

## Simulação das datas de ocorrência da quebra de dormência e de floração em oliveira, na região de Elvas, com recurso ao modelo FlowerCalc<sup>®</sup>. Resultados preliminares

F. Barros<sup>1</sup>, F.B. Maia<sup>1</sup>, J.P. Melo-Abreu<sup>2</sup>, A.M. Cordeiro<sup>1</sup> & F. Mondragão-Rodrigues<sup>3</sup>

<sup>1</sup>INIAV, I.P., Apartado 6, 7350-900 Elvas, Portugal. antonio.cordeiro@iniav.pt

<sup>2</sup>Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal. demeloabreu@isa.utl.pt

<sup>3</sup>Escola Superior Agrária de Elvas, Apartado 254, 7350-903 Elvas, Portugal. fmondragao@esaelvas.pt

### Resumo

A modelação da ocorrência dos estados fenológicos na oliveira permitirá prever a alteração no ciclo anual, importante no cenário de alterações climáticas, nomeadamente do aumento da temperatura média anual. No ano de 2011 realizou-se o acompanhamento das datas de ocorrência dos estados fenológicos das cultivares de oliveira, 'Arbequina', 'Cobrançosa', 'Galega' e 'Picual', num olival intensivo estabelecido no INIAV, IP - Elvas em 1982. Foi utilizado o modelo de simulação FlowerCalc<sup>®</sup> proposto por De Melo-Abreu et al. (2004) para estimar a data de quebra de dormência e a data média de plena floração (MPF), através do cálculo da acumulação das unidades de frio e da acumulação de temperaturas, respetivamente.

Dos resultados obtidos, as datas previstas pelo modelo para a ocorrência da quebra de dormência parecem indicar que as cultivares 'Cobrançosa' e 'Galega' apresentam maiores necessidades de frio que as cultivares 'Arbequina' e 'Picual' (entre 25 e 35 dias a mais). Pelo contrário, na acumulação de temperaturas os resultados de 2011 revelam menores valores de necessidades de calor para 'Cobrançosa' e 'Galega' relativamente à 'Arbequina' e 'Picual' (diferença de 3 a 6 dias). Relativamente às datas MPF, as cultivares 'Arbequina' e 'Galega' alcançam primeiro a plena floração que as cultivares 'Picual' e 'Cobrançosa' (diferença de 3 a 8 dias).

O modelo FlowerCalc<sup>®</sup> mostrou ser adequado para efetuar previsões da época de floração e das necessidades de frio e de calor das cultivares em estudo. O valor da eficiência de modelação (EM) obtido neste estudo foi baixa (EM=0,31) embora tenha havido uma margem pequena de erro entre os valores MPF previstos e os observados o que indica que este modelo ainda é passível de melhoria pela continuidade destes estudos por mais anos.

**Palavras-chave:** *Olea europaea* L., alterações climáticas, necessidades de frio, cultivares.

### Abstract

**Simulation of the dates of dormancy and flowering in olive, in the region of Elvas, using the model FlowerCalc<sup>®</sup>. Preliminary results**

We conducted a study of the phenology of four cultivars of *Olea europaea* L. ('Arbequina', 'Cobrançosa', 'Galega Vulgar' and 'Picual') based on observations of phenological stages, flowering times and modeling the flowering dates, using as reference an olive grove in Elvas. We conducted a modeling study of flowering dates

following the model of De Melo Abreu et al. (2004). In the year 2011 the floral initiation of the cultivars occurred according the following order: 'Arbequina', 'Galega', 'Picual' and 'Cobrançosa'. The FlowerCalc<sup>®</sup> model used on this study has proven to be adequate in predicting the flowering period as well as the chilling and heating requirements of the cultivars studied. The model efficiency is low (EM=0.31), although the error rate is reduced (0 days in 'Arbequina' to 5 days in 'Picual').

