



Hinc patriam sustinet

**Instituto Superior de Agronomia
Universidade Técnica de Lisboa**

Contribuição para o estudo da fenologia de quatro variedades de oliveira (*Olea europaea* L.): ‘Arbequina’, ‘Cobrançosa’, ‘Galega Vulgar’ e ‘Picual’

Frederico de Barros Maia

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Agronómica

Orientador: Professor Doutor José Paulo Mourão de Melo e Abreu

Co-orientador: Doutor António Manuel Cordeiro

Júri:

Presidente:

- Doutor Ernesto José de Melo Pestana de Vasconcelos, Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais:

- Doutora Maria Cristina Moniz Simões de Oliveira, Professora Associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;
- Doutor José Paulo Mourão de Melo e Abreu, Professor Associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;
- Doutor António Manuel Cordeiro, Investigador da Unidade de Recursos Genéticos, Ecofisiologia e Melhoramento de Plantas da Estação de Olivicultura de Elvas;
- Doutora Mariana da Silva Gomes Mota, Investigadora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Lisboa, 2010

Agradecimentos

Ao Professor Doutor José Paulo Mourão de Melo e Abreu, orientador deste trabalho, pelos conhecimentos transmitidos, disponibilidade, prontidão, dedicação, compreensão e ajuda na realização desta dissertação.

Ao Doutor António Manuel Cordeiro, co-orientador, pelo acolhimento no Departamento de Olivicultura da Unidade de Recursos Genéticos, Ecofisiologia e Melhoramento de Plantas (INRB/INIA) de Elvas, pela disponibilidade, dedicação e ajuda, bem como pelos conhecimentos transmitidos e dados que me facultou para a concretização da dissertação.

A todos os funcionários e investigadores do Departamento de Olivicultura da Unidade de Recursos Genéticos, Ecofisiologia e Melhoramento de Plantas (INRB/INIA) de Elvas pelo acolhimento, ajuda e conhecimentos transmitidos.

Ao Engenheiro João Cocó da Unidade de Recursos Genéticos, Ecofisiologia e Melhoramento de Plantas (INRB/INIA) de Elvas por me ter facultado os dados meteorológicos da Estação Meteorológica convencional nº 235 que foram necessários para a realização do trabalho.

À minha família, pelo amor, apoio, alento, força e incentivo a terminar este ciclo da minha vida.

Aos meus amigos e a todos os que me apoiaram, o meu sincero muito obrigado.

Resumo

Foi realizado um estudo da fenologia de quatro cultivares da espécie *Olea europaea* L. ('Arbequina', 'Cobrançosa', 'Galega Vulgar' e 'Picual'), com base em observações de estados fenológicos, épocas de floração, modelação das datas de floração e vingamento dos frutos, utilizando como referência um olival em Elvas. No ano 2010 desde o desenvolvimento das inflorescências até ao início do crescimento dos frutos as cultivares evoluíram de modo semelhante. Verificou-se que a duração da floração é encurtada com temperaturas mais elevadas neste período e que as cultivares iniciam a floração segundo a ordem: 'Arbequina', 'Galega Vulgar', 'Cobrançosa' e 'Picual'. Foi realizado um estudo de modelação das datas de floração segundo o modelo De Melo Abreu *et al.* (2004). A eficiência do modelo é baixa, embora a margem de erro seja reduzida (4 a 5 dias). Utilizando o modelo realizaram-se simulações das datas de floração para cenários de alteração climática (aumentos de 1°C a 4°C). A floração nesses cenários apresenta tendência a realizar-se em Abril e a não ocorrer para aumentos de 3°C e 4°C. Foram também calculadas as necessidades térmicas entre a floração e o vingamento, tendo sido verificado que são muito semelhantes para as cultivares em estudo, excepto para a 'Arbequina'.

Palavras-chave: *Olea europaea* L., floração, fenologia, modelação, alterações climáticas, vingamento.

Title: Contribution to the phenology study of four olive tree (*Olea europaea* L.) cultivars: 'Arbequina', 'Cobrançosa', 'Galega Vulgar' and 'Picual'.

Abstract

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, modeling the flowering dates and fruit set, using as reference an olive grove in Elvas. In the year 2010 from the development of inflorescence to the beginning of fruit growth the cultivars have evolved similarly. It was found that the duration of flowering is shortened by higher temperatures during this period and that the cultivars start blooming in the order: 'Arbequina', 'Galega Vulgar', 'Cobrançosa' and 'Picual'. We conducted a modeling study of flowering dates following the model of De Melo Abreu *et al.* (2004). The model efficiency is low, although the error rate is reduced (4-5 days). Using the model were carried out simulations of the flowering dates for climate change scenarios (increases of 1 °C to 4 °C). The flowering of these scenarios presents a tendency to be held in April and did not occur for increases of 3 °C and 4 °C. Were also calculated heat requirements between flowering and fruit set, having been established that are very similar to the cultivars under study, except for 'Arbequina'.

Key-words: *Olea europaea* L., flowering, phenology, modeling, climate change, fruit set.

Title: Contribution to the phenology study of four olive tree (*Olea europaea* L.) cultivars: 'Arbequina', 'Cobrançosa', 'Galega Vulgar' and 'Picual'.

Extended Abstract

In this work we carried out a study of the phenology of four cultivars of *Olea europaea* L. ('Arbequina', 'Cobrançosa', 'Galega Vulgar' and 'Picual'). This study was based on an olive grove situated in Elvas at Herdade do Reguengo (INRB/INIA – Unidade de Recursos Genéticos, Ecofisiologia e Melhoramento de Plantas – Departamento de Olivicultura). It was intended to check the progress of growth stages in 2010, the evolution of flowering times of the cultivars studied, conduct a modeling study of the flowering dates in the future and make a preliminary study to model the fruit set.

In 2010 were observed phenological stages from the inflorescence development to the beginning of fruit growth. The phenological development took place in a similar way for all cultivars except for 'Arbequina' which was earlier, although this period ended for all in the same date. Based on 9 years data we analyzed the flowering times of the cultivars under study. It was found that the duration of the flowering of the olive tree is shortened by higher temperatures during this period and the cultivars start blooming in the order: 'Arbequina', 'Galega Vulgar', 'Cobrançosa' and 'Picual'.

It was also conducted a preliminary modeling study of the flowering dates of the cultivars 'Cobrançosa' and 'Galega Vulgar' following the model of De Melo Abreu *et al.* (2004), where the sum of chilling units computed correspond to 743 U and 759.1 U, respectively, and the thermal sum of the forcing phase to 479.1 °C day and 473 °C day. The model efficiency for all cultivars and Elvas is low, although the margin of error, i.e., the root mean square error, is reduced (5 days for the cultivar 'Arbequina' and 4 days for the other cultivars). Using the model were carried out simulations of the flowering dates under climate change scenarios, with increases of 1 °C to 4 °C at minimum and maximum air temperatures in a serie of 15 years (1996-2010). It was found that the flowering in these scenarios has tended to take place earlier, in the month of April, and does not occur for increases of 3 °C and 4 °C.

We also calculated the thermal needs between the average date of flowering and the fruit set date in the years 2005-2007 and 2010, through the thermal time and the average temperatures of the respective years. It was found that these needs are very similar to all cultivars under study, except for 'Arbequina'.

Key-words: *Olea europaea* L., flowering, phenology, modeling, climate change, fruit set.

Índice

I. Introdução	1
II. Revisão Bibliográfica	3
1. Características gerais da oliveira	3
1.1. Taxonomia	3
1.2. Origem e expansão	3
1.3. Importância da olivicultura a nível nacional e mundial	4
1.4. O desenvolvimento e crescimento da oliveira	4
1.5. Adaptação ecológica da oliveira	7
1.6. Características das variedades em estudo	8
1.6.1. 'Arbequina'	8
1.6.2. 'Cobrançosa'	8
1.6.3. 'Galega Vulgar'	8
1.6.4. 'Picual'	8
2. A fenologia da oliveira	9
2.1. Os estados fenológicos da oliveira	9
2.2. Modelação dos estados fenológicos da oliveira	9
2.3. Modelação das datas de floração	9
2.3.1. Modelação das necessidades de frio	10
2.3.2. Modelação da fase de forçagem	10
2.3.3. Previsões futuras	10
2.4. Modelação do crescimento dos frutos, maturação e produção	10
III. Material e Métodos	12
1. Dispositivo experimental, métodos de observação dos estados fenológicos e tratamento dos dados	12
1.1. Localização e caracterização do local dos ensaios	12
1.2. Material vegetal	13
1.3. Método de observação dos estados fenológicos	14
1.4. Tratamento dos dados	14
2. Modelação das datas de floração	15
2.1. Material	15
2.1.1. Algoritmo para o cálculo dos parâmetros do modelo e das necessidades térmicas das variedades em estudo	15
2.1.2. A aplicação FlowerCalc [®]	16
2.2. Validação do modelo	19
2.3. Simulação das datas de floração com aumentos de temperatura	20
3. Determinação das necessidades térmicas da plena floração até ao vingamento dos frutos	20

IV. Resultados e Discussão	21
1. Evolução dos estados fenológicos no ano 2010	21
2. Épocas de floração das variedades em estudo	21
3. Modelação das datas de floração	23
3.1. Calibração e validação do modelo	23
3.2. Simulação das datas de floração em cenários de alteração climática	24
4. Necessidades térmicas da floração até ao vingamento dos frutos	26
V. Conclusões	28
VI. Referências Bibliográficas	29
Anexos	33
Anexo A	34
Anexo B	35
Anexo C	41
Anexo D	43
Anexo E	46
Anexo F	47

Lista de Quadros

Quadro 1 – Correspondência da escala de classificação dos estados fenológicos Colbrant (1972) com a escala BBCH para o método de Barranco <i>et al.</i> (1994)	15
Quadro 2 – Datas médias da plena floração (MPF) em dia do ano (DOY) para os 9 anos de observações e as variedades em estudo	22
Quadro 3 – Total de necessidades de frio para a quebra da endodormência (TU) e total de necessidades de calor da fase de forçagem (TT)	23
Quadro 4 – Média dos 15 anos das datas MPF simuladas (Cen 0), média dos avanços das datas MPF (número de dias) relativamente ao Cen 0 nos cenários de aumento de temperatura e número de anos com floração anormal ou inexistente (F.I.)	25
Quadro 5 – Data da ocorrência do estado fenológico 69 como dominante	26
Quadro 6 – Tempo térmico (°C dia) do período entre a data média da plena floração e o vingamento dos frutos para as variedades em estudo nos anos 2005, 2006, 2007 e 2010	26
Quadro 7 - Duração do período entre a data MPF e o vingamento dos frutos	27
Quadro C1 – Média do registo dos estados fenológicos de 3 árvores por variedade na Herdade do Reguengo (Elvas), segundo a escala BBCH	41
Quadro D1 – Duração da floração e datas referentes à época de floração em dias do ano (DOY) da variedade ‘Arbequina’ na Herdade do Reguengo (Elvas)	43
Quadro D2 – Duração da floração e datas referentes à época de floração em dias do ano (DOY) da variedade ‘Cobrançosa’ na Herdade do Reguengo (Elvas)	44
Quadro D3 – Duração da floração e datas referentes à época de floração em dias do ano (DOY) da variedade ‘Galega Vulgar’ na Herdade do Reguengo (Elvas)	44
Quadro D4 – Duração da floração e datas referentes à época de floração em dias do ano (DOY) da variedade ‘Picual’ na Herdade do Reguengo (Elvas)	45
Quadro E1 – Datas médias da floração (DOY) observadas e previstas pelo modelo, e o RMSE para cada variedade	46
Quadro F1 – Datas da quebra da endodormência (DOY) das variedades ‘Arbequina’ e ‘Picual’ nos cenários de aumento de temperatura estudados e para os 15 anos de simulações	47
Quadro F2 – Datas da quebra da endodormência (DOY) das variedades ‘Cobrançosa’ e ‘Galega Vulgar’ nos cenários de aumento de temperatura estudados e para os 15 anos de simulações	48
Quadro F3 – Data média da plena floração simulada (Cen 0) e avanços em dias dos cenários estudados da variedade ‘Arbequina’ para os 15 anos simulados	49
Quadro F4 – Data média da plena floração simulada (Cen 0) e avanços em dias dos cenários estudados da variedade ‘Cobrançosa’ para os 15 anos simulados	50
Quadro F5 – Data média da plena floração simulada (Cen 0) e avanços em dias dos cenários estudados da variedade ‘Galega Vulgar’ para os 15 anos simulados	51
Quadro F6 – Data média da plena floração simulada (Cen 0) e avanços em dias dos cenários estudados da variedade ‘Picual’ para os 15 anos simulados	52

Lista de Figuras

Figura 1 – Ciclo bienal da oliveira (Silva, 2008, adaptado a partir de Rallo & Cuevas, 2001)	5
Figura 2- Mapa de Portugal com a localização de Elvas (Google Earth [®] , 2010)	12
Figura 3- Média mensal dos últimos 44 anos (1965-2009) da pluviosidade, e das temperaturas mínimas e máximas da Herdade do Reguengo (Estação Meteorológica do INRB/INIA – Unidade de Recursos Genéticos, Ecofisiologia e Melhoramento de Plantas – Departamento de Olivicultura)	13
Figura 4 - Linha de oliveiras da variedade ‘Galega Vulgar’ do olival campo de pés-mãe da Herdade do Reguengo (INRB/INIA – Unidade de Recursos Genéticos, Ecofisiologia e Melhoramento de Plantas – Departamento de Olivicultura)	14
Figura 5 - Representação gráfica do modelo utilizado para o cálculo das unidades de frio (U) (De Melo-Abreu et al., 2004)	16
Figura 6 – Média mensal das temperaturas mínima e máxima dos últimos 14 anos (1996-2009) (Estação Meteorológica convencional nº 235)	18
Figura 7 – Média mensal das temperaturas mínima e máxima do ano 2010 (Estação Meteorológica convencional nº 235)	18
Figura 8 – Abrigo meteorológico do tipo Stevenson da Estação Meteorológica convencional nº 235	19
Figura 9 - Época média de floração em Elvas para os 9 anos de observações (1998-2002, 2005-2007 e 2010) e as variedades em estudo	21
Figura 10 – Taxa de desenvolvimento (1/D) das 4 variedades em função da média das temperaturas médias diárias durante a floração	22
Figura 11 – Validação do modelo – datas MPF observadas / datas MPF previstas pelo modelo	24
Figura 12 - Taxa de desenvolvimento (1/D) das 4 variedades em função da média das temperaturas médias desde a data MPF até ao vingamento dos frutos	27
Figura A1 – Escala de classificação dos estados fenológicos da oliveira (<i>Olea europaea</i> L.) segundo Colbrant (1972)	34
Figura B1 – Ilustração de alguns estados fenológicos da escala BBCH da oliveira (<i>Olea europaea</i> L.) (Sanz-Cortés et al., 2002)	36
Figura C1 – Pormenor fotográfico das observações dos estados fenológicos da variedade ‘Galega Vulgar’ no ano 2010 na Herdade do Reguengo (Elvas)	42

Lista de Abreviaturas

BBCH: Biologische Bundesanstalt (Federal Biological Research Centre), Bundessortenamt (Federal Plant Variety Office) and chemical industry.

Cen: cenário.

DOY: dia do ano (day of the year).

INRB/INIA: Instituto Nacional de Recursos Biológicos/Instituto Nacional de Investigação Agrária.

MPF: data média da plena floração.

TT: tempo térmico.

TU: somatório de unidades de frio.

U: unidades de frio.

I. Introdução

A oliveira (*Olea europaea* L.) é uma árvore ancestral e o seu cultivo remonta à antiguidade. Esta espécie está bem adaptada ao clima mediterrânico e o seu cultivo encontra-se distribuído no mundo em países com este clima. Na actualidade a área de olival a nível mundial é de 10 Mha, onde cerca de 90% da produção se destina à laboração de azeite. Aproximadamente 98% da superfície olivícola mundial encontra-se em países da bacia mediterrânica. Em Portugal existem cerca de 0,4 Mha de olival, distribuídos pelas principais regiões olivícolas nacionais (Trás-os-Montes e Alto Douro, Beira Interior, Ribatejo e Alentejo). A variedade 'Galega Vulgar' é a mais representativa (80% desta área), embora existam outras variedades nacionais bastante relevantes como a 'Cobrançosa'. Nos últimos anos tem-se assistido à introdução de variedades muito divulgadas em Espanha, como por exemplo a 'Picual' e a 'Arbequina'. Dada a importância destas quatro variedades em Portugal existe particular interesse no seu estudo fenológico.

