,312	1,05	3,49	3,665
05/09/2011	0,312	1	0,603	0,312	0,915	5,04	4,612
06/09/2011	0,312	1	0,297	0,312	0,609	5,7	3,471
07/09/2011	0,312	1	0,16	0,312	0,472	5,93	2,799
08/09/2011	0,312	1	0,113	0,312	0,425	5,31	2,257
09/09/2011	0,312	1	0,098	0,312	0,41	5,62	2,304
10/09/2011	0,312	1	0,086	0,312	0,398	3,51	1,397
11/09/2011	0,312	1	0,086	0,312	0,398	4,14	1,648
12/09/2011	0,312	1	0,083	0,312	0,395	5,12	2,022
13/09/2011	0,312	1	0,081	0,312	0,393	5,03	1,977
14/09/2011	0,312	1	0,079	0,312	0,391	4,89	1,912
15/09/2011	0,312	1	0,077	0,312	0,389	4,08	1,587
16/09/2011	0,312	1	0,073	0,312	0,385	3,55	1,367
17/09/2011	0,312	1	0,076	0,312	0,388	4,35	1,688
18/09/2011	0,312	1	0,079	0,312	0,391	5,03	1,967
19/09/2011	0,312	1	0,078	0,312	0,39	5,28	2,059
20/09/2011	0,312	1	0,076	0,312	0,388	5,93	2,301
21/09/2011	0,312	1	0,075	0,312	0,387	4,56	1,765
22/09/2011	0,312	1	0,074	0,312	0,386	3,61	1,393
23/09/2011	0,312	1	0,074	0,312	0,386	3,87	1,494
24/09/2011	0,312	1	0,075	0,312	0,387	2,51	0,971
25/09/2011	0,312	1	0,075	0,312	0,387	3,65	1,413
26/09/2011	0,312	1	0,074	0,312	0,386	3,78	1,459
27/09/2011	0,312	1	0,074	0,312	0,386	3,52	1,359
28/09/2011	0,312	1	0,072	0,312	0,384	3,45	1,325
29/09/2011	0,312	1	0,074	0,312	0,386	4,17	1,610
30/09/2011	0,312	1	0,073	0,312	0,385	3,79	1,459
01/10/2011	0,312	1	0,076	0,312	0,388	4,84	1,878
02/10/2011	0,312	1	0,075	0,312	0,387	4,58	1,772
03/10/2011	0,312	1	0,075	0,312	0,387	4,19	1,622
04/10/2011	0,312	1	0,075	0,312	0,387	5,19	2,009
05/10/2011	0,312	1	0,074	0,312	0,386	4,68	1,806
06/10/2011	0,312	1	0,075	0,312	0,387	4,75	1,838

07/10/2011	0,312	1	0,074	0,312	0,386	4,4	1,698
08/10/2011	0,312	1	0,073	0,312	0,385	5,23	2,014
09/10/2011	0,312	1	0,075	0,312	0,387	5,02	1,943
10/10/2011	0,312	1	0,072	0,312	0,384	4,24	1,628
11/10/2011	0,315	1	0,073	0,315	0,388	3,96	1,536
12/10/2011	0,317	1	0,073	0,317	0,391	4,35	1,697
13/10/2011	0,32	1	0,072	0,32	0,392	4,4	1,725
14/10/2011	0,322	1	0,073	0,322	0,395	4,05	1,600
15/10/2011	0,325	1	0,073	0,325	0,397	2,98	1,186
16/10/2011	0,327	1	0,07	0,327	0,397	2,53	1,004
17/10/2011	0,33	1	0,068	0,33	0,398	2,63	1,047
18/10/2011	0,332	1	0,071	0,332	0,403	2,89	1,165
19/10/2011	0,335	1	0,07	0,335	0,405	2,84	1,150
20/10/2011	0,337	1	0,072	0,337	0,409	3,02	1,235
21/10/2011	0,34	1	0,071	0,34	0,411	3,39	1,393
22/10/2011	0,342	1	0,385	0,342	0,727	2,67	1,941
23/10/2011	0,345	1	0,726	0,345	1,07	2,11	2,260
24/10/2011	0,347	1	0,722	0,347	1,069	2,28	2,437
25/10/2011	0,35	1	0,67	0,35	1,02	1,77	1,805
26/10/2011	0,352	1	0,729	0,352	1,081	1,15	1,243
27/10/2011	0,355	1	0,723	0,355	1,078	1,51	1,628
28/10/2011	0,357	1	0,693	0,357	1,051	2,32	2,436
29/10/2011	0,36	1	0,686	0,36	1,045	2,1	2,197
30/10/2011	0,362	1	0,702	0,362	1,065	2,29	2,437
31/10/2011	0,365	1	0,644	0,365	1,009	1,69	1,705
01/11/2011	0,368	1	0,595	0,368	0,963	0,62	0,597
02/11/2011	0,37	1	0,665	0,37	1,035	0,68	0,704
03/11/2011	0,373	1	0,702	0,373	1,074	1,56	1,677
04/11/2011	0,375	1	0,627	0,375	1,002	0,78	0,782
05/11/2011	0,378	1	0,698	0,378	1,076	1,68	1,808
06/11/2011	0,38	1	0,688	0,38	1,068	1,86	1,986
07/11/2011	0,383	1	0,684	0,383	1,066	1,44	1,536
