

# Padrão sazonal do regime estomático em azinheiras (*Quercus rotundifolia* Lam.) regadas

## Seasonal pattern of the stomatal regime of irrigated holm-oak (*Quercus rotundifolia* Lam.)

F. Melhorado<sup>1</sup> & T. Moreira<sup>1</sup>

### RESUMO

O estudo realizado visou analisar a possível variação de regime estomático entre azinheiras regadas e azinheiras sob o clima natural ao longo das estações do ano. O projecto teve lugar num montado situado na Mitra, pólo universitário localizado a cerca de 13 km da cidade de Évora, região sudeste de Portugal. Recorremos a duas árvores isoladas, dentro do montado, para melhor caracterizar o padrão sazonal do regime estomático entre azinheiras regadas e padrão. As resistências estomáticas foram medidas com um porómetro ( $\Delta AP_4$ ) em três períodos diurnos (manhã, meio-dia e ocaso) ao longo do ano hidrológico de 2001-02. Durante o período de Verão as resistências estomáticas da árvore regada foram significativamente diferentes (99%; alfa = 0,01) da árvore padrão, apresentando sempre o dobro da abertura estomática relativamente à árvore padrão. Verificando-se esta relação ao longo dos três períodos de medição diários. As resistências médias do período de Verão, seguem ao longo do dia, uma curva exponencial (com  $r^2 = 0,99$ ) em ambas árvores, com um máximo de resistência no ocaso. No Inverno as diferenças nas resistências

estomáticas entre a azinheira regada e a padrão são significativas (a 99%; alfa = 0,01) ao longo do dia. Verificando-se uma alteração no padrão diário das resistências, tornando-se mais visível o “midday-closure”, particularmente na azinheira padrão. As curvas de resistência seguem um padrão bimodal ( $r^2 = 1$ ) em ambas azinheiras com o pico máximo ao meio-dia. Na azinheira regada, apesar da resistência máxima se verificar também ao meio-dia, a diferença para o período da manhã e ocaso não é muito pronunciada. Na análise da variação sazonal do regime estomático verifica-se a existência de diferenças significativas entre a azinheira regada e a padrão, no que concerne à amplitude de abertura estomática sendo o padrão comportamental diurno entre as duas azinheiras idêntico tanto no Verão como no Inverno. Conclui-se que a diferença entre o Verão e o Inverno no padrão comportamental da espécie, ou seja, a passagem de aumento exponencial das resistências para bimodal no Inverno, onde se evidencia o “midday-closure”, se deve, provavelmente, à menor solicitação evaporativa durante o ocaso no período de Inverno. Confirmou-se a existência do “midday-closure” na espécie como uma adaptação

---

<sup>1</sup> *Departamentos de Ecologia, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7000 Évora; e-mail: florbela@uevora.pt;*

não rígida, dependente da disponibilidade hídrica do solo.

### ABSTRACT

This project aims to study the possible variation in stomata regime between irrigated oak trees *Quercus rotundifolia* Lam. and the same trees under natural environmental conditions at the different seasons of the year. The study was carried in a montado situated in Mitra, southeast of Portugal, at 13 km from Évora. For this project two isolated trees were selected, one irrigated to keep the plant regularly water supplied and the other subjected to the typical dryness of our summer (we will call this the standard tree). The stomatal resistance was measured with a porometer ( $\Delta AP_4$ ) at three daily periods (morning, noon and sunset) in the hydrologic year of 2001-02. During the summer the stomata resistances of the irrigated tree were significantly different from the standard (99%;  $\alpha = 0,01$ ), presenting always the double of the stomatic aperture of the standard tree. This relation lasted through all daily periods of the season. In the summer the average of stomata resistances in both trees follows an exponential curve ( $r^2 = 0,99$ ), with a maximum of resistance at the sunset. In winter, the differences in stomata resistance between the two trees are significant (at 99%;  $\alpha = 0,01$ ) over all daily period. And we have observed a change in the daily variation pattern of the resistances, becoming more visible a mid-day-closure, especially in the standard tree. The resistance curves follow a bimodal pattern ( $r^2 = 1$ ) in both trees with the maximum at noon. In the irrigated tree, however, the maximum resistance occurs at noon as in the standard tree, but with a much lower value, and not very different from the values that occur in the morning and at the sunset.