A floração e o vingamento dos frutos são preponderantes para a produtividade dos ramos frutíferos na oliveira e conseqüentemente para o sucesso económico da cultura. Estas fases do desenvolvimento da oliveira são influenciadas principalmente pela temperatura. A oliveira necessita de acumular frio para quebrar o repouso das gemas florais e o desenvolvimento floral até à floração é acelerado com o aumento da temperatura, o que também acontece durante a floração. O vingamento dos frutos é afectado por temperaturas superiores a 30°C onde o crescimento do tubo polínico é reduzido. A irregularidade climática do clima mediterrânico é o factor responsável pelas variações nas datas e duração da floração, podendo afectar o rendimento da cultura.

A modelação dos estados fenológicos é uma ferramenta que permite prever as suas ocorrências de acordo com factores ambientais. A sua previsão é fundamental pois proporciona planear práticas e técnicas culturais com maior precisão, testar a adaptabilidade varietal e da espécie a diversos locais, bem como antever o seu comportamento em função das alterações climáticas.

No trabalho de De Melo-Abreu *et al.* (2004) desenvolveu-se um modelo de previsão das datas de floração de algumas variedades, não incluindo a 'Galega Vulgar' e a 'Cobrançosa'. O modelo apresenta duas fases, em que na primeira acumulam-se as unidades de frio necessárias à quebra do repouso, seguindo-se uma segunda fase de acumulação térmica acima de uma temperatura base para perfazer as necessidades térmicas até à floração.

Este trabalho tem como objectivo contribuir para o estudo da fenologia das variedades 'Arbequina', 'Cobrançosa', 'Galega Vulgar' e 'Picual'. Com a finalidade de aprofundar estes conhecimentos pretende-se:

- comparar a evolução dos estados fenológicos desde o desenvolvimento floral até ao início do crescimento dos frutos das variedades em estudo no ano 2010;
- comparar e analisar as épocas de floração das diferentes variedades em estudo;
- realizar um estudo preliminar de modelação das datas de floração das variedades 'Galega Vulgar' e 'Cobrançosa';
- corroborar o modelo de De Melo-Abreu *et al.* (2004) com dados de nove anos de florações para a região de Elvas;

- prever o comportamento da floração das variedades em estudo segundo cenários de aumento de temperatura;
- determinar as necessidades térmicas das variedades em estudo desde a floração até ao vingamento dos frutos para estudos futuros de modelação.

II. Revisão Bibliográfica

1. Características gerais da oliveira

1.1. Taxonomia

A oliveira (*Olea europaea* L.) é uma árvore dicotiledónea (classe *Magnoliopsida*) pertencente à ordem *Scrophulariales*, à família *Oleaceae* e à subfamília *Oleideae* (Cronquist, 1981, cit. por Bartolini & Petruccelli, 2002). Nesta família existem 29 géneros, nos quais destacam-se, pelo interesse económico e hortícola das suas espécies, os géneros *Fraxinus*, *Jasminum*, *Ligustrum*, *Phillyrea*, *Syringa* e *Olea* (Heywood, 1978, cit. por Rapoport, 2008). Entre as cerca de 35 espécies do género *Olea* encontra-se a *Olea europaea* L. que apresenta subespécies cultivadas e silvestres. As oliveiras silvestres, também designadas por zambujeiros, classificam-se como *Olea europaea* L. subsp. *sylvestris* Miller e as oliveiras cultivadas como *Olea europaea* L. subsp. *europaea* (Cronquist, 1981, cit. por Bartolini & Petruccelli, 2002; Rapoport, 2008).

1.2. Origem e expansão

O local de origem da oliveira não está bem definido, sendo que Vavilov (1951, cit. por Rallo, 2004) considera que corresponde à zona do Irão e da Síria. Pensa-se que a árvore seja originária de um cruzamento entre diferentes espécies de plantas do género *Olea* (Coutinho, 1956, cit. por Rallo, 2004). Esta origem perde-se no tempo, embora tenham sido encontrados vestígios de carvão de madeira de zambujeiro em diversos locais da bacia mediterrânica, sendo que em Espanha os mais antigos datam aproximadamente 5500-6000 anos a.C. (Vernet, 1990, cit. por Rallo, 2004). O zambujeiro foi disseminado nesta bacia naturalmente talvez por aves migratórias, tordos ou outras (Gouveia, 2002). Esta espécie começou a ser domesticada entre os 10000 e os 3000 anos a.C. possivelmente na Mesopotâmia (Gouveia, 2002). Os vestígios mais antigos do cultivo foram encontrados a norte do Mar Morto com aproximadamente 3500-4000 anos a.C., tendo sido encontrados endocarpos maiores que os do zambujeiro e com maior oleosidade (Rallo, 2004). Os fenícios, sírios e arménios cultivaram esta oliveira domesticada e a disseminaram por todo o Mediterrâneo Oriental à 3000 anos a.C., passando para o Egipto (2000 a.C.), ilhas da Ásia Menor e Grécia continental (1800 a.C.). Depois o cultivo expandiu-se para Oeste ao longo de toda a bacia Mediterrânea através de vários povos (gregos, fenícios e romanos) (Gouveia, 2002). Mais tarde, na época dos descobrimentos a cultura difundiu-se para o continente americano e com o passar do tempo para todo o mundo onde as condições climáticas lhe eram favoráveis (Casa do Azeite, 2010b).

1.3. Importância da olivicultura a nível nacional e mundial

A oliveira é utilizada pelo Homem para diversos fins: árvore ornamental, produção de frutos, entre outros. O seu fruto é o produto com maior interesse económico, tendo como principal destino a produção de azeitona de mesa e a laboração de azeite. Ambos são dois produtos bastante utilizados na gastronomia, sendo o azeite também utilizado para a iluminação, como lubrificante, etc. (Lyle, 2007). O azeite é uma fonte saudável de gorduras insaturadas, com elevado conteúdo em ácido oleico e antioxidantes, apresentando propriedades terapêuticas (Willet, 1997, cit. por Sanz-Cortés *et al.*, 2002 ; Visioli & Galli, 2001, cit. por Sanz-Cortés *et al.*, 2002). Nos últimos 15 anos o consumo mundial de azeite aumentou em média 3,1 %. Em Portugal o consumo tem vindo a aumentar do início da década de 90 (3,3 kg *per capita*) até à actualidade (7,0 kg *per capita*) (Casa do Azeite, 2010a).

A nível mundial no ano 2008 a área de olival atingiu os 10 839 026 ha e em Portugal os 379 400 ha (FAOSTAT, 2010). Nos últimos anos a área de olival em Portugal tem vindo a aumentar. Entre os anos 2000 e 2006 foram instalados cerca de 30 000 ha de novas plantações, incluindo olivais intensivos e superintensivos (GPP, 2007). Em 2008 foram produzidas no mundo cerca de 18 083 800 t de azeitona (FAOSTAT, 2010), das quais aproximadamente 90% tiveram como destino a produção de azeite (Civantos, 2008). Cerca de 98% da superfície oleícola mundial encontra-se localizada na bacia mediterrânica (Civantos, 2008), onde os países da União Europeia (Espanha, Itália, França, Grécia e Portugal) são responsáveis por 76% da produção. Em Portugal a produção de azeite tem vindo a recuperar do decréscimo brusco verificado depois da década de 50 (90 000t) até os anos 80 (35 000t) (Casa do Azeite, 2010c). Com a modernização e a adaptação tecnológica dos lagares nacionais verificada nos últimos anos, a qualidade do azeite produzido em Portugal tem vindo a aumentar, bem como a sua produção e exportação. Do ano 2008 para o ano 2009 houve um aumento da produção de azeitona de 375 000 t (FAOSTAT, 2010) para 424 261 t (INE, 2010).

1.4. O desenvolvimento e crescimento da oliveira

No decurso da vida da oliveira existem duas fases: a juvenil e a adulta. A diferença entre estas fases reside na capacidade reprodutiva que apenas se manifesta na fase adulta (Rapaport, 2008).

O crescimento dos ramos e o desenvolvimento dos frutos são fenómenos anuais cíclicos na oliveira. Os processos que conduzem à frutificação requerem duas estações consecutivas, sendo o ciclo reprodutivo bienal (Figura 1). Na primeira estação deste ciclo formam-se as gemas, ocorre a indução floral das mesmas e a sua entrada em repouso vegetativo. Na segunda estação tem lugar a quebra do repouso, o desenvolvimento das flores, a floração, e o crescimento, desenvolvimento e maturação dos frutos (Rallo & Cuevas, 2008).

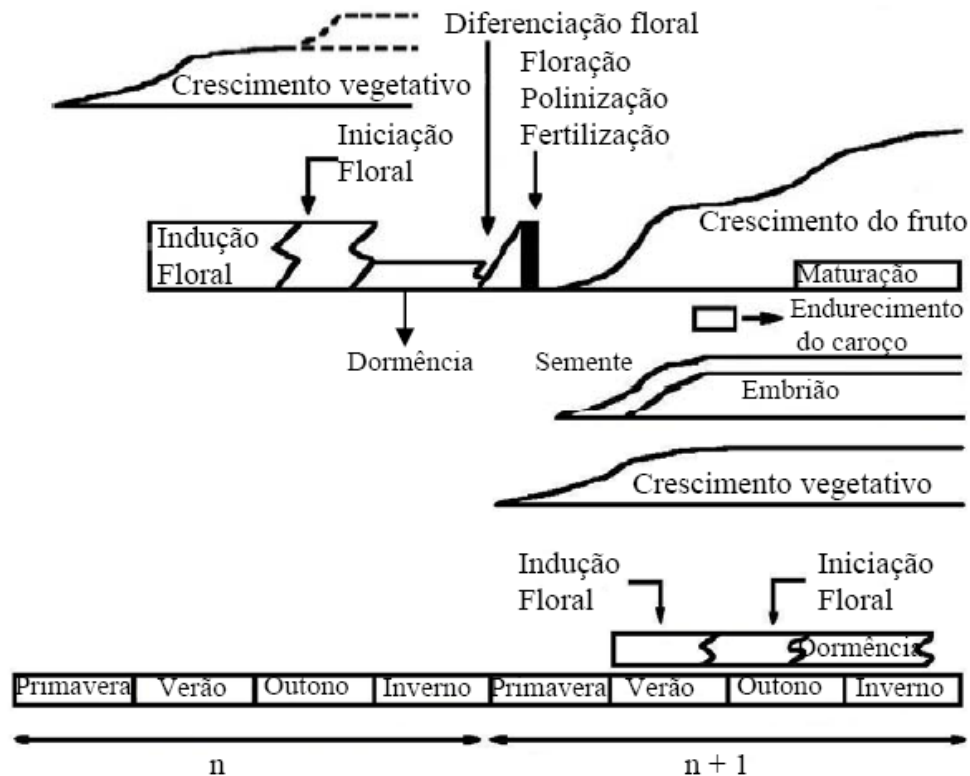


Figura 1 – Ciclo bienal da oliveira (Silva, 2008, adaptado a partir de Rallo & Cuevas, 2001).

A presença de frutos e de ramos em crescimento provoca uma série de processos de competição por assimilados e de inibição. Estes processos determinam o crescimento vegetativo e o nível de floração do ano seguinte. Este aspecto caracteriza a alternância de produção da oliveira (Rallo & Cuevas, 2008).

As gemas formam-se nas axilas das folhas dos lançamentos (ramos do ano) em crescimento. O crescimento e desenvolvimento destas fica completo a 6 semanas após o início da sua formação. Depois a gema permanece dormente, ou seja, não modifica a sua morfologia até ao abrolhamento na primavera seguinte (Rubio *et al.*, 2007, cit. por Rallo & Cuevas, 2008). Antes de completar o seu desenvolvimento a gema recebe estímulos que determinam o seu carácter floral ou vegetativo (Rallo & Cuevas, 2008).

O crescimento dos lançamentos ocorre segundo um ou dois fluxos ao longo do ano, dependendo da temperatura, da disponibilidade hídrica e da radiação solar (Connor & Fereres, 2005; Lavee, 1996). Este crescimento tem início na Primavera, onde são necessárias temperaturas acima dos 12°C para ser induzido. No Verão temperaturas superiores a 30°C reduzem a velocidade de crescimento. Com a diminuição das temperaturas diurnas no Outono e com humidade no solo há um segundo período de rápido crescimento. Em regiões situadas mais a norte ou em altitudes mais elevadas, em que as temperaturas no Verão são inferiores, o pico de crescimento dá-se nesta estação (Lavee, 1996; Rallo & Cuevas, 2008). Este crescimento é reduzido no inverno devido às baixas temperaturas (Connor & Fereres, 2005). Em anos de carga (elevada produção) a necessidade de assimilados pelos frutos em desenvolvimento limita o crescimento vegetativo, verificando-se uma detenção deste após o vingamento dos frutos (Inglese *et al.*, 1999, cit. por Silva, 2008).

A indução floral consiste no processo de alteração fisiológica do meristema apical de uma gema que determina o seu carácter floral (SECH, 1998). Este processo ocorre no Verão, 7 a 8 semanas após a plena floração, na altura do endurecimento do endocarpo dos frutos (Connor & Fereres, 2005). As giberelinas sintetizadas nas sementes dos frutos neste período inibem a indução floral (Fernández-Escobar *et al.*, 1992, cit. por Rallo & Cuevas, 2008). Este facto propicia a que em anos de safra a floração no ano seguinte seja menor (Rallo & Cuevas, 2008).

A dormência das gemas é a suspensão temporal do crescimento visível de qualquer estrutura que contenha um meristema (SECH, 1998). Este processo permite às árvores fruteiras das zonas temperadas sobreviver às condições do inverno (Saure, 1985, cit. por Ramos, 2000). As gemas foliares crescem durante o Outono e passam o Inverno inibidas pelas folhas (paradormência), não necessitando de frio para abrolhar. Enquanto que as gemas florais no Outono entram progressivamente em repouso (endodormência) e necessitam de acumular frio para abrolhar (Rallo & Martin, 1991; Ramos, 2000). O período de saída do repouso ocorre no Hemisfério Norte desde a primeira metade de Janeiro até à primeira metade de Fevereiro (variando com a variedade e o ano). Neste período, em condições experimentais, as temperaturas superiores a 30°C e a desfoliação interferem no normal desenvolvimento floral (Ramos, 2000). As geadas na altura do abrolhamento podem destruir as gemas florais (Rallo & Cuevas, 2008). O frio tem o papel de sincronizar o abrolhamento das gemas florais para garantir a polinização simultânea, sendo uma estratégia de sobrevivência da espécie (Ramos, 2000).

Com o abrolhamento inicia-se o crescimento e desenvolvimento das inflorescências até à floração. Este processo é sequencial e ininterrupto, sendo influenciado pela temperatura. As temperaturas elevadas nos meses anteriores à floração aceleram este processo, ocorrendo o contrário quando as estas são baixas (Alcalá & Barranco, 1992). A oliveira é uma espécie cujo início do crescimento das inflorescências é insensível ao fotoperíodo (Hackett & Hartmann, 1964). A duração da floração é condicionada pela evolução das temperaturas no Inverno, na Primavera e durante o período da floração. As temperaturas moderadas no Inverno e na Primavera dão origem a períodos de floração mais alargados (Barranco *et al.*, 1994). O período entre o abrolhamento e a antese (período de desenvolvimento das peças florais em que a flor está sexualmente funcional) dura cerca de 4 a 6 semanas (Lavee, 1996). Na exposição Sul-Este da copa da árvore a floração é antecipada (Canu *et al.*, 1998, cit. por Deidda *et al.*, 2003). O stress hídrico e nutritivo entre o abrolhamento e 6 semanas antes da floração, reduzem o número de flores por inflorescência e provocam o aborto dos pistilos (Rallo & Cuevas, 2008).