**Keywords:** *Olea europaea* L., climatic changes, cultivars.

### Introdução

A oliveira está bem adaptada às condições ambientais extremas do clima mediterrâneo, caracterizado por verões quentes e secos e invernos amenos. As temperaturas ótimas para o seu desenvolvimento vegetativo estão compreendidas entre os 10°C e os 30°C; acima dos 35°C a oliveira regula a sua temperatura fechando os estomas (Lavee, 1996).

O crescimento dos ramos e o desenvolvimento dos frutos na oliveira são fenómenos cíclicos. Os processos que conduzem à floração / frutificação requerem duas estações consecutivas. Na primeira, formam-se os gomos nas axilas das folhas dos ramos do ano, ocorre a indução floral e a sua entrada em repouso. A oliveira necessita de frio para quebrar a endodormência dos gomos florais e assim poder frutificar (Rallo & Cuevas, 2008). O frio tem também o papel de sincronizar o abrolhamento dos gomos florais para garantir a polinização simultânea. No hemisfério Norte o período de saída do repouso nas fruteiras ocorre em janeiro / fevereiro (Ramos, 2000). Na segunda estação ocorre a fase de iniciação dos gomos florais, o crescimento das inflorescências e das flores, a floração / frutificação, o desenvolvimento e a maturação dos frutos (Rallo & Cuevas, 2008). Estes processos são sequenciais e contínuos. A época de floração é determinada pelas características genéticas do material vegetal, mas condicionada por fatores climáticos, variáveis de ano para ano (Cimato et al., 1993; Barranco et al., 1994; Cordeiro & Martins, 2002). No ano médio do período 1998 a 2002, o início do período de plena floração, das cultivares de oliveira presentes no Banco de Germoplasma da oliveira de Elvas, verificou-se entre 30 de abril (ano 2001) e 11 de maio (ano 2000).

O aquecimento global não é uma ilusão, tem vindo a ser observado um aumento médio da temperatura do ar e do nível dos oceanos causado pelo degelo. Até 2100 previsivelmente a temperatura média global à superfície deverá ter aumentado de 1,4°C para 5,8°C (De Melo-Abreu et al., 2011). Em Portugal e desde 1970 a taxa média de aumento da temperatura é de cerca de 0,5°C por década e tem-se verificado também um aumento da humidade do ar. Outras variáveis climáticas tais como a precipitação também sofreram alterações significativas (De Melo-Abreu et al., 2011).

A modelação dos estados fenológicos permite prever as suas ocorrências, de acordo com fatores ambientais. Para avaliar corretamente o efeito das variações ambientais são necessárias longas séries de observações fenológicas de um mesmo local acompanhadas por dados meteorológicos. De Melo-Abreu et al. (2004) trabalharam com um modelo de previsão baseado no modelo Utah - FlowerCalc<sup>®</sup> - que permite prever, nomeadamente, as datas de floração. A primeira fase do modelo contabiliza os requisitos de frio da oliveira necessários para a quebra da

endodormência e a segunda fase determina a acumulação de calor necessária ao desenvolvimento floral, a fase de forçagem.

Com este trabalho procedeu-se à caracterização do período de floração em 2011 de quatro cultivares de oliveira na herdade do Reguengo do INIAV, IP. Elvas com o objetivo de aprofundar a calibração do modelo.

### **Material e Métodos**

O trabalho experimental foi realizado na campanha de 2010/2011 com as cultivares de oliveira: 'Arbequina', 'Cobrançosa', 'Galega' e 'Picual'. As árvores estão na parcela de campo de pés-mãe situado na Herdade do Reguengo do INIAV, IP. de Elvas. As oliveiras são cultivadas nas suas próprias raízes e a parcela é regada por gota-a-gota. De acordo com a classificação climática de Köppen, Elvas apresenta clima mesotérmico húmido (Csa), com estação quente e seca no Verão e Inverno chuvoso com 70% ou mais da precipitação anual.