In the analysis taken to the variation of seasonal pattern in stomatal regime, we have saw the existence of significant differences between irrigated and standard *Quercus rotundifolia* Lam. in stomatal aperture, but the daily behavior over the seasons (Summer-Winter) is identical in both trees, following the same type of curves. We have concluded that the difference between summer and winter in the behavior of the species, that is, the passage of an exponential type of stomata response in summer to the bimodal in winter, is due, probably, to the inferior evaporative demand at sunset during winter-time. We have confirmed the existence of stomata midday-closure in this species, showing that adaptation of the specie isn't rigid and depends on the water availability in the soil.

### INTRODUÇÃO

Os montados de sobreiro e azinho ocupam em Portugal uma área superior a 1 milhão de hectares, representando estas duas espécies 36% da floresta portuguesa (DGF, 2001). A azinheira é, em termos de representatividade da área ocupada, a quarta espécie de maior interesse, ocupando 14% da área florestal, o que perfaz uma área de ocupação de 465 000 ha (DGF, 2001).

No futuro próximo esta área vai possivelmente aumentar, uma vez que a espécie é climax no contexto mediterrânico em que Portugal se encontra, e caracteriza-se por uma maior ruralidade e resistência à seca relativamente ao sobreiro. Como resultado directo da alteração climática, e também da acção indirecta de agentes patogénicos, o sobreiro poderá ter a sua área de ocupação diminuída no Alentejo interior (Pereira *et al.*, 1999; Pereira *et al.*, 2002).

A valorização económica da azinheira é uma mais valia para Portugal, quer com o

uso desta espécie em parques de lazer, quer com o seu fruto – a bolota que poderá ser usada para ração animal, para criação do porco de montanha, (outrora típica, antes da peste), quer para pão artesanal e mesmo café (Campos & Riera, 1996; Guerreiro, 1957, 1979; Onofre *et al.*, 1986a e 1986b).

Pensamos por isso ser importante conhecer melhor esta espécie nomeadamente no que concerne ao regime estomático, do qual depende a transpiração. Neste estudo preocupamo-nos em analisar os padrões de resistência estomática nas duas estações climáticas mais extremas, no Verão e no Inverno, assim como a sua evolução ao longo do dia, (manhã, meio-dia e ocaso), de uma azinheira regada e outra sujeita às condições de precipitação naturais (a que designamos por padrão).

Existem poucos trabalhos relativos à azinheira (*Q. ilex* subsp. *ilex*) (Larcher, 1960; Damesin *et al.*, 1998 in Mediavilla & Escudero, 2004), e menos ainda no caso da espécie *Q. rotundifolia* Lam., não se tendo encontrado nenhum trabalho referente à variação do regime estomático entre uma situação padrão (em condições climáticas naturais) e quando a espécie é sujeita a rega. Sobre esta espécie, e com resultados relativos a conductância e/ou resistência estomática, encontramos dois trabalhos, um realizado em Salamanca (Mediavilla & Escudero, 2004) e o outro em Portugal (David, *et al.*, 2004). No primeiro realizado em 1996-1997, comparam-se as respostas estomáticas na resistência à seca, de duas espécies, *Q. rotundifolia* e *Q. faginea* em árvores adultas e em jovens, no segundo, realizado em Portugal, num período de dois anos (1996-1998) avaliam-se as restrições à transpiração. Em ambos trabalhos, os autores apresentam valores de conductância estomática, o que tornou possível a comparação com os nossos valores de resistência estomática.

Em relação a outras espécies Mediterrânicas, existem extensivos trabalhos publicados

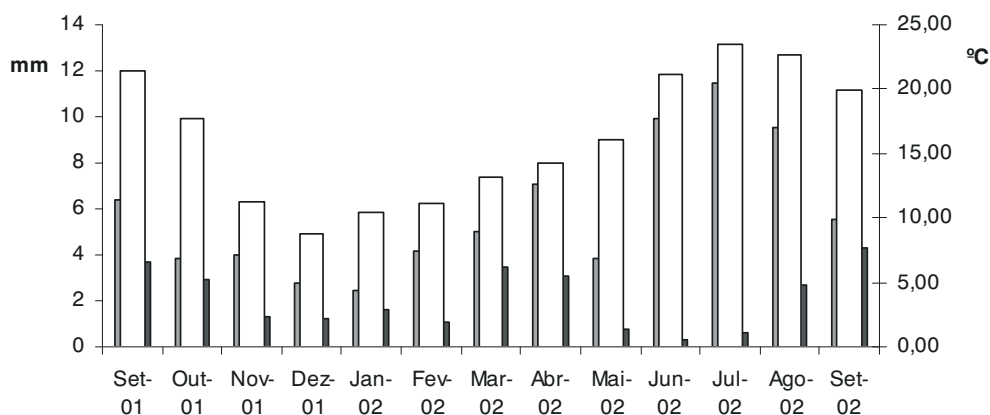
relativos às trocas de fluxos de vapor de água nas espécies Mediterrânicas (Losch *et al.*, 1982; Trambouze & Voltz, 2001; Schiller *et al.*, 2003), contudo, são trabalhos que se limitam a um curto período de tempo sob condições muito específicas, nomeadamente em situações de stress hídrico. Mais recentemente, foi publicado um trabalho sobre as variações de conductância das copas de oliveiras regadas e geridas como um pomar, (Testi *et al.*, 2006), os quais também comparámos com os nossos valores de resistência estomática.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio decorreu durante um ano, de Setembro de 2001 a Agosto de 2002, num montado de sobre e azinho com uma densidade arbórea de cerca de 40 árvores/ha localizado na herdade da Mitra (38° 32' N, 8° 01' W) pólo da Universidade de Évora.