Com a abertura das primeiras flores tem início a floração. Nesta ocorre a polinização (que é preferencialmente anemófila) e a fecundação (Rallo & Cuevas, 2008). A incidência de chuva, altas temperaturas e ventos secos reduzem o crescimento do tubo polínico, a receptibilidade do estigma e a longevidade do óvulo (Cuevas & Rallo, 1988, cit. por Pau, 2001). A temperatura óptima para o crescimento dos tubos polínicos é de 25°C (Cuevas *et al.*, 1994, cit. por Pau, 2001). A germinação e o crescimento do tubo polínico reduz-se com temperaturas superiores a 30°C (Fernández-Escobar *et al.*, 1983, cit. por Pau, 2001). Com temperaturas de 32,2 °C, o tubo polínico cresce na superfície do estigma mas não no seu interior (Bradley *et al.*, 1966, cit. por Ait-Radi, 1991). Uma vez que o período

de receptividade do estigma é de 3 a 4 dias a partir da antese (Bradley & Griggs, 1963, cit. por Ait-Radi, 1991), a fecundação pode não ocorrer devido a temperaturas pouco adequadas. Num ano em que a floração é normal em apenas 1-2 % das flores ocorre o vingamento (Lavee, 1996).

O crescimento da azeitona, tal como o de qualquer drupa, ajusta-se a uma curva sigmóide dupla com três fases distintas (Rallo & Cuevas, 2008). Na primeira fase ocorre a divisão e a expansão celular, sendo o crescimento rápido, e o endocarpo é o principal tecido em desenvolvimento, chegando a ocupar 80% do volume da azeitona (Beltrán *et al.*, 2001, cit. por Silva, 2008). Esta fase fica completa cerca de 8 semanas após a plena floração (Costagli *et al.*, 2003, cit. por Silva, 2008). Na segunda fase o crescimento é lento e ocorre o endurecimento progressivo do endocarpo, alcançando este como o embrião o tamanho final (Beltrán *et al.*, 2001, cit. por Silva, 2008). Na última fase o crescimento é rápido e as células parênquimáticas do mesocarpo aumentam de tamanho. Dá-se início a biossíntese do azeite e o armazenamento nos vacúolos destas células. Durante este período, as disponibilidades hídricas do fruto determinam o seu tamanho e a acumulação de azeite. (Rapoport, 2008).

1.5. Adaptação ecológica da oliveira

A oliveira é uma cultura de clima Mediterrâneo inserida nas latitudes 30° e 45° do Hemisfério Norte e Sul, e neste último também em latitudes mais tropicais com clima modificado pela altitude (Civantos, 2008). Esta espécie está bem adaptada às condições ambientais extremas deste clima subtropical de verões quentes e secos (Lavee, 1996). As temperaturas óptimas para o desenvolvimento vegetativo estão compreendidas entre os 10°C e os 30°C, e acima dos 35°C a árvore regula a sua temperatura fechando os estomas (Loussert e Brousse, 1980). A oliveira para quebrar o repouso das gemas florais, e assim poder frutificar, necessita de frio (Rallo & Martin, 1991). As temperaturas negativas limitam o seu cultivo, pois poderão haver danos abaixo dos -5°C, dependendo da variedade. Estas temperaturas são frequentes a altitudes superiores a 800 metros, o que limita também a sua produção (Agustí, 2004). Durante o repouso no Inverno temperaturas entre 0°C e -5°C provocam pequenas feridas nos rebentos e ramos do ano, provocando a sua morte a -5°C e -10°C e a morte de toda a parte aérea da árvore abaixo dos -10°C (Sibbett & Osgood, 1994, cit. por Navarro & Parra, 2008). Durante o crescimento e maturação dos frutos temperaturas inferiores a 0°C danificam estes e diminuem a qualidade do azeite. As temperaturas inferiores a 0°C provocam a morte a folhas recém formadas e ligeiramente superiores a 0°C podem afectar a floração provocando a formação incompleta da flor (Navarro & Parra, 2008). A oliveira desenvolve-se em solos com constituição e propriedades muito diversas, desde que apresente o mínimo de água disponível. É uma planta resistente à seca, sensível ao encharcamento prolongado e tolerante à salinidade (Agustí, 2004).

1.6. Características das variedades em estudo

1.6.1. 'Arbequina'

Esta variedade é autóctone da região da Catalunha (Espanha). É uma árvore de porte médio, bastante produtiva e pouco alternante, sendo a entrada em produção muito precoce (Tous *et al.*, 1998). O seu vigor é reduzido, permitindo a sua utilização em olivais intensivos (Barranco, 2008). É resistente ao frio, sensível à clorose férrica, tolerante ao olho de pavão e à verticilose (Agustí, 2004). A azeitona apresenta bom rendimento em azeite, dando origem a azeites de qualidade, embora com baixa estabilidade (Barranco, 2008).

1.6.2. 'Cobrançosa'

A 'Cobrançosa', também designada por 'Quebrançosa', 'Salgueira' ou 'Madural Salgueira', é uma variedade portuguesa autóctone de Trás-os-Montes (Monteiro, 1999). É uma árvore com porte pequeno a médio, bastante regular e produtiva (Leitão *et al.*, 1986). Apresenta baixa sensibilidade ao olho de pavão, e elevada resistência à gafa e à mosca da azeitona (Dias *et al.*, 2000). O fruto é apenas utilizado para a produção de azeite, apresentando bom rendimento e mediana riqueza em ácido linoleico (Leitão *et al.*, 1986).

1.6.3. 'Galega Vulgar'

A 'Galega Vulgar' ou 'Galega' é uma variedade portuguesa, de região de origem desconhecida, que representa cerca de 80 % do olival nacional (Barranco, 2008; Leitão *et al.*, 1986). É uma árvore de porte médio a grande, produtiva e em regiões mais a litoral apresenta tendência para a alternância da produção (Dias *et al.*, 2000). É sensível ao frio e à salinidade, e é tolerante à seca (Barranco, 2008). É uma variedade susceptível à gafa, mosca da azeitona e à tuberculose. A sua azeitona destina-se essencialmente para a produção de azeite, embora seja também utilizada para conserva (Dias *et al.*, 2000). A azeitona apresenta fraco a médio rendimento em azeite, sendo pobre em ácido linoleico (Leitão *et al.*, 1986).

1.6.4. 'Picual'

É uma variedade originária da Andaluzia (Espanha), e é também conhecida por outras denominações como 'Martinho', 'Nevadilho' e 'Loprenho' (Barranco, 2008; Tous *et al.*, 1998). É uma árvore de porte médio e é precoce na entrada em produção, apresentando produtividades elevadas (Barranco, 2008; Tous *et al.*, 1998). É muito sensível ao olho de pavão e à verticilose, e é tolerante à tuberculose (Agustí, 2004). O rendimento em gordura é elevado, mas a qualidade do azeite é médio, com elevados índices de estabilidade e níveis de ácido oleico (Barranco, 2008).

2. A fenologia da oliveira

A fenologia consiste no estudo da ocorrência de eventos biológicos periódicos e da sua relação com o ambiente, em especial com o clima. Os eventos biológicos são referentes a uma determinada etapa do seu desenvolvimento (estado fenológico) como por exemplo: abrolhamento, floração, maturação e senescência (Lieth, 1974, cit. por Osborne *et al.*, 2000).

2.1. Os estados fenológicos da oliveira

Os estados fenológicos do ciclo vegetativo e reprodutivo da oliveira são descritos através de diferentes escalas. A escala mais utilizada é a desenvolvida por Colbrant (1972) (Anexo A). Esta escala engloba apenas aspectos do ciclo reprodutivo desde o estado invernal (A) até o endurecimento do endocarpo dos frutos (I₁). Outra escala mais completa e actual é a descrita por Sanz-Cortés *et al.* (2002) (Anexo B). Esta é uma adaptação à escala BBCH (Biologische Bundesanstalt, Chemische Industrie), que é a oficialmente aceite pela European Plant Protection Organization (EPPO). É uma escala decimal de dois dígitos, sendo o primeiro referente ao estado principal de crescimento (como por exemplo 'floração') e o segundo ao estado secundário (como por exemplo 'primeiras flores abertas'). Os estados principais de crescimento são referentes: ao desenvolvimento das gemas (0), ao desenvolvimento das folhas (1), ao desenvolvimento dos lançamentos (3), ao desenvolvimento das inflorescências (5), à floração (6), ao desenvolvimento dos frutos (7), à maturação dos frutos (8) e à sua senescência (9) (Sanz-Cortés *et al.*, 2002).

2.2. Modelação dos estados fenológicos da oliveira

A modelação dos estados fenológicos permite prever as suas ocorrências, de acordo com factores ambientais. A previsão dos estados fenológicos da oliveira é importante pois proporciona: antever o comportamento da espécie em novos ambientes; monitorizar o impacto de pragas; projectar possíveis produções; planear a rega, a aplicação de agro-químicos, a poda e a colheita da azeitona; prever a concentração de pólen na atmosfera (causador de alergias, sendo prejudicial à saúde humana) (De Melo-Abreu *et al.*, 2004). Os estudos de fenologia da oliveira têm-se focado nas seguintes fases: abrolhamento (Orlandi *et al.*, 2004), floração (Alcalá & Barranco, 1992; De Melo-Abreu *et al.*, 2004) e maturação dos frutos (Barranco *et al.*, 1998). Para avaliar correctamente o efeito das variações ambientais, são necessárias séries longas de observações fenológicas de um mesmo local acompanhadas por dados meteorológicos.

2.3. Modelação das datas de floração

Na criação de modelos de previsão da floração podem ser utilizadas datas procedentes da observação dos estados fenológicos (De Melo-Abreu *et al.*, 2004) ou datas referentes à medição da concentração de pólen na atmosfera (Galán *et al.*, 2001, cit. por De Melo-Abreu *et al.*, 2004). Estes modelos são baseados na temperatura do ar, sendo calibrados para determinado local (De Melo-Abreu *et al.*, 2004). De Melo-Abreu *et al.* (2004) desenvolveram um modelo de duas fases que permite prever as datas de floração. A primeira fase é uma adaptação ao modelo de Utah

(Richardson *et al.*, 1974) e permite contabilizar os requisitos de frio da oliveira em unidades de frio. A segunda fase do modelo é uma aproximação à equação do tempo térmico (Monteith, 1977), correspondendo à acumulação de calor necessária ao desenvolvimento floral até à plena floração (fase de forçagem).

2.3.1. Modelação das necessidades de frio

No modelo de Utah (Richardson *et al.*, 1974) uma unidade de frio equivale a uma hora de exposição à temperatura ideal para a quebra do repouso. A exposição a temperaturas superiores ou inferiores a esta as unidades de frio são inferiores a 1, podendo até ser negativas. Este modelo consiste na acumulação das unidades de frio até satisfazer os requisitos para a quebra do repouso invernal das fruteiras caducifólias (Moreno, 2000). Para a oliveira as temperaturas entre 0 °C e 21,1 °C limitam as necessidades de frio (Denney *et al.*, 1985) e a acumulação é máxima para a temperatura igual a 7,2 °C (Rallo & Martin, 1991). No trabalho de De Melo-Abreu *et al.* (2004), através de uma extensa base de dados, estes parâmetros foram calculados, sendo o limite máximo igual a 20,7 °C e a temperatura equivalente a uma unidade de frio igual a 7,3 °C.

2.3.2. Modelação da fase de forçagem

O tempo térmico corresponde ao somatório de temperaturas médias diárias acima de uma temperatura base (Monteith, 1977). Experiências sobre a variedade 'Maçanilha' demonstraram que o abrolhamento não ocorre a temperaturas entre 5 °C e 8 °C, e que ocorre a 9,2 °C (Torreño, 1993, cit. por De Melo-Abreu *et al.*, 2004). Este facto implica que as temperaturas para se dar o abrolhamento encontram-se entre os 8 °C e os 9,2 °C (De Melo-Abreu *et al.*, 2004). Segundo o trabalho de De Melo-Abreu *et al.* (2004) a temperatura base da fase de forçagem que melhor se ajusta à oliveira é 9,1 °C.

2.3.3. Previsões futuras

As temperaturas da superfície terrestre aumentaram em média $0,6 \pm 0,2$ °C no século XX, sendo previstos para 2100 aumentos de 1,4-5,8 °C. Na Europa a década de 1990 para 1999 foi a mais quente (IPCC, 2001, 2007, cit. por García-Mozo *et al.*, 2010). Com esta alteração climática a floração ocorre mais cedo e algumas variedades não satisfazem os seus requisitos de frio, o que poderá dar origem a perdas de produção (De Melo-Abreu *et al.*, 2004). Ligeiros aumentos de temperatura em regiões onde a temperatura é relativamente baixa, provocam avanços da floração. Em regiões com temperaturas inicialmente elevadas ou com o aquecimento global, ocorrem atrasos na floração até que estas começam a ser anormais ou deixam de ocorrer. À semelhança de outras árvores e arbustos que têm necessidades de frio, a oliveira não pode ser utilizada como indicador do aquecimento global (De Melo-Abreu *et al.*, 2009).

2.4. Modelação do crescimento dos frutos, maturação e produção

No trabalho de Ribeiro *et al.* (2009) desenvolveram-se modelos aeropalínológicos e bioclimáticos para quantificar a produção de azeitona. A produção de azeitona foi ajustada aos

modelos de previsão através de uma regressão linear múltipla da quantidade de azeitona oleificada pelos lagares. Existe também outro modelo relacionado com a produção, o de Villalobos *et al.* (2006), que permite calcular o rendimento em azeite da azeitona através do parâmetro eficiência da utilização da radiação incidente.

III. Material e Métodos

1. Dispositivo experimental, método de observação dos estados fenológicos e tratamento dos dados

1.1. Localização e caracterização do local dos ensaios

O campo experimental encontra-se localizado em Elvas na Herdade do Reguengo (INRB/INIA – Unidade de Recursos Genéticos, Ecofisiologia e Melhoramento de Plantas – Departamento de Olivicultura), cujas coordenadas são 38°54'N e 7°08'O.



Figura 2- Mapa de Portugal com a localização de Elvas (Google Earth[®], 2010).

A região de Elvas apresenta clima mediterrânico e segundo a classificação de Köppen é Mesotérmico húmido (Csa), sendo o Inverno chuvoso com temperaturas moderadas e o Verão quente e seco (Miranda, 2001).

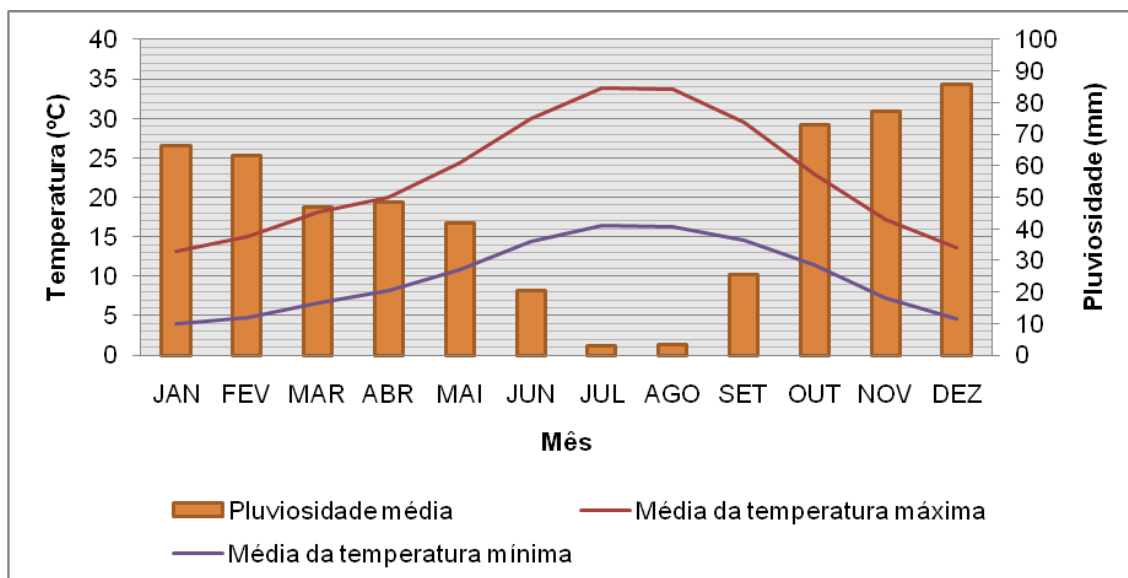


Figura 3- Média mensal dos últimos 44 anos (1965-2009) da pluviosidade, e das temperaturas mínimas e máximas da Herdade do Reguengo (Estação Meteorológica do INRB/INIA – Unidade de Recursos Genéticos, Ecofisiologia e Melhoramento de Plantas – Departamento de Olivicultura).