Na descrição dos estados fenológicos utilizou-se a classificação BBCH adaptada à oliveira (Sanz-Cortés et al., 2002). Os registos foram efetuados seguindo a metodologia de Fernández-Escobar & Rallo (1981): para cada episódio de observação, utilizou-se um triângulo, no qual se registou no vértice inferior esquerdo os estados mais atrasados, vértice inferior direito os estados mais adiantados e no vértice superior os estados dominantes. Aleatoriamente marcaram-se três árvores de cada cultivar e as observações foram realizadas em redor das árvores e à altura do observador. A recolha de informação foi realizada semanalmente até ao estado fenológico 57 e a partir deste passou a realizar-se três vezes por semana até ao início do estado 71 (endurecimento do endocarpo). Na apresentação dos resultados utilizaram-se os conceitos propostos por Barranco et al. (1994) adaptados à escala BBCH proposta por Sanz-Cortés et al. (2002), considerando:

- **Início da floração (IF)** – a data da primeira anotação do estado fenológico (60) no vértice inferior direito;
- **Início da plena floração (IPF)** – a data da primeira anotação do estado fenológico (60) no vértice superior;
- **Final da plena floração (FPF)** – a data de anotação do estado fenológico (65) no vértice superior;
- **Final da floração (FF)** – a data da primeira anotação do estado fenológico (68) no vértice superior.

Utilizou-se o programa FlowerCalc<sup>®</sup> (De Melo-Abreu et al., 2004) para determinar a data da quebra da dormência e a data média da plena floração. O programa acumula unidades de frio (U) desde o dia 1 de outubro do ano anterior até perfazer o total de unidades de frio (TU), necessárias para a quebra da dormência. O programa utiliza a seguinte equação para efetuar estes cálculos:

$$U = \begin{cases} 0, & T_h \leq 0 \\ \frac{T_h}{T_0}, & 0 < T_h \leq T_0 \\ 1 - (T_h - T_0) \frac{1-a}{T_x - T_0}, & T_0 < T_h \leq T_x \\ a, & T_h > T_x \end{cases}$$

Depois inicia a fase de forçagem (TT) até acumular as temperaturas necessárias para que ocorra a floração, determinando assim a data média da plena floração (MPF). A aplicação utiliza a seguinte equação do tempo térmico (Monteith, 1977):

$$TT \approx \sum_{i=1}^n (T_i - T_b) \Delta t$$

A análise do ajustamento do modelo às datas das diferentes cultivares em estudo foi realizada através do cálculo da raiz do erro quadrático médio e da eficiência do modelo apresentado em De Melo-Abreu et al. (2004).

### Resultados e Discussão

As observações iniciaram-se no dia 17 de fevereiro e as cultivares estavam no estado fenológico floral 51, com exceção das oliveiras ‘Arbequina’ que se encontravam ainda no estado 50. Esta cultivar atingiu o estado 51 cerca de 3 semanas após as restantes cultivares. No entanto, a partir do dia 7 de abril a ‘Arbequina’ teve um desenvolvimento floral muito mais rápido que as restantes cultivares.

#### Épocas de floração no ano 2011

As cultivares ‘Arbequina’ e ‘Cobrançosa’ foram a primeira e a última a iniciar a floração, respetivamente. As cultivares em estudo iniciaram a plena floração (mais de 50% das flores abertas) de acordo com a seguinte ordem: ‘Arbequina’, ‘Galega’ e ‘Cobrançosa’ e ‘Picual’ (quadro 1). Registaram-se também diferenças na duração do período de plena floração, entre um máximo de 7 dias – ‘Arbequina’ e um mínimo de 5 dias – ‘Galega’.

Comparativamente ao ano médio (1998 a 2002) a floração em 2011 ocorreu mais cedo (Cordeiro & Martins, 2002). No ano médio a cultivar ‘Arbequina’ inicia a plena floração no dia 3 de maio e as restantes cultivares posteriormente.