O clima é mediterrânico, na classificação de Köppen do tipo Csb, com Verão quente e seco. A média de precipitação para o período de 30 anos de 1951-1980 foi de 665 mm por ano (90% dos quais ocorreram do Outono até à Primavera), a evaporação numa superfície livre de água foi de 1750 mm por ano no mesmo período (INMG, 1991), a temperatura média anual foi de 15 °C, com média de 8,6 °C em Janeiro e de 23,1 °C em Agosto. Durante o período experimental que decorreu em 2001 e 2002 a precipitação foi de 759 mm em 2001 e de 717,8 mm em 2002 (CGE, 2001-2002) sendo portanto a precipitação anual dos dois anos 10% superior à média do período 1950-1980.

Os solos da parcela experimental enquadraram-se no complexo de Litossolos dos Climas de Regime Xérico de Gnaisses e de Solos Litólicos Não Húmicos Pouco Insaturados Normais de Gnaisses (Nunes, 1998).



**Figura 1** - Valores de evapotranspiração (barras a cinzento), temperatura média do ar (barras a branco) e precipitação ao longo do ano médias mensais (barras a preto)

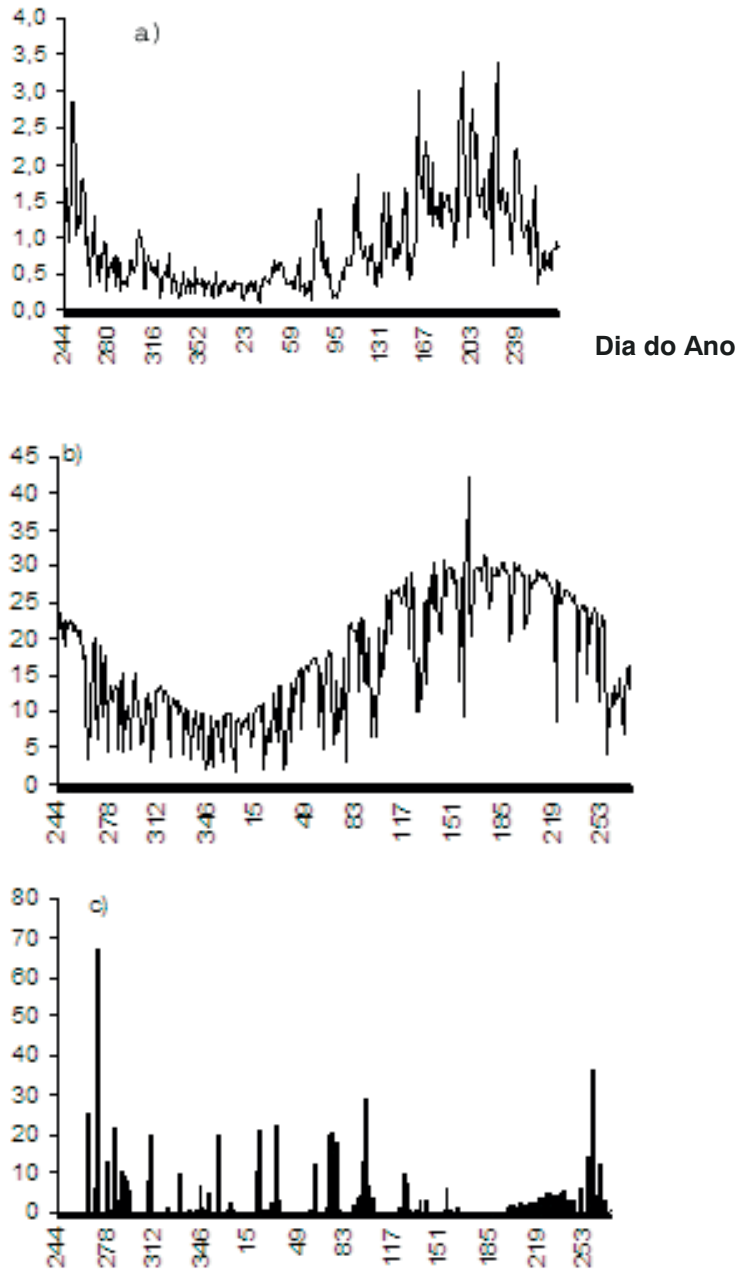
As azinheiras (*Quercus rotundifolia* Lam.) foram seleccionadas pelo seu grau de isolamento relativamente às restantes componentes do montado, para que o grau de ensombramento de outras árvores e competição pela água na zona radicular fosse próxima de zero. A azinheira regada têm 0,8 m de Diâmetro à Altura do Peito (DAP) e a escolhida como padrão têm 1,20 DAP.