08/11/2011	0,385	1	0,675	0,385	1,06	0,84	0,890
09/11/2011	0,388	1	0,676	0,388	1,063	0,79	0,841
10/11/2011	0,39	1	0,616	0,39	1,007	0,56	0,563
11/11/2011	0,393	1	0,649	0,393	1,042	1,28	1,334
12/11/2011	0,395	1	0,736	0,395	1,131	2,8	3,167
13/11/2011	0,398	1	0,735	0,398	1,133	2,89	3,274
14/11/2011	0,4	1	0,69	0,4	1,09	1,29	1,406
15/11/2011	0,403	1	0,64	0,403	1,043	0,97	1,012
16/11/2011	0,405	1	0,65	0,405	1,056	1,03	1,087
17/11/2011	0,408	1	0,667	0,408	1,075	1,41	1,516
18/11/2011	0,41	1	0,685	0,41	1,095	1,26	1,380
19/11/2011	0,413	1	0,598	0,413	1,011	0,77	0,778
20/11/2011	0,415	1	0,633	0,415	1,048	1,08	1,132
21/11/2011	0,418	1	0,646	0,418	1,064	0,91	0,968
22/11/2011	0,42	1	0,649	0,42	1,069	0,72	0,770
23/11/2011	0,423	1	0,667	0,423	1,09	1,02	1,112

24/11/2011	0,426	1	0,679	0,426	1,104	1,43	1,580
25/11/2011	0,428	1	0,68	0,428	1,108	1,64	1,817
26/11/2011	0,431	1	0,682	0,431	1,112	1,43	1,592
27/11/2011	0,433	1	0,665	0,433	1,098	1,16	1,274
28/11/2011	0,436	1	0,675	0,436	1,11	1,2	1,333
29/11/2011	0,438	1	0,57	0,438	1,008	0,85	0,857
30/11/2011	0,441	1	0,513	0,441	0,954	0,81	0,773
01/12/2011	0,443	1	0,462	0,443	0,905	0,78	0,706
02/12/2011	0,446	1	0,543	0,446	0,988	1,11	1,098
03/12/2011	0,448	1	0,49	0,448	0,938	1,19	1,116
04/12/2011	0,451	1	0,413	0,451	0,863	0,69	0,596
05/12/2011	0,453	1	0,375	0,453	0,829	0,69	0,571
06/12/2011	0,456	1	0,378	0,456	0,834	0,82	0,684
07/12/2011	0,458	1	0,368	0,458	0,827	0,73	0,603
08/12/2011	0,461	1	0,283	0,461	0,744	0,44	0,327
09/12/2011	0,463	1	0,305	0,463	0,769	0,49	0,376
10/12/2011	0,466	1	0,592	0,466	1,058	0,44	0,466
11/12/2011	0,468	1	0,624	0,468	1,093	0,56	0,612
12/12/2011	0,471	1	0,604	0,471	1,074	0,63	0,677
13/12/2011	0,473	1	0,64	0,473	1,114	0,67	0,746
14/12/2011	0,476	1	0,636	0,476	1,112	0,72	0,801
15/12/2011	0,478	1	0,637	0,478	1,116	0,61	0,680
16/12/2011	0,481	1	0,671	0,481	1,152	0,7	0,806
17/12/2011	0,484	1	0,631	0,484	1,115	0,79	0,881
18/12/2011	0,486	1	0,653	0,486	1,139	0,83	0,945
19/12/2011	0,489	1	0,675	0,489	1,164	1,03	1,199
20/12/2011	0,491	1	0,595	0,491	1,086	0,81	0,880
21/12/2011	0,494	1	0,542	0,494	1,036	0,68	0,704
22/12/2011	0,496	1	0,528	0,496	1,025	0,87	0,891
23/12/2011	0,499	1	0,468	0,499	0,967	0,71	0,687
24/12/2011	0,501	1	0,462	0,501	0,963	1,07	1,030
25/12/2011	0,504	1	0,426	0,504	0,929	1,45	1,349
26/12/2011	0,506	1	0,352	0,506	0,858	1,2	1,030
27/12/2011	0,509	1	0,301	0,509	0,809	1,04	0,842
28/12/2011	0,511	1	0,279	0,511	0,79	1,23	0,972
29/12/2011	0,514	1	0,24	0,514	0,754	1,04	0,784
30/12/2011	0,516	1	0,218	0,516	0,734	0,99	0,727
31/12/2011	0,519	1	0,186	0,519	0,705	0,7	0,494

Date	Kcb(crop+ gcover)	Ks	Ke	Kcb_ajd	Kc act	ETo (m m)	ETc (m m)
01/01/2012	0,524	1	0,523	0,524	1,047	0,540	0,565
02/01/2012	0,524	1	0,532	0,524	1,056	0,790	0,834
03/01/2012	0,524	1	0,537	0,524	1,061	0,820	0,870
04/01/2012	0,524	1	0,557	0,524	1,081	1,140	1,232
05/01/2012	0,524	1	0,553	0,524	1,077	0,830	0,894
06/01/2012	0,524	1	0,551	0,524	1,075	0,810	0,871
07/01/2012	0,524	1	0,566	0,524	1,090	1,470	1,602
08/01/2012	0,524	1	0,553	0,524	1,077	1,390	1,497