A irregularidade climática é uma característica dominante do clima mediterrânico e é o principal fator responsável pela variação das datas e a duração do período de floração (Cimato et al., 1993; Barranco et al., 1994; Cordeiro & Martins, 2002). Em 2011 e no período de janeiro a julho os valores de temperatura máxima foram superiores à evolução normal (mais 2,01°C) e a temperatura mínima foi mais baixa (menos 0,12°C) que no ano médio (1971 a 2000). A precipitação registada em março, abril e maio foi superior à registada no ano médio, em janeiro foi inferior ao esperado e nos restantes meses esteve dentro da média.

### Modelação das necessidades de frio e da fase de forçagem e simulação de datas

Para o cálculo de TU e TT, na folha inicial do programa foram inseridas as coordenadas do local em estudo e foram considerados os seguintes parâmetros:  $T_0 = 7,3^\circ\text{C}$ ,  $T_x = 20,7^\circ\text{C}$ ,  $\alpha = -0,56$  U e  $T_b = 9,1^\circ\text{C}$ . Para as variedades 'Arbequina' e 'Picual' os parâmetros TU e TT foram determinados em trabalho anterior (De Melo-Abreu et al., 2004) utilizando uma extensa base de dados, que incluía informação de Portugal e Espanha: 'Arbequina' (TU = 339, TT = 490) e 'Picual' (TU = 469, TT = 495). O total das unidades de frio (TU) e a temperatura de forçagem (TT) das cultivares 'Cobrançosa' e 'Galega' determinaram-se com base no registo na região de Elvas de 9 anos de observações dos estados fenológicos e temperaturas: 'Cobrançosa' (TU = 743, TT = 479,1) e 'Galega' (TU = 759,1, TT = 473) (Barros Maia, 2010).

Analisando os valores de TU e TT pode-se dizer que as cultivares 'Cobrançosa' e 'Galega' apresentam maior necessidade de TU e menor necessidade de TT relativamente às cultivares 'Arbequina' e 'Picual'. No entanto, os dados de TU e TT referentes às cultivares portuguesas podem não corresponder à melhor aproximação da realidade uma vez que a quantidade de dados utilizada foi reduzida, havendo a necessidade de obter dados de mais anos de observações.

No quadro 2 apresenta-se para o ano agrícola 2010 / 2011 as datas previstas pelo modelo da quebra de dormência (TU) e a da média de plena floração (MPF) (TT) em dias do ano (DOY). A cultivar 'Arbequina' quebrou a dormência a 13 de dezembro e atingiu a MPF no dia 29 de abril; a cultivar 'Cobrançosa' quebrou a dormência a 16 de janeiro e atingiu a MPF no dia 6 de maio; a cultivar 'Galega' quebrou a dormência a 17 de janeiro e atingiu a MPF no dia 5 de maio; e a cultivar 'Picual' quebrou a dormência a 24 de dezembro e atingiu a MPF no dia 2 de maio.

### Validação do modelo

Na fig. 1 é apresentado a validação do modelo em gráfico de dispersão de 10 anos de observações – 1998 a 2002; 2005 a 2007; e 2010 a 2011 das datas MPF observadas e previstas pelo modelo. Os pontos localizados mais abaixo na reta, com cores diferentes correspondentes a cada cultivar, representam os resultados de 2011.

A diferença de dias entre as datas MPF observadas e as datas MPF previstas é dada pela raiz do erro quadrático médio. No período de nove anos de acompanhamento da floração em Elvas as diferenças foram de 5 dias para a 'Arbequina' e de quatro dias para as restantes cultivares (Barros Maia, 2010). Em 2011 e para a cultivar 'Arbequina' o desvio foi nulo, houve coincidência; para a 'Cobrançosa' o erro foi de meio-dia; para a 'Galega' o erro foi de um dia; e para a 'Picual' o erro foi de 4 dias e meio (quadros 1 e 2).