As variáveis meteorológicas, temperatura, mínima, máxima e média diária, radiação, precipitação, velocidade do vento e humidade relativa, foram recolhidas da estação da Mitra do Centro de Geofísica de Évora (CGE, 2001-2002). A evapotranspiração de referência  $ET_0$ , e o défice de pressão de saturação médio diário do ar, foram calculados através da equação de Penman-Monteith da FAO (Allen *et al.*, 1998) (Figura 1 e Figura 2).

Ao nível da parcela recolheram-se também dados de humidade relativa, velocidade do vento e temperatura do ar com um sensor de variáveis climáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INM) à altura de 2 m. Ao nível das copas, foram medidas as tempera-

turas das folhas e do ar com um termómetro de infravermelhos (TIV) da Teletemp. Estas medições decorreram com a mesma regularidade das medições aos valores de resistência estomática.

A resistência estomática ( $s\ cm^{-1}$ ) foi medida com um porómetro  $\Delta AP_4$  (Delta-T Devices, Inc., 1990, UK) previamente calibrado. A curva de calibração é um ajustamento, por minimização da variância, entre resistência do orifício (abscissa) e o tempo decorrido no percurso (“transit time”) do vapor de água, desde a sua fonte até ao sensor de humidade da câmara de medição. O porómetro opera em “steady-state” e é autocompensante em relação à variação de temperatura no seu interior (Monteith *et al.*, 1988). Este aparelho mede ainda a radiação fotosinteticamente activa (PAR), a temperatura do ar e da folha e a pressão barométrica na câmara. A resistência estomática da copa foi estimada com base na média das resistências estomáticas de trinta folhas. As medições foram estabelecidas em três períodos diurnos, manhã, meio-dia e ocaso de Setembro de 2001 a Agosto de 2002. Em



**Figura 2** – a) Déficit de pressão de vapor médio diário (kPa); b) radiação global (MJ dia<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>) c) precipitação (mm dia<sup>-1</sup>) de Setembro de 2001 a Setembro de 2002

## QUADRO 1 - Número de medições efectuadas no período de Verão e Inverno ao longo do dia

Período Diurno	VERÃO (SET-OUT-JUN-JULH-AGOS)	INVERNO (NOV-DEZ-JAN-FEV)
Manhã	22dias×6 ramos×5folhas=660	22dias×6 ramos×5folhas=660
Meio-dia	22dias×6 ramos×5folhas=660	20dias×6 ramos×5folhas=600
ocaso	20dias×6 ramos×5folhas=600	21dias×6 ramos×5folhas=630

cada um destes períodos os valores de resistência foram determinados em seis ramos, três com exposição Oeste e três com exposição Este, e em cada ramo as medições foram obtidas em 5 folhas. Pretendeu-se deste modo caracterizar situações extremas diárias. Dado que as folhas da azinheira são hipoestomáticas, *i.e.*, com estomas localizados apenas na face abaxial, a resistência estomática da folha individual é só função da resistência estomática da face abaxial.