09/01/2012	0,524	1	0,558	0,524	1,082	1,270	1,374
10/01/2012	0,524	1	0,502	0,524	1,026	0,960	0,985
11/01/2012	0,524	1	0,449	0,524	0,973	1,030	1,002
12/01/2012	0,524	1	0,390	0,524	0,914	1,000	0,914
13/01/2012	0,524	1	0,326	0,524	0,850	0,810	0,689
14/01/2012	0,524	1	0,295	0,524	0,819	0,660	0,541
15/01/2012	0,524	1	0,511	0,524	1,035	0,680	0,704
16/01/2012	0,524	1	0,512	0,524	1,036	0,890	0,922
17/01/2012	0,524	1	0,550	0,524	1,074	1,430	1,536
18/01/2012	0,524	1	0,537	0,524	1,061	1,390	1,475
19/01/2012	0,524	1	0,427	0,524	0,951	1,240	1,179
20/01/2012	0,524	1	0,356	0,524	0,880	0,940	0,827
21/01/2012	0,524	1	0,341	0,524	0,865	1,350	1,168
22/01/2012	0,524	1	0,272	0,524	0,796	1,130	0,899
23/01/2012	0,524	1	0,234	0,524	0,758	0,920	0,697
24/01/2012	0,524	1	0,208	0,524	0,732	1,010	0,739
25/01/2012	0,524	1	0,181	0,524	0,705	0,920	0,649
26/01/2012	0,524	1	0,214	0,524	0,737	0,930	0,686
27/01/2012	0,524	1	0,192	0,524	0,716	1,210	0,866
28/01/2012	0,524	1	0,175	0,524	0,699	1,360	0,951
29/01/2012	0,524	1	0,143	0,524	0,667	1,290	0,860
30/01/2012	0,524	1	0,126	0,524	0,650	1,440	0,936
31/01/2012	0,524	1	0,099	0,524	0,623	1,160	0,723
01/02/2012	0,524	1	0,091	0,524	0,615	1,210	0,744
02/02/2012	0,524	1	0,078	0,524	0,602	1,610	0,969
03/02/2012	0,524	1	0,065	0,524	0,589	1,740	1,025
04/02/2012	0,524	1	0,052	0,524	0,576	2,010	1,158
05/02/2012	0,524	1	0,042	0,524	0,566	1,850	1,047
06/02/2012	0,524	1	0,030	0,524	0,554	1,970	1,091
07/02/2012	0,524	1	0,023	0,524	0,547	1,820	0,996
08/02/2012	0,524	1	0,018	0,524	0,542	2,240	1,214
09/02/2012	0,524	1	0,013	0,524	0,537	1,580	0,848
10/02/2012	0,524	1	0,011	0,524	0,535	1,770	0,947
11/02/2012	0,524	1	0,008	0,524	0,532	1,530	0,814
12/02/2012	0,524	1	0,007	0,524	0,531	2,240	1,189
13/02/2012	0,524	1	0,005	0,524	0,529	2,360	1,248
14/02/2012	0,524	1	0,004	0,524	0,528	1,680	0,887
15/02/2012	0,524	1	0,003	0,524	0,527	2,150	1,133
16/02/2012	0,524	1	0,002	0,524	0,526	2,230	1,173

17/02/2012	0,524	1	0,002	0,524	0,526	2,180	1,147
18/02/2012	0,524	1	0,001	0,524	0,525	2,110	1,108
19/02/2012	0,524	1	0,001	0,524	0,525	1,870	0,982
20/02/2012	0,524	1	0,001	0,524	0,525	2,230	1,171
21/02/2012	0,524	1	0,000	0,524	0,524	2,040	1,069
22/02/2012	0,524	1	0,000	0,524	0,524	2,180	1,142
23/02/2012	0,524	1	0,000	0,524	0,524	3,000	1,572
24/02/2012	0,524	1	0,000	0,524	0,524	2,980	1,562
25/02/2012	0,524	1	0,000	0,524	0,524	2,370	1,242
26/02/2012	0,524	1	0,000	0,524	0,524	2,090	1,095
27/02/2012	0,524	1	0,000	0,524	0,524	1,560	0,817
28/02/2012	0,524	1	0,000	0,524	0,524	1,820	0,954
29/02/2012	0,524	1	0,000	0,524	0,524	2,330	1,221
01/03/2012	0,524	1	0,000	0,524	0,524	1,460	0,765
02/03/2012	0,52	1	0,010	0,520	0,530	1,810	0,959
03/03/2012	0,517	1	0,008	0,517	0,525	1,860	0,977
04/03/2012	0,514	1	0,006	0,514	0,520	2,180	1,134
05/03/2012	0,51	1	0,005	0,510	0,515	2,580	1,329
06/03/2012	0,507	1	0,004	0,507	0,510	2,830	1,446
07/03/2012	0,503	1	0,002	0,503	0,505	3,090	1,560
08/03/2012	0,5	1	0,001	0,500	0,501	2,910	1,458
09/03/2012	0,496	1	0,001	0,496	0,497	3,990	1,983
10/03/2012	0,493	1	0,000	0,493	0,493	2,960	1,459
11/03/2012	0,489	1	0,000	0,489	0,490	2,760	1,350