Em conclusão, da aplicação do modelo FlowerCalc<sup>®</sup> à região de Elvas conclui-se que o ajustamento do modelo não é perfeito. A eficiência do modelo ainda é baixa embora a raiz de erro quadrático médio seja reduzida, havendo necessidade em prosseguir estes estudos durante mais anos. O uso deste modelo, em versão melhorada e calibrada, permitirá prever de forma mais precisa o impacto do aumento da temperatura global (De Melo-Abreu et al., 2011) no comportamento das cultivares de oliveiras, podendo auxiliar na previsão das consequências das alterações na

produtividade e na escolha das cultivares para os novos olivais a instalar nas diferentes regiões do país.

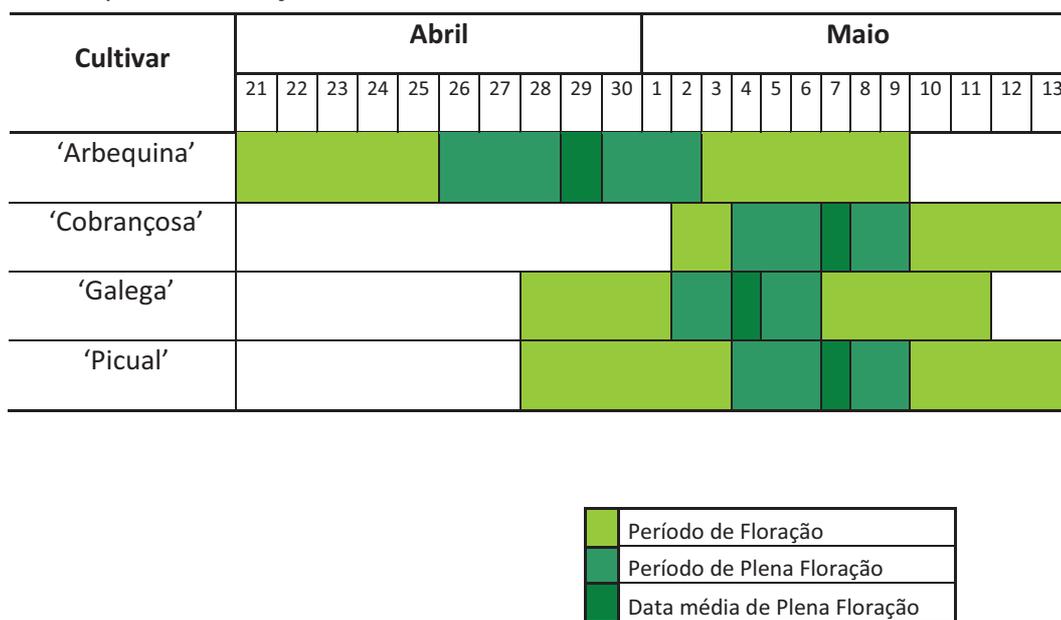
### **Agradecimentos**

Este trabalho foi financiado pelo Projeto PTDC/AGR-AAM/104562/2008, FUTUROLIVE - Efeitos das alterações climáticas na cultura, produção e economia do olival. O coautor Flávio Barros teve uma Bolsa de Iniciação à Investigação Científica no âmbito deste projeto.