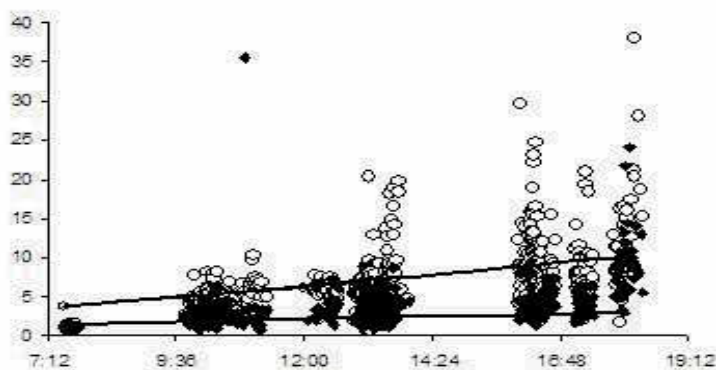
No período de Março a Maio de 2002, as medições foram interrompidas devido a uma avaria do porómetro, retomando-se as medições em Junho. Desta forma foi considerado como período de Verão, as medições estabelecidas em Setembro e Outubro de 2001 e Junho, Julho e Agosto de 2002 e como período de Inverno as medições dos meses de Novembro e Dezembro de 2001 e Janeiro e Fevereiro de 2002. O número de medições completas estabelecidas em cada

período diurno é de cerca de 640 medições em cada período sazonal (Verão-Inverno) ver Quadro 1.

A rega efectuada no Verão foi de 25 mm em cada intervalo de 4 dias, partindo do princípio de que a transpiração máxima fosse de cerca de 6 mm/dia na azinheira. A rega foi estabelecida manualmente com um sistema de vala e cômoro ao longo do perímetro de projecção da copa da árvore. No Período de Inverno reduziu-se a dotação para 3mm, tendo a rega decorrido com a mesma periodicidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de Verão as resistências estomáticas da árvore regada foram significativamente diferentes (Tratamento estatístico dos dados realizado através de Análise de Variância ANOVA (2 factores



**Figura 3-** Resistência estomática ( $s\text{ cm}^{-1}$ ) observada no período de Verão ao longo do dia. o Azinheira padrão;  $\blacklozenge$  Azinheira regada. Curvas de tendência da resistência estomática média da azinheira regada com  $r^2 = 0.97$  e  $r^2 = 0.99$  na resistencia estomática média da azinheira padrão para o período de Verão

**QUADRO 2 - Resistência média,  $rs$  ( $s\ cm^{-1}$ ) e Desvio padrão no período de Verão (SET-OUT-JUN-JULH-AGOS) ao longo do dia**

	RESISTÊNCIA média DE VERÃO			DESVIO PADRÃO das observações de Verão		
	7:30	12:00	18:00	7:30	12:00	18:00
Azinheira regada	2,37	3,28	5,19	2,51	1,38	3,22
Azinheira padrão	3,78	6,02	10,33	1,84	2,96	5,05

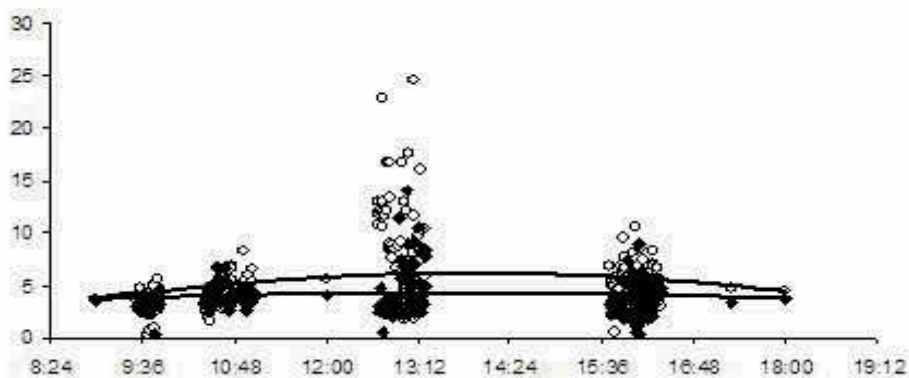
sem repetição)) (99%;  $\alpha = 0,01$ ) da árvore padrão, apresentando sempre o dobro da abertura estomática relativamente à árvore padrão. Verificando-se esta relação ao longo dos três períodos de medição diários, manhã, meio-dia e ocaso.

Ambas as árvores seguem ao longo do dia, uma curva exponencial ( $r^2 = 0,99$ ), com um máximo de resistência no ocaso (Figura 3 e Quadro 2).

No Inverno as diferenças nas resistências estomáticas entre a azinheira regada e a azinheira padrão são significativas (a 99%;  $\alpha = 0,01$ ) ao longo do dia. Verificando-se uma alteração no padrão diário das resistências, tornando-se mais visível o “midday-closure”, particularmente na azinheira padrão. As curvas de resistência seguem um padrão bimodal ( $r^2 = 1$ ) em ambas azinheiras com o

pico máximo ao meio-dia. Na azinheira regada, apesar da resistência máxima se verificar também ao meio-dia, a diferença para o período da manhã e ocaso não é muito pronunciada (Figura 4 e Quadro 3).