12/03/2012	0,486	1	0,000	0,486	0,486	2,970	1,443
13/03/2012	0,482	1	0,000	0,482	0,482	3,210	1,547
14/03/2012	0,479	1	0,000	0,479	0,479	4,020	1,926
15/03/2012	0,476	1	0,000	0,476	0,476	2,540	1,209
16/03/2012	0,472	1	0,000	0,472	0,472	2,380	1,123
17/03/2012	0,469	1	0,000	0,469	0,469	1,590	0,746
18/03/2012	0,465	1	0,000	0,465	0,465	2,620	1,218
19/03/2012	0,462	1	0,000	0,462	0,462	3,650	1,686
20/03/2012	0,458	1	0,000	0,458	0,458	3,720	1,704
21/03/2012	0,455	0,99	0,000	0,450	0,450	3,480	1,568
22/03/2012	0,451	0,976	0,000	0,440	0,440	3,800	1,673
23/03/2012	0,448	0,958	0,000	0,429	0,429	4,670	2,004
24/03/2012	0,444	0,953	0,000	0,423	0,423	1,600	0,677
25/03/2012	0,441	0,939	0,000	0,414	0,414	3,670	1,520
26/03/2012	0,437	0,926	0,000	0,405	0,405	3,660	1,481
27/03/2012	0,434	0,91	0,000	0,395	0,395	4,540	1,793
28/03/2012	0,431	0,893	0,000	0,385	0,384	5,190	1,998
29/03/2012	0,427	0,88	0,000	0,376	0,376	4,020	1,511
30/03/2012	0,424	1	0,534	0,424	0,957	0,780	0,747
31/03/2012	0,42	1	0,562	0,420	0,982	1,730	1,699
01/04/2012	0,417	1	0,560	0,417	0,977	1,830	1,788
02/04/2012	0,413	1	0,563	0,413	0,976	1,790	1,747
03/04/2012	0,41	1	0,572	0,410	0,982	1,800	1,768
04/04/2012	0,406	0,999	0,596	0,406	1,002	2,130	2,133

05/04/2012	0,403	0,977	0,601	0,394	0,994	2,550	2,537
06/04/2012	0,399	0,986	0,558	0,393	0,952	1,970	1,874
07/04/2012	0,396	0,969	0,449	0,384	0,832	2,700	2,248
08/04/2012	0,392	0,946	0,317	0,371	0,688	3,800	2,614
09/04/2012	0,389	0,926	0,163	0,360	0,523	4,370	2,286
10/04/2012	0,386	0,933	0,169	0,360	0,529	1,960	1,037
11/04/2012	0,382	0,925	0,124	0,353	0,477	1,940	0,926
12/04/2012	0,379	0,917	0,129	0,348	0,476	2,670	1,272
13/04/2012	0,375	0,913	0,141	0,342	0,483	2,720	1,315
14/04/2012	0,372	0,948	0,493	0,353	0,846	2,500	2,114
15/04/2012	0,368	0,927	0,349	0,341	0,690	3,650	2,519
16/04/2012	0,365	0,907	0,178	0,331	0,509	4,490	2,286
17/04/2012	0,361	0,897	0,081	0,324	0,405	3,520	1,425
18/04/2012	0,358	0,893	0,065	0,320	0,385	2,300	0,885
19/04/2012	0,354	0,903	0,190	0,320	0,510	2,360	1,203
20/04/2012	0,351	0,894	0,141	0,314	0,454	2,450	1,114
21/04/2012	0,347	0,886	0,091	0,307	0,399	2,300	0,916
22/04/2012	0,344	0,876	0,068	0,301	0,370	2,850	1,053
23/04/2012	0,341	0,87	0,045	0,297	0,341	2,140	0,731
24/04/2012	0,337	0,86	0,065	0,290	0,354	3,330	1,182
25/04/2012	0,334	0,895	0,334	0,299	0,633	1,720	1,089
26/04/2012	0,33	0,929	0,464	0,307	0,771	1,460	1,125
27/04/2012	0,327	0,941	0,581	0,308	0,888	1,760	1,564
28/04/2012	0,323	0,95	0,609	0,307	0,916	2,330	2,134
29/04/2012	0,32	0,936	0,555	0,300	0,854	2,320	1,982
30/04/2012	0,316	0,919	0,442	0,290	0,733	2,970	2,175
01/05/2012	0,313	0,916	0,371	0,287	0,657	2,630	1,730
02/05/2012	0,313	0,958	0,675	0,300	0,974	1,810	1,764
03/05/2012	0,313	0,951	0,527	0,298	0,825	1,870	1,542
04/05/2012	0,313	0,979	0,650	0,306	0,956	2,880	2,755
05/05/2012	0,313	0,976	0,553	0,305	0,858	2,370	2,035
06/05/2012	0,313	0,954	0,428	0,299	0,726	3,640	2,645
07/05/2012	0,313	0,983	0,471	0,308	0,779	1,480	1,152
08/05/2012	0,313	0,97	0,421	0,304	0,724	3,560	2,580
09/05/2012	0,313	0,951	0,271	0,298	0,569	5,260	2,991
