



# 40 Actas Portuguesas de Horticultura



## X SIMPÓSIO NACIONAL DE OLIVICULTURA

Inovar para a Sustentabilidade em Olivicultura

23, 24 e 25 de outubro de 2024 | INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA

# 2025

ORGANIZAÇÃO:



 **ipb** INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA  
Escola Superior Agrária



## **FICHA TÉCNICA**

---

**Título:** X Simpósio Nacional de Olivicultura

**Coleção:** Actas Portuguesas de Horticultura, N.º 40

**Propriedade e edição**

Associação Portuguesa de Horticultura (APH)  
Rua da Junqueira, 299, 1300-338 Lisboa  
<http://www.aphorticultura.pt/>

**Editores e coordenação**

Nuno Rodrigues  
Sandra Lamas

**Revisão editorial**

Nuno Rodrigues

**Grafismo da capa**

Nuno Rodrigues

**ISBN**

978-972-8936-57-0

**Ano 2025**

## Organização



### Comissão Organizadora

Nuno Rodrigues (SusTEC/CIMO-IPB; APH) (Presidente da Comissão Organizadora)  
Ana Cristina Ramos (INIAV; APH)  
Daniela Ruano (CIMO/IPB)  
Francisco Pavão (APPITAD)  
Henrique Lopes (APPITAD)  
Isabel Rodrigues (CIMO/IPB)  
José A. Pereira (CIMO/IPB; APH)  
Nuno Ferreiro (CIMO/IPB)  
Paula Baptista (CIMO/IPB)  
Rosa Guilherme (CCDRC; APH)  
Sandra Lamas (CIMO/IPB)

### Comissão Científica

António Bento Dias (MED/U. Évora)  
António Cordeiro (INIAV)  
Célia Quintas (MED/U. Algarve)  
Concepción Muñoz Díez (U. Córdoba)  
Fátima Duarte (CEBAL-MED)  
Fátima Gonçalves (CITAB/UTAD)  
Fátima Peres (ESA - IPCB)  
Felícia Maria da Silva Fonseca (CIMO/IPB)  
Francisco Mondragão-Rodrigues (ESAE - IPPortalegre)  
Isabel Calha (INIAV)  
Paula Baptista (CIMO/IPB)  
Teresa Afonso do Paço (LEAF/ISA)

## Índice

Prefácio .....	5
<b>Sessão I:</b> .....	6
<b>Conservação e valorização de recursos genéticos.</b> .....	6
Principais características das cultivares autóctones portuguesas incluídas nas azeitonas e azeites DOP.....	7
<b>Sessão II:</b> .....	15
<b>Gestão do olival e sustentabilidade.</b> .....	15
Valores de referência para interpretação dos resultados da análise foliar em olivais em sebe da cv. Arbequina .....	16
Meios tecnológicos para a digitalização e agricultura 4.0 aplicadas a pequenos olivicultores e lagares em Portugal.....	26
Influência da variabilidade climática na produtividade do olival tradicional: Análise de regressão aplicada ao município de Mirandela .....	35
Gestão Sustentável do Olival – Economia de Água.....	46
Olival e oliveiras: Ameaças micro, emergência macro.....	51
Oomicetas: ameaça de doença radicular em oliveira .....	62
<b>Sessão III:</b> .....	70
<b>Tecnologia de produtos do olival.</b> .....	70
Composição química e sensorial de azeites obtidos de Zambujeiro, Leucocarpa e Galega Vulgar .....	71
Comparação de metodologias de extração para avaliação da alegação de saúde “Polifenóis no Azeite” .....	80
Apetência tecnológica e desafios associados à digitalização de pequenos olivicultores em Portugal .....	88
<b>Sessão IV:</b> .....	97
<b>Olivicultura, economia circular e valorização.</b> .....	97
Armazenamento de carbono no ecossistema solo de um olival de Trás-os-Montes: análise comparativa entre duas técnicas de gestão do solo .....	98
O contributo do olival tradicional para a gestão integrada de recursos e o desenvolvimento equilibrado do território .....	106
Rede de inovação de modelos de negócio agroflorestais (AF4EU).....	115

## Prefácio

A Associação Portuguesa de Horticultura (APH) tem a satisfação de apresentar o volume 40 das *Actas Portuguesas de Horticultura*, que reúne os artigos de algumas das comunicações apresentadas no X Simpósio Nacional de Olivicultura, realizado entre 23 e 25 de outubro de 2024, no Auditório Alcínio Miguel da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança (IPB), em Bragança. O evento foi promovido pela APH, em colaboração com o IPB e a Associação dos Produtores em Proteção Integrada de Trás-os-Montes e Alto Douro (APPITAD).

Passado vinte e seis anos desde a primeira edição, o Simpósio Nacional de Olivicultura regressou ao local onde teve início. Tal como em edições anteriores, reafirmou-se como um espaço privilegiado de encontro, reflexão e atualização, desempenhando um papel fundamental na valorização do setor olivícola nacional. Esta edição constituiu um fórum dinâmico para o debate dos desafios atuais da olivicultura portuguesa e para a partilha de avanços, inovações e desenvolvimentos recentes abrangendo desde práticas tradicionais até estratégias de produção mais modernas com vista à promoção de uma olivicultura mais sustentável.

Sob o tema “Inovar para a Sustentabilidade em Olivicultura”, o volume 40 inclui treze trabalhos apresentados no evento, nas modalidades de comunicações plenárias, orais e painéis. A concretização destas Atas resultou do empenho dos autores na preparação dos seus manuscritos e do rigoroso trabalho de revisão levado a cabo pelos membros da Comissão Científica, aos quais expressamos o nosso profundo agradecimento.

A realização do Simpósio só foi possível graças à dedicação de uma vasta equipa. Manifestamos a nossa gratidão a todos os membros da Comissão Organizadora, da Comissão Científica, do Secretariado, aos oradores convidados, aos autores das comunicações, bem como às entidades e empresas que, direta ou indiretamente, apoiaram e patrocinaram este evento.

Um muito obrigado a todos.

Nuno Rodrigues

# **Sessão I:**

## **Conservação e valorização de recursos genéticos**

---

## Principais características das cultivares autóctones portuguesas incluídas nas azeitonas e azeites DOP

António M. Cordeiro<sup>1\*</sup>, Carla S. F. Inês<sup>1</sup>, Fernanda Simões<sup>2</sup>, José Matos<sup>2</sup>, M. Catarina Manuelito<sup>1</sup>, João Fernandes<sup>1</sup>, Liliana Ferreira<sup>1</sup>, José Pragana<sup>1</sup>, J. M. Herrera<sup>3</sup> & J. Muñoz-Rojas<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. (INIAV), UEIS Biotecnologia e Recursos Genéticos, Estrada de Gil Vaz—Apartado 6, 7350-404 Elvas, Portugal,  
\*antonio.cordeiro@iniav.pt.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. (INIAV), UEIS Biotecnologia e Recursos Genéticos, Laboratório Biologia Molecular, 2780-157 Oeiras, Portugal.

<sup>3</sup>MED—Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development, Universidade de Évora, Casa Cordovil 7000–651, Évora, Portugal.

### Resumo

As alterações climáticas são uma das maiores ameaças à olivicultura pelos possíveis efeitos nomeadamente na produção de azeitona, no rendimento em gordura e na qualidade do azeite. A diversidade intraespecífica em oliveira é considerada uma forma eficaz de adaptar a olivicultura às mudanças nas condições climáticas devido ao seu potencial para aumentar a resiliência sem exigir a mudança da cultura. No projeto OLEAdap - Estratégia de Gestão de Pragas para a Resiliência e Sustentabilidade da Olivicultura face às Alterações Climáticas, um instrumento importante é a elaboração de mapas de distribuição atual das cultivares assim como projeções em resposta às alterações climáticas. Um instrumento importante é o conhecimento sobre as características de caracterização / identificação das cultivares portuguesas de oliveira particularmente as cultivares de azeitona para conserva e para azeite DOP. No INIAV Pólo de Inovação de Elvas está estabelecida a Coleção Portuguesa de Referência da Oliveira (CPRO). Nos seus objetivos está a preservação da diversidade genética presente em todas as regiões, a identificação dos materiais e a sua valorização. Esta coleção inclui mais de 150 acessos, nomeadamente recolhidos em ações de prospeção com nomes iguais e/ou diferentes que foram identificados como sinônimas e / ou homônimas. Um procedimento de identificação de referência é por isso um instrumento fundamental a adotar por todos os que trabalhamos com esta espécie. A caracterização morfológica com metodologia UPOV *Olea* (TG/99/4, 2011) e a caracterização com marcadores moleculares SSR's, são os procedimentos utilizados para a identificação das cultivares de oliveira na CPRO. Neste trabalho com a apresentação da caracterização de cultivares de oliveira autóctones de Azeitonas de Conserva e Azeites DOP procura dar importância à clareza nas designações varietais para se evitar erros nas denominações.