Durante o período de Verão ambas azinheiras têm um comportamento diurno exponencial relativamente à amplitude do fecho estomático, com o pico de resistência máximo no ocaso (Figura 5). Contudo, apesar da semelhança de comportamento no gráfico, uma análise detalhada à Figura 3 e ao Quadro 2 evidencia o início do fecho estomático na azinheira padrão às 12:00 h (“midday-closure”) com resistência de  $6\ s\ cm^{-1}$ , aumentando progressivamente até ao ocaso, o que não se verifica na azinheira regada, que só apresenta fecho estomático no ocaso.



**Figura 4** – Resistência estomática ( $s\ cm^{-1}$ ) observada no período de Inverno ao longo do dia. o Azinheira padrão;  $\diamond$  Azinheira regada. Curvas de tendência da resistência estomática média da azinheira regada e padrão com  $r^2 = 1$  para o período de Inverno



QUADRO 3 - Resistência média, rs (scm<sup>-1</sup>) observada no período de Inverno ao longo do dia

	RESISTÊNCIA média e desvio padrão DE INVERNO (NOV-DEZ-JAN-FEV)			DESVIO PADRÃO DE INVERNO (NOV-DEZ-JAN-FEV)		
	7:30	12:00	18:00	7:30	12:00	18:00
Hora	7:30	12:00	18:00	7:30	12:00	18:00
Azinheira regada	3,56	4,03	3,61	0,98	1,29	3,21
Azinheira padrão	3,72	5,66	4,52	1,83	2,93	5,04

Os valores de resistência estomática obtidos no período de Verão com a azinheira regada assemelham-se, depois de convertidos ( $gs=1/rs$ ; com  $gs$ =conductância estomática e  $rs$  = resistência estomática) aos valores de conductância estomática obtidos por David, *et al.*, (2004), contudo apesar deste trabalho ter sido conduzido durante dois anos (1996-1998), é apenas apresentada a evolução diária da conductância estomática num único dia de Verão (25-08-1998). A proximidade entre os valores deve-se, provavelmente ao facto da azinheira em estudo, pelos os autores acima referidos, não apresentar sinais de stress hídrico no período estival, tendo mesmo sido encontrado um aquífero a 13 metros de profundidade, onde as raízes da árvore se iriam abastecer, tendo talvez por isso, um desempenho semelhante à nossa azinheira regada.

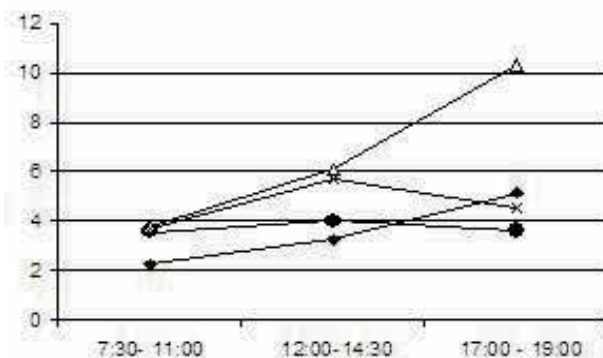
Comparativamente a outras espécies mediterrânicas, na ausência de stress hídrico, encontramos o trabalho desenvolvido por Testi, *et al.*, 2006, sobre a variação da conductância nas copas de oliveiras regadas e geridas como um pomar, nos quais os valores sazonais de conductância estomática se aproximam dos valores por nós obtidos tanto no período de Inverno como no de Verão relativamente à azinheira regada, mas apenas no ano 2000 retratado por estes autores. Não encontramos justificação para a não coincidência de valores em 1998 e 1999, uma vez que apesar de aparentemente o ano de 2000 retratado por Testi *et al.*, (2006), ter sido o de maior precipitação, o facto de o pomar ter sido regado invalida o facto dessa hipótese ser a causa da semelhança entre os valores de resistência estomática se registar apenas com

o ano de 2000. É de salientar ainda que no trabalho desenvolvido por Testi, *et al.* (2006), a comparação da resistência estomática (depois de convertida) com os valores de conductância foi realizada de forma global, uma vez que estes autores não fazem uma avaliação da variação média diurna ao longo das estações do ano consideradas.

