

# MEDIÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM COBERTOS DESCONTÍNUOS

## Necessidades de rega em pomar de pessegueiro

Teresa A. do PAÇO

*Eng<sup>a</sup> Agrónoma, UTL, ISA, Tapada da Ajuda, 1349-017, Lisboa, +351.1.3653335, tapaco@isa.utl.pt*

M. Isabel F. R. FERREIRA

*Prof. Cat., UTL, ISA, Tapada da Ajuda, 1349-017, Lisboa, +351.1.3653476, isabelferreira@isa.utl.pt*

### RESUMO

Na realização da rega, a actividade agrícola consome a maior parte dos recursos hídricos disponíveis, sendo o utilizador mais importante face aos abastecimentos urbano e industrial. A sobrestimativa das necessidades de rega conduz a um desperdício, o que poderá obviar-se mediante o aumento da eficiência e da precisão na programação da rega, aproximando as estimativas das necessidades hídricas das plantas às suas necessidades reais. Tal está implicitamente relacionado com o conhecimento da evapotranspiração (*ET*) das culturas.

Em cobertos descontínuos lenhosos, a medição da *ET* apresenta maiores dificuldades do que noutros cobertos, existindo um menor número de métodos disponíveis; pela escassez de informação disponível, a estimativa apresenta, por vezes, alguns desajustamentos. A medição directa da *ET* poderá permitir tornar mais rigorosos os métodos de estimativa, necessários a uma utilização mais generalizada ao nível das regiões e das explorações agrícolas.

O presente trabalho aborda esta problemática no caso concreto dos pomares. Mediu-se e estimou-se a *ET* de um pomar de pessegueiros, com o objectivo de desenvolver modelos simples de programação da rega, que permitissem saber, com um maior rigor, em relação aos critérios até então utilizados, quanto regar. Para a medição da *ET*, utilizou-se um método micrometeorológico, durante períodos restritos ao longo da estação de rega, usado como referência, para quantificar a *ET* para períodos alargados, a partir da medição contínua da transpiração e da medição da evaporação do solo. Esta abordagem permitiu quantificar os consumos hídricos e identificar diferenças em relação a um processo de estimativa frequentemente utilizado em agricultura regada.

**Palavras-chave:** evapotranspiração, rega, pessegueiro, fluxo de seiva, coeficiente cultural

## 1 - INTRODUÇÃO

A água assume uma importância fundamental no desenvolvimento e sustentabilidade a uma escala global. É um recurso limitado e que tende a tornar-se cada vez mais escasso, para o que contribui o crescimento constante da população e o conseqüente aumento da procura de alimentos que, por sua vez, tem levado à expansão da agricultura regada. Cerca de 40% dos alimentos disponíveis são produzidos recorrendo à rega, representando a área regada cerca de 18% da área agricultada total (POSTEL, 2001). Na realização da rega, a actividade agrícola consome a maior parte dos recursos hídricos disponíveis a nível mundial. Em Portugal, de acordo com o *Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água* (INSTITUTO DA ÁGUA, 2001), a agricultura é responsável pela utilização de um volume de água correspondente a 87% do total, sendo o consumidor mais importante face às utilizações registadas para os abastecimentos urbano e industrial. Face aos outros sectores, o sector agrícola apresenta porém a vantagem de devolver à atmosfera, pelo processo de evaporação, grande parte da água utilizada, sem a carga poluente patente nos outros usos.

A sobrestimativa das necessidades de rega conduz a um desperdício da água disponível, com um aumento dos custos de produção e com indesejáveis conseqüências ao nível do ambiente e da gestão dos recursos naturais. A melhoria da produtividade da água no sector agrícola pode ser conseguida através do aumento da eficiência e da precisão na programação da rega, o que implica a aproximação das estimativas das necessidades hídricas das plantas às suas necessidades reais. No nosso país, existe um vasto conjunto de medidas propostas, para que seja possível melhorar a eficiência de utilização da água na agricultura, nos próximos dez anos, de 58 para 66% (INSTITUTO DA ÁGUA, 2001). Neste contexto, é salientada a importância da adequação dos volumes de rega às necessidades hídricas das culturas, adequação essa que está implicitamente relacionada com o conhecimento da evapotranspiração das culturas. A oportunidade e o volume da rega são muito frequentemente decididos nas explorações agrícolas com base numa análise subjectiva, assente num processo de tentativa, erro e correcção, oferecendo o procedimento empírico de determinação das necessidades de rega uma margem para melhoria. A adequação dos volumes de rega às necessidades hídricas está implicitamente relacionada com o conhecimento da evapotranspiração (*ET*) das culturas. O Instituto da Água (INSTITUTO DA ÁGUA, 2001) considera que a disponibilidade de informação sobre a evapotranspiração das culturas permitiria poupar, em média, 20% da água consumida pela rega, no nosso país.

Na programação da rega, tem sido frequentemente utilizada a estimativa da evapotranspiração, calculada a partir dos dados climáticos da região e de uma cultura de referência, de características conhecidas. A evapotranspiração assim estimada é então afectada por um coeficiente relativo à cultura em questão, o coeficiente cultural, obtendo-se a evapotranspiração da cultura (DOORENBOS e PRUITT, 1977; ALLEN *et al.*, 1998). Esta metodologia tem demonstrado resultados relativamente bons em muitas situações, sobretudo em cobertos baixos e uniformes. No caso de culturas com um certo desenvolvimento acima do nível do solo e anisotrópicas, como é o caso dos cobertos esparsos lenhosos (por exemplo, vinhas e pomares), verifica-se por vezes um apreciável desajustamento nas estimativas.

Em cobertos descontínuos lenhosos, a medição da *ET* apresenta maiores dificuldades do que em cobertos baixos e heterogéneos (FERREIRA, 1996). A medição directa da *ET* permite porém ajustar os métodos de estimativa, tornando-os mais rigorosos.