**Palavras-chave** – alterações climáticas, oliveira, identificação, caracterização morfológica e molecular.

### Abstract

Climate change is widely recognized as one of the biggest threats to olive farming. Intraspecific diversity in olive trees is considered an effective way to adapt olive farming to changing climatic conditions due to its potential to increase resilience without requiring crop

change. The Olive Tree Portuguese Collection (CPCO) is established at the INIAV Innovation Hub of Elvas and its objectives include the preservation of genetic diversity, the identification of materials and their valorization. In the OLEAdap project - Pest Management Strategy for the Resilience and Sustainability of Olive Farming in the Face of Climate Change, an important instrument is the preparation of maps of the current distribution of cultivars as well as projections in response to climate change. An important tool is knowledge about the characteristics of characterization/identification of Portuguese olive cultivars included in the Olives and Olive Oil PDO.

A reference identification procedure is therefore a fundamental instrument to be adopted by everyone who works with this species. Morphological characterization with the UPOV Olea methodology (TG/99/4, 2011) and characterization with SSR molecular markers are the procedures used to identify olive cultivars in the CPRO. In this work, with the presentation of the characterization of autochthonous olive cultivars for Preserved Olives and PDO Olive Oils, we seek to give importance to clarity in varietal designations to avoid possible errors in names.

**Keywords** – climate change, olive tree, identification, morphological and molecular characterization.

## Introdução

A cultivo da oliveira ocupa em Portugal uma área de 374.413 ha, sendo o Alentejo a principal região olivícola, 206.407 ha, seguida pela região de Trás-os-Montes, cerca de 80.000 ha e a região das Beiras, aproximadamente 75.000 ha (INE, 2021).

Na olivicultura mediterrânea e em todos os países olivícolas o número de cultivares em plena produção é muito numerosa, excede as 3.000 cultivares. Em Portugal, como nos outros países olivícolas, existe um número reduzido de cultivares em mais de uma região olivícola, as cultivares nacionais (Em Portugal: 'Galega Vulgar' e 'Cobrançosa'); outras que são importantes apenas numa determinada região olivícola, as cultivares regionais (na Terra Quente Transmontana: 'Madural', 'Verdeal Transmontana' e 'Cordovil de Trás-os-Montes'; no Baixo Alentejo: 'Cordovil de Serpa' e 'Verdeal Alentejana'); e em todas as regiões pode ser encontrado um grande número que apresentam uma difusão muito reduzida (poucas oliveiras), as cultivares locais (Cordeiro et al., 2014). A exploração da diversidade intraespecífica (i.e., as cultivares) é considerada uma forma eficaz de adaptar a olivicultura às alterações climáticas sem exigir a mudança de culturas (Wolkovich et al., 2018). A resiliência climática numa cultura, de acordo com Herrera et al. (2024), não depende apenas das cultivares aos novos regimes de temperatura e precipitação, mas também está associada com as alterações na distribuição de espécies (i.e., pragas) que os materiais vegetais, direta e indiretamente, interagem. No projeto OLEAdapt (PTDC/BIA-CBI/1365/2020) está em estudo uma estratégia que combina projeções climáticas com aspectos ambientais. Para além da identificação das cultivares presentes nas regiões e em resposta às alterações climáticas, das que potencialmente poderão maximizar os objetivos dos olivicultores, procede-se a uma avaliação ecológica e económica dos previsíveis efeitos das pragas sobre a produção da azeitona e a qualidade do azeite.

Na oliveira a caracterização / identificação dos materiais reveste-se de uma grande importância por permitir associar determinado nome / designação a uma cultivar que apresenta características únicas que a diferencia das demais. Objetivamente são realizados ensaios, com uma metodologia fiável, de Distinção, Uniformidade e Estabilidade (DUS, em inglês). A correta

caracterização / identificação dos materiais de oliveira é imprescindível para valorizar e proteger as cultivares autóctones ameaçadas pela erosão genética fruto da reconversão do olival tradicional e a importação de cultivares estrangeiras (Inês & Cordeiro, 2019; Inês et al., 2020).

Em Portugal, Dalla-Bella (1786) referido por Leitão (1988), foi dos primeiros autores a apresentar um trabalho de caracterização de cultivares de oliveira. Em todos os países olivícolas vários têm sido os trabalhos e as metodologias propostas para a classificação / identificação. Leitão (1988), na classificação de 22 cultivares de oliveira utilizou uma metodologia morfológica com várias categorias para cada característica dos diferentes órgãos da planta: folhas, inflorescências, frutos, endocarpos e pólen. Recentemente, a organização intergovernamental União Internacional para a Proteção de Novas Cultivares de Plantas (UPOV), adotou uma classificação morfológica para a espécie *Olea europaea L.* (Guidelines for the conduct of tests for Distinctness, Uniformity and Stability - DUS), documento TG/99/4 (UPOV, 2011) (<https://www.upov.int/edocs/tgdocs/es/tg099.pdf>). Esta classificação identifica 41 características a avaliar, distribuídas por diversas estruturas da planta, nomeadamente, da árvore (3), das folhas (6), dos ramos frutíferos, inflorescências e flores (4), dos frutos (14) e dos endocarpos (14). Destas 41 características que constituem os testes de DUS para a oliveira, 24 características foram consideradas muito descriminantes e importantes para a harmonização internacional da descrição de cultivares.

A oliveira é um diploide, ou seja, apresenta uma duplicação do seu genoma estruturado em pares de cromossomas homólogos. A caracterização molecular com marcadores de DNA do tipo microssatélite (SSR's) permite uma maior reprodutibilidade dos resultados por apresentarem um elevado grau de polimorfismo. Os SSR's são sequências repetidas de DNA, geralmente neutras (que não influenciam as características observáveis dos organismos), sujeitas a frequências relativamente elevadas de mutações ladeadas por sequências únicas de DNA. A sua utilização no germoplasma português de oliveira permitiu a descriminação entre as diferentes cultivares (Gemas et al., 2004). Mais recentemente Trujillo et al. (2013) utilizou esta metodologia molecular para caracterizar a Coleção Mundial de Oliveira estabelecida em Córdova.

A oliveira é uma espécie perenifólia, heterozigótica e alloploploide. As cultivares de oliveira apresentam uma grande diversidade para características morfológicas (Barranco & Rallo, 1984) e/ou agronómicas e a expressão desse potencial genético é condicionado pelas condições edafoclimáticas. A informação sobre a diversidade varietal de oliveira existente em Portugal encontra-se bastante dispersa e incompleta (Cordeiro et al., 2014). No sentido de minimizar esses efeitos, os estudos de caracterização de materiais devem ser realizados em Coleções de Campo ex-situ ou Bancos de Germoplasma (Inês et al., 2020). A Coleção Portuguesa de Referência de Oliveira (CPRO) está estabelecida na Herdade do Reguengo do INIAV I.P. Pólo de Inovação de Elvas e começou a ser plantada em 2012 e na atualidade, o número total de acessos é de 150. Este acervo inclui também 40 cultivares dos países olivícolas mediterrânicos.

A caracterização dos materiais reveste-se de extraordinária importância por permitir identificar corretamente as cultivares e desta forma também reconhecer as homonímias (materiais com a mesma designação, mas comprovadamente diferentes) e as sinonímias (materiais com designações diferentes e que comprova serem iguais).

## Material e Métodos

A caracterização morfológica iniciou-se após a entrada em produção do material vegetal na CPPO e seguiu os procedimentos técnicos, incluindo as categorias em cada característica referidos em UPOV OLEAA\_EUR (TG/99/4 (UPOV, 2011). A coleção de campo da CRPO cumpre com as condicionantes da classificação UPOV OLEAA\_EUR:

- 1) as oliveiras devem estar cultivadas nas suas próprias raízes;
- 2) de cada genótipo deve existir pelo menos cinco oliveiras cultivadas no mesmo local;
- 3) a caracterização deve ser realizada em dois ciclos de crescimento independentes;

Na caracterização morfológica de partes de plantas foram utilizadas 5 partes / órgãos para cada característica a observar em cada oliveira. Para a identificação de material desconhecido as características mais discriminantes são as utilizadas. No quadro 1 apresenta-se a lista de características morfológicas UPOV mais discriminantes.