A temperatura média do mês mais quente (Julho) nos últimos 44 anos foi em média 25,1 °C, e a do mês mais frio (Janeiro) 8,6 °C. A pluviosidade média anual é de 554,9 mm, onde mais de 70% se concentra no período Outono-Invernal.

De acordo com a Carta dos Solos de Portugal número 37-A (SROA, 1964) o campo experimental encontra-se situado numa mancha de solos mediterrâneos vermelhos de calcários cristalinos.

1.2. Material vegetal

Foram realizadas observações dos estados fenológicos a árvores das seguintes variedades: ‘Arbequina’, ‘Cobrançosa’, ‘Galega Vulgar’ e ‘Picual’. O olival onde se encontra este material é um campo de pés-mãe instalado em 1982. As árvores são provenientes de uma selecção monoclonal. Estas encontram-se em regime de regadio (são regadas apenas no verão) e apresentam o compasso de 2 m na linha e 5 m na entre-linha.



Figura 4 - Linha de oliveiras da variedade ‘Galega Vulgar’ do olival campo de pés-mãe da Herdade do Reguengo (INRB/INIA – Unidade de Recursos Genéticos, Ecofisiologia e Melhoramento de Plantas – Departamento de Olivicultura).

1.3. Método de observação dos estados fenológicos

Foram marcadas 3 árvores de cada variedade e foi atribuído um código a cada uma. Na observação dos estados fenológicos utilizou-se a escala de classificação BBCH proposta por Sanz-Cortés *et al.* (2002). Esta observação foi realizada ao redor de cada árvore e à altura do observador, sendo registados os estados fenológicos segundo o método de Fleckinger (1954, cit. por Fernández-Escobar & Rallo, 1981). Neste método é utilizado um triângulo onde é registado no vértice inferior esquerdo o estado fenológico mais atrasado, no vértice inferior direito o estado mais adiantado e no superior o estado dominante em toda a árvore. As observações foram realizadas semanalmente até o estado fenológico 57 e três vezes por semana desde o início deste estado até o início do estado 71.

1.4. Tratamento dos dados

Para cada variedade foi realizada uma média das datas do estado fenológico mais atrasado, adiantado e dominante, relativamente às três árvores observadas. Depois foi determinada a época de floração através do método de Barranco *et al.* (1994) adaptado à escala BBCH:

- Início da floração (IF) – data da primeira anotação do estado fenológico 60 no vértice inferior direito;
- Início da plena floração (IPF) – data da primeira anotação do estado fenológico 61 no vértice superior;

- Final da plena floração (FPF) – a última data de anotação do estado fenológico 65 no vértice superior;
- Final da floração (FF) – data da primeira anotação do estado fenológico 68 no vértice superior.

Este método foi adaptado à escala BBCH através da correspondência à escala de Colbrant (1972) presente no Quadro seguinte.

Quadro 1 – Correspondência da escala de classificação dos estados fenológicos Colbrant (1972) com a escala BBCH para o método de Barranco *et al.* (1994).

Colbrant (1972)	BBCH
F	60
	61
F ₁	65
G	68

Foi também determinada a data média da plena floração (MPF) através da média entre as datas de início e final desta, e a duração da floração (D) que corresponde ao período de tempo entre a data de início e fim da floração.

Os dados referentes às datas da época de floração anteriores ao ano 2010 foram facultados pelo Doutor António Manuel Cordeiro.

2. Modelação das datas de floração

2.1. Material

2.1.1. Algoritmo para o cálculo dos parâmetros do modelo e das necessidades térmicas das variedades em estudo

O algoritmo desenvolvido por De Melo-Abreu *et al.* (2004) permite com um número limitado de datas de floração (datas MPF) determinar os requisitos em frio para a quebra da dormência (TU) e o somatório térmico da fase de forçagem (TT) de fruteiras caducifólias e da oliveira, bem como determinar os parâmetros associados aos seus cálculos. Este algoritmo utiliza um método de optimização, conhecido como método de Simplex (Nelder & Mead, 1965) para encontrar mais rapidamente a solução. A acumulação de unidades de frio neste algoritmo é horária, onde cada unidade adicionada é condicionada pela temperatura segundo a seguinte equação:

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

Nesta equação T_h corresponde à temperatura horária do ar (°C), T_0 à temperatura onde U é máxima (°C), e T_x (°C) à temperatura a partir da qual U é constante e é igual a a (De Melo-Abreu *et al.*, 2004).

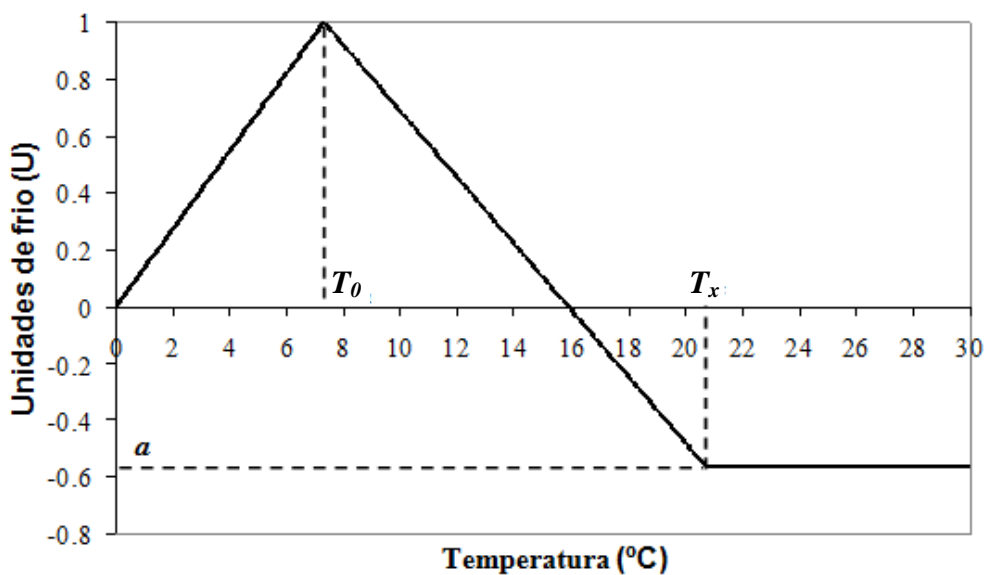


Figura 5 - Representação gráfica do modelo utilizado para o cálculo das unidades de frio (U) (De Melo-Abreu *et al.*, 2004).

Na fase de forçagem o algoritmo segue uma equação aproximada do tempo térmico (Monteith, 1977) que é definida pela soma de temperaturas médias diárias (T_i) acima da temperatura base (T_b):

$$TT \approx \sum_{i=1}^n (T_i - T_b) \Delta t \quad (2)$$

2.1.2. A aplicação FlowerCalc[®]

Utilizou-se o programa FlowerCalc[®] desenvolvido por J. P. de Melo-Abreu, para determinar a data da quebra da dormência e a data média da plena floração das 4 variedades em estudo. O programa acumula unidades de frio (U) desde o dia 1 de Outubro até perfazer o total de unidades de frio (TU) necessárias para a quebra da dormência, sendo assim determinada a data desta ocorrência. Depois inicia a fase de forçagem até acumular as temperaturas necessárias para que ocorra a

floração (TT em °C dia), determinando assim a data média da plena floração. Este programa utiliza as equações 1 e 2 referidas no ponto 2.1.1. para efectuar estes cálculos.

Para o programa correr foram inseridos na folha inicial do programa ('StartHere') as coordenadas do local em estudo, os parâmetros que entram nas equações acima descritas, e as acumulações de TU e TT correspondentes a cada variedade, sendo que as simulações foram realizadas separadamente para cada uma. Também foram inseridas as temperaturas máximas e mínimas diárias de acordo com o ano hidrológico (desde o dia 1 de Outubro do ano anterior até ao dia 30 de Setembro do ano correspondente) na folha 'DlyTemp' do programa. Estas temperaturas para o cálculo de U são convertidas pelo programa em temperaturas horárias do ar através do modelo desenvolvido por De Wit *et al.* (1978). Depois de introduzidos todos os dados iniciou-se a simulação das datas através do clique no botão 'Simulate' da folha inicial do programa.

Para a oliveira são considerados neste modelo os parâmetros seguintes: $T_0 = 7,3$ °C, $T_x = 20,7$ °C, $a = -0,56$ U e $T_b = 9,1$ °C. Estes parâmetros foram calculados no trabalho de De Melo-Abreu *et al.* (2004) com uma extensa base de dados, que incluía informação de Portugal e Espanha, através de um programa de optimização que utiliza o algoritmo descrito no ponto 2.1.1.

Para as variedades 'Arbequina' e 'Picual' foram utilizados os valores de TU e TT determinados no trabalho de De Melo-Abreu *et al.* (2004) através dos parâmetros acima indicados. Para as variedades 'Cobrançosa' e 'Galega Vulgar' os TU's e TT's foram calculados através do programa de optimização que utiliza o algoritmo descrito em 2.1.1., com os valores das datas MPF referentes a 9 anos de observações de estados fenológicos e com as temperaturas mínimas e máximas diárias de Elvas correspondentes a esses anos.

Foi inserido no modelo a série de 15 anos (1996 a 2010) de temperaturas máximas e mínimas diárias. Estes dados são provenientes da Estação Meteorológica convencional nº 235 de Elvas (INRB/INIA – Unidade de Recursos Genéticos, Ecofisiologia e Melhoramento de Plantas de Elvas).

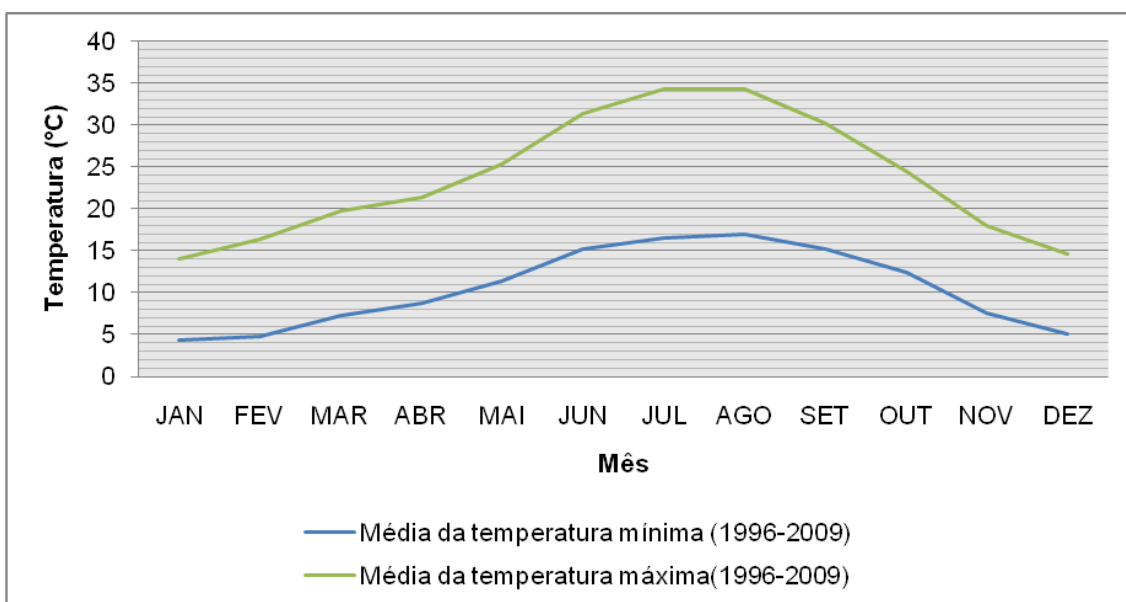


Figura 6 – Média mensal das temperaturas mínima e máxima dos últimos 14 anos (1996-2009) (Estação Meteorológica convencional nº 235).

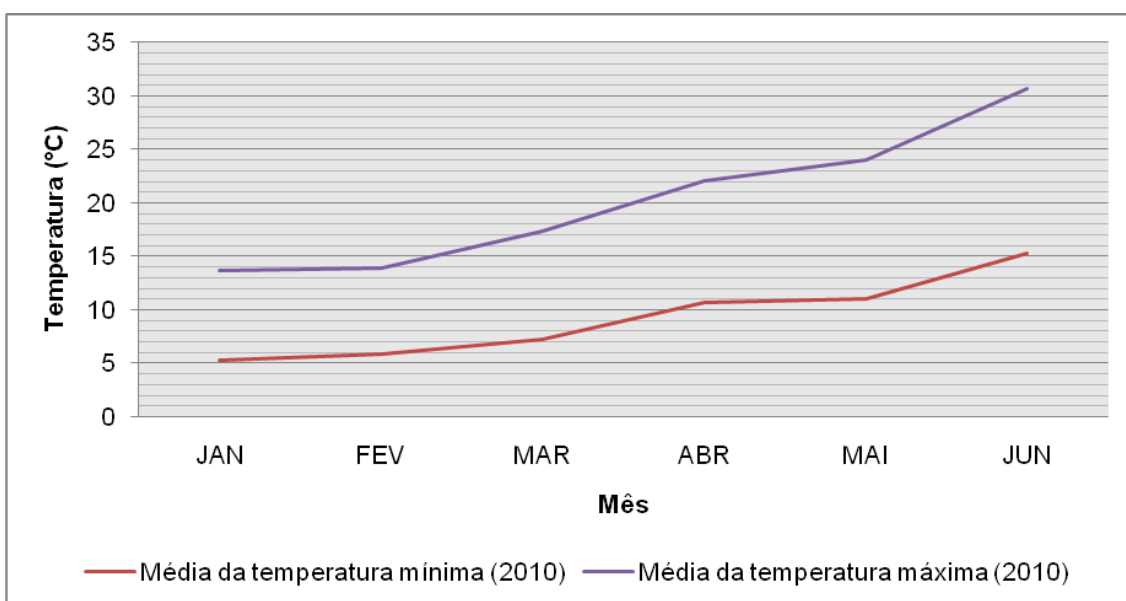


Figura 7 – Média mensal das temperaturas mínima e máxima do ano 2010 (Estação Meteorológica convencional nº 235).

As leituras dos termómetros são realizadas diariamente às 9 horas. Esta estação encontra-se nas coordenadas 38°53'N e 7°08'O e a cerca de 2 Km da Herdade do Reguengo. Estes dados foram cedidos pelo INRB/INIA – Unidade de Recursos Genéticos, Ecofisiologia e Melhoramento de Plantas de Elvas.



Figura 8 – Abrigo meteorológico do tipo Stevenson da Estação Meteorológica convencional nº 235.

2.2. Validação do modelo

A análise do ajustamento do modelo às datas de floração das diferentes variedades em estudo foi realizada através da raiz do erro quadrático médio (RMSE) e da eficiência do modelo (EM). Os cálculos destes estimadores foram realizados utilizando os valores das datas médias da plena floração, em dias do ano (DOY), relativas a 9 anos de observações. O RMSE é calculado segundo a equação 3 e permite verificar a diferença de dias entre as datas médias de plena floração estimadas pelo modelo (x_1) e as datas observadas (x_2) para cada variedade.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{1,i} - x_{2,i})^2}{n}} \quad (3)$$

A eficiência do modelo é um indicador estatístico análogo ao R^2 e é calculado segundo a equação seguinte:

$$EM = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_{1,i} - x_{2,i})^2}{\sum_{i=1}^n (x_{2,i} - \bar{x}_2)^2} \quad (4)$$

Se o índice for igual a 1 o ajuste do modelo aos dados observados é perfeito e se for negativo indica que o modelo não é um bom estimador das datas médias de plena floração (Janssen & Heuberger,

1995; Vanclay, 1997). Este indicador foi calculado utilizando os valores de todas as variedades em estudo em conjunto.

2.3. Simulação das datas de floração com aumentos de temperatura

Utilizando o FlowerCalc[®], descrito anteriormente, foram realizadas simulações com 4 cenários de aumento das temperaturas máximas e mínimas diárias para cada variedade. Consideraram-se aumentos de 1°C (cenário 1), 2°C (cenário 2), 3°C (cenário 3) e 4°C (cenário 4).