O presente trabalho aborda esta problemática no caso concreto dos pomares. Mediu-se e estimou-se a *ET* de um pomar de pessegueiros, tendo em vista o ajustamento de modelos simples de programação da rega, ou novas abordagens, que permitissem conhecer, com um maior rigor, em relação aos critérios até então disponíveis, quanto regar. Para a medição da *ET* utilizou-se um método micrometeorológico (método das flutuações instantâneas, *eddy*

*covariance*, na nomenclatura anglo-saxónica) durante períodos restritos ao longo da estação de rega. Este método permite a medição directa da *ET* mas implica a utilização de sensores caros e requer uma avaliação cuidada das condições de medição, não sendo um método adequado para medições de rotina. Assim, foi utilizado como referência, para a estimativa da *ET* para períodos alargados, a partir da medição contínua da transpiração (medição do fluxo de seiva) e da medição da evaporação do solo (microlisímetros). Para a medição do fluxo de seiva, recorreu-se ao método de *Granier* (GRANIER, 1985, 1987) que, em relação a outros métodos de medição do fluxo de seiva, utiliza sensores de baixo custo, permitindo aumentar o número de árvores amostradas. Relativamente ao método das flutuações instantâneas, o método de *Granier* apresenta a vantagem de permitir medições contínuas automatizáveis, durante períodos longos. Informações adicionais sobre este método podem ser encontradas em FERREIRA e SILVESTRE (2004), neste volume.

Pretendeu-se aliar a precisão do método das flutuações instantâneas à facilidade de utilização e possibilidade de recolha de informação de forma contínua dos sensores de fluxo de seiva, relacionando os resultados de ambos. Esta estratégia experimental permitiu a obtenção de parâmetros e/ou modelos simples que permitissem caracterizar o consumo hídrico da cultura durante períodos prolongados, contribuindo para enriquecer a informação de base necessária à utilização sustentável dos recursos hídricos.

## 2 – MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho experimental decorreu sobretudo durante o Verão, dos anos de 1998 e 1999, tendo-se realizado ainda uma pequena parte no ano de 2001.

### 2.1 – Caracterização do pomar

O coberto vegetal analisado foi um pomar de pessegueiros (*Prunus persica* (L.) Batsch) localizado a cerca de 15 km a este da cidade do Montijo (latitude 38° 42' N, longitude 8° 48' O). As árvores eram da variedade *Silver King* (figura 1) colocada no porta-enxerto *GF 677* e foram plantadas em 1996, com um compasso de 5 x 2 m, em solo arenoso (figura 2). Esta variedade é uma nectarina de polpa branca, que apresenta maturação precoce. Durante as observações, a altura média dos ramos mais altos era de cerca de 3.0 a 3.5 m, acima do nível da superfície do solo na zona da entrelinha. O sistema de rega era um sistema gota-a-gota, com gotejadores espaçados de um metro (2000 gotejadores/ha), suspensos sobre a linha, a cerca de 0.3 m da superfície do câmor.



Figura 1 – Fotografia dos frutos de pessegueiro do pomar em estudo (variedade *Silver King*).

As linhas estavam orientadas segundo uma direcção que fazia um ângulo de 13° com a direcção norte (13° NNE). Os ventos dominantes na região, no Verão, são geralmente oriundos do quadrante formado pelas direcções norte e oeste. A zona escolhida para implantação do ensaio experimental teve em atenção a existência de uma superfície uniforme de extensão suficiente na direcção dos ventos dominantes, para a realização de medições pelo método das flutuações instantâneas.



Figura 2 – Aspecto das linhas de plantação do pomar em estudo.

## 2.2 – Método micrometeorológico das flutuações instantâneas

O método das flutuações instantâneas (SWINBANK, 1951) permite a obtenção dos fluxos de calor latente (evapotranspiração) e de calor sensível, a partir da medição das flutuações da componente vertical da velocidade do vento, da temperatura e da humidade absoluta (vd. descrição em ROSENBERG *et al.*, 1983 e PAÇO, 2003, p. ex.). Para estas medições, foram utilizados um anemómetro sónico mono-dimensional, um microtermopar de resposta rápida de 12.7 µm de espessura e um higrómetro de cripton, respectivamente (modelos CA27, 127 e KH20, *Campbell Scientific, Inc.* Logan, UT, EUA). Os sensores foram colocados numa torre metálica de observações a 4,5 m de altura, orientados na direcção dos ventos dominantes. Os dados recolhidos foram armazenados num sistema de aquisição de dados 21X (*Campbell Scientific, Inc.* Logan, UT, EUA). Utilizaram-se frequências de medição de 5 e 10 Hz, cuja adequação foi confirmada por análise espectral.

Os dados obtidos foram seleccionados mediante a realização de uma análise de 'pegada', de acordo com a metodologia indicada em SCHUEPP *et al.* (1990), tendo sido determinadas as direcções em que o *fetch* não era adequado para a obtenção de resultados viáveis. Os dados obtidos em dias de vento dominante oriundo dessas direcções (S, SE, E e NE) foram excluídos.

Para a validação dos dados, foi verificado o balanço de energia da superfície, para o que se realizaram ainda medições do balanço de radiação e do fluxo de calor para o solo, conforme descrito em PAÇO (2003). Realizou-se a correcção preconizada por WEBB *et al.* (1980) para a variação da densidade do ar e a correcção para a absorção de radiação ultravioleta pelo oxigénio, segundo TANNER *et al.* (1993).