**Quadro 1 – Lista das características mais discriminantes da Classificação UPOV**

Árvore: vigor	Árvore: Porte	Árvore: densidade canópia	Folha: comprimento	Folha: largura	Folha: relação comprimento/largura	Folha: curvatura eixo longitudinal	Fruto: massa	Fruto: relação comprimento/largura	Fruto: cor à plena maturação	Fruto: simetria na posição A	Fruto: forma do ápice na posição A	Fruto: forma da base na posição A	Endocarpo: relação comprimento / largura	Endocarpo: massa	Endocarpo: simetria na posição A	Endocarpo: simetria na posição B	Endocarpo: nº de sulcos na base	Endocarpo: distribuição sulcos na base	Endocarpo: forma ápice posição A	Endocarpo: mucrão	Endocarpo: forma base na posição A	Endocarpo: rugosidade da superfície	
1	2	3	5	6	7	9	16	18	22	23	24	25	26	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Árvore	Folha				Fruto				Endocarpo														

Na caracterização molecular os acessos da CPPO foram genotipados com o conjunto de 17 SSR loci (quadro 2) e a metodologia descrita em Trujillo et al. (2013). O DNA foi extraído em amostras de folhas e utilizado para análise com marcadores moleculares SSR para determinação dos alelos que constituem o genótipo de cada indivíduo. A análise de diversidade genética será representada na forma de dendograma. Com estes procedimentos as cultivares de oliveira são classificadas / identificadas. Esta informação poderá sempre servir para a identificação de um material desconhecido. A utilização da caracterização morfológica está condicionada à disponibilidade de frutos e endocarpos, partes das plantas fundamentais neste procedimento. A caracterização molecular pode ser realizada durante todo o ano, condicionada apenas pela informação disponível em laboratório.

**Quadro 2 - Listagem de locus SSR e oligonucleótidos iniciadores utilizados na caracterização molecular de acessos de oliveira**

Locus	UDO9-9-043	ssrOeUA-DCA11	ssrOeUA-DCA8	UDO9-9-005	GAP U 89	GAP U 82	ssrOeUA-DCA10	ssrOeUA-DCA18	ssrOeUA-DCA16	ssrOeUA-DCA4	GAP U 103A	GAP U 101	ssrOeUA-DCA3	UDO99-042	ssrOeUA-DCA9	ssrOeUA-DCA15	SsrOeIGP7
Número de alelos	15	7	6	4	6	2	11	8	16	11	9	8	13	4	7	7	7

Na caracterização morfológica dos materiais a diversidade de respostas variou com a característica. Como se observa pela Figura 1, para o conjunto de 15 cultivares as características “do fruto” e o “habito de crescimento dos ramos” registaram 5 e 4 notas diferentes. No extremo oposto, para as características “mamilo do fruto” e “mucrão no endocarpo”, apenas ‘Blanqueta de Elvas’ se diferenciou das restantes. O perfil morfológico das duas principais cultivares autóctones portuguesas, ‘Galega Vulgar’ e ‘Cobrançosa’, diferem em 33% para as características morfológicas mais discriminativas (Figura 2) (vigor, hábito de crescimento, cor à maturação, peso, forma do ápice, forma da base e rugosidade).

Estas cultivares diferenciam-se particularmente nas características da árvore pelo vigor (‘Galega Vulgar’ é mais vigorosa), no hábito de crescimento (‘Galega Vulgar’ com porte ereto), na cor do fruto à plena maturação (em ‘Galega Vulgar’ totalmente negro) e relativamente ao endocarpo pela massa (peso médio de 100 endocarpos) (em ‘Cobrançosa’ é maior), a forma do ápice e da base e pela rugosidade da superfície (Inês & Cordeiro, 2019; Inês et al., 2020).

Estes resultados confirmam a grande diversidade existente entre cultivares de oliveira em Portugal, tal como o encontrado noutras países olivícolas (Barranco & Rallo, 1984).

Na caracterização molecular o número de alelos dos marcadores moleculares condiciona o polimorfismo e a diversidade genética (Inês et al., 2020). Como era expectável as cultivares em estudo diferenciaram-se umas das outras, mas a distância genética não foi similar. Na Figura 3 apresenta-se o dendograma construído a partir dos resultados de caracterização molecular com marcadores SSR’s. Expressa a existência de três grandes grupos; um que agrupa as cultivares ‘Conserva de Elvas’, ‘Bical de Castelo Branco’ e ‘Redondil’; outro as cultivares ‘Verdeal Alentejana’, ‘Cornicabra’, ‘Cordovil de Trás-os-Montes’ e ‘Cordovil de C. Branco’ e um terceiro grupo com as restantes cultivares.

A utilização destas metodologias tem uma grande importância para o conhecimento dos materiais e para a sua valorização numa época em que a informação não tem interesse apenas regional ou nacional, mas pode ter uma importância global.

Outro ponto de grande importância na olivicultura é a uniformização na designação das cultivares. Por exemplo, duas cultivares que integram os azeites de Trás-os-Montes DOP – ‘Cordovil de Trás-os-Montes’ e ‘Madural’ - em algumas freguesias / concelhos ainda existe troca na sua designação. Talvez por isso não foi de estranhar que na prospeção realizada nas Beiras e Alentejo tenhamos encontrado quatro acessos com a designação de ‘Bical’; mediante a caracterização morfológica e molecular confirmou-se serem quatro cultivares diferentes e distinta da ‘Bical de Castelo Branco’ que está incluída na RNVF (RNVF, 2023). Em Portugal, nos azeites DOP podemos encontrar também três cultivares ‘Cordovil’: a ‘Cordovil de Trás-os-Montes’, a ‘Cordovil de C. Branco’ e a ‘Cordovil de Serpa’ que morfologicamente e molecularmente são comprovadamente diferentes. Relativamente às sinónimas: 1) a cultivar ‘Galega Vulgar’ também se designa ‘Galega’, ‘Galega Meuda’, ‘Negrucha’, ‘Coimbreira’ ou ‘Galega da Vouguinha’. 2) a cultivar ‘Azeitoneira’ também se designa ‘Azeiteira’, ‘Carrasca Comprida’, ‘Manzanilla Cacereña’ (em Espanha). 3) a cultivar ‘Cobrançosa’ também se designa ‘Quebrançosa’ e ‘Salgueira’.

## Conclusão

No trabalho de elaboração de mapas de distribuição de cultivares a qualidade e a clareza na denominação varietal tem uma elevada importância para evitarmos confusões na interpretação da informação e por isso impõe-se a utilização de bons critérios de identificação.

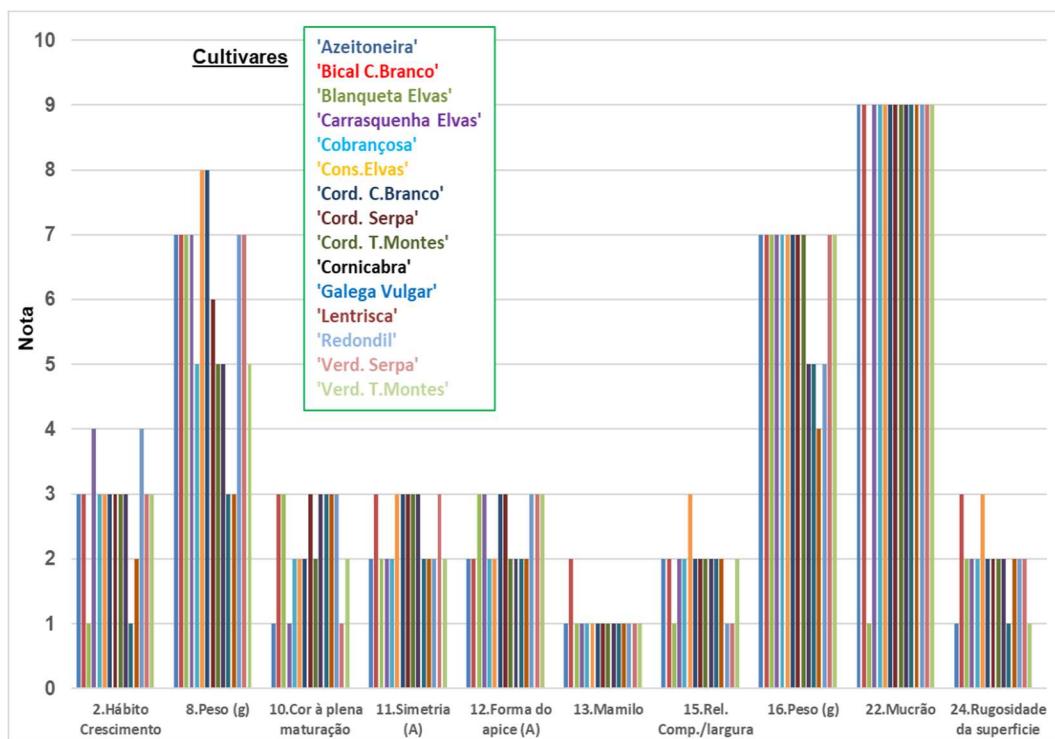
## Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro concedido pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia ao projeto OLEAdapt - Estratégia de Gestão de Pragas para a Resiliência e Sustentabilidade da Olivicultura Face as Alterações Climáticas (PTDC/BIA-CBI/1365/2020).