3. Determinação das necessidades térmicas da plena floração até ao vingamento dos frutos

Utilizou-se o programa BioDevProgDlyValues[®], desenvolvido por J. P. de Melo-Abreu, para o cálculo do tempo térmico entre a data média da plena floração e a data da ocorrência do vingamento dos frutos (estado fenológico dominante 69). Este programa calcula o tempo térmico através de uma adaptação da equação 2, sendo utilizado a temperatura efectiva (T_e) que substitui T_i .

$$T_e = T_b + f(T)(T_m - T_b) \quad (5)$$

Nesta equação T_m é a temperatura óptima para o desenvolvimento e $f(T)$ é uma função redutora da temperatura [0, 1]. A função $f(T)$ consiste no modelo 'dente de serra' (Garcia-Huidobro *et al.*, 1982). Este modelo segue a seguinte equação:

$$f(T) = \begin{cases} \frac{T - T_b}{T_m - T_b}, & T_b \leq T < T_m \\ \frac{T_x - T}{T_x - T_m}, & T_m \leq T < T_x \\ 0, & \text{outros casos} \end{cases} \quad (6)$$

Para se efectuar este calculo foi inserido na folha 'StartHere' do programa as temperaturas cardinais $T_b = 10$ °C, $T_m = 25$ °C e $T_x = 40$ °C, as datas do início e fim do período a calcular, e as temperaturas médias diárias nesse período. Foram utilizadas neste cálculo datas de 4 anos de observações (2005-2007 e 2010). As datas do estado fenológico 69 como dominante anteriores ao ano 2010 foram facultadas pelo Doutor António Manuel Cordeiro.

IV. Resultados e Discussão

1. Evolução dos estados fenológicos no ano 2010

A média do registo das observações dos estados fenológicos do ano 2010 encontra-se no Quadro C1 do Anexo C. As observações tiveram início no dia 22 de Abril, onde a maioria das variedades se encontravam no estado fenológico 55, até ao dia onde se registou o estado 71 como dominante. A variedade 'Arbequina' iniciou primeiro todos os estados fenológicos em análise relativamente às outras variedades. A evolução das restantes variedade foi muito semelhante. Todas as variedades alcançaram o estado 71 na mesma data (31 de Maio), excepto a Picual (2 Junho).

2. Épocas de floração das variedades em estudo

Como é visível na Figura 9, segundo a média dos 9 anos de observações relativas à época de floração, as variedades em estudo iniciam a floração segundo a seguinte ordem: 'Arbequina', 'Galega Vulgar', 'Cobrançosa' e 'Picual'. O período médio de plena floração é coincidente em todas as variedades, excepto para a 'Arbequina', que foi mais precoce. A duração deste período é de 6 dias para as variedades 'Arbequina' e 'Picual', e de 7 dias para as variedades 'Cobrançosa' e 'Galega Vulgar'. A data MPF para a variedade 'Arbequina' ocorre em média no dia 12 de Maio e para as outras variedades no dia 16 de Maio. A data média do final da floração para a variedade 'Arbequina' ocorre no dia 19 de Maio e para as variedades restantes no dia 22 de Maio. Desta análise podemos depreender que a floração em Elvas, para as variedades e os anos em análise, ocorre em média durante o mês de Maio.

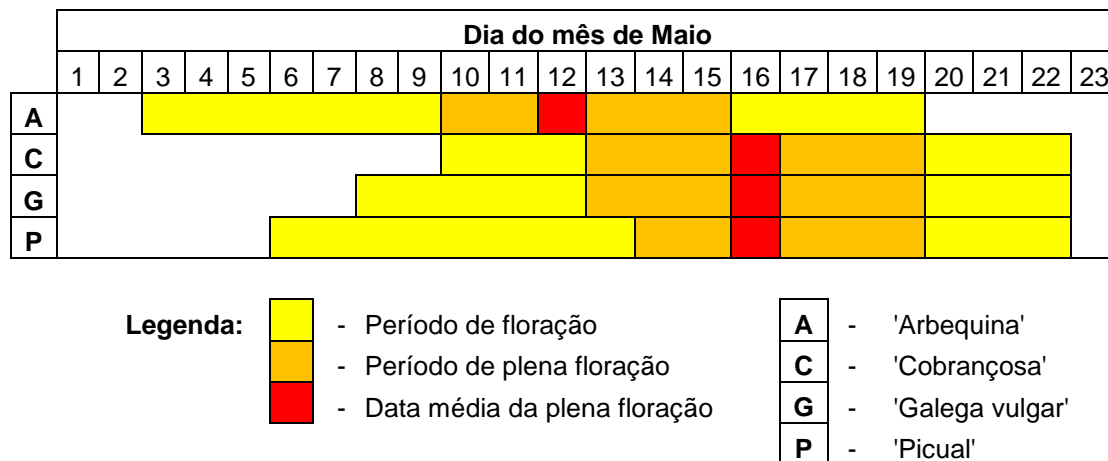


Figura 9 - Época média de floração em Elvas para os 9 anos de observações (1998-2002, 2005-2007 e 2010) e as variedades em estudo.

O início da floração e a sua duração variou consoante o ano e a variedade como é visível nos Quadros do Anexo D. Para todas as variedades verificou-se uma relação linear entre a média das temperaturas médias durante a floração e a taxa de desenvolvimento (Figura 10). Como se pode verificar a época de floração é mais reduzida com temperaturas mais elevadas nesse período e mais alargada com temperaturas baixas, tal como tinha sido constatado por Barranco *et al.* (1994).

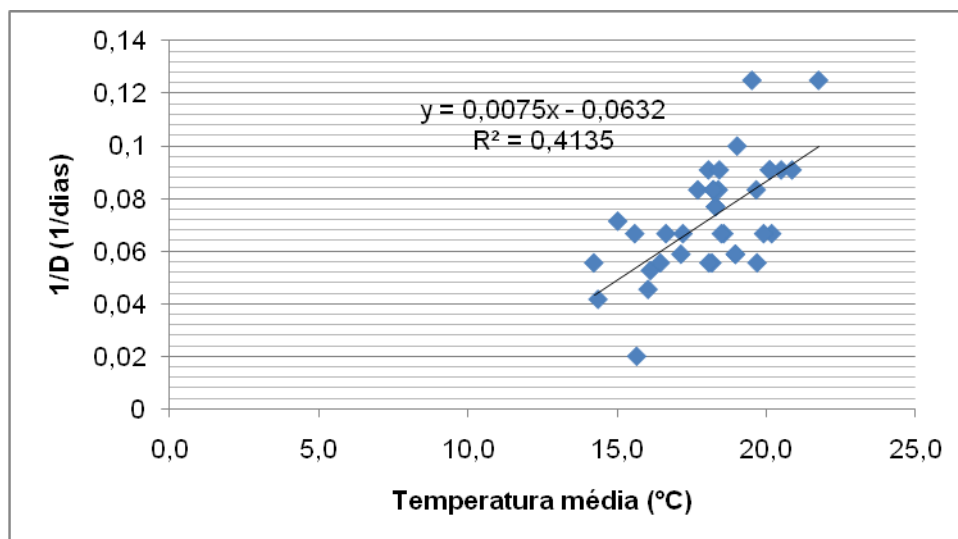


Figura 10 – Taxa de desenvolvimento (1/D) das 4 variedades em função da média das temperaturas médias diárias durante a floração ((D) – duração da floração).

Através da recta da taxa de desenvolvimento calculámos o valor da temperatura base e do tempo térmico durante a floração, sendo respectivamente 8,43 °C e 133,3 °C dia. O valor da temperatura base aproxima-se bastante do valor 9,1 °C calculado no trabalho de De Melo-Abreu *et al.* (2004).

As datas médias da plena floração encontram-se representadas no Quadro seguinte.

Quadro 2 – Datas médias da plena floração (MPF) em dia do ano (DOY) para os 9 anos de observações e as variedades em estudo.

Ano	Data média da plena floração (DOY)			
	'Arbequina'	'Cobrançosa'	'Galega Vulgar'	'Picual'
1998	128,5	134,5	134,5	132,0
1999	134,0	135,5	137,0	131,5
2000	134,5	138,0	138,0	141,5
2001	125,5	127,0	130,5	135,5
2002	132,0	135,0	133,5	133,5
2005	130,5	134,5	134,5	136,0
2006	131,5	136,0	133,5	133,5
2007	135,5	139,0	139,0	139,0
2010	137,5	140,5	139,5	139,5

As variedades seguem a mesma ordem do início da floração visível na Figura 9 para as datas médias de plena floração, excepto para o ano 1999. Para as variedades ‘Arbequina’ e ‘Galega Vulgar’ a data MPF mais precoce e a mais tardia, de entre os anos em análise, apresentam diferença de 9 dias, enquanto que para a ‘Cobrançosa’ esta diferença é de 6 dias e para a ‘Picual’ de 10 dias. A irregularidade climática é uma característica dominante do clima mediterrânico e é o principal factor responsável pela variação das datas e duração do período de floração.

3. Modelação das datas de floração

3.1. Calibração e validação do modelo

O modelo utiliza os parâmetros específicos determinados no trabalho de De Melo-Abreu *et al.* (2004), sendo que os parâmetros relativos às cultivares foram obtidos por calibração, no caso da ‘Cobrançosa’ e ‘Galega Vulgar’, através do algoritmo de optimização descrito no ‘Material e Métodos’. Os dados utilizados para este cálculo consistem nas 9 datas MPF presentes no Quadro 2. Os valores de TU e TT das variedades espanholas foram retirados do trabalho de De Melo-Abreu *et al.* (2004). Os valores de TU e TT para todas as cultivares encontram-se no Quadro seguinte.

Quadro 3 – Total de necessidades de frio para a quebra da endodormência (TU) e total de necessidades de calor da fase de forçagem (TT).

Variedades	TU (U)	TT (°C dia)
‘Arbequina’	339	490
‘Cobrançosa’	743 *	479,1 *
‘Galega vulgar’	759,1 *	473 *
‘Picual’	469	495

* Valores calculados apenas com dados de Elvas.

Como a quantidade de dados é reduzida e esta localização apresenta bastante frio, os dados de TU e TT das cultivares portuguesas podem não corresponder à melhor aproximação da realidade, sendo necessários estudos mais completos (com mais anos de observações). Os valores de TU e TT das variedades espanholas são mais precisos, pois foram calculados através de um maior número de dados e para 4 localidades distintas. Embora haja estas disparidades podemos depreender que as variedades portuguesas apresentam necessidades de frio superiores relativamente às variedades portuguesas, e inferiores necessidades de calor na fase de forçagem.

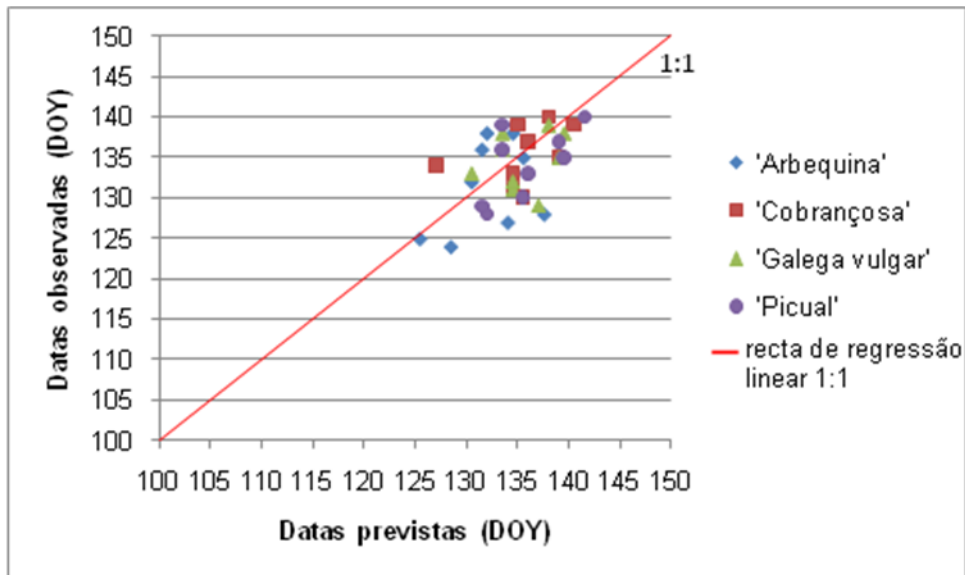


Figura 11 – Validação do modelo – datas MPF observadas / datas MPF previstas pelo modelo.

A diferença de dias entre as datas médias de plena floração estimadas pelo modelo e as observadas é dada pela raiz do erro quadrático médio (RMSE) e encontra-se desenvolvido no Anexo E. Para a 'Arbequina' o desvio entre os dias observados e previstos é de aproximadamente 5 dias e para as outras variedades é de 4 dias. A eficiência do modelo (EM) aproxima-se de 0 ($EM = -0,3$), o que significa que o modelo não é melhor que uma simples média dos valores observados. Destes valores deduzimos que o ajuste do modelo não é perfeito, embora haja uma margem pequena de erro entre os valores previstos e os observados (Figura 11).

3.2. Simulação das datas de floração em cenários de alteração climática

De acordo com as simulações efectuadas verificamos que do cenário 1 para o cenário 4, relativamente ao clima actual (cenário 0), as datas da quebra da endodormência ocorrem sucessivamente mais tarde, como se verifica nos Quadros F1 e F2 (Anexo F). Isto deve-se ao facto de existir nesses cenários um maior número de horas com temperatura superior a 16 °C, onde a acumulação de U é negativa, sendo as necessidades de frio (TU) satisfeitas mais tarde. Também podemos constatar que existem anos, nos cenários de aumento de temperatura 3 e 4, onde a quebra da endodormência não ocorre. Nestes anos a quantidade de horas de frio não são suficientes para perfazer TU, dando origem a florações anormais ou inexistentes. Esta situação é verificada em todas as variedades estudadas no cenário 4 e somente para as variedades portuguesas no cenário 3. As variedades portuguesas apresentam, segundo este trabalho, maiores necessidades de frio (TU), o que faz com que a data da quebra da endodormência ocorra mais tarde nestas variedades e o número de anos em que não ocorre seja maior.

No Quadro seguinte é visível que para todas as variedades, em média, as datas de floração nos cenários de aumento de temperatura ocorrem mais cedo relativamente ao clima actual. Este facto deve-se à data da quebra da endodormência ocorrer mais tarde, sendo a acumulação térmica da fase de forçagem iniciada onde as temperaturas correntes do ano são superiores, logo o TT é atingido mais rapidamente.

Quadro 4 – Média dos 15 anos das datas MPF simuladas (Cen 0), média dos avanços das datas MPF (número de dias) relativamente ao Cen 0 nos cenários de aumento de temperatura e número de anos com floração anormal ou inexistente (F.I.).

Variedade	Data média da MPF (Cen 0)	Avanço médio da data MPF				Nº de anos com F.I.			
		Cen1	Cen2	Cen3	Cen4	Cen1	Cen2	Cen3	Cen4
'Arbequina'	08-Mai	11	22	30	34	0	0	0	3
'Cobrançosa'	13-Mai	10	15	18	21	0	0	7	13
'Galega Vulgar'	13-Mai	10	14	17	20	0	0	7	13
'Picual'	13-Mai	12	22	25	32	0	0	0	6

Com estes aumentos de temperatura a plena floração, de acordo com este modelo, tende a deslocar-se para o mês de Abril. Para aumentos de 3 °C a floração nas variedades portuguesas é anormal ou inexistente em metade dos 15 anos em análise e para aumentos de 4 °C isto verifica-se para a maioria dos anos, segundo estas projecções. Ao invés para a variedade 'Arbequina', segundo aumentos de 4 °C, a floração é apenas anormal ou inexistente em 3 anos e para a 'Picual' em quase metade dos anos.

As simulações das datas de floração de cada variedade para os 15 anos em análise encontram-se no Anexo F (Quadros F3, F4, F5 e F6). Como se pode constatar, para todas as variedades existem anos onde os avanços são inferiores ao avanço do cenário anterior. Isto verifica-se nas variedades portuguesas a partir do cenário 2 (na 'Galega Vulgar' nos anos 1997, 2001 e 2004, e na 'Cobrançosa' nos anos 1997, 1998, 2001 e 2004), enquanto que para a 'Picual' apenas é visível a partir do cenário 3 e na 'Arbequina' apenas no cenário 4. Também se verificam datas de floração mais tardias em determinados anos, apenas para as variedades portuguesas, relativamente ao clima actual (Cen 0). Na 'Galega Vulgar' isto pode observar-se em anos do cenário 2 (em 1998) e 3 (em 2004 e 2007), enquanto que para a 'Cobrançosa' apenas é visível em dois anos do cenário 3 (em 2004 e 2007). Nestes anos as datas da quebra da endodormência são bastante mais tardias, como se pode observar nos Quadros F1 e F2 (Anexo F), o que faz com que o TT seja satisfeito mais tarde.