10/05/2012	0,313	0,938	0,127	0,294	0,421	5,760	2,423
11/05/2012	0,313	0,931	0,088	0,291	0,379	4,280	1,624
12/05/2012	0,313	0,915	0,068	0,286	0,354	5,120	1,815
13/05/2012	0,313	0,907	0,062	0,284	0,346	5,340	1,847
14/05/2012	0,313	0,896	0,059	0,280	0,340	6,150	2,088
15/05/2012	0,313	0,887	0,057	0,278	0,334	5,650	1,891
16/05/2012	0,313	0,874	0,057	0,274	0,331	6,920	2,287
17/05/2012	0,313	0,871	0,053	0,273	0,326	3,890	1,267
18/05/2012	0,313	0,866	0,056	0,271	0,327	4,540	1,485
19/05/2012	0,313	0,878	0,172	0,275	0,446	3,140	1,403
20/05/2012	0,313	0,898	0,296	0,281	0,577	2,780	1,604
21/05/2012	0,313	0,887	0,226	0,278	0,504	3,940	1,984
22/05/2012	0,313	0,876	0,140	0,274	0,414	5,150	2,133
23/05/2012	0,313	0,864	0,093	0,270	0,363	5,920	2,152

24/05/2012	0,313	0,862	0,071	0,270	0,340	5,650	1,926
25/05/2012	0,313	0,861	0,067	0,269	0,336	5,180	1,743
26/05/2012	0,313	0,847	0,059	0,265	0,324	4,860	1,575
27/05/2012	0,313	0,848	0,058	0,265	0,324	4,760	1,539
28/05/2012	0,313	0,845	0,058	0,264	0,322	5,950	1,919
29/05/2012	0,313	0,846	0,057	0,265	0,322	4,890	1,574
30/05/2012	0,313	0,845	0,056	0,264	0,320	5,410	1,734
31/05/2012	0,313	0,845	0,056	0,264	0,320	5,040	1,615
01/06/2012	0,313	0,839	0,057	0,263	0,320	6,770	2,164
02/06/2012	0,313	0,83	0,053	0,260	0,313	3,940	1,232
03/06/2012	0,313	0,83	0,054	0,260	0,313	5,000	1,569
04/06/2012	0,313	0,813	0,056	0,254	0,310	6,060	1,881
05/06/2012	0,313	0,81	0,055	0,254	0,309	6,360	1,962
06/06/2012	0,313	0,815	0,053	0,255	0,308	3,900	1,202
07/06/2012	0,313	0,816	0,054	0,255	0,310	4,600	1,423
08/06/2012	0,313	0,816	0,055	0,255	0,310	5,190	1,611
09/06/2012	0,313	0,802	0,056	0,251	0,307	5,230	1,606
10/06/2012	0,313	0,804	0,054	0,252	0,305	4,740	1,449
11/06/2012	0,313	0,805	0,058	0,252	0,310	5,380	1,668
12/06/2012	0,313	0,804	0,057	0,252	0,308	5,510	1,701
13/06/2012	0,313	0,803	0,057	0,251	0,308	6,450	1,989
14/06/2012	0,313	0,805	0,056	0,252	0,307	4,530	1,395
15/06/2012	0,313	0,8	0,056	0,250	0,307	5,860	1,796
16/06/2012	0,313	0,787	0,055	0,246	0,302	5,080	1,531
17/06/2012	0,313	0,775	0,056	0,243	0,299	5,580	1,666
18/06/2012	0,313	0,766	0,055	0,240	0,294	4,650	1,371
19/06/2012	0,313	0,753	0,056	0,236	0,292	5,660	1,651
20/06/2012	0,313	0,741	0,057	0,232	0,289	5,970	1,725
21/06/2012	0,313	0,742	0,055	0,232	0,287	5,800	1,666
22/06/2012	0,313	0,74	0,057	0,232	0,288	6,660	1,922
23/06/2012	0,313	0,722	0,057	0,226	0,283	7,000	1,981
24/06/2012	0,313	0,718	0,057	0,225	0,281	7,600	2,141
25/06/2012	0,313	0,722	0,054	0,226	0,280	5,700	1,596
26/06/2012	0,313	0,722	0,054	0,226	0,280	6,300	1,764
27/06/2012	0,313	0,716	0,056	0,224	0,280	7,630	2,137
28/06/2012	0,313	0,718	0,055	0,225	0,280	6,150	1,720
29/06/2012	0,313	0,721	0,055	0,226	0,280	5,620	1,577
30/06/2012	0,313	0,71	0,055	0,222	0,277	4,660	1,292
01/07/2012	0,313	0,708	0,056	0,222	0,278	6,740	1,871
02/07/2012	0,313	0,709	0,056	0,222	0,278	6,580	1,829
03/07/2012	0,313	0,708	0,056	0,222	0,278	6,900	1,915
04/07/2012	0,313	0,71	0,056	0,222	0,278	6,340	1,764
05/07/2012	0,313	0,711	0,057	0,223	0,279	6,470	1,809