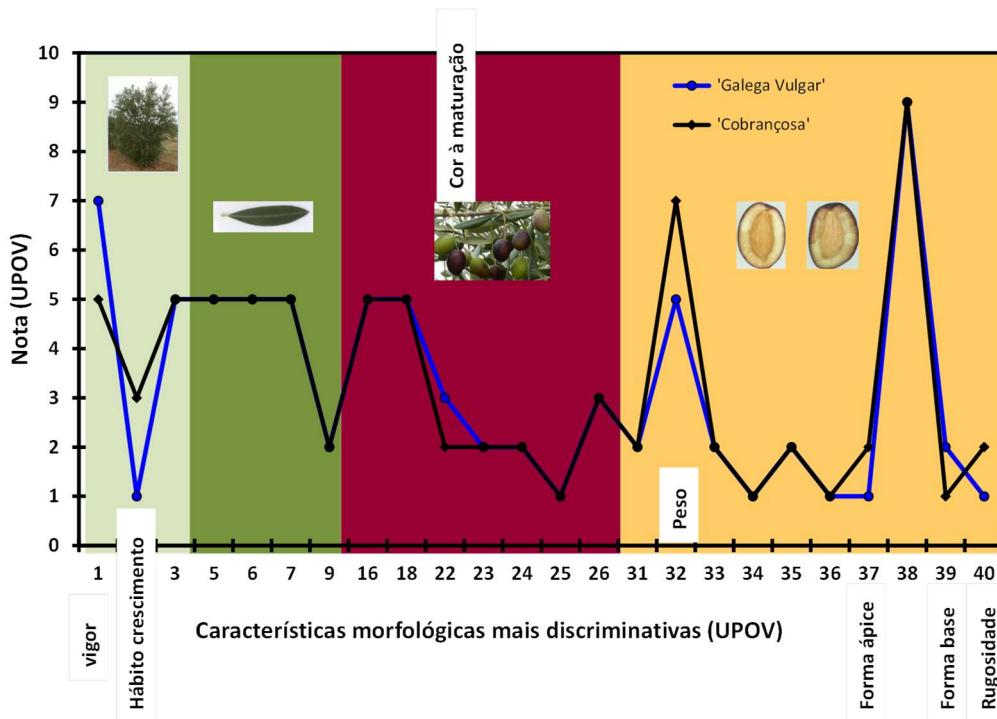
## Referências

- Barranco D. & Rallo L. (1984) Las variedades de olivo cultivadas en Andalucía. Ministerio de Agricultura y Junta de Andalucía, Madrid.
- Cordeiro A.M., Inês C. & Morais N. (2014). Principais cultivares de oliveira existentes em Portugal. In: Boas práticas no olival e no lagar; Jordão P (coord.). pp: 44-51. INIAV, IP, Lisboa. ISBN: 978-972-579-04.
- Gemas, VJV., Almadanim MC., Tenreiro R., Martins A. & Fevereiro P. (2004) Genetic diversity in the olive tree (*Olea europaea* L.) cultivated in Portugal revealed by RAPD and ISSR markers. *Genetic Resources and Crop Evolution* 51: 501-511.
- Herrera J.M., Silva B., Ferro M., Cordeiro A., Inês C., Navarro G., Gruise I., Muñoz-Rojas J. & Duarte M. (2024). An Ecosystem Service-Based Approach to Adapt Olive Production to Climate Change. In: Muñoz-Rojas, J., García-Ruiz, R. (eds) *The Olive Landscapes of the Mediterranean Landscape*. Series, vol 36. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-57956-1\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-031-57956-1_33).
- Instituto Nacional de Estatística – Estatísticas Agrícolas: 2021. Lisboa: INE, 2022. Disponível na [www: <url:https://www.ine.pt/xurl/pub/31589846>](http://www.ine.pt/xurl/pub/31589846). ISSN 0079-4139. ISBN 978-989-25-0605-0.
- Inês, C., Simões F., Lourenço D., Matos J., & Cordeiro AM. (2020) Perfil morfológico e molecular das cultivares oliveira portuguesas ‘Galega Vulgar’ e ‘Cobrançosa’. In: J.A. Pereira et al. (eds.) VIII Congresso Ibérico de Ciências Hortícolas. Associação Portuguesa de Horticultura (APH), Actas Portuguesas de Horticultura, 30: 392-397. ISBN: 978-972-8936-37-2.
- Inês, C.&Cordeiro, A.M. (2019) Caracterização morfológica de cultivares de oliveira. OleaVitis, Suplemento Técnico de Olivicultura e Azeite, 38: 2-4.
- Leitão F. (1988) Contributo para o conhecimento de 20 cultivares de '*Olea europaea* L. quer sobre o aspeto de caracterização, quer da produtividade, determinante do seu valor económico. Dissertação apresentada para Investigador Auxiliar, INIA-EAN, Oeiras.
- Registo Nacional de Variedades de Fruteiras (2023), DGAV, Ministério da Agricultura e Alimentação, 2ª edição, Portugal.
- Trujillo I., Ojeda MA., Urdioz N., Potter D., Barranco D., Rallo L. & Diez C.M. (2013) Identification of the Worldwide Olive Germplasm Bank of Córdoba (Spain) using SSR and morphological markers. *Tree Genetics & Genomes* (DOI 10.1007/s11295-013-0671-3).
- Wolkovich, EM., Cortázar-ATAURI ig., Morales-Castilla I., Nicholas KA. & Lacombe T. (2018). From pinot to Xinomavro in the world's future wine-growing regions. *Nature Climate Change*, 8, 29–37.
- UPOV (2011) Olive (*Olea europaea* L.). Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability. International Union for the Protection of New Varieties of Plants. Geneva. TG/99/4.

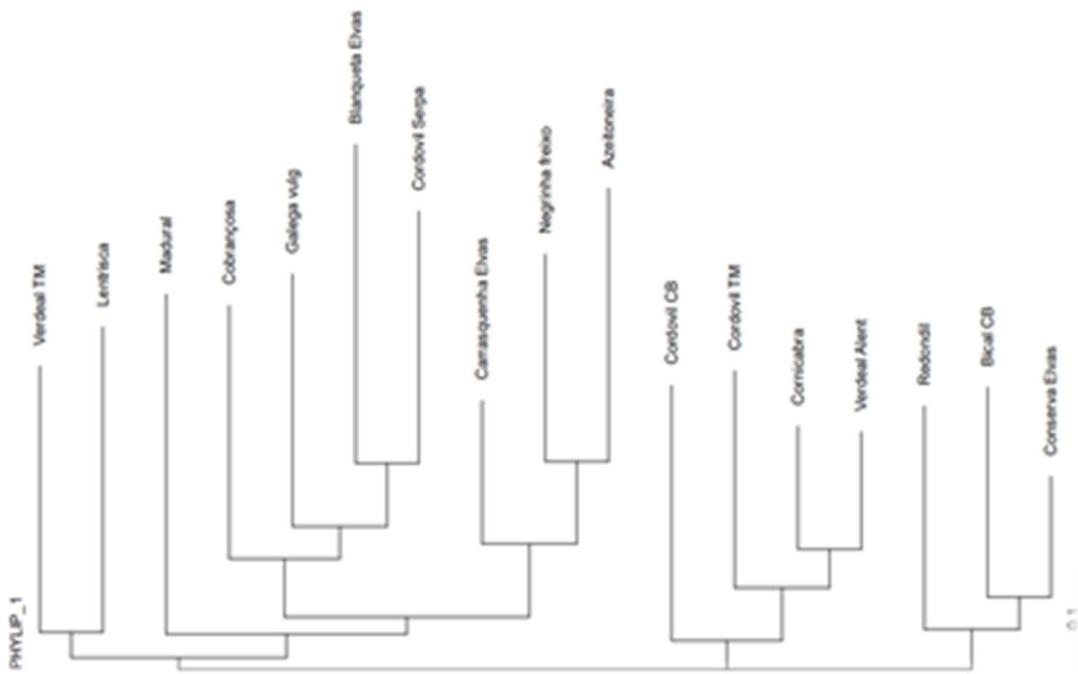
## Quadros e Figuras



**Figura 1 –** Algumas características morfológicas da árvore, do fruto e do endocarpo e respetivas notas em cultivares azeitona de mesa e azeite DOP.