Em trabalhos realizados sobre resposta estomática à seca, encontramos o trabalho de Mediavilla & Escudero (2004), realizado em *Q. rotundifolia* Lam. e *Q. faginea* no qual, depois de converter a conductância estomática (é apenas apresentado um valor médio dos valores diários obtidos) de  $mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$  para resistência (assumindo condições de pressão e temperatura constantes) em  $s\ cm^{-1}$ , verificamos que os valores de resistência, por nós obtidos para a azinheira padrão são cerca de metade dos obtidos por os autores acima referidos. Porém, há que referir que no estudo de Mediavilla & Escudero, 2004, realizado de 1996 a 1997, a precipitação anual foi de apenas 465 mm, sendo no nosso caso cerca de 1,5 vezes superior. Por conseguinte, a nossa azinheira padrão, apesar de não se ter comparado a capacidade de armazenamento de água do solo, terá tido menos restrições à transpiração, o que por sua vez poderá explicar esta diferença de valores.

No Verão, o comportamento das azinheiras estudadas denota assim um eficiente uso da água, sendo que o “midday-closure” só se verifica na azinheira padrão, onde o acesso à água é limitado. Na azinheira padrão os estomas iniciam o fecho a partir das 12:00 h – e perpetuam-no até ao ocaso, o que possivelmente se deve ao facto das temperaturas





**Figura 5** – Resistência estomática ( $s\ cm^{-1}$ ) média no Verão e Inverno. ◆ Azinheira regada Verão; ● Azinheira regada Inverno; Δ Azinheira padrão Verão; × Azinheira padrão Inverno

e da radiação continuarem elevadas e por conseguinte a solicitação evaporativa do ar, tornar proibitiva a absorção de  $CO_2$ .

Na azinheira regada, a disponibilidade de água de que dispõem artificialmente, permite-lhe manter os estomas abertos, praticamente durante todo o dia, não se evidenciando o “midday-closure”. Apesar de não se terem feito medições de fotossíntese, a disponibilidade hídrica da azinheira regada permite-lhe possivelmente um melhor rendimento fotossintético relativamente à azinheira padrão, uma vez que esta, evidencia um progressivo decréscimo na capacidade de absorção de  $CO_2$  ao longo do dia.

No período de Inverno o acentuado fecho estomático verifica-se ao meio-dia – “midday-closure”, em ambas azinheiras. O que coincide, no Inverno, com o período diurno em que as temperaturas e o défice de pressão de vapor são mais elevados. Neste período, a rega efectuada na azinheira foi de 3 mm/dia, o que aparentemente não foi suficiente para cobrir a necessidade hídrica, uma vez que a resistência estomática às 12:00 h é superior à verificada no Verão.

No ocaso a resistência estomática da azinheira regada é inferior à ocorrida no mesmo período diurno no Verão; o facto de ser

evidente um “midday-closure” invernial na azinheira regada, denota que a rega efectuada neste período não foi possivelmente tão eficaz como no Verão, para cobrir os gastos transpiratórios da árvore nesse período diurno, mas aparentemente a menor solicitação evaporativa do ar durante o ocaso de Inverno é suficiente para a abertura ser maior que ao meio-dia.

Na azinheira padrão estes valores são inferiores aos verificados no Verão. A explicação para este facto poderá estar na menor solicitação evaporativa que ocorre no período de Inverno comparativamente ao Verão e ainda na maior quantidade de água retida no solo, o que permite uma maior abertura estomática no ocaso no período de Inverno.

## CONCLUSÕES

Confirmou-se neste estudo a existência do fecho estomático ao meio-dia, “midday-closure”, na *Quercus rotundifolia* Lam., evidenciando a estratégia desta espécie com vista a um eficiente uso da água, e ainda, que esta estratégia não é rígida, ocorrendo apenas quando a disponibilidade hídrica não

é suficiente para manter uma taxa transpiratória adequada.

No padrão sazonal verificou-se existirem diferenças entre o Verão e o Inverno, particularmente no ocaso, os valores de resistência mais elevados no Verão poderão dever-se, à maior intensidade luminosa e temperatura de Verão, “obrigando” os estomas a fechar mais cedo, para permitir uma menor perda de água, o que no Inverno se torna desnecessário.

As resistências estomáticas que se verificaram nos períodos da manhã e meio-dia da azinheira padrão, parecem apontar para uma invariabilidade nas estações (Verão-Inverno), uma vez que as médias registadas são bastante próximas.

No caso da azinheira regada, é claramente perceptível que o aumento do volume de água no solo lhe permite baixar as resistências estomáticas nos períodos da manhã e meio-dia.

O “midday-closure” é um padrão constante, com a excepção, claro, da azinheira regada no Verão, revelando um comportamento eficiente do uso de água nesta espécie.