06/07/2012	0,313	0,712	0,056	0,223	0,279	6,510	1,815

07/07/2012	0,313	0,7	0,054	0,219	0,273	5,450	1,488
08/07/2012	0,313	0,698	0,056	0,218	0,274	6,380	1,751
09/07/2012	0,313	0,697	0,056	0,218	0,274	6,270	1,719
10/07/2012	0,313	0,698	0,055	0,218	0,274	5,720	1,564
11/07/2012	0,313	0,697	0,056	0,218	0,274	6,160	1,689
12/07/2012	0,313	0,695	0,056	0,218	0,273	6,540	1,789
13/07/2012	0,313	0,692	0,058	0,217	0,274	7,150	1,963
14/07/2012	0,313	0,675	0,056	0,211	0,268	7,080	1,892
15/07/2012	0,313	0,672	0,056	0,210	0,266	7,240	1,928
16/07/2012	0,313	0,668	0,056	0,209	0,265	7,690	2,038
17/07/2012	0,313	0,665	0,054	0,208	0,262	7,590	1,990
18/07/2012	0,313	0,658	0,056	0,206	0,262	8,650	2,266
19/07/2012	0,313	0,653	0,056	0,204	0,261	8,580	2,234
20/07/2012	0,313	0,649	0,057	0,203	0,260	7,980	2,076
21/07/2012	0,313	0,632	0,057	0,198	0,254	7,880	2,008
22/07/2012	0,313	0,629	0,056	0,197	0,253	7,780	1,967
23/07/2012	0,313	0,63	0,055	0,197	0,252	6,620	1,669
24/07/2012	0,313	0,632	0,054	0,198	0,252	5,700	1,435
25/07/2012	0,313	0,632	0,055	0,198	0,252	6,400	1,618
26/07/2012	0,313	0,635	0,053	0,199	0,251	5,470	1,377
27/07/2012	0,313	0,642	0,052	0,201	0,253	3,950	0,999
28/07/2012	0,313	0,631	0,052	0,198	0,249	4,600	1,148
29/07/2012	0,313	0,628	0,055	0,197	0,252	6,620	1,665
30/07/2012	0,313	0,629	0,054	0,197	0,251	6,320	1,586
31/07/2012	0,313	0,629	0,055	0,197	0,252	6,260	1,577
01/08/2012	0,313	0,633	0,056	0,198	0,254	6,490	1,649
02/08/2012	0,313	0,626	0,055	0,196	0,251	7,000	1,757
03/08/2012	0,313	0,622	0,057	0,195	0,251	7,220	1,817
04/08/2012	0,313	0,607	0,056	0,190	0,246	7,190	1,769
05/08/2012	0,313	0,609	0,054	0,191	0,245	5,650	1,382
06/08/2012	0,313	0,608	0,054	0,190	0,245	6,010	1,468
07/08/2012	0,313	0,597	0,000	0,187	0,187	6,550	1,224
08/08/2012	0,313	0,586	0,000	0,183	0,183	6,570	1,205
09/08/2012	0,313	0,571	0,055	0,179	0,233	7,120	1,664
10/08/2012	0,313	0,568	0,054	0,178	0,232	6,770	1,569
11/08/2012	0,313	0,58	0,054	0,182	0,235	7,180	1,691
12/08/2012	0,313	0,595	0,054	0,186	0,240	6,200	1,489
13/08/2012	0,313	0,611	0,053	0,191	0,245	5,350	1,307
14/08/2012	0,313	0,622	0,053	0,195	0,247	5,090	1,261
15/08/2012	0,313	0,645	0,155	0,202	0,357	1,930	0,689
16/08/2012	0,313	0,655	0,148	0,205	0,353	5,580	1,970
17/08/2012	0,313	0,659	0,079	0,206	0,285	5,870	1,675
18/08/2012	0,313	0,665	0,063	0,208	0,271	5,400	1,464
19/08/2012	0,313	0,671	0,057	0,210	0,267	5,210	1,391
20/08/2012	0,313	0,674	0,058	0,211	0,269	6,040	1,625
21/08/2012	0,313	0,658	0,054	0,206	0,260	6,840	1,778
22/08/2012	0,313	0,658	0,055	0,206	0,261	6,080	1,587
23/08/2012	0,313	0,669	0,055	0,209	0,264	5,720	1,512
24/08/2012	0,313	0,676	0,054	0,212	0,266	5,010	1,331

25/08/2012	0,313	0,686	0,060	0,215	0,275	4,810	1,321
26/08/2012	0,313	0,691	0,059	0,216	0,275	5,570	1,533
27/08/2012	0,313	0,699	0,058	0,219	0,277	4,430	1,226
28/08/2012	0,313	0,688	0,054	0,215	0,269	4,830	1,301
29/08/2012	0,313	0,692	0,055	0,217	0,271	5,580	1,516
30/08/2012	0,313	0,695	0,055	0,218	0,273	6,280	1,712
31/08/2012	0,313	0,695	0,055	0,218	0,272	7,140	1,946
01/09/2012	0,313	0,697	0,054	0,218	0,272	7,150	1,946