**Figura 2 –** Principais características morfológicas em 'Galega Vulgar' e 'Cobrançosa'.



**Figura 3 – Dendrograma UPGMA de 17 cultivares autóctones com marcadores moleculares.**

# **Sessão II:**

## **Gestão do olival e sustentabilidade**

---

## Valores de referência para interpretação dos resultados da análise foliar em olivais em sebe da cv. Arbequina

Pedro Jordão<sup>1</sup>, Cristina Sempiterno<sup>1</sup>, António Cordeiro<sup>2</sup> & Mª Encarnação Marcelo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INIAV - Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P., UEIS- SAFSV/ LQARS, Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, Tapada da Ajuda, 1300-596 Lisboa. pedro.jordao@iniav.pt

<sup>2</sup> INIAV – Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P., UEIS-BRG/Polo de Elvas, Estrada de Gil Vaz, Apartado 6, 7351-901 Elvas. antonio.cordeiro@iniav.pt

### Resumo

A entrada em produção de olivais em sebe plantados no nosso país desde finais do século passado muito contribuiu para que rapidamente se ultrapassasse a autossuficiência em azeite. A sustentabilidade do setor, todavia, exige um uso racional das diferentes fitotecnias disponíveis, bem como dos fatores de produção utilizados. No que respeita à fertilização, esta deve ter em devida conta não só as necessidades da cultura, mas também a disponibilidade de nutrientes no solo e a capacidade das árvores os utilizarem. É, assim, necessário ter em consideração os resultados da análise foliar, que avalia o estado de nutrição do olival, bem como os de outros meios de diagnóstico, como da análise de terra, que informa sobre o estado de fertilidade do solo, ou da análise da água de rega, que nos revela a sua qualidade. Os valores de referência para interpretação dos resultados da análise foliar atualmente disponíveis para a oliveira, no país, foram obtidos em olivais predominantemente de sequeiro, com outras cultivares e densidades de plantação muito inferiores às atualmente utilizadas nos olivais em sebe com fertirrega, em que a Arbequina é a cultivar dominante. No presente estudo, utilizando como fator discriminante a produção anual de azeite de um total de 300 conjuntos de quatro oliveiras, distribuídos em igual número por 30 olivais do Alentejo, estabeleceram-se, ao fim de quatro anos de trabalho experimental, valores de referência para olivais com fertirrega da cv. Arbequina conduzida em sebe, para os períodos de amostragem de folhas do endurecimento do endocarpo e do repouso invernal. Contribui-se, assim, para a otimização da fertilização desta cultura.

**Palavras-chave** - fertirrega, meios de diagnóstico, nutrientes, *Olea europaea* L., produção de azeite

### Abstract

The entry into production of hedgerow olive groves planted in our country since the end of the last century has greatly contributed to quickly surpassing self-sufficiency in olive oil. The sustainability of the sector requires the rational use of the various available agronomic techniques, as well as the production factors employed. When it comes to olive grove fertilization, it must take into account not only the crop's needs but also the availability of nutrients in the soil and the trees' ability to absorb them. It is therefore necessary to consider the results of foliar analysis, which assesses the nutritional status of the olive grove, as well as soil analysis, which provides information on the soil's fertility status, and irrigation water analysis, which reveals its quality. The reference values currently available in our country for

Interpreting foliar analysis results for olive trees were obtained from predominantly rainfed olive groves, with different cultivars and much lower planting densities compared to those currently used in hedgerow olive groves with fertigation, where Arbequina is the dominant cultivar. In the present study, using annual olive oil production as a discriminating factor for a total of 300 sets of four olive trees, distributed equally among 30 olive groves in Alentejo, reference values were established for fertirrigated hedgerow olive groves of the Arbequina cultivar after four years of experimental work. These values were defined for leaf sampling periods of endocarp hardening and winter rest. These results contribute to optimizing fertilization for this crop.

**Keywords** - diagnostic tool, fertigation, nutrients, *Olea europaea* L., olive oil production

## Introdução

A obtenção sustentável de boas produções requer o uso adequado das fitotecnias disponíveis. As recomendações de fertilização devem alicerçar-se não só na avaliação do estado de nutrição das culturas, mas também no estado de fertilidade do solo, nas produções obtidas, bem como nas características das parcelas em que se encontram e nas práticas culturais efetuadas. Dentro destas destaca-se a rega e as características da água utilizada. No que respeita à avaliação do estado de nutrição, efetua-se, essencialmente, através do recurso à análise foliar utilizando material colhido em épocas específicas do ciclo vegetativo e de idade e zonas de inserção no ramo bem definidas. Cerca de 100 anos após o início da sua utilização por Lagatu & Maume (1926) na vinha, a análise foliar ainda é o meio de diagnóstico mais poderoso para caracterizar o estado de nutrição das culturas, especialmente arbóreas, arbustivas e florestais. A sua utilização assenta na relação existente entre a concentração de nutrientes nas folhas, em determinadas fases do seu ciclo, e o desenvolvimento vegetativo, a produtividade e/ou a qualidade da produção, refletindo as alterações observadas na disponibilidade de nutrientes no solo e na sua capacidade de alimentar as plantas (Bould, 1972). A interpretação dos resultados analíticos obtidos pressupõe, todavia, a existência de valores de referência para os diferentes nutrientes, estabelecidos a partir de determinadas folhas amostradas em plantas com elevadas produções ou de características superiores. Os valores de referência para o olival em uso no nosso país (Marcelo et al., 2014) foram estabelecidos para as cultivares nacionais Galega Vulgar e Cobrançosa, em condições de sequeiro, com densidades de plantação inferiores às ora utilizadas, enquanto que os aplicáveis às restantes cultivares são uma adaptação dos usados internacionalmente (Beutel et al. 1978; Fernández-Escobar, 2017). A passagem da situação de sequeiro para a de regadio pode influenciar a composição mineral das folhas, como resulta de estudos com distintas dotações de rega (Awan et al. 2017, El-Gioushy et al. 2021, Uslu & Özcan, 2023), sendo também influenciada pela cultivar (Jordão et al. 1999, Toplu et al. 2009, Paskovic et al. 2013, Gagour et al. 2024), ou pela densidade de plantação como observado, entre outros, por Schneider et al. (1978) e Barrera-Guerra & Slowik (1981).

Com o presente estudo pretende-se estabelecer valores foliares de referência para duas épocas do ciclo, o repouso invernal e o endurecimento do endocarpo, em olivais em sebe da 'Arbequina' com fertirregada. Esta cultivar é, no nosso país, dominante nos olivais com este sistema de condução, destinando-se a azeitona à obtenção de azeite, razão pela qual o fator discriminante utilizado na obtenção dos valores de referência foi a produção de azeite e não a de azeitona. Os valores calculados permitirão um diagnóstico mais seguro do estado nutricional

desta cultivar de oliveira naquelas condições de produção e, desta forma, a elaboração de recomendações de fertilização mais racionais.

## Material e Métodos

### Caracterização dos olivais

O presente estudo foi realizado no Alentejo em 30 olivais em sebe da cv. Arbequina, onde se marcaram outras tantas *unidades de amostragem* (UA), sendo cada UA constituída por 10 conjuntos de quatro árvores contíguas, de desenvolvimento semelhante, que se identificaram individualmente. Estas UA eram representativas das condições dominantes da parcela dos olivais com fertirrigação em que se inseriam. As 30 UA foram marcadas em 10 concelhos de três distritos do Alentejo, como: Beja (Beja - 1; Ferreira do Alentejo - 8 e Serpa -1); Évora (Mourão - 1) e Portalegre (Alter do Chão - 1; Avis - 2; Campo Maior - 4; Elvas - 7; Fronteira - 1; Monforte - 4). Das UA consideradas, 53,3% estavam instaladas com uma densidade de 1975 árv./ha (1,35 m x 3,75 m), 26,7% com 1667 árv./ha (1,5 m x 4,0 m), enquanto as restantes 20% possuíam 1111 árv./ha (1,5 m x 6,0 m). À data do início do estudo (2018) é de referir que 3,3% dos olivais tinham 14 anos, 80% contavam 10 anos, 3,3% sete anos e 13,3% atingiam os quatro anos e meio.