Na região de Elvas o aumento de 3 °C e 4 °C das temperaturas relativamente ao clima actual poderá afectar bastante a produção das variedades 'Cobrançosa' e 'Galega Vulgar', devido à elevada probabilidade da existência de anos sem floração. As variedades espanholas em estudo, e principalmente a 'Arbequina', são as mais aconselhadas para plantações futuras nestes cenários de alteração climática, devido às suas baixas necessidades de frio. A variabilidade genética da oliveira permitirá encontrar novas cultivares menos exigentes em frio que possibilitem a produção no futuro.

A série de temperaturas de 15 anos pode não ser suficiente para reflectir o clima actual (30 anos de observações) e os aumentos de temperatura poderão não ser constantes ao longo do ano, sendo necessários estudos mais aprofundados neste campo para encontrar possíveis tendências.

4. Necessidades térmicas da floração até ao vingamento dos frutos

Desde a data média da plena floração (MPF) até ao estado fenológico 69 (vingamento dos frutos) ocorre a polinização e a fecundação. A temperatura óptima para o crescimento dos tubos polínicos é de 25 °C (Cuevas *et al.*, 1994, cit. por Pau, 2001), sendo esta considerada a temperatura óptima para o cálculo do tempo térmico neste período. As necessidades térmicas desta fase foram calculadas para os anos 2005, 2006, 2007 e 2010. As datas MPF para estes 4 anos encontram-se no Quadro 2 e as datas da ocorrência do estado fenológico 69 encontram-se no Quadro 5.

Quadro 5 – Data da ocorrência do estado fenológico 69 como dominante.

Ano	'Arbequina'	'Cobrançosa'	'Galega Vulgar'	'Picual'
2005	20-Mai	27-Mai	27-Mai	27-Mai
2006	21-Mai	23-Mai	21-Mai	23-Mai
2007	24-Mai	28-Mai	28-Mai	28-Mai
2010	24-Mai	26-Mai	26-Mai	26-Mai

As datas do estado fenológico 69 são coincidentes para a maioria dos anos (2005, 2007 e 2010) para todas as variedades, excepto para a 'Arbequina' em que estas ocorreram mais cedo. O tempo térmico calculado para o período em análise encontra-se no Quadro 6.

Quadro 6 – Tempo térmico (°C dia) do período entre a data média da plena floração e o vingamento dos frutos para as variedades em estudo nos anos 2005, 2006, 2007 e 2010.

Variedade	2005	2006	2007	2010
'Arbequina'	82,00	118,50	92,25	86,25
'Cobrançosa'	129,75	91,75	81,25	70,25
'Galega Vulgar'	129,75	95,50	81,25	85,00
'Picual'	123,35	115,00	81,25	85,00

Da análise deste Quadro podemos depreender que a variedade 'Arbequina' apresenta neste período TT's superiores às outras variedades, excepto para o ano 2005. Os TT's das variedades 'Cobrançosa', 'Galega Vulgar' e 'Picual' são bastante semelhantes em cada ano. A duração deste período para todas as variedades em estudo e para os 4 anos em análise (Quadro 7), também é muito semelhante.

Quadro 7 - Duração do período entre a data MPF e o vingamento dos frutos.

Variedade	2005	2006	2007	2010
'Arbequina'	10	10	9	7
'Cobrançosa'	13	8	10	6
'Galega Vulgar'	13	8	10	7
'Picual'	12	10	10	7

Na Figura 12 verificamos que a duração do período em análise é influenciado pela temperatura, embora os dados sejam muito reduzidos, apresentando a recta da taxa de desenvolvimento um coeficiente de determinação baixo.

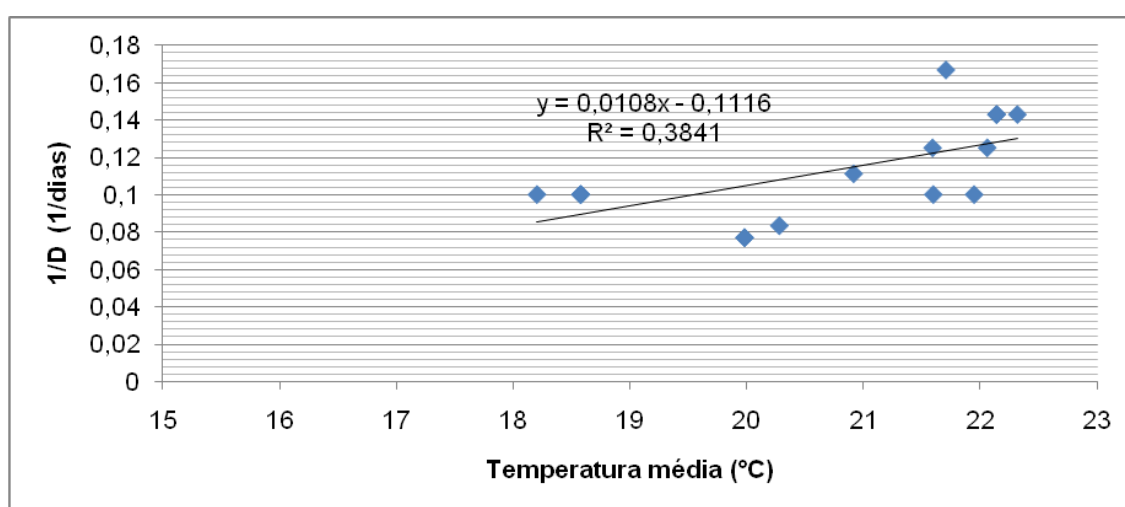


Figura 12 - Taxa de desenvolvimento (1/D) das 4 variedades em função da média das temperaturas médias desde a data MPF até ao vingamento dos frutos ((D) – duração do período desde a data MPF até ao vingamento dos frutos).

Através da recta da taxa de desenvolvimento calculámos a temperatura base que é igual a 10,3 °C. Este valor está em consonância com o valor utilizado no cálculo do tempo térmico com o programa BioDevProgDlyValues[®]. O tempo térmico para todas as variedades foi calculado através da recta da taxa de desenvolvimento e é equivalente a 92,59 °C dia.

Dado que os dados em análise são muito reduzidos (4 anos de observações), nada se poderá concluir, sendo necessários estudos futuros para aprofundar estes conhecimentos.

V. Conclusões

Com este trabalho pretendeu-se contribuir para o estudo da fenologia de variedades de oliveira (*Olea europaea* L.) ('Arbequina', 'Cobrançosa', 'Galega Vulgar' e 'Picual'). Do presente estudo as principais conclusões são as seguintes:

- No ano 2010 as variedades em estudo desde o estado fenológico 55 até ao 71 evoluíram de modo semelhante, excepto a 'Arbequina' que foi mais precoce, embora todas tenham alcançado o estado 71 na mesma data.
- O início da floração das quatro variedades em estudo em Elvas segue a seguinte ordem: 'Arbequina', 'Galega Vulgar', 'Cobrançosa' e 'Picual'. A duração da época de floração da oliveira é mais reduzida com temperaturas mais elevadas neste período e é mais alargada com temperaturas mais baixas.
- Segundo as simulações efectuadas, as variedades 'Cobrançosa' e 'Galega Vulgar' apresentam necessidades de frio superiores às variedades 'Arbequina' e 'Picual', e inferiores necessidades térmicas na fase de forçagem. Os valores do somatório de unidades de frio calculados para as variedades 'Cobrançosa' e 'Galega Vulgar' correspondem a 743 U e 759,1 U respectivamente, e o somatório térmico da fase de forçagem é de 479,1 °C dia e 473 °C dia. Como a quantidade de dados de datas de floração é reduzida e Elvas apresenta bastante frio, os dados de TU e TT das variedades portuguesas podem não corresponder à melhor aproximação da realidade, sendo necessário realizar estudos com dados provenientes de mais locais e em maior número.
- Relativamente à adaptabilidade do modelo à região de Elvas conclui-se que o ajustamento do modelo não é perfeito, sendo a sua eficiência baixa, embora a raiz do erro quadrático médio seja reduzida (5 dias para a variedade 'Arbequina' e 4 dias para as outras variedades).
- Na região de Elvas, aumentos de temperatura de 1 °C e 2 °C, em todas as variedades em estudo, a floração apresenta tendência a ocorrer mais cedo relativamente ao clima actual, deslocando-se para o mês de Abril. Para aumentos de 3 °C e 4 °C verifica-se a mesma tendência, embora para as variedades 'Cobrançosa' e 'Galega Vulgar' a probabilidade da floração ser anormal ou inexistente é elevada, devido à falta de frio para quebrar a endodormência. Para a variedade 'Picual' com o aumento de 4 °C a probabilidade de não ocorrer floração também é elevada.
- As necessidades térmicas, entre a data média da floração e o vingamento dos frutos, das variedades em estudo são muito semelhantes, excepto para a 'Arbequina'. Como apenas entraram para esses cálculos dados de 4 anos, nada se poderá concluir, embora os resultados deste estudo poderão servir para futuros trabalhos no âmbito da modelação.

VI. Referências Bibliográficas

- Agustí, M. (2004). *Fruticultura*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 493 pp.
- Ait-Radi, A. (1991). *Productividad y fructificación en cultivares de olivo*. Tese de Doutoramento. Universidad de Córdoba, 139 pp.
- Alcalá, A. & Barranco, D. (1992). Prediction of flowering time in olive for the Córdoba Olive Collection. *HortScience*, **27 (11)**: 1205-1207.
- Barranco, D. (2008) “Variedades y patrones”. In: Barranco, D., Fernandez-Escobar, R. & Rallo, L. *El cultivo del olivo*. Junta de Andalucía e Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 6ª edição, pp. 63-92.
- Barranco, D., de Toro, C. & Rallo, L. (1998). Epocas de maduración de cultivares de olivo en Córdoba. *Invest. Agraria Prod. Protec. Veg.*, **13**: 359-368.
- Barranco, D., Milona, G. & Rallo, L. (1994). Épocas de floración de cultivares de olivo en Córdoba. *Investigación Agraria: Prod. y Protec. Veg.*, **9 (2)**: 213-220.
- Bartolini, G. & Petruccelli, R. (2002). *Classification, origin, diffusion and history of the olive*. FAO, Roma, 1ª edição, 74 pp.
- Casa do Azeite (2010a). “Consumo”. Acedido em 23/07/2010, URL: < <http://www.casadoazeite.pt/>>
- Casa do Azeite (2010b). “História e estórias”. Acedido em 23/07/2010, URL: < <http://www.casadoazeite.pt/>>
- Casa do Azeite (2010c). “Produção”. Acedido em 23/07/2010, URL: < <http://www.casadoazeite.pt/>>
- Civantos, L. (2008) “La olivicultura en el mundo y en España”. In: Barranco, D., Fernandez-Escobar, R. & Rallo, L. *El cultivo del olivo*. Junta de Andalucía e Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 6ª edição, pp. 17-36.
- Colbrant, T. (1972). Les ennemis de l'olivier et leur évolution au cours de l'année. *Phytoma*, **238**: 23-29.
- Connor, D. & Fereres, E. (2005). The physiology of adaptation and yield expression in olive. *Horticultural Reviews*, **31**: 155-229.
- De Melo-Abreu, J., Barranco, D., Cordeiro, A., Tous, J., Rogado, B. & Villalobos, F. (2004). Modelling olive flowering date using chilling for dormancy release and thermal time. *Agricultural and Forest Meteorology*, **125**: 117-127.
- De Melo-Abreu, J., Cordeiro, A., Rogado, B., Cabrinha, V. & Ramos, A. (2009). Estudo preliminar dos efeitos do aquecimento global sobre a floração da oliveira em Portugal. *Actas do V Simpósio Nacional de Olivicultura*, 7 pp.

- De Wit, C., Goudriaan, J. & Van Laar, H. (1978). Simulation of Assimilation, Respiration and Transpiration of Crops. *Pudoc, Wageningen, The Netherlands*.
- Deidda, P., Nieddu, G. & Chessa, I. (2003) “La fenologia”. In: Fiorino, P. *Olea – Trattato di Olivicoltura*. Edagricole, Bologna, 1ª edição, pp. 57-76.
- Denney, J., McEachern, G. & Griffiths, J. (1985). Modeling the thermal adaptability of the olive (*Olea europaea* L.) in Texas. *Agric. Meteorol.*, **35**: 309-327.
- Dias, J., Jordão, P., Marcelo, M., Calouro, F., Antunes, A., Cordeiro, A., Santos, L. & Morais, N. (2000). *Protecção Integrada da Oliveira – Fertilização e outras práticas culturais*. Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Direcção-Geral de Protecção das Culturas, Lisboa, 47 pp.
- FAOSTAT (2010). “Production - Crops”. Acedido em 25/07/2010, URL: <<http://faostat.fao.org/>>
- 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.
- Garcia-Huidobro, J., Monteith, J. & Squire, G. (1982). Time, temperatura, and germination of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S. & H.). I. Constant temperature. *J. Exp. Bot.*, **33**: 288-296.
- García-Mozo, H., Mestre, A. & Galán, C. (2010). Phenological trends in southern Spain: A response to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, **150**: 575–580.
- Gouveia, J. (2002) “A oliveira e o azeite na História”. In: Gouveia, J., Saldanha, J., Martins, A., Modesto, M. & Sobral, V. *O azeite em Portugal*. Ed. Inapa, Lisboa, 1ª edição, pp. 15-23.
- GPP (2007). *Olivicultura – Diagnóstico Sectorial*. Gabinete de Planeamento e Políticas, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Lisboa, pp. 52.
- Hackett, W. & Hartmann, H. (1964). Inflorescence formation in olive as influenced by low temperature, photoperiod, and leaf area. *Bot. Gaz.*, **125**: 65-72.
- INE (2010). *Estatísticas Agrícolas 2009*. Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, 1ª edição, pp. 125.
- Janssen, P. & Heuberger, P. (1995). Calibration of process oriented models. *Ecol. Model.*, **83**: 55-66.
- Lavee, S. (1996) “Biología y fisiología del olivo”. In: COI (Conselho Oleícola Internacional). *Enciclopedia mundial del olivo*. COI, Madrid, 1ª edição, pp. 60-110.
- Leitão, F., Potes, M., Calado, M. & Almeida, F. (1986). *Descrição de 22 Variedades de Oliveira Cultivadas em Portugal*. Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação, Direcção-Geral de Planeamento e Agricultura, Lisboa, 111 pp.
- Loussert, R. & Brousse, G. (1980). *El olivo*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 533 pp.