02/09/2012	0,313	0,698	0,054	0,218	0,272	7,220	1,967
03/09/2012	0,313	0,701	0,054	0,219	0,273	6,650	1,818
04/09/2012	0,313	0,685	0,053	0,214	0,267	6,630	1,773
05/09/2012	0,313	0,69	0,053	0,216	0,268	6,010	1,617
06/09/2012	0,313	0,695	0,053	0,218	0,270	5,780	1,564
07/09/2012	0,313	0,684	0,052	0,214	0,266	4,780	1,272
08/09/2012	0,313	0,693	0,050	0,217	0,267	4,350	1,161
09/09/2012	0,313	0,703	0,050	0,220	0,270	3,830	1,034
10/09/2012	0,313	0,711	0,050	0,223	0,272	3,900	1,063
11/09/2012	0,313	0,7	0,051	0,219	0,270	4,540	1,226
12/09/2012	0,313	0,704	0,052	0,220	0,273	5,670	1,544
13/09/2012	0,313	0,707	0,053	0,221	0,274	6,330	1,736
14/09/2012	0,313	0,696	0,001	0,218	0,219	5,990	1,311
15/09/2012	0,313	0,684	0,000	0,214	0,214	6,300	1,349
16/09/2012	0,313	0,676	0,000	0,212	0,212	4,640	0,982
17/09/2012	0,313	0,671	0,000	0,210	0,210	3,420	0,718
18/09/2012	0,313	0,661	0,000	0,207	0,207	4,890	1,012
19/09/2012	0,313	0,654	0,000	0,205	0,204	4,500	0,921
20/09/2012	0,313	0,648	0,000	0,203	0,203	3,720	0,755
21/09/2012	0,313	0,642	0,000	0,201	0,201	3,260	0,655
22/09/2012	0,313	0,634	0,000	0,198	0,198	4,310	0,855
23/09/2012	0,313	0,826	0,586	0,259	0,845	1,870	1,579
24/09/2012	0,313	0,801	0,585	0,251	0,835	3,240	2,708
25/09/2012	0,313	0,867	0,587	0,271	0,858	2,420	2,077
26/09/2012	0,313	0,88	0,562	0,275	0,837	2,820	2,362
27/09/2012	0,313	0,883	0,570	0,276	0,846	2,720	2,302
28/09/2012	0,313	0,913	0,500	0,286	0,785	1,180	0,927
29/09/2012	0,313	0,898	0,560	0,281	0,841	2,760	2,321
30/09/2012	0,313	0,872	0,568	0,273	0,841	3,500	2,943
01/10/2012	0,313	0,851	0,483	0,266	0,749	3,300	2,473
02/10/2012	0,313	0,837	0,221	0,262	0,483	3,180	1,536
03/10/2012	0,313	0,827	0,110	0,259	0,369	3,240	1,195
04/10/2012	0,313	0,818	0,053	0,256	0,309	3,360	1,038
05/10/2012	0,313	0,809	0,025	0,253	0,278	3,540	0,985
06/10/2012	0,313	0,803	0,009	0,251	0,260	2,880	0,750
07/10/2012	0,313	0,795	0,005	0,249	0,254	3,530	0,896
08/10/2012	0,313	0,788	0,002	0,247	0,249	3,360	0,835
09/10/2012	0,313	0,782	0,001	0,245	0,246	2,840	0,698
10/10/2012	0,313	0,776	0,000	0,243	0,243	2,810	0,683

11/10/2012	0,315	0,796	0,193	0,251	0,444	2,440	1,083
12/10/2012	0,317	0,787	0,121	0,249	0,371	2,980	1,104
13/10/2012	0,32	0,78	0,074	0,250	0,324	2,880	0,932
14/10/2012	0,322	0,777	0,052	0,250	0,302	2,180	0,659
15/10/2012	0,324	0,768	0,033	0,249	0,283	3,100	0,874
16/10/2012	0,327	0,764	0,015	0,250	0,265	2,250	0,596
17/10/2012	0,329	0,851	0,594	0,280	0,874	1,930	1,687
18/10/2012	0,331	1	0,508	0,331	0,840	0,660	0,554
19/10/2012	0,334	1	0,537	0,334	0,871	1,570	1,367
20/10/2012	0,336	1	0,551	0,336	0,887	1,870	1,659
21/10/2012	0,338	1	0,570	0,338	0,908	1,360	1,235
22/10/2012	0,34	1	0,519	0,340	0,860	1,320	1,134
23/10/2012	0,343	1	0,585	0,343	0,928	2,990	2,775
24/10/2012	0,345	1	0,534	0,345	0,879	1,750	1,538
25/10/2012	0,347	1	0,528	0,347	0,875	0,950	0,831
26/10/2012	0,35	1	0,542	0,350	0,892	1,320	1,177
27/10/2012	0,352	1	0,556	0,352	0,907	1,710	1,553
28/10/2012	0,354	1	0,567	0,354	0,922	2,360	2,174
29/10/2012	0,356	1	0,569	0,356	0,926	1,850	1,711
30/10/2012	0,359	1	0,535	0,359	0,893	1,620	1,448