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Fernando Henriques da Universidade Nova de Lisboa, agradece-se o apoio na análise dos dados. À técnica Custódia Gabriel e Patricia Lopes agradece-se todo a ajuda nas tarefas de campo e na rega em especial. Ao laboratório de Hidrologia da Universidade de Évora agradece-se o apoio na manutensão do material necessário às medições.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. & Smith, M., 1998. *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. FAO irrigation and drainage paper, 56. Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome, 300 pp.
- Campos, Pablo & Riera, Pere. 1996. *Social Return of the Forest. Analysis applied to Iberian dehesas e montados*. Direcção Geral de Florestas.
- David T.S, Ferreira, M.I., Cohen, S., Pereira, J.S. & David, J.S., 2004. Constraints on transpiration on an evergreen oak tree in southern Portugal. *Agricultural and Forest Meteorology* **122**: 193-204.
- Centro de Geofísica de Évora, 2001 a 2002 [www.cge.uevora.pt](http://www.cge.uevora.pt)
- DGF, 2001. *Inventário Florestal Nacional. Portugal Continental. 3ª Revisão, 1995 a 1998, Relatório Final*. Direcção Geral de Florestas, Lisboa.
- Guerreiro, M. Gomes, 1957. *Problemas Florestais da Região Mediterrânica ao Sul de Portugal* – Direcção Geral de Florestas Junta Nacional da Cortiça. Lisboa.
- Guerreiro, M. Gomes, 1979. *Ecologia dos recursos da terra*. Comissão Nacional do Ambiente. Lisboa.
- INMG, 1991. *O Clima de Portugal. Normas climatológicas da região do Alentejo e Algarve, correspondentes a 1951-1980*, Fascículo XLIX, vol. 4-4ª região. Lisboa, Portugal.
- Losch, R., Tenhunen, J.D., Pereira, J.S. & Lange, O.L. 1982. Diurnal courses of stomata-resistance and transpiration of wild and cultivated mediterranean perennials at the end of the summer in dry season in Portugal. *Flora* **172** (2): 138-160.
- Mediavilla, S. & Escudero, A. 2004. Stomatal responses to drought of mature trees and seedlings of two cooccurring

- Mediterranean oaks. *Forest Ecology and Management* **187** (2-3): 281-294.
- Monteith, J.L., Campbell, G.S. & Potter, E.A. 1988. Theory and performance of a dynamic diffusion porometer. *Agricultural and Forest Management*. **44** (1): 27-38.
- Nunes, J.M.S.D. 1998. Sistema de ciclo de nutrientes em árvores isoladas de *Quercus rotundifolia* Lam. Dissertação de Mestrado, Universidade de Évora, Évora, 70 pp.
- Onofre, N.R., Rosário, L. & Cabral, M.T. 1986a. Valorização do Montado de Azinho através da sua Exploração em Uso Múltiplo. *1º Encontro sobre Montados de Sobro e Azinho, Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais*, Liga para a Protecção da Natureza, Grupo Universitário de Évora de Estudos do Ambiente. Évora.
- Onofre, N. R., Rosário, L. & Cabral, M.T. 1986b. Sobre a Azinheira – *Quercus rotundifolia* Lam. – Em Portugal. Importância e Necessidade da sua Conservação. *1º Congresso Florestal Nacional*, Lisboa.
- Pereira, J. S., Barros, M.C. & Rodrigues, J.M., 1999. As Causas da morte do Sobreiro Revisitadas. *Revista Florestal* **12**: 20-24
- Pereira J.S., Correia, A.V., Correia, A.P., Branco, M., Bugalho, M., Caldeira, M.C., Cruz, C.S., Freitas, H., Oliveira, A.C., Pereira, J.M.C., Reis, R.M. & Vasconcelos, M.J. 2002. Ecological processes affecting the survival of key forest species. In F.D. Santos, K. Forbes, R. Moita (eds) *Climate Change in Portugal Scenarios, Impacts and Adaptations Measures SIAM Project*, pp. 385-387. Gradiva, Lisboa
- Schiller, G., Unger, E.D., Moshe, Y., Cohen, S. & Cohen, Y. 2003. Estimating water use by sclerophyllous species under east Mediterranean climate. II. The transpiration of *Quercus calliprinos* Webb in response to silvicultural treatments. *Forest Ecol. Manage.* **179** (1-3): 485-495.
- Testi, L., Orgaz, F. & Villalobos, F.J. 2006. Variations in bulck canopy conductance of an irrigated olive (*Olea europaea* L.) orchard. *Environmental and Experimental Botany* **55**: 15-28.
- Trambouze, W. & Voltz, M. 2001. Measurement and modelling of the transpiration of a Mediterranean vineyard. *Agric. Forest Meteorol.* **107** (2): 153-166.