No período experimental (2018 a 2021) registou-se uma aplicação média de 91 kg de N, 28 de kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100 kg de K<sub>2</sub>O, por hectare e ano, com um máximo absoluto de, 298 kg de N, 60 de kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 239 kg de K<sub>2</sub>O e um mínimo absoluto de zero quilogramas de cada um destes nutrientes por hectare e ano. De registar que em alguns olivais se aplicou boro e/ou zinco por via foliar. O cobre foi constituinte de fungicidas utilizados. No mesmo período regou-se, em média, com 2742 m<sup>3</sup> de água por hectare, com um máximo de 4354 m<sup>3</sup> em 2018 e um mínimo de 371 m<sup>3</sup> em 2019 (Jordão, 2023). A poda foi efetuada anualmente em todos os olivais, sendo que em 86,7% destes a lenha de poda foi destroçada e ficou à superfície, no solo, e nos restantes 13,3% foi retirada do olival, tendo como destino uma central de biomassa. Em todos os casos, o solo não foi mobilizado nas entrelinhas.

### Solo

A colheita de amostras de terra para avaliação do estado de fertilidade do solo decorreu em todas as unidades de amostragem entre 2018 e 2019 e incidiu sobre as camadas de 0-0,2 m e 0,2-0,5 m, fora da zona de influência dos gotejadores, e de 0-0,3 m junto destes, nos 10 conjuntos de árvores de cada UA. Em cada um destes conjuntos colheu-se uma subamostra. Nas amostras determinou-se a granulometria, matéria orgânica, pH (H<sub>2</sub>O), necessidade de cal, calcário total e calcário ativo se a pesquisa de carbonatos fosse positiva, fósforo, potássio, magnésio, ferro, manganês, zinco, cobre e boro extraíveis, catiões de troca e capacidade de troca catiônica potencial, bem como a condutividade elétrica na amostra colhida na zona humedecida pelos gotejadores. Os métodos analíticos utilizados foram os em uso no Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (LQARS), referidos por Jordão et al. (2022), que apresentam, igualmente, os resultados obtidos. Os solos onde estavam instalados os olivais eram, predominantemente, de textura fina, de reação pouco alcalina, com teores baixos de matéria orgânica, teores variáveis de fósforo extraível (médios a altos na camada superior e muitobaiços a baixos na camada mais profunda), teores altos de potássio extraível e muito altos de magnésio extraível, altos a muito altos de ferro e manganês extraíveis, médios de zinco e cobre extraíveis e teores baixos a médios de boro extraível.

## Água

A colheita de amostras de água de rega foi efetuada todos os anos, segundo as normas do LQARS (Calouro, 2022). Nestas amostras procedeu-se às seguintes determinações: pH, condutividade elétrica (CE), nitratos, cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), boro (B), ferro (Fe) e manganês (Mn), cloretos, carbonatos e bicarbonatos, sólidos em suspensão, razão de adsorção de sódio ajustado (RAS ajustado) e índice de saturação de Langelier. A água foi maioritariamente proveniente de albufeiras (47%) e perímetros de rega (34%), sendo as charcas, furos e rio, com 6% as primeiras e 7% a última, as outras fontes utilizadas. Das amostras consideradas (106), apenas 6% apresentavam um teor de nitratos superior a  $25\text{ mg L}^{-1}$ . Todavia, 85% revelavam um risco ligeiro a moderado de degradação da permeabilidade do solo e da taxa de infiltração da água no mesmo, em consequência do seu uso continuado; o Índice de Saturação de Langelier indicava que 59 % das amostras revelavam um risco ligeiro a moderado de entupimento dos gotejadores devido a precipitação do carbonato de cálcio, enquanto tal risco, devido a sólidos em suspensão, era reduzido (3%).

## Folhas

A colheita de amostras de folhas foi realizada no repouso invernal (dezembro a fevereiro de 2019 a 2022) e no endurecimento do endocarpo (julho a agosto de 2018 a 2021). As amostragens incidiram sobre folhas completamente desenvolvidas do terço médio de raminhos da primavera anterior. Colheu-se um igual número de folhas em cada uma das quatro árvores e, nestas, o mesmo número (12) nos dois lados da sebe. As amostras foram lavadas, secas a  $65 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  numa estufa de ventilação forçada e moídas. Neste material determinou-se o azoto, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, manganês, zinco, cobre e boro. O azoto foi determinado em analisador elementar e os restantes nutrientes foram determinados numa solução clorídrica das cinzas do material vegetal obtidas a  $500 \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , utilizando um espectrómetro de emissão de plasma (ICP-OES).

## Azeitona e azeite

Anualmente, controlou-se a produção de cada conjunto de quatro árvores de todas as UA, manualmente ou por recurso a um bate palmas. Desta azeitona, ainda nos panais, recolheu-se uma amostra de frutos tendo-se posteriormente determinado o rendimento em gordura na sua pasta, por NIR (Espectroscopia de Reflectância do Infravermelho Próximo). A partir da quantidade de azeitona produzida e tendo presente o seu rendimento em gordura (na matéria original), calculou-se a produção de azeite. Com base no compasso dos grupos de quatro árvores que integravam a população, extrapolou-se as produções para o hectare.

## Valores de referência

Os valores de referência das concentrações foliares dos diversos nutrientes foram calculados para cada uma das épocas de amostragem das folhas. Numa primeira fase, seriaram-se as produções de azeite obtidas nos anos do estudo em todas as UA e selecionaram-se os grupos de quatro árvores mais produtivos do conjunto completo de dados, incluídas no quartil superior, denominada subpopulação de referência. Os restantes grupos de árvores constituíram a subpopulação de baixas produções.

Efetuou-se a comparação entre as distribuições dos teores foliares das subpopulações de referência e de baixas produções, recorrendo aos testes de hipóteses de igualdade entre duas

médias (teste “t” de Student) e entre duas variâncias (teste F), a fim de fundamentar, a 95% de confiança, a utilização dos resultados correspondentes à subpopulação mais favorável como valores de referência para os teores foliares da cultivar em estudo. A partir das médias dos teores minerais ( $\bar{x}$ ) da subpopulação de referência e do respetivo desvio padrão (s) foi estabelecida a amplitude de cada um dos intervalos de valores de referência ( $\bar{x} \pm s$ ), como referido por Marcelo et al. (2004). Estes intervalos traduzem a adequação dos nutrientes a uma boa produção, sendo elevadas as concentrações acima do limite superior do intervalo calculado, e baixas as que se encontram abaixo do seu limite inferior.

## Resultados e Discussão

### Produção de azeite

O valor médio da produção de azeite da cultivar Arbequina foi, respetivamente,  $3,6 \pm 2,19$  kg por conjunto de quatro árvores. A subpopulação de referência produziu entre 5,4 e 10,5 kg, sendo a média de 6,7 kg de azeite por quatro árvores. Extrapolada para o hectare, a produção média de azeite foi de 2.554 kg de azeite e 14.827 kg de azeitona. A subpopulação de baixas produções produziu entre 0,05 e 5,38 kg, com uma média de 2,6 kg de azeite, igualmente por quatro árvores. Reportada ao hectare, a produção média de azeite foi de 1.155 kg e de 7.021 kg de azeitona. A produção média de azeite da subpopulação de referência foi mais do dobro da do resto da população, sendo mais de 30% superior à produção média de azeite obtida por árvore em olivais experimentais de elevadas produções com esta cultivar (Diez et al. 2016), com densidades de plantação similares às ora consideradas. Na apreciação do nível médio de produção deve ter-se presente a alternância de produção que caracteriza esta espécie, mesmo quando regada. Em 2020, a produção, quer de azeitona quer de azeite, foi bastante inferior à metade das produções observadas nos três outros anos.

### Análise foliar e valores de referência

A comparação entre os valores das concentrações foliares da cultivar Arbequina obtida na subpopulação de referência e na subpopulação de baixas produções, para as duas épocas de amostragem consideradas, apresenta-se, no quadro 1. Neste, quer pela utilização da diferença entre médias ou da razão entre variâncias, ou de ambas, verifica-se que as diferenças entre os teores foliares das duas subpopulações são significativas ( $p \leq 0,05$ ) para todos os nutrientes, ao endurecimento do endocarpo, discriminando os dois grupos de dados. Por outro lado, nenhum destes critérios se revelou significativo ( $p > 0,05$ ) para o N, P e K no repouso invernal. Comportamento algo distinto se observou num trabalho envolvendo as cultivares Galega Vulgar e Cobrançosa (Marcelo et al., 2004), sendo que, nos dois parâmetros discriminantes considerados (médias e variâncias), não existiram diferenças significativas para o azoto das duas subpopulações, na ‘Galega Vulgar’, e para o fósforo e potássio, na ‘Cobrançosa’, embora apenas ao endurecimento do endocarpo. Todavia, neste estudo, as cultivares encontravam-se em situação dominanteamente de sequeiro, com densidades de plantação muito inferiores e efetuou-se um menor número de observações.