## 2.3 – Método de Granier

A medição do fluxo de seiva pelo método de *Granier* decorreu de forma contínua durante os períodos em que se realizaram os ensaios experimentais. As medições foram interrompidas

apenas durante períodos curtos de tempo, para registo dos gradientes térmicos naturais, utilizáveis em posteriores correcções, ou por razões acidentais.

Em 1998, foram instaladas 6 sondas com o comprimento de 1 cm, em igual número de árvores. Em 1999, utilizaram-se cinco sondas, com o comprimento de 2 cm. Os dados foram medidos a cada 10 segundos e as médias de 30 minutos recolhidas por um sistema de aquisição de dados CR10 (*Campbell Scientific, Inc.*, Logan, UT. EUA). Os resultados foram corrigidos tendo em conta o perfil radial de fluxo de seiva de acordo com FERREIRA *et al.* (1998) e como descrito em PAÇO (2003). Usaram-se os parâmetros de GRANIER (1985, 1987).



Figura 3 – Sensores de *Granier* instalados no tronco das árvores; à direita com cobertura reflectora para isolamento.

#### 2.4 – Medição da evaporação do solo

A evaporação do solo foi medida através da utilização de nove microlisímetros cilíndricos, com 0.15 m de diâmetro interno e 0.12 m de altura, construídos e utilizados como descrito em DAAMEN *et al.* (1993). Cinco lisímetros foram colocados sobre a linha de árvores, entre duas plantas, e os outros quatro na entrelinha. A estimativa da evaporação, para dias em que não se realizaram medições, foi obtida a partir de um modelo empírico desenvolvido para as condições do local (CONCEIÇÃO, 2001; PAÇO, 2003).

#### 2.5 – Observações meteorológicas e cálculo da evapotranspiração de referência

No local do ensaio foram instalados sensores meteorológicos para medir a velocidade horizontal e a direcção do vento (anemómetro A100R e catavento W200P, respectivamente – *Vector Instruments*, Rhyl, Reino Unido), a temperatura e a humidade do ar (psicrómetro ventilado *standard*).

Para o cálculo da  $ET_o$ , utilizou-se o método de *Penman – Monteith* com parâmetros da relva (resistência estomática igual a  $0.70 \text{ s m}^{-1}$  e altura da relva igual a 0.12 m) de acordo com ALLEN *et al.* (1998), tendo-se aferido as observações na parcela em função das observações em parques meteorológicos circundantes.

### 3 – RESULTADOS

A análise da equação do balanço de energia da superfície permitiu determinar um erro de fecho inferior a 10%, para as séries de dados recolhidas utilizando o método das flutuações instantâneas (figura 4). Um erro de fecho desta magnitude é geralmente aceite como um indicativo de medições consistentes dos fluxos de calor latente por este método (THOMPSON *et al.*, 1999; TWINE *et al.*, 2000) e a precisão considerada suficiente para as utilizações agrícolas

(KIZER e ELLIOTT, 1991). Consequentemente, consideraram-se válidas, para o fim a que se destinam, as medições de fluxos efectuadas neste contexto.

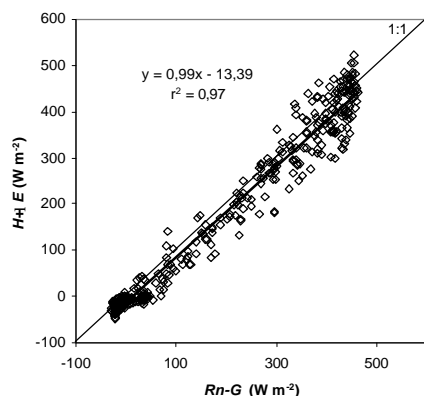


Figura 4 - Validação dos dados obtidos pelo método micrometeorológico das flutuações instantâneas, através da análise do erro de fecho da equação do balanço de energia da superfície; exemplo para um período de 9 dias em 1998;  $H$  – fluxo de calor sensível,  $LE$  – fluxo de calor latente,  $R_n$  – balanço da radiação,  $G$  – fluxo de calor para o solo.

Na figura 5, apresenta-se um exemplo da contribuição de cada componente para a equação do balanço de energia, ao longo do dia. Frequentemente, a meio do dia, a energia proveniente do balanço da radiação repartia-se igualmente pelos fluxos de calor para o solo ( $G$ ), de calor sensível ( $H$ ) e de calor latente ( $LE$ ).

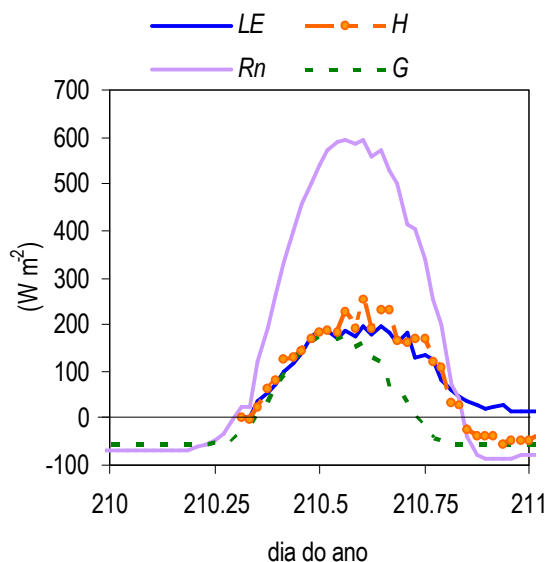


Figura 5 – Exemplo de medições semi-horárias dos termos da equação do balanço de energia, 1999.

As medições semi-horárias do fluxo de calor latente, realizadas com o método das flutuações instantâneas, foram convertidas na evapotranspiração diária, apresentando-se na figura 6 os resultados obtidos. A evapotranspiração medida ( $ET_{ec}$ ) variou entre 1.4 e 3.6 mm/dia em 1998 e entre 2.1 e 3.3 mm/dia em 1999. A  $ET_{ec}$  média foi próxima de 2.5 mm/dia para ambos os anos, nos períodos considerados.