- Lyle, S. (2007). *Enciclopedia de las Frutas del Mundo*. Ed. De Vecchi, Barcelona, 1ª edição, 480 pp.
- Miranda, P. (2001). *Meteorologia e Ambiente*. Universidade Aberta, Lisboa, 321 pp.
- Monteiro, A. (1999). *A Oliveira*. João Azevedo Editor, Mirandela, 155 pp.
- Monteith, J. (1977). Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Phil. Trans. R. Soc.*, **281**: 277-294.
- Moreno, P. (2000). *Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas. Volumen I: El Medio Ecológico para la Higuera, el Alcaparro y el Nopal*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 1ª edição, 382 pp.
- Navarro, C. & Parra, A. (2008) "Plantación". In: Barranco, D., Fernandez-Escobar, R. & Rallo, L. *El cultivo del olivo*. Junta de Andalucía e Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 6ª edição, pp. 189-238.
- Nelder, J. & Mead, R. (1965). A simplex method for function minimization. *Comput. J.*, **7**: 308-313.
- Orlandi, F., Fornaciari, M. & Romano, B. (2002). The use of phenological data to calculate chilling units in *Olea europaea* L. in relation to the onset of reproduction. *Int. J. Biometeorol.*, **46**: 2-8.
- Osborne, C., Chuine, I., Viner, D. & Woodward, F. (2000). Olive phenology as a sensitive indicator of future climatic warming in the Mediterranean. *Plant Cell Environ.*, **23**: 701-710.
- Pau, M. (2001). *Variabilidad de la producción en olivo (Olea europaea L.). Relación entre alternancia, floración, vigor y productividad*. Tese de Doutoramento. Universidad de Córdoba, 200 pp.
- Rallo, L. & Cuevas, J. (2008) "Fructificación y producción". In: Barranco, D., Fernandez-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**: 1058-1062.
- Rallo, L. (2004) "Variedades de olivo en España: una aproximación cronológica". In: Rallo, L., Barranco, D., Caballero, J., Rio, C., Tous, J. & Trujillo, I. *Variedades de olivo en España*. Junta de Andalucía, MAPA e Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 1ª edição, pp. 15-44.
- Ramos, A. (2000). *Inducción floral y latencia de las yemas del olivo (Olea europaea L.)*. Tese de Doutoramento. Universidad de Córdoba, 141 pp.
- Rapoport, H. (2008) "Botánica y morfología". In: Barranco, D., Fernandez-Escobar, R. & Rallo, L. *El cultivo del olivo*. Junta de Andalucía e Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 6ª edição, pp. 37-62.
- Ribeiro, H., Calado, L., Cunha, M. & Abreu, I. (2009). Previsão quantitativa da produção de fruto de *Olea europaea* L. *Vida rural*, **1750**: 34-36.
- Richardson, E., Seeley, S. & Walker, D. (1974). A model for estimating the completion of rest for Redhaven and Elberta peach trees. *HortScience*, **9**: 331-332.

Sanz-Cortés, F., Martínez-Calvo, J., Badenes, M., Bleihorder, H., Hack, H., Llácer, G. & Meier, U. (2002). Phenological growth stages of olive trees (*Olea europaea*). *Association of Applied Biologists*, **140**:151-157.

SECH (Sociedad Española De Ciencias Hortícolas) (1998). *Diccionario de Ciencias Hortícolas*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 1ªedição, 605 pp.

Silva, A. (2008). *Necessidades hídricas e resposta da Oliveira (Olea europaea L.) ao deficit hídrico na região da Terra Quente*. Tese de Doutoramento. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 251 pp.

SROA (Serviço de Reconhecimento e de Ordenamento Agrário) (1964). *Carta dos Solos de Portugal nº 37-A*. Ministério da Economia – Secretaria de Estado da Agricultura, Lisboa.

Tous, J., Romero, A. & Plana, J. (1998). Comportamiento agronómico y comercial de cinco variedades de olivo en Tarragona. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.*, **13 (1-2)**: 97-109.

Vanclay, J. & Skovsgaard, J. (1997). Evaluating forest growth models. *Ecol. Model.*, **98**: 1-12.

Villalobos, F., Testi, L., Hidalgo, J., Pastor, M. & Orgaz, F. (2006). Modelling potential growth and yield of olive (*Olea europaea* L.) canopies. *European Journal of Agronomy*, **24 (4)**: 296-303.

Anexos

Anexo A – Escala de classificação dos estados fenológicos da oliveira (*Olea europaea* L.) segundo Colbrant (1972)

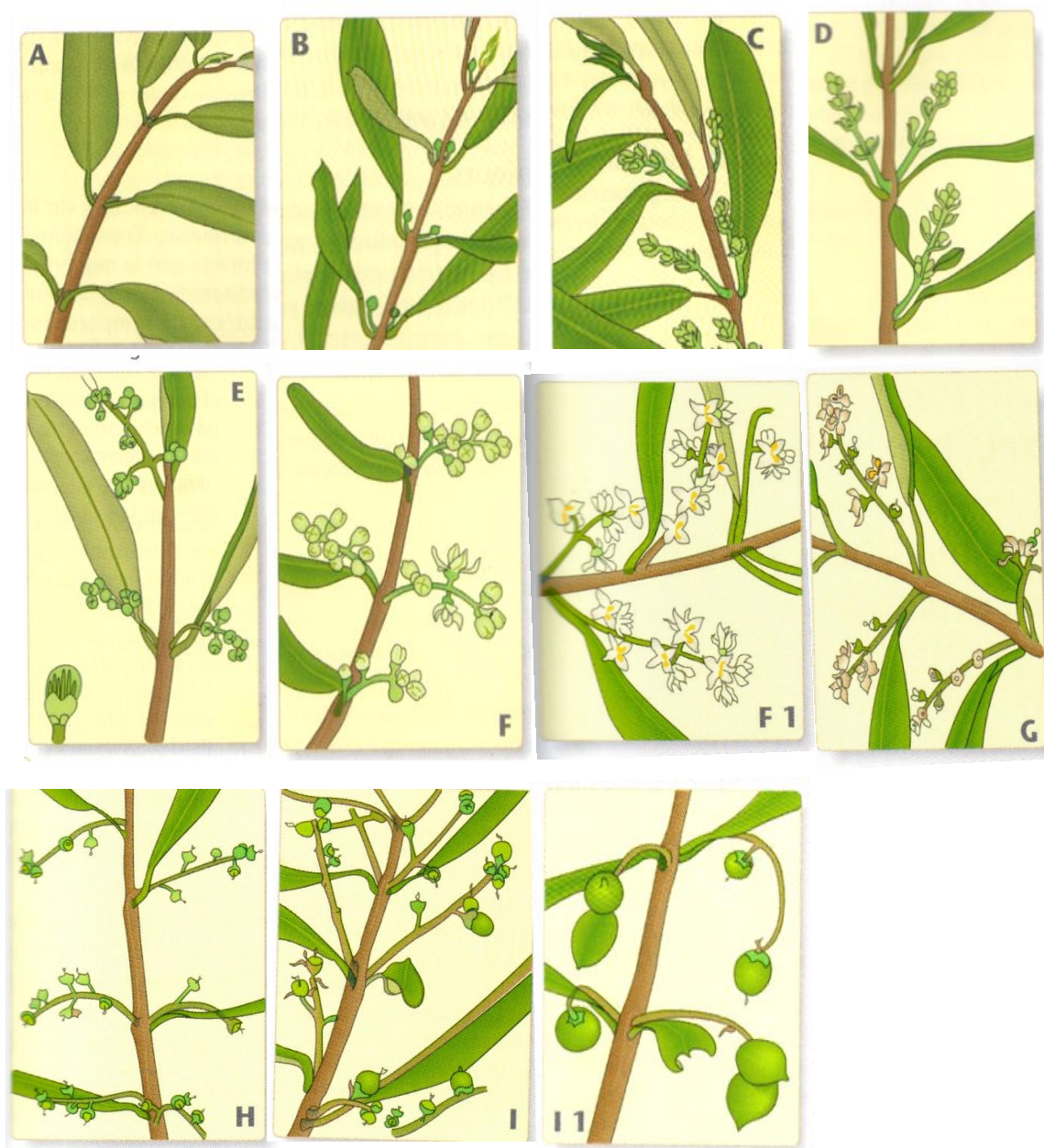


Figura A1 – Escala de classificação dos estados fenológicos da oliveira (*Olea europaea* L.) segundo Colbrant (1972). Legenda:

- A – Estado invernal – a gema terminal e as axilares estão em repouso vegetativo.
- B – Início vegetativo – a gema terminal e as axilares revelam começo de crescimento.
- C – Aparecimento dos botões florais – o cacho revela diferentes verticilos de botões.

D – Inchamento dos botões florais – botões inchados, suportados por pedicelos curtos; as brácteas situadas na sua base separam-se da haste floral.

E – Corolas completamente visíveis – a separação do cálice e da corola é visível; os pedicelos alongados separam os botões do eixo do cacho.

F – Desabrochamento – primeiras flores desabrochadas.

F₁ – Plena floração – a maioria das flores está desabrochada.

G – Queda das pétalas – as pétalas escurecem e separam-se do cálice; podem subsistir um certo tempo no interior do cacho.

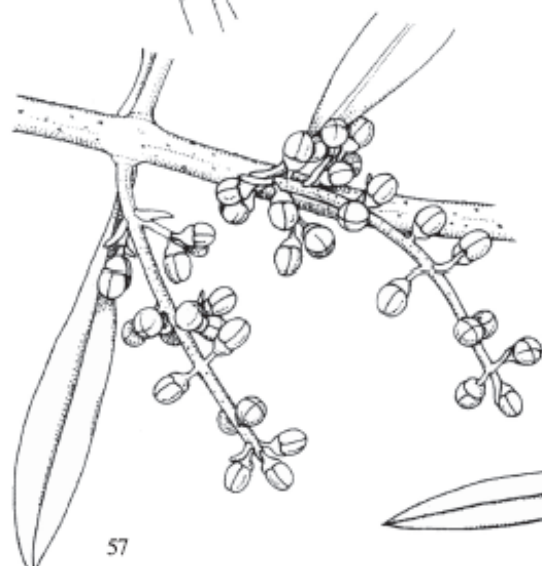
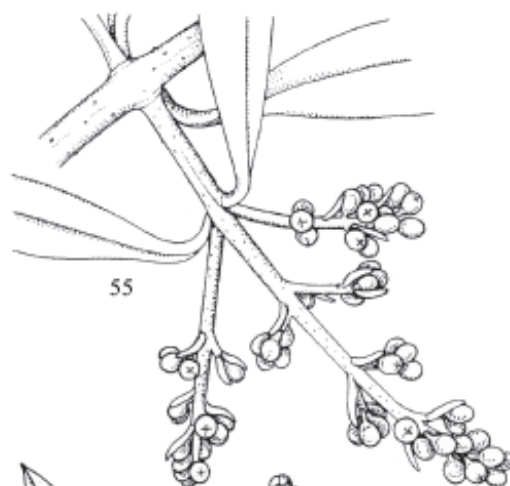
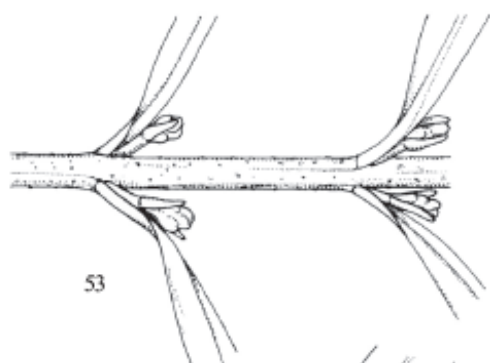
H – Vingamento – frutos jovens visíveis mas ultrapassando pouco a cúpula formada pelo cálice.

I – Frutos em crescimento (1º estado) – frutos com o tamanho de um grão de pimenta.

I₁ – Frutos em crescimento (2º estado) – frutos mais desenvolvidos, atingindo 8 a 10 mm de comprimento; início do endurecimento do endocarpo.

Anexo B – Escala de classificação BBCH dos estados fenológicos da oliveira (Sanz-Cortés et al., 2002)





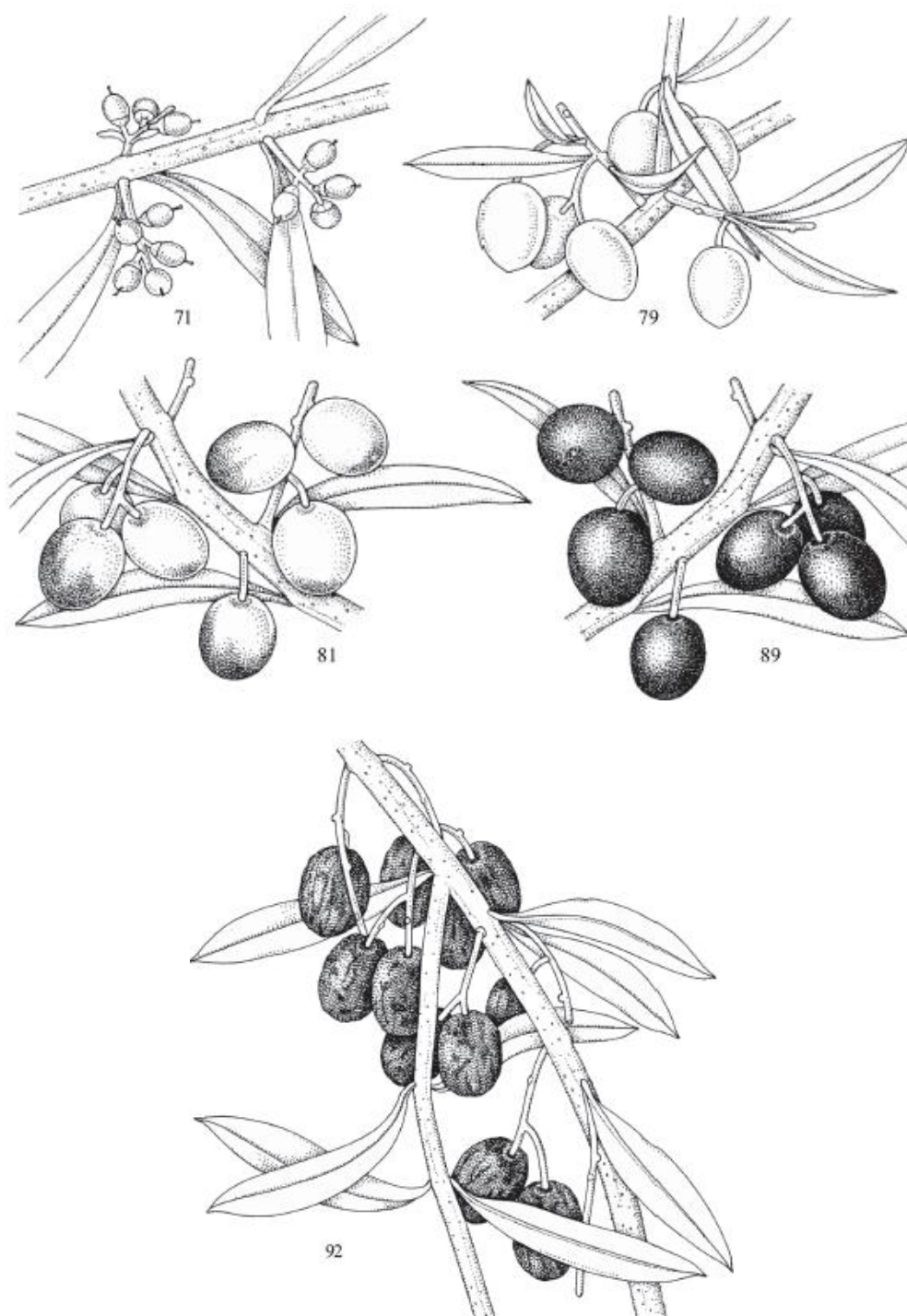


Figura B1 – Ilustração de alguns estados fenológicos da escala BBCH da oliveira (*Olea europaea* L.) (Sanz-Cortés et al., 2002).

Descrição dos estados fenológicos da escala BBCH da oliveira (Sanz-Cortés *et al.*, 2002):Estado principal de crescimento 0: desenvolvimento das gemas

00 – As gemas situadas no ápice dos lançamentos do ano anterior estão completamente fechadas e são pontiagudas, sem pedúnculo e de cor ocre.

01 – As gemas foliares começam a inchar e a abrir, sendo visíveis os novos primórdios foliares.

03 – As gemas foliares alargam e separam-se da base.

07 – As pequenas folhas exteriores abrem-se sem se separar do todo, permanecendo os extremos apicais unidos.

09 – As pequenas folhas exteriores separam-se e as pontas ficam entre-cruzadas.

Estado principal de crescimento 1: desenvolvimento das folhas

11 – As primeiras folhas separam-se do todo e têm uma cor verde acinzentada.

15 – Outras folhas se separam, mas sem alcançar o tamanho final. As primeiras folhas adquirem uma tonalidade verde nas pontas.

19 – As folhas alcançam o tamanho e a forma típica da variedade.

Estado principal de crescimento 3: desenvolvimento dos lançamentos

31 – Os lançamentos alcançam 10 % do seu tamanho final.

33 - Os lançamentos alcançam 30 % do seu tamanho final.

37 – Os lançamentos alcançam 70 % do seu tamanho final.

Estado principal de crescimento 5: desenvolvimento das inflorescências

50 – As gemas florais, situadas nas axilas das folhas, estão completamente fechadas e são pontiagudas, sem pedúnculo e com brácteas de cor ocre.

51 – As gemas florais começam a inchar e separam-se da base mediante um pedúnculo.

53 – As gemas florais abrem e começa o desenvolvimento do rácimo floral.

54 – Os verticilos do rácimo floral começam a alargar-se.