No quadro 2 constam os valores de referência para interpretação dos resultados da análise foliar da cultivar Arbequina em olivais em sebe com fertirrega, nos dois períodos de amostragem. Verifica-se que, para o endurecimento do endocarpo, o intervalo de referência calculado para o N possui o seu limite superior acima do estabelecido internacionalmente para este nutriente neste estado fenológico (Fernández-Escobar, 2017). Por outro lado, Molina-

Soria & Fernández-Escobar (2012) considerariam todo o intervalo de referência para o N como tóxico ( $>1,7\%$ ), tendo especialmente em conta a qualidade do azeite (redução do teor de polifenóis totais, menor amargor e menor estabilidade), parâmetros não considerados no presente trabalho. Todavia, Marcelo & Jordão (2011) puseram em evidência a diversidade de fatores que afetam tais parâmetros de qualidade, daí resultando que alguns resultados não são extrapoláveis a todas as cultivares e ou condições de produção, o que contraria o conceito de universalidade dos valores de referência para a espécie defendido por Fernández-Escobar (2007). Acresce que o limite superior do intervalo de referência para o N calculado para as cultivares Cobrançosa e Galega Vulgar (Marcelo et al. 2004) situa-se acima de 1,7%, o que parece contrariar, mais uma vez, o conceito de universalidade já referido. Sem prejuízo da eventual necessidade de confirmação experimental dos valores ora obtidos para a 'Arbequina', é de ter em devida conta a multiplicidade de fatores que influenciam a composição mineral das folhas, como sejam, entre outros, a cultivar, a densidade de plantação, a fertilização ou a rega. Por outro lado, os intervalos dos valores de referência apresentados por Beutel et al. (1978) e por Fernández-Escobar (2017), revelam um intervalo aberto à direita para o K, Ca, Mg, Mn, Zn e Cu, ou apenas um valor único (Freeman & Carlson, 1994), tornando o recurso a este meio de diagnóstico menos preciso. No caso do Mn, verificou-se que o limite inferior do intervalo de referência se situa abaixo do intervalo ou valor estabelecido por aqueles autores. Acresce que a Arbequina, no presente caso com fertirregada, mostrou-se uma cultivar bastante eficiente na absorção do N, P e B e menos eficiente na absorção do Mg e Mn (Jordão et al. 2023).

De registar que o intervalo de variação dos valores de referência para o P e o B se reduziram apreciavelmente face aos apresentados por Beutel et al. (1978) e Fernández-Escobar (2017), aumentando a gama de valores a partir dos quais estes nutrientes se encontram elevados, recomendando a dispensa de qualquer aplicação daqueles quando nesta classe. Este facto é particularmente relevante no caso do fósforo, dado que as reservas deste nutriente são finitas, existindo o risco de, com o presente ritmo de consumo de fertilizantes fosfatados, as mesmas se extinguirem neste século (Dawson & Hilton, 2001; Gilbert, 2009, citados por Jiménez-Moreno & Fernández-Escobar, 2016).

No que respeita ao repouso invernal, os valores estabelecidos para o P, K, Ca, Mn e Zn enquadram-se nos apresentados por Marcelo et al. (2004) para a generalidade das cultivares. Todavia, tal não acontece com o limite superior do N, que também é mais elevado do que o calculado para as cultivares Galega Vulgar e Cobrançosa, e se encontra parcialmente fora dos limites superior e inferior propostos por Therios (2009); por outro lado, o limite inferior de Mg é igualmente inferior ao estabelecido para a 'Galega Vulgar'. Também neste estado fenológico, o comportamento do N é similar ao observado ao endurecimento do endocarpo, nomeadamente em relação a estas duas cultivares, acontecendo o oposto, isto é, uma menor eficiência, na absorção do Mg pela 'Arbequina' em relação à 'Galega Vulgar' (Jordão et al., 2023). De referir ainda que, para as duas épocas de amostragem, Bouat (1984), citado por De Monpezat et al. (1996), apresenta valores de referência para o azoto mais elevados no caso dos olivais regados face aos de sequeiro.

## Conclusão

Em olivais da cultivar Arbequina com fertirregada, nomeadamente em sebe, já é possível utilizar valores de referência para interpretação dos resultados da análise foliar nos períodos de

repouso invernal e do endurecimento do endocarpo, o que permite preconizar recomendações de fertilização mais ajustadas às suas condições de produção.

### Agradecimentos

A toda a equipa do Grupo operacional NUTRIOLEA - Nutrição e fertilização do olival superintensivo, do INIAV, da AORE, da ELAIA/NUTRIFARMS e da OLIVUM, pela dedicação e empenho colocado na realização das tarefas previstas. Ao projeto SustainGrowth: Sistema de certificação da produção nacional rumo à intensificação sustentável da agricultura, PRR - Projeto de Investigação e Desenvolvimento e Inovação, pelo apoio dado à apresentação da presente comunicação.

### Referências

- Awan, A.A., Shakir, A. Shakeel & Jehangir, M. 2017. Response of different irrigation depths and nutrients uptake to vegetative growth of young olive cultivars. *Int. J. Agri and Env. Res.*, 3(2): 212-221.
- Barrera-Guerra, J.L. & Slowik, K. 1981. Effects of planting density, position of leaves in the tree crown and type of leaf on the accumulation of nutrients in apple leaves. *Acta Horticulturae*, 114: 113-113
- Beutel, J., Uriu, K. & Lilleland, O. 1978. Leaf analysis for California deciduous fruits. In: Soil and plant tissue testing in California. Univ. of Calif., Bull. 1879, 11-14.
- Bould, C. 1972. Mineral nutrition of fruit plants. Tel-Aviv: proceedings of 18<sup>th</sup> International Horticultural Congress. Ed. N. V. Goren e K. Mendel. v. IV, 151-154.
- Calouro, F. (Coord.) 2022. Manual de fertilização das culturas [on-line]. 3.<sup>a</sup> ed. Oeiras: Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P.
- De Monpezat, G., De Monpezat, P., Garcia, M. & Brun, G. 1996. Determination of bi-annual fertilization program for olive tree in south of France. IX International Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition. Eds. P. Martin -Prével & J. Baier. Prague, 1996, Czech Republic, 615-618.
- Diez, C.M., Moral, J., Cabello, D., Morello, P., Rallo, L. & Barranco, D. 2016. Cultivar and tree density as key factors in the long-term performance of super high-density olive orchards. *Frontiers on Plant Science*, v 7, article 1226.
- El-Gioushy, S., Dobiea, I., Khaitov, B., Karimov, A. & Zewail, R. 2021. Physiological behavior of olive (*Olea europaea* L.) varieties under different foliage nutrition and irrigation regimes in the hyper-arid zone. *Eurasian J. Soil Sci.* 10(4): 290 - 301.
- Fernández-Escobar, R. 2017. Fertilización. p. 419-460. In: *El Cultivo del Olivo* (7<sup>a</sup> ed.). D. Barranco, R. Fernández-Escobar, L. Rallo (Eds.). Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Fernández-Escobar, R. 2007. Fertilización, p.143-163. In: *Production techniques in olive growing* (1<sup>a</sup> ed.). International Olive Council. Madrid
- Freeman, M. & Carlson, M.R. 1994. Mineral nutrient availability, p. 69-86. In: *Olive Production Manual*, L. Ferguson, G. S. Sibbett, G. C. Martin (Eds.). University of California. Publication nº 3353.
- Gagour, J., Ibourki, M., Antari, AE. et al. 2024. Leaf mineral profiling and its correlation with oil physicochemical traits from four olive (*Olea europaea* L.) cultivars grown in Morocco as affected by olive ripening stages. *Eur Food Res Technol.* 250: 1443–1456.