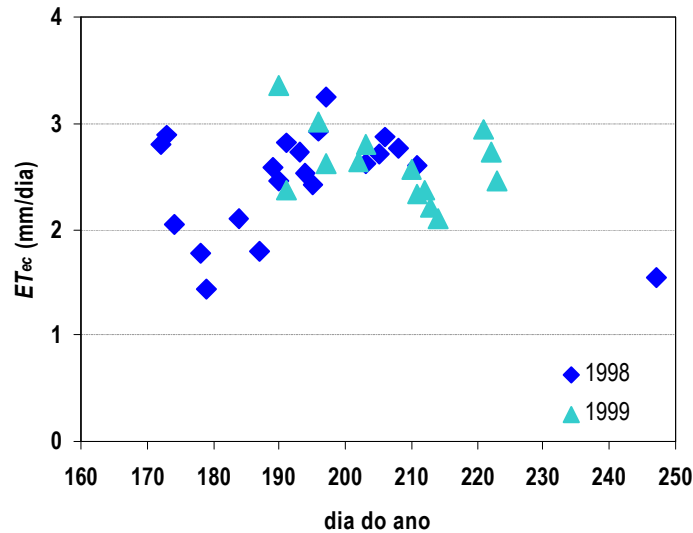


Figura 6 – Evapotranspiração do pomar medida pelo método micrometeorológico das flutuações instantâneas ( $ET_{ec}$ ).

A evaporação do solo, estimada para os períodos dos ensaios experimentais de acordo com o referido em (2.), aproximou-se de 0.3 mm/dia. A transpiração diária medida ao longo dos períodos experimentais, com o método de *Granier* foi inferior a 0.5 mm/dia. Estes resultados, fortemente subestimados, não foram considerados como absolutos.

Quando se comparam as medições de  $ET$  obtidas pelo método das flutuações instantâneas e as medições obtidas pelo método de *Granier* ( $T_G$ ), à escala de tempo horária, verifica-se a existência de um subestimativa acentuada, por parte deste último método (figura 7): sistematicamente,  $T_G$  apresenta a meio do dia uma plataforma de valores, que se mantêm aproximadamente constantes, mas acima dos quais  $ET_{ec}$  continua a aumentar. Desta forma, o método de *Granier* mediu uma transpiração de cerca de 1/5 da transpiração obtida a partir de  $ET_{ec}$  a que se subtrai a evaporação do solo ( $E_s$ ). No entanto, existe uma nítida correlação dos resultados obtidos pelo método das flutuações instantâneas com os obtidos pelo método de *Granier* (figura 8).

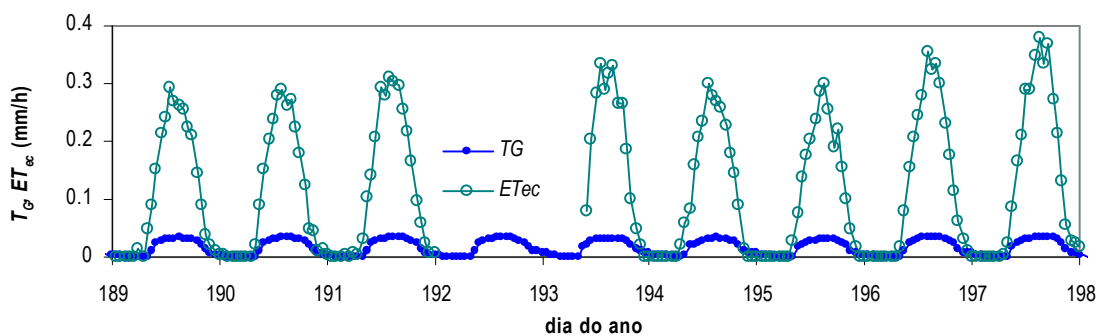


Figura 7 - Comparação entre  $ET_{ec}$  ( $ET$  medida pelo método das flutuações instantâneas) e  $T_G$  (transpiração medida pelo método de *Granier*).

A figura 8 mostra a relação entre a evapotranspiração e a transpiração, medidas pelo método das flutuações instantâneas ( $ET_{ec}$ ) e pelo método de *Granier* ( $T_G$ ), respectivamente. Obtiveram-se funções do tipo  $ET_{ec} - E_s = f(T_G)$ , que se utilizaram como modelo de estimativa da transpiração para o pomar de pessegueiro em estudo, durante os períodos experimentais de

1998 (figura 8a) e 1999 (figura 8b). A diferença nas duas equações é atribuída às reduzidas amostragens (medição do fluxo de seiva).