### **Referências**

- Barros Maia, F. 2010. Contribuição para o estudo da fenologia de quatro variedades de oliveira (*Olea europaea* L.): 'Arbequina', 'Cobrançosa', 'Galega' e 'Picual'. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Agronómica. ISA, UTL, Lisboa, pp.52.
- Barranco, D., Milona, G. & Rallo, L. 1994. Épocas de floración de cultivares de olivo en Cordoba. *Investigación Agraria: producción y protección vegetales* 9 (2): 213-220.
- Cordeiro, A.M. & Martins, P. 2002. Épocas de floração de variedades de oliveira na região de Elvas. *Melhoramento*. 38: 205-214.
- Cimato, A., Cantani, C., Sani, G. & Marraci, M., 1993. Il germoplasma dell' olivo in Toscana. Instituto Propagazione Specie Legnose. Roma: Consiglio Nazionale delle Ricerche, Scandicci, pp. 257.
- De Melo e Abreu, JP, Paço, T.A., Ribeiro, A.C., Barba, N.G., Cordeiro, A.M., Neves, A., Abreu, I., Neves, Oliveira, H, Oliveira, C. & Mexia, A. 2011. Impactos das Alterações Ambientais Previstas na Agricultura Portuguesa, pp. 3-6. In: A. Varennes & L.S. Pereira (eds.) 2011. Engenharia dos Biosistemas. Cem Temas de Investigação no Centenário do ISA. Edições Colibri e CEER, Lisboa.
- De Melo-Abreu, J., Barranco, D., Cordeiro, A., Tous, J., Rogado, B. & Villalobos, F. 2004. Modeling olive flowering date using chilling for dormancy release and thermal time. *Agricultural and Forest Meteorology*. 125: 117-127.
- Fernández-Escobar, R. & Rallo, L. 1981. Influencia de la polinización cruzada en el cuajado de frutos de cultivares de olivo (*Olea europaea* L.). *ITEA*. 45: 51-58.
- Lavee, S. 1996. "Biología y fisiología del olivo". In: COI (Conselho Oleícola Internacional). *Enciclopedia mundial del olivo*. COI, Madrid, 1ª edição, pp. 60-110.
- Rallo, L. & Cuevas, J. 2008. "Fructificación y producción". In: Barranco, D., Fernández-Escobar, R. & Rallo, L. *El cultivo del olivo*. Junta de Andalucía e Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 6ª edição, pp. 127-162.
- Rallo, L. & Martin, G. 1991. The role of chilling in releasing olive floral buds from dormancy. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 116:1058-1052.
- Ramos, A. 2000. Inducción floral y latencia de las yemas del olivo (*Olea europaea* L.). Tese de Doutoramento. Universidad de Córdoba, pp. 141.
- Sanz-Cortes, F., Martínez-Calvo, J., Badenes, M.L., Bleiholder, H., Hack, H., Llacer, G. & Meier, U. 2002. Phenological growth stages of olive trees (*Olea europaea* L.). *Annals of Applied Biology*. 140: 151-157.

Quadro 1- Época de floração das cultivares em estudo no ano de 2011 em Elvas.



Quadro 2 - Datas da quebra da dormência e da MPF previstas no modelo em dias para as quatro cultivares em Elvas e no ano agrícola 2010-2011.

Cultivar	Data prevista da quebra de dormência (TU) em DOY	Data prevista da MPF (TT) em DOY
'Arbequina'	347	119
'Cobrançosa'	16	126
'Galega'	17	125
'Picual'	358	122

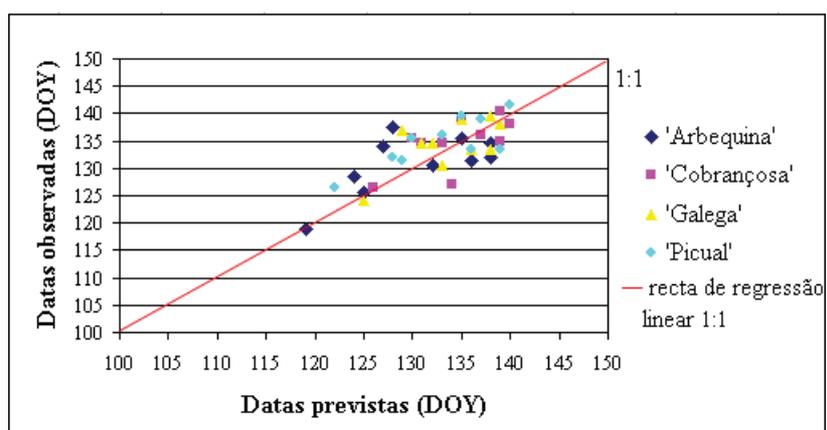


Figura 1 - Validação do modelo – datas MPF observadas / datas MPF previstas pelo modelo.