31/10/2012	0,361	1	0,532	0,361	0,893	1,290	1,152
01/11/2012	0,363	1	0,525	0,363	0,888	1,520	1,350
02/11/2012	0,366	1	0,543	0,366	0,908	1,100	1,000
03/11/2012	0,368	1	0,539	0,368	0,906	0,710	0,644
04/11/2012	0,37	1	0,562	0,370	0,932	1,040	0,969
05/11/2012	0,373	1	0,516	0,373	0,889	0,930	0,827
06/11/2012	0,375	1	0,547	0,375	0,921	1,780	1,641
07/11/2012	0,377	1	0,542	0,377	0,919	0,710	0,652
08/11/2012	0,379	1	0,509	0,379	0,889	0,840	0,746
09/11/2012	0,382	1	0,522	0,382	0,903	0,940	0,850
10/11/2012	0,384	1	0,532	0,384	0,916	1,060	0,971
11/11/2012	0,386	1	0,545	0,386	0,931	1,610	1,499
12/11/2012	0,389	1	0,555	0,389	0,943	1,920	1,812
13/11/2012	0,391	1	0,544	0,391	0,935	1,670	1,561
14/11/2012	0,393	1	0,540	0,393	0,933	1,640	1,530
15/11/2012	0,395	1	0,559	0,395	0,955	1,190	1,135
16/11/2012	0,398	1	0,554	0,398	0,952	0,590	0,562
17/11/2012	0,4	1	0,534	0,400	0,934	0,610	0,570
18/11/2012	0,402	1	0,546	0,402	0,948	1,310	1,242
19/11/2012	0,405	1	0,515	0,405	0,920	1,020	0,938
20/11/2012	0,407	1	0,522	0,407	0,929	0,830	0,771
21/11/2012	0,409	1	0,518	0,409	0,927	1,090	1,010
22/11/2012	0,411	1	0,533	0,411	0,944	0,980	0,925
23/11/2012	0,414	1	0,537	0,414	0,951	0,780	0,742
24/11/2012	0,416	1	0,512	0,416	0,928	0,790	0,733
25/11/2012	0,418	1	0,508	0,418	0,926	0,710	0,657
26/11/2012	0,421	1	0,502	0,421	0,923	0,740	0,683

27/11/2012	0,423	1	0,516	0,423	0,939	0,840	0,789
28/11/2012	0,425	1	0,531	0,425	0,956	1,000	0,956
29/11/2012	0,428	1	0,521	0,428	0,948	1,130	1,072
30/11/2012	0,43	1	0,493	0,430	0,922	0,620	0,572
01/12/2012	0,432	1	0,521	0,432	0,953	1,050	1,001
02/12/2012	0,434	1	0,519	0,434	0,953	0,900	0,858
03/12/2012	0,437	1	0,473	0,437	0,910	0,970	0,883
04/12/2012	0,439	1	0,439	0,439	0,878	0,820	0,720
05/12/2012	0,441	1	0,405	0,441	0,847	0,790	0,668
06/12/2012	0,444	1	0,498	0,444	0,942	0,590	0,556
07/12/2012	0,446	1	0,522	0,446	0,968	0,880	0,852
08/12/2012	0,448	1	0,524	0,448	0,972	0,810	0,787
09/12/2012	0,45	1	0,530	0,450	0,980	0,830	0,813
10/12/2012	0,453	1	0,528	0,453	0,980	0,950	0,932
11/12/2012	0,455	1	0,525	0,455	0,980	0,760	0,745
12/12/2012	0,457	1	0,520	0,457	0,977	0,640	0,625
13/12/2012	0,46	1	0,539	0,460	0,999	0,820	0,819
14/12/2012	0,462	1	0,519	0,462	0,981	0,730	0,716
15/12/2012	0,464	1	0,489	0,464	0,954	0,820	0,781
16/12/2012	0,467	1	0,513	0,467	0,979	0,800	0,784
17/12/2012	0,469	1	0,464	0,469	0,933	0,670	0,625
18/12/2012	0,471	1	0,482	0,471	0,953	0,670	0,639
19/12/2012	0,473	1	0,505	0,473	0,978	0,720	0,704
20/12/2012	0,476	1	0,509	0,476	0,985	1,000	0,985
21/12/2012	0,478	1	0,502	0,478	0,980	0,770	0,755
22/12/2012	0,48	1	0,519	0,480	0,999	0,880	0,879
23/12/2012	0,483	1	0,534	0,483	1,017	0,980	0,997
24/12/2012	0,485	1	0,536	0,485	1,021	1,200	1,225
25/12/2012	0,487	1	0,521	0,487	1,008	0,890	0,897
26/12/2012	0,489	1	0,518	0,489	1,008	0,900	0,906
27/12/2012	0,492	1	0,548	0,492	1,040	1,000	1,040
28/12/2012	0,494	1	0,545	0,494	1,039	1,060	1,101
29/12/2012	0,496	1	0,531	0,496	1,027	0,760	0,781
30/12/2012	0,499	1	0,522	0,499	1,021	0,810	0,827
31/12/2012	0,501	1	0,507	0,501	1,008	0,560	0,564