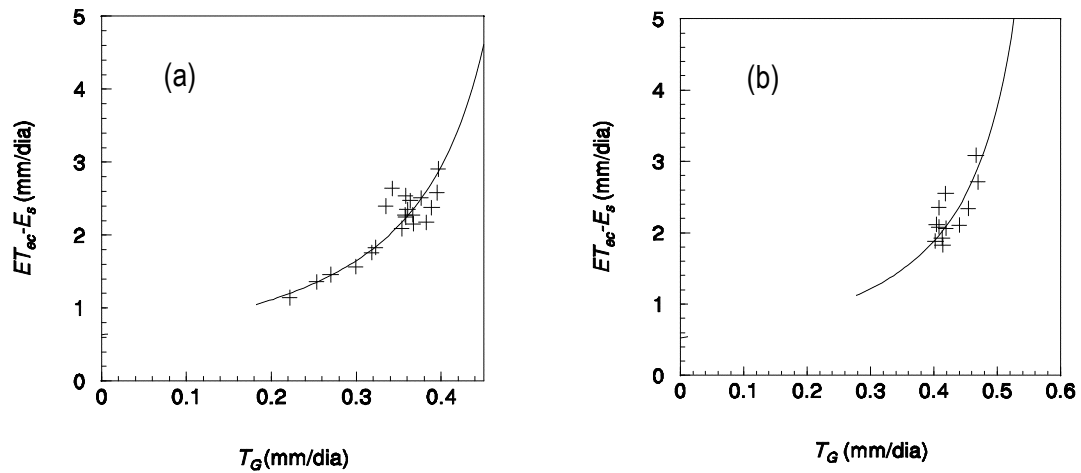


Figura 8 – Equação de estimativa da transpiração em função da medição pelo método de Granier; a) em 1998:  $ET_{ec} - E_s = 1/(-2.19 + 3.77 e^{-T_G})$  ( $r^2 = 0.89$ ); b) em 1999:  $ET_{ec} - E_s = 0.75/(-1.69 + 3.38 e^{-(T_G+0.08)})$  ( $r^2 = 0.95$ ).

A figura 9 mostra a  $ET$  estimada para as condições do pomar estudado, a partir das equações propostas para a estimativa da transpiração a partir do fluxo de seiva observado nas amostras consideradas (vd. figura 8) e da evaporação do solo. A  $ET$  média estimada foi igual a 2.3 mm/dia, em 1998 e 1.9 mm/dia em 1999, para os períodos em análise. De acordo com estas estimativas, o consumo hídrico das plantas no mês de ponta, considerado o mês de Julho, foi igual a 824 m<sup>3</sup>/ha em 1998 e a 732 m<sup>3</sup>/ha no ano seguinte.

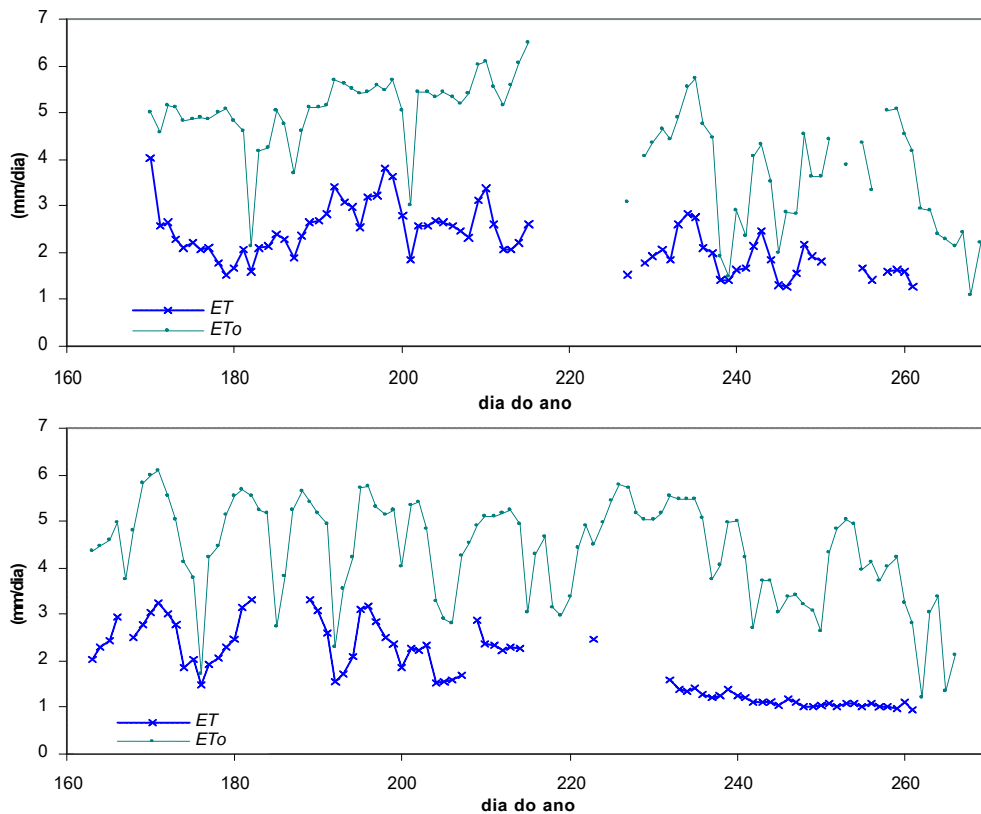


Figura 9 - Estimativas da evapotranspiração obtidas a partir de  $T_G$  corrigida e de  $E_s$ ;  $ET_o$  - evapotranspiração de referência.



## 4 – PROGRAMAÇÃO DA REGA

### 4.1 – Coeficientes culturais obtidos a partir da ET medida

As estimativas de  $ET$  ao longo do ciclo vegetativo, obtidas para o pomar em estudo, a partir dos modelos empíricos estabelecidos para a transpiração (vd. equações na figura 8) e para a  $E_s$  (como referido em 2) foram utilizadas para o cálculo diário de coeficientes culturais ( $K_c$ ) (figura 10). Os coeficientes culturais oscilaram entre 0.3 e 1, para os períodos entre o dia do ano 170 a 261, em 1998, e 163 a 223, em 1999, com um valor médio de cerca de 0.5. Para o mês de Julho,  $K_c$  variaria aproximadamente entre 0.4 e 0.7, sendo, em média, próximo de 0.5, em ambos os anos.

A determinação de coeficientes culturais realizada num pomar da mesma região (Águas de Moura), em 1994, forneceu valores entre 0.4 e 0.6, ou seja, numa gama muito semelhante, apesar de o método de medição da  $ET$  ser diferente (medição da transpiração pelo método do balanço de calor e medição da evaporação do solo com microlisímetros, com a obtenção de valores da  $ET$  total muito próximos da  $ET$  medida pelo método das flutuações instantâneas, durante um período curto) como descrito em FERREIRA *et al.*, (1996, 1997).