- Jiménez-Moreno, M.J. & Fernández-Escobar, R. 2016. La respuesta de plantas jóvenes de olivo à la aplicación de fósforo. *Actas de Horticultura*, 73: 152-157.
- Jordão, P., Calderón, R.A., Marcelo, M.E., Cordeiro, A., Raposo, A. & Sempiterno, C. 2023. Efeito da cultivar na composição mineral de folhas de oliveiras conduzidas em sebe. Comunicação ao II Congresso Nacional das Ciências do Solo, Bragança, 28 a 30 de junho de 2023. Livro de resumos, pg. 30.
- Jordão, P., Marcelo, M.E., Martins, P., Albardeiro, A.S., Cordeiro, A., Sempiterno, C., Camboias, L., Veloso, A., Arias, R., Martins, J.C. & Mano, R. 2022. Caracterização do estado de fertilidade de solos com olivais em sebe no Alentejo. *Actas Portuguesas de Horticultura*, nº 36, 107-118.
- Jordão, P.V., Marcelo, M.E. & Centeno, M.S.L. 1999. Effect of cultivar on leaf-mineral composition of olive tree. *Acta Horticulturae*, nº 474, v. 1, 349-352.
- Lagatu, H. & Maume, L. 1926. Diagnostique de l'alimentation d'un végétal par l'évolution chimique d'une feuille convenablement choisie. p. 635-655. In: *Compte Rendus de l'Académie des Sciences* nº 182.
- Marcelo M.E., Calouro F. & Jordão P.V. 2014. Análise foliar (fertilização). p. 111-129. In: Boas Práticas no Olival e no Lagar. INIAV, I.P. (ed.)
- Marcelo, M.E. & Jordão, P.V. 2011. A fertilização do olival e a qualidade do azeite. p. 589-603. In: Agrorrural – contributos científicos. INRB, I.P. e INCM, S.A.
- Marcelo, M.E., Jordão, P., Santinho, J., Duarte, L., Calouro, F. & Rocha, V. 2004. Concentrações foliares de referência para olivais das cultivares Galega e Cobrançosa. Valores preliminares para a região da Beira Litoral. Nutrição Mineral: Causas e consequências da dependência da fertilização. M.A. Martins-Loução e C. Cruz (Eds.). p. 284-290.
- Molina-Soria, C. & Fernández-Escobar, R. 2012. A proposal of new critical leaf nitrogen concentrations in olive. *Acta Horticulturae*, nº 949, 283-286.
- Paskovic', I., Perica, S., Pecina, M., Hancevic', K., Paskovic, M.P. & Cistic', M.H. 2013. Leaf mineral concentration of five olive cultivars grown on calcareous soil. *Journal of Central European Agriculture*, 14(4), 1471-1478.
- Schneider, G.W., Chaplin, C.E. & Martin, D.C. 1978. Effects of apple rootstock, tree spacing, and cultivar on fruit and tree size, yield, and foliar mineral composition. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103(2):230-232.
- Therios, I. 2009. Mineral nutrition of the olive. *Olives. Crop Production Science in Horticulture*, 18:179-219.
- Toplu, C., Uygur, V. & Yildiz, E. 2009. Leaf mineral composition of olive varieties and their relation to yield and adaptation ability. *Journal of Plant Nutrition*, 32:9, 1560-1573.
- Uslu, N. & Özcan M. 2023. Influence of irrigation, variety and collection time on mineral contents of olive leaves. *Çukurova J. Agric. Food. Sciences*; 38(1):122-132.

## Quadros e Figuras

**Quadro 1** - Comparação entre as médias dos teores foliares das árvores incluídas nas subpopulações de referência (A) e de baixas produções (B) da cultivar Arbequina em olivais em sebe com fertirrega no repouso invernal e ao endurecimento do endocarro.

Nutriente	Sub-população	Repouso Invernal				Endurecimento do caroço				
		Média	s (±)	Diferença entre médias <sup>1</sup>	Razão entre variâncias	Média	s (±)	Diferença entre médias <sup>1</sup>	Razão entre variâncias	
<b>N</b>	A	1,87	0,296	0,039 NS	1,029 NS	2,13	0,289	0,073 ***	1,016 NS	
	B	1,90	0,301			2,06	0,291			
<b>P</b>	A	0,15	0,035	0,002 NS	1,090 NS	0,17	0,033	0,014 ***	1,574 ***	
	B	0,15	0,034			0,19	0,041			
<b>K</b>	⌘	A	0,77	0,154	0,008 NS	1,191 NS	1,09	0,178	0,109 ***	1,265 *
		B	0,77	0,141			1,20	0,201		
<b>Ca</b>	A	1,45	0,388	0,202 ***	1,063 NS	1,35	0,278	0,090 ***	1,382 **	
	B	1,65	0,377			1,26	0,327			
<b>Mg</b>	A	0,13	0,036	0,008 *	1,278 *	0,15	0,037	0,010 ***	1,787 ***	
	B	0,14	0,040			0,14	0,028			
<b>Fe</b>	A	51,0	13,1	3,516 **	1,314 *	43,9	15,8	3,575 **	1,195 NS	
	B	54,5	15,0			47,5	17,3			
<b>Mn</b>	A	38,3	15,3	8,167 ***	3,892 ***	33,3	15,6	6,763 ***	2,065 ***	
	B	46,5	30,2			40,0	22,4			
<b>Zn</b>	mg kg <sup>-1</sup>	A	13,3	3,1	0,649 *	1,185 NS	15,5	4,3	0,004 NS	1,257 *
		B	12,6	3,4			15,5	4,8		
<b>Cu</b>	A	51,7	38,9	14,662 ***	1,574 ***	19,3	11,5	8,521 ***	1,044 NS	
	B	66,3	48,8			27,8	11,3			
<b>B</b>	A	13,6	2,3	0,416 **	2,001 ***	23,4	3,7	4,304 ***	1,756 ***	
	B	14,0	1,6			27,7	4,9			

Nº observações: repouso invernal: subpopulação de referência = 215 e subpopulação de baixas produções = 645; endurecimento do endocarro: subpopulação de referência = 251 e subpopulação de baixas produções = 752 (sendo de 235 e 731 para o Zn e 151 e 224, para o Cu, respetivamente, após eliminação dos valores iguais ou superiores a 50 destes dois nutrientes); s - desvio padrão; <sup>1</sup> - em valor absoluto; NS - p>0,05; \* - p≤0,05; \*\* - p≤0,01; \*\*\* - p≤0,001

**Quadro 2 - Valores de referência para interpretação dos resultados da análise foliar\* da cultivar Arbequina em olivais em sebe com fertirrega no repouso invernal e ao endurecimento do endocarpo.**

Nutriente	Repouso invernal			Endurecimento do endocarpo			Valores de referência	
	Média	s (±)	cv (%)	Valores de referência	Média	s (±)	cv (%)	
N	1,87	0,296	15,9	[1,57 - 2,17]	2,13	0,289	13,5	[1,84 - 2,42]
P	0,146	0,035	24,0	[0,11 - 0,18]	0,172	0,033	19,0	[0,14 - 0,20]
K	0,77	0,154	20,1	[0,62 - 0,92]	1,09	0,178	16,3	[0,92 - 1,27]
Ca	1,45	0,388	26,8	[1,06 - 1,84]	1,35	0,278	20,7	[1,07 - 1,62]
Mg	0,13	0,036	27,0	[0,09 - 0,17]	0,15	0,037	25,2	[0,11 - 0,18]
Fe	51,0	13,1	25,7	[38 - 64]	44	15,81	35,9	[28 - 60]
Mn	38,3	15,3	40,0	[23 - 53]	33	15,55	46,8	[18 - 49]
Zn	13,3	3,1	23,6	[10 - 16]	16	4,29	27,6	[11-20]
Cu	51,7	38,9	75,3	[13 - 91]	19	11,50	60,0	[8-31]
B	13,6	2,3	16,7	[11 - 16]	23,4	3,72	15,9	[20 - 27]

\* Folhas completamente desenvolvidas do terço médio de raminhos da primavera anterior. Nº observações da subpopulação de referência: repouso invernal = 215 e endurecimento do endocarpo = 251 (sendo de 235 para o Zn e 151 para o Cu); s - desvio padrão; cv - coeficiente de variação; <sup>1</sup> - em valor absoluto; NS - p>0,05; \*\* - p≤0,01; \*\*\* - p≤0,001

## Meios tecnológicos para a digitalização e agricultura 4.0 aplicadas a pequenos olivicultores e lagares em Portugal

Barroso, J.<sup>1\*</sup>, Oliveira, C.M.<sup>1</sup>, Canadas, M.<sup>1</sup>, Ribeiro, H.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Centros de Investigação LEAF e CEF, Laboratório Associado TERRA, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal, \* jpb1@sapo.pt

### Resumo

Nas duas últimas décadas, sobretudo no Alentejo, registou-se uma concentração da produção em explorações especializadas e de grande dimensão, com crescente utilização de meios tecnológicos para otimizar a gestão e maximizar rendimentos. Nesse período, em diversas regiões, observou