55 – Rácimo floral totalmente expandido e os botões florais começam a abrir.

57 – A corola, de cor verde, é maior que o cálice.

59 – A corola muda de cor verde para branco.

Estado principal de crescimento 6: floração

- 60 – Abertura das primeiras flores.
- 61 – Começo da floração: cerca de 10 % das flores estão abertas.
- 65 – Plena floração: pelo menos 50 % das flores estão abertas.
- 67 – As pétalas brancas começam a cair.
- 68 – A maioria das pétalas caiu ou estão emurhecidas.
- 69 – Fim da floração, vingamento dos frutos e abscisão dos ovários não fecundados.

Estado principal de crescimento 7: desenvolvimento dos frutos

- 71 – Frutos com aproximadamente 10 % do seu tamanho final.
- 75 – Frutos com aproximadamente 50 % do seu tamanho final. Inicia-se o endurecimento do endocarpo (o fruto apresenta resistência ao corte).
- 79 – Frutos com aproximadamente 90 % do seu tamanho final e estão aptos para a colheita em verde.

Estado principal de crescimento 8: Maturação dos frutos

- 80 – O verde intenso dos frutos muda para verde claro ou amarelado.
- 81 – Começa a coloração dos frutos.
- 85 – Aumenta a coloração específica dos frutos.
- 89 – Os frutos adquirem a cor específica da variedade, permanecendo túrgidos e estão aptos para a extracção de azeite.

Estado principal de crescimento 9: Senescência

- 92 – Os frutos perdem a turgescência e começam a cair.

Anexo C – Registo das observações dos estados fenológicos das quatro variedades de oliveira em estudo na Herdade do Reguengo (Elvas), segundo a escala BBCH.

Quadro C1 – Média do registo dos estados fenológicos de 3 árvores por variedade na Herdade do Reguengo (Elvas), segundo a escala BBCH.

Data	'Arbequina'			Data	'Cobrançosa'			Data	'Galega Vulgar'			Data	'Picual'		
	-	+	D		-	+	D		-	+	D		-	+	D
22-Abr	55	57	55	22-Abr	53	54	54	22-Abr	54	55	55	22-Abr	54	55	55
26-Abr	55	57	57	29-Abr	55	57	55	29-Abr	55	57	57	29-Abr	55	57	55
28-Abr	55	57	57	3-Mai	55	57	57	3-Mai	55	57	57	3-Mai	55	57	57
30-Abr	55	57	57	5-Mai	55	57	57	5-Mai	55	57	57	5-Mai	55	57	57
3-Mai	57	59	57	7-Mai	55	57	57	7-Mai	57	59	57	7-Mai	57	59	57
5-Mai	57	59	57	10-Mai	57	59	57	10-Mai	57	59	59	10-Mai	57	59	59
7-Mai	59	60	59	12-Mai	57	59	59	12-Mai	59	60	59	12-Mai	59	60	59
10-Mai	59	60	59	14-Mai	57	59	59	14-Mai	59	60	59	14-Mai	59	60	59
12-Mai	59	60	59	17-Mai	59	60	59	17-Mai	59	60	59	17-Mai	59	60	59
14-Mai	59	61	59	19-Mai	59	61	59	19-Mai	65	67	65	19-Mai	65	67	65
17-Mai	61	65	65	21-Mai	65	67	65	21-Mai	65	67	65	21-Mai	65	67	65
19-Mai	65	67	65	24-Mai	68	69	68	24-Mai	68	69	68	24-Mai	68	69	68
21-Mai	65	67	67	26-Mai	68	69	69	26-Mai	68	69	69	26-Mai	68	69	69
24-Mai	68	69	69	28-Mai	69	71	69	28-Mai	69	71	69	28-Mai	69	71	69
26-Mai	69	71	69	31-Mai	69	71	71	31-Mai	69	71	71	31-Mai	69	71	69
28-Mai	69	71	69									2-Jun	69	71	71
31-Mai	69	71	71												

Legenda: (-) – estado fenológico mais atrasado, (+) – estado fenológico mais adiantado, (D) – estado fenológico dominante.



Figura C1 – Pormenor fotográfico das observações dos estados fenológicos da variedade ‘Galega Vulgar’ no ano 2010 na Herdade do Reguengo (Elvas). Legenda: A) estado fenológico 57 (dia 3/05/2010), B) estado fenológico 65 (dia 19/05/2010), C) estado fenológico 69 (dia 26/05/2010), D) estado fenológico 71 (dia 31/05/2010).

Anexo D – Duração da floração e datas referentes à época de floração nos anos 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2005, 2006, 2007 e 2010 na Herdade do Reguengo (Elvas).

Quadro D1 – Duração da floração e datas referentes à época de floração em dias do ano (DOY) da variedade ‘Arbequina’ na Herdade do Reguengo (Elvas).

Ano	IF	IPF	FPF	FF	Duração da floração (dias)
1998	117	126	131	135	19
1999	127	133	135	138	12
2000	119	133	136	140	22
2001	114	117	134	137	24
2002	123	131	133	137	15
2005	126	129	132	135	10
2006	123	128	135	140	18
2007	127	134	137	141	15
2010	127	136	139	143	17

Legenda: (IF) – data de início da floração; (IPF) – data de início da plena floração; (FPF) – data do final da plena floração; (FF) – data do fim da floração.

Quadro D2 – Duração da floração e datas referentes à época de floração em dias do ano (DOY) da variedade ‘Cobrançosa’ na Herdade do Reguengo (Elvas).

Ano	IF	IPF	FPF	FF	Duração da floração (dias)
1998	126	131	138	142	17
1999	130	133	138	141	12
2000	129	136	140	143	15
2001	120	120	134	137	18
2002	130	133	137	140	11
2005	130	132	137	140	11
2006	132	135	137	139	8
2007	134	137	141	144	11
2010	137	140	141	144	8

Legenda: (IF) – data de início da floração; (IPF) – data de início da plena floração; (FPF) – data do final da plena floração; (FF) – data do fim da floração.

Quadro D3 – Duração da floração e datas referentes à época de floração em dias do ano (DOY) da variedade ‘Galega Vulgar’ na Herdade do Reguengo (Elvas).

Ano	IF	IPF	FPF	FF	Duração da floração (dias)
1998	126	131	138	142	17
1999	127	133	141	144	18
2000	126	136	140	143	18
2001	124	127	134	137	14
2002	123	130	137	140	18
2005	129	132	137	140	12
2006	126	132	135	137	12
2007	134	137	141	144	11
2010	132	138	141	144	13

Legenda: (IF) – data de início da floração; (IPF) – data de início da plena floração; (FPF) – data do final da plena floração; (FF) – data do fim da floração.

Quadro D4 – Duração da floração e datas referentes à época de floração em dias do ano (DOY) da variedade 'Picual' na Herdade do Reguengo (Elvas).

Ano	IF	IPF	FPF	FF	Duração da floração (dias)
1998	93	126	138	142	50
1999	127	130	133	138	12
2000	133	140	143	147	15
2001	127	134	137	141	15
2002	126	130	137	140	15
2005	129	132	140	143	15
2006	128	132	135	138	11
2007	134	137	141	144	11
2010	132	138	141	144	13

Legenda: (IF) – data de início da floração; (IPF) – data de início da plena floração; (FPF) – data do final da plena floração; (FF) – data do fim da floração.

Anexo E – Validação do modelo.

Quadro E1 – Datas médias da floração (DOY) observadas e previstas pelo modelo, e o RMSE para cada variedade.

Ano	'Arbequina'		'Cobrançosa'		'Galega Vulgar'		'Picual'	
	Data MPF obser.	Data MPF prevista	Data MPF obser.	Data MPF prevista	Data MPF obser.	Data MPF prevista	Data MPF obser.	Data MPF prevista
1998	128,5	124,0	134,5	131,0	134,5	131,0	132,0	128,0
1999	134,0	127,0	135,5	130,0	137,0	129,0	131,5	129,0
2000	134,5	138,0	138,0	140,0	138,0	139,0	141,5	140,0
2001	125,5	125,0	127,0	134,0	130,5	133,0	135,5	130,0
2002	132,0	138,0	135,0	139,0	133,5	138,0	133,5	139,0
2005	130,5	132,0	134,5	133,0	134,5	132,0	136,0	133,0
2006	131,5	136,0	136,0	137,0	133,5	136,0	133,5	136,0
2007	135,5	135,0	139,0	135,0	139,0	135,0	139,0	137,0
2010	137,5	128,0	140,5	139,0	139,5	138,0	139,5	135,0
RMSE (dias)	5,06		3,84		3,87		3,72	

Legenda: (RMSE) – Raiz do erro quadrático médio.

Anexo F – Simulação das datas de quebra da dormência e da floração em cenários de alteração climática

Quadro F1 – Datas da quebra da endodormência (DOY) das variedades 'Arbequina' e 'Picual' nos cenários de aumento de temperatura estudados e para os 15 anos de simulações.

Ano	'Arbequina'					'Picual'				
	Cen0	Cen1	Cen2	Cen3	Cen4	Cen0	Cen1	Cen2	Cen3	Cen4
1996	350	5	18	32	59	5	17	28	50	N.S.
1997	344	356	365	12	N.S.	358	365	9	28	N.S.
1998	346	357	8	27	N.S.	358	6	24	56	N.S.
1999	352	359	1	13	45	363	5	14	40	N.S.
2000	342	346	350	356	2	351	357	365	5	14
2001	341	351	365	19	N.S.	352	363	14	49	N.S.
2002	338	340	344	352	361	348	351	356	364	15
2003	345	357	9	20	51	363	9	19	43	N.S.
2004	337	345	355	366	20	346	356	2	19	61
2005	340	347	357	364	10	351	360	3	12	27
2006	339	344	350	358	9	350	355	362	9	23
2007	356	362	3	8	15	1	7	11	20	29
2008	343	348	353	362	12	354	359	366	13	48
2009	336	342	347	355	8	348	352	359	8	21
2010	353	359	3	12	34	365	8	16	31	50

Legenda: (N.S.) – Necessidades de frio (TU) não são satisfeitas.

Quadro F2 – Datas da quebra da endodormência (DOY) das variedades ‘Cobraçosa’ e ‘Galega Vulgar’ nos cenários de aumento de temperatura estudados e para os 15 anos de simulações.

Ano	'Cobraçosa'					'Galega Vulgar'				
	Cen0	Cen1	Cen2	Cen3	Cen4	Cen0	Cen1	Cen2	Cen3	Cen4
1996	25	37	54	N.S.	N.S.	26	39	56	N.S.	N.S.
1997	13	22	43	N.S.	N.S.	14	23	46	N.S.	N.S.
1998	15	30	62	N.S.	N.S.	17	31	73	N.S.	N.S.
1999	18	32	52	N.S.	N.S.	19	33	56	N.S.	N.S.
2000	9	15	21	30	N.S.	11	16	23	32	N.S.
2001	9	22	51	N.S.	N.S.	10	26	53	N.S.	N.S.
2002	4	10	17	32	N.S.	6	11	18	33	N.S.
2003	21	36	52	N.S.	N.S.	22	38	53	N.S.	N.S.
2004	1	15	45	88	N.S.	2	16	47	92	N.S.
2005	10	20	31	41	60	12	21	33	46	61
2006	6	13	20	32	58	7	14	22	34	60
2007	20	28	34	93	N.S.	22	29	35	95	N.S.
2008	11	18	35	N.S.	N.S.	12	20	37	N.S.	N.S.
2009	5	11	20	35	N.S.	6	13	21	36	N.S.
2010	23	32	44	73	N.S.	24	33	46	75	N.S.

Legenda: (N.S.) – Necessidades de frio (TU) não são satisfeitas.

Quadro F3 – Data média da plena floração simulada (Cen 0) e avanços em dias dos cenários estudados da variedade ‘Arbequina’ para os 15 anos simulados.

Ano	Data MPF (Cen 0)		Avanço da data MPF (dias)			
	Data	DOY	Cen 1	Cen 2	Cen 3	Cen 4
1996	06-Mai	127	0	8	15	11
1997	12-Abr	102	6	13	18	F.I.
1998	04-Mai	124	13	24	25	F.I.
1999	07-Mai	127	13	25	29	24
2000	17-Mai	138	11	29	45	52
2001	05-Mai	125	19	26	29	F.I.
2002	18-Mai	138	18	29	45	53
2003	07-Mai	127	9	12	23	15
2004	16-Mai	137	17	30	40	40
2005	12-Mai	132	8	15	25	33
2006	16-Mai	136	10	22	33	36
2007	15-Mai	135	11	22	31	40
2008	03-Mai	124	12	28	35	37
2009	07-Mai	127	12	27	39	41
2010	08-Mai	128	11	17	25	23

Legenda: (F.I.) – Floração anormal ou inexistente.

Quadro F4 – Data média da plena floração simulada (Cen 0) e avanços em dias dos cenários estudados da variedade ‘Cobrançosa’ para os 15 anos simulados.

Ano	Data MPF (Cen 0)		Avanço da data MPF (dias)			
	Data	DOY	Cen 1	Cen 2	Cen 3	Cen 4
1996	24-Mai	145	10	17	F.I.	F.I.
1997	18-Abr	108	8	7	F.I.	F.I.
1998	11-Mai	131	9	3	F.I.	F.I.
1999	10-Mai	130	5	11	F.I.	F.I.
2000	19-Mai	140	10	27	38	F.I.
2001	14-Mai	134	18	14	F.I.	F.I.
2002	19-Mai	139	13	24	28	F.I.
2003	15-Mai	135	4	10	F.I.	F.I.
2004	18-Mai	139	8	6	-3	F.I.
2005	13-Mai	133	7	13	19	20
2006	17-Mai	137	8	18	25	22
2007	15-Mai	135	9	20	-4	F.I.
2008	06-Mai	127	10	12	F.I.	F.I.
2009	09-Mai	129	9	19	24	F.I.
2010	19-Mai	139	15	20	15	F.I.

Legenda: (F.I.) – Floração anormal ou inexistente.

Quadro F5 – Data média da plena floração simulada (Cen 0) e avanços em dias dos cenários estudados da variedade ‘Galega Vulgar’ para os 15 anos simulados.

Ano	Data MPF (Cen 0)		Avanço da data MPF (dias)			
	Data	DOY	Cen 1	Cen 2	Cen 3	Cen 4
1996	23-Mai	144	10	17	F.I.	F.I.
1997	17-Abr	107	8	6	F.I.	F.I.
1998	11-Mai	131	10	-4	F.I.	F.I.
1999	09-Mai	129	4	8	F.I.	F.I.
2000	18-Mai	139	10	27	37	F.I.
2001	13-Mai	133	16	13	F.I.	F.I.
2002	18-Mai	138	13	24	27	F.I.
2003	15-Mai	135	5	11	F.I.	F.I.
2004	17-Mai	138	8	6	-5	F.I.
2005	12-Mai	132	7	13	16	19
2006	16-Mai	136	8	17	23	21
2007	06-Mai	135	10	20	-4	F.I.
2008	05-Mai	126	9	11	F.I.	F.I.
2009	09-Mai	129	10	20	25	F.I.
2010	18-Mai	138	15	19	13	F.I.

Legenda: (F.I.) – Floração anormal ou inexistente.

Quadro F6 – Data média da plena floração simulada (Cen 0) e avanços em dias dos cenários estudados da variedade ‘Picual’ para os 15 anos simulados.

Ano	Data MPF (Cen 0)		Avanço da data MPF (dias)			
	Data	DOY	Cen 1	Cen 2	Cen 3	Cen 4
1996	23-Mai	144	11	23	23	F.I.
1997	18-Abr	108	10	18	18	F.I.
1998	08-Mai	128	11	16	8	F.I.
1999	09-Mai	129	13	21	18	F.I.
2000	19-Mai	140	11	25	39	50
2001	10-Mai	130	19	26	17	F.I.
2002	19-Mai	139	15	27	43	47
2003	15-Mai	135	8	19	18	F.I.
2004	18-Mai	139	15	25	31	17
2005	13-Mai	133	7	14	22	27
2006	16-Mai	136	9	19	26	32
2007	17-Mai	137	11	23	30	35
2008	05-Mai	126	12	27	31	19
2009	09-Mai	129	11	26	32	39
2010	15-Mai	135	15	20	23	24

Legenda: (F.I.) – Floração anormal ou inexistente.