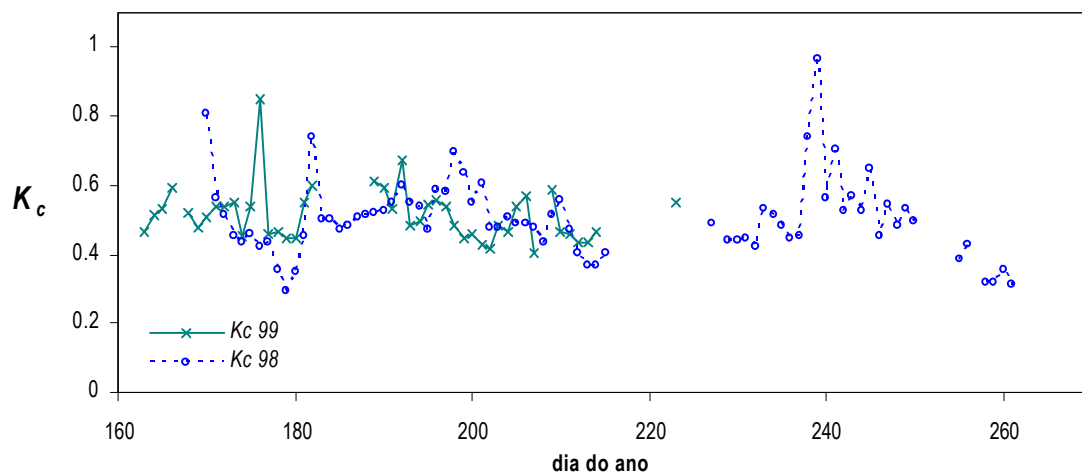


Figura 10 - Coeficientes culturais obtidos da evapotranspiração estimada através das relações entre  $ET_{ec}$ -  $E_s$  e  $T_G$ .

### 4.2 – Estimativa da evapotranspiração utilizando a metodologia FAO 56

Procedeu-se também à estimativa da  $ET$  do pomar utilizando o cálculo da evapotranspiração de referência e de coeficientes culturais, de acordo com Allen *et al.* (1998), método vulgarmente conhecido por FAO 56 (*FAO Irrigation and Drainage Paper 56*). O  $K_c$  obtido a partir de medições no pomar era mais baixo do que o tabelado em ALLEN *et al.* (1998) para pomar de pessegueiro – 0.9 – pelo que se procurou uma abordagem mais realista.

Assim, no âmbito desta metodologia, utilizou-se um procedimento de cálculo que recorre ao uso de um coeficiente cultural basal ( $K_{cb}$ ) e de um coeficiente de evaporação do solo ( $K_e$ ), separando, no  $K_c$ , a contribuição da planta e do solo ( $K_c = K_{cb} + K_e$ ). O processo usado para estimar a evapotranspiração cultural ( $ET_c$ ) diferiu ainda do processo geral, tendo sido seguidas as orientações FAO 56 para *vegetação natural ou atípica* (cap. 9) e utilizado, neste âmbito, um ajustamento para cobertos esparsos determinado a partir do grau de cobertura do solo pela vegetação (R. Allen, informação pessoal). O  $K_{cb}$  foi assim ajustado utilizando o valor medido no pomar para o grau de cobertura do solo (0.29). A determinação de  $K_e$  teve em conta as recomendações desta metodologia para a situação de rega diária.

Utilizando o ajustamento para cobertos esparsos, obteve-se um coeficiente cultural ( $K_c$ ) médio estimado de cerca de 0.7. Este  $K_c$  era mais próximo do  $K_c$  medido (0.5) do que o  $K_c$  de tabelas (figura 11), mas conduziu ainda a uma sobrestimativa da  $ET$  (superior a 35%) (figura 11). O consumo adicional de água, utilizando este tipo de estimativa, equivaleria, em média, a cerca de 1500 m<sup>3</sup>/ha por ano (no caso concreto da exploração agrícola em estudo, de 60 ha, um consumo adicional de cerca de 9 x 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/ano).

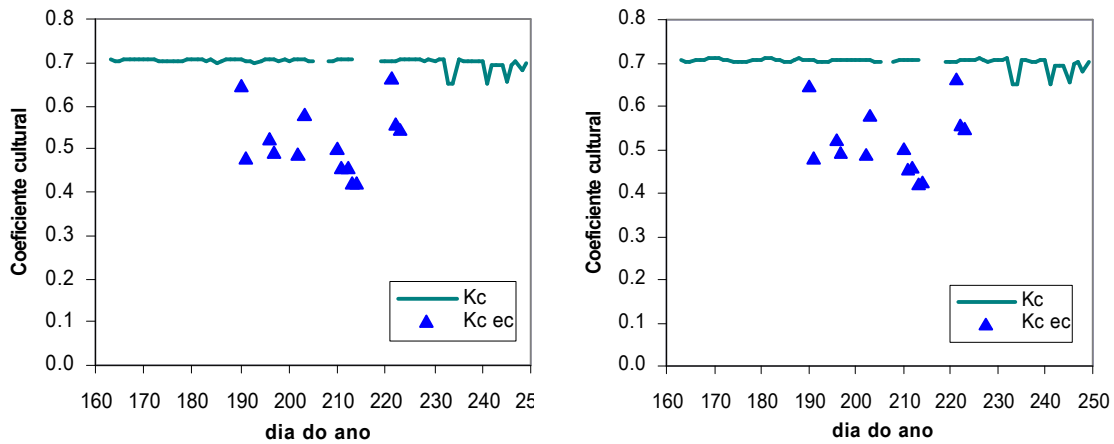


Figura 11 - Coeficientes culturais: medição utilizando o método das flutuações instantâneas ( $K_{c\ ec}$ ) e estimativa utilizando a metodologia FAO 56, com um ajustamento para cobertos esparsos (Allen *et al.*, 1998); as linhas ponteadas representam a média de  $K_{c\ ec}$ ; (a) 1998; (b) 1999.

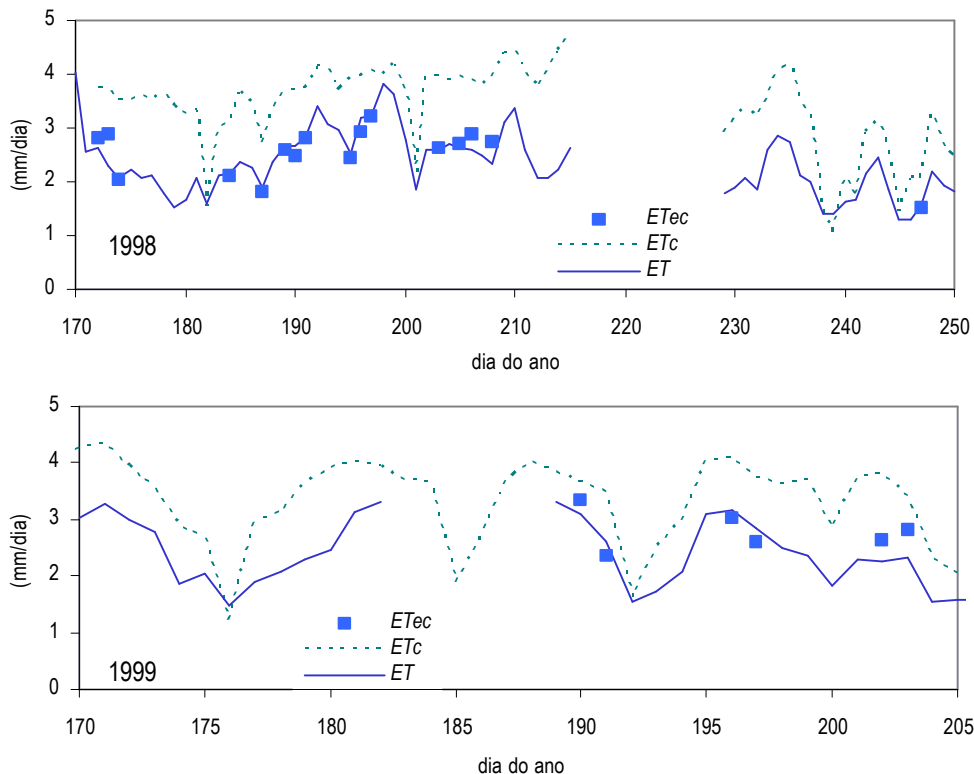


Figura 12 – Evapotranspiração medida pelo método das flutuações instantâneas ( $ET_{ec}$ ), evapotranspiração estimada pela abordagem FAO 56, considerando o pomar um coberto esparsos ( $ET_c$ ) e evapotranspiração estimada a partir de  $T_G$ , usando a relação com  $ET_{ec}-E_s$  ( $ET$ ).

### 4.3 – Optimização da programação da rega

Em síntese, poderá salientar-se que, para os períodos considerados (aproximadamente de Junho a Setembro) o consumo hídrico médio diário do pomar foi de cerca de 2 mm/dia. As necessidades de rega para o mês de ponta foram, em média, cerca de 800 m<sup>3</sup>/ha. Para realizar a estimativa da *ET* para o pomar em estudo, se obtida a partir do conhecimento da *ET<sub>o</sub>* e de coeficientes culturais, poderá utilizar-se um *K<sub>c</sub>* médio igual a 0.5 (meio do ciclo vegetativo), conforme determinado experimentalmente.

## 5 – CONCLUSÕES

A medição da *ET* permitiu quantificar os consumos hídricos do pomar, concretizando assim o principal objectivo do estudo.

Utilizando as potencialidades complementares do método das flutuações instantâneas e do método de *Granier*, ou seja, a precisão do primeiro, aliada à facilidade de utilização, ao relativo baixo custo e à robustez dos sensores do segundo, foi possível estimar a evapotranspiração para o pomar, durante períodos longos. O método de medição de fluxo de seiva de *Granier* revelou-se assim útil para a aquisição de informação sobre a transpiração durante períodos de tempo prolongados, apesar de ter evidenciado uma importante subestimativa (cerca de 1/5), quando recorrendo aos parâmetros convencionais de calibração da equação.

As necessidades hídricas das plantas para o mês de ponta, considerado o mês de Julho, foram de, em média, cerca de 800 m<sup>3</sup>/ha. Para os períodos em que decorreram os ensaios experimentais, a evapotranspiração média diária, estimada pela metodologia usada, foi de cerca de 2 mm/dia. Durante os mesmos períodos, o coeficiente cultural foi, em média, cerca de 0.5. Os valores de *K<sub>c</sub>* medidos confirmam os encontrados anteriormente, em condições semelhantes, numa região próxima.

Procedeu-se à estimativa da evapotranspiração por um processo clássico, utilizando a evapotranspiração de referência e os coeficientes culturais calculados como sugerido pelo *FAO Irrigation and Drainage Paper 56*, utilizando um ajustamento para cobertos esparsos (que conduziu à obtenção de um coeficiente cultural igual a 0.7). A evapotranspiração obtida utilizando esta metodologia (evapotranspiração cultural) apresentou uma sobrestimativa em relação à evapotranspiração medida, superior a 35%.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as facilidades concedidas pela empresa J. P. Vinhos, Lda. para a realização do trabalho experimental e o financiamento concedido por:

- Projecto *Innovative biological indicators to improve the efficiency of water and nitrogen use and fruit quality in tree crops* (FAIR-CT 95-0030) no âmbito do Programa FAIR – UE.
- Fundação para a Ciência e a Tecnologia e FSE, no âmbito do III Quadro Comunitário de Apoio, mediante a concessão de uma bolsa de estudos.
- Convénio ICCTI/Embaixada de França e Projecto *WATERUSE* (EVK1-2002-00079) *Evaluation of Alternative Techniques for Determination of Water Budget Components in Water Limited Heterogeneous Land Use Systems*, no âmbito do V Programa-Quadro de IDT da UE.

## BIBLIOGRAFIA

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D. & SMITH, M. - *Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, Italy, 300 p., 1998.

- CONCEIÇÃO, N. M. S. - *Evaporação directa em solo arenoso num pomar de pessegueiros com rega gota-a-gota diária*. Relatório do trabalho final de curso. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 104 p., 2001.
- DAAMEN, C.C., SIMMONDS, J.S., WALLACE, J.S., LARYEA, K.B. & SIVAKUMAR, M.V.K.) - "Use of microlysimeters to measure evaporation from sandy soils". *Agriculture and Forest Meteorology*, **65**, 1993, 159-173.
- DOORENBOS, J. & PRUITT, W.O. - *Crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, Roma, Itália, 144 p., 1977.
- FERREIRA, M.I. – "Evapotranspiração e stress hídrico em cobertos arbóreo-arbustivos numa perspectiva de gestão da água em região mediterrânica". *Anais do Instituto Superior de Agronomia*, **45**, 1996, 343-385.
- FERREIRA, M.I., PAÇO, T.A., COHEN, M. & ONCINS, J.A. – "Should the radial distribution of sap flow density be considered on the calculation of total sap flow, when using Granier sensors?" In: *4th International Workshop on Field Techniques for Environmental Physiology*. Almeria, Espanha, 30 Março – 5 Abril 1998 (apresentação de poster).
- FERREIRA, M.I., PACHECO, C.A., VALANCOGNE, C., MICHAELSEN, J., AMEGLIO, T. & DAUDET, F.-A. – "Evapotranspiration, water stress indicators and soil water balance in a *Prunus persica* orchard, in central Portugal". *Acta Horticulturae*, **449**, 1997, 379-384.
- FERREIRA, M. I. & SILVESTRE, J. – "Medição da transpiração em cobertos descontínuos: vinha em diferentes declives na região do Oeste", 7º Congresso da Água, Lisboa, Março de 2004 (este volume).
- FERREIRA, M.I., VALANCOGNE, C., DAUDET, F., AMEGLIO, T., PACHECO, C.A. & MICHAELSEN, J. – "Evapotranspiration and crop-water relations in a peach orchard". In: Camp, C.R., Sadler, E.J. & Yoder, R.E. (ed.), *Proc .International Conference on Evapotranspiration and Irrigation Scheduling*, November 3-6 1996, San Antonio, Texas, p. 61-68.
- GRANIER, A. – "Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres". *Annales des Sciences Forestières*, **42**, 1985, 193-200.
- GRANIER, A. – "Mesure du flux de sève brute dans le tronc du Douglas par une nouvelle méthode thermique". *Annales des Sciences Forestières*, **44**, 1987, 1-14.
- INSTITUTO DA ÁGUA - *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água. Versão preliminar*. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Lisboa, 210 p., 2001.
- KIZER, M.A. & ELLIOT, R.L. – "Eddy correlation systems for measuring evapotranspiration". *Transactions of the ASAE*, **34**, 1991, 387-392.
- PAÇO, M. T. G. A. - *Modelação da evapotranspiração em cobertos descontínuos - Programação da rega em pomar de pessegueiro*. Tese de doutoramento, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 227 p., 2003.
- POSTEL, S. – "Growing more food with less water". *Scientific American*, Feb., 2001, 34-37.
- ROSENBERG, N.J., BLAD, B.L. & VERMA, S.B. - *Microclimate: the biological environment*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 495 p., 1983.
- SCHUEPP, P.H., LECLERC, M.Y., MACPHERSON, J.I. & DESJARDINS, R.L. – "Footprint prediction of scalar fluxes from analytical solutions of the diffusion equation". *Boundary-Layer Meteorology*, **50**, 1990, 355-373.
- SWINBANK, W.C. – "The measurement of vertical transfer of heat and water vapor by eddies in the lower atmosphere". *Journal of Meteorology*, **8**, 1951, 135-145 (citado por Rosenberg, 1983).

- TANNER, B.D., SWIATEK, E. & GREENE, J.P. – “Density fluctuations and use of the krypton hygrometer in surface flux measurements”. In: *Proceeding of the 1993 National Conference on Irrigation and Drainage Engineering*, Park City, Utah, 21-23 July 1993, Irrigation and Drainage Division, American Society of Civil Engineers, 8 p., 1993.
- THOMPSON, M.A., CAMPBELL, D.I. & SPRONKEN-SMITH, R.A. – “Evaporation from natural and modified raised peat bogs in New Zealand”. *Agricultural and Forest Meteorology*, **95**, 1999, 85-98.
- TWINE, T.E., KUSTAS, W.P., COOK, D.R., HOUSER, P.R., MEYERS, T.P., PRUEGER, J.H., STARKS, P.J. & WESELY, M.L. – “Correcting eddy-covariance flux underestimates over a grassland”. *Agricultural and Forest Meteorology*, **103**, 2000, 279-300.
- WEBB, E.K., PEARMAN, G.I. & LEUNING, R. – “Correction of flux measurements for density effects due to heat and water vapour transfer”. *Quarterly Journal of Royal Meteorological Society*, **106**, 1980, 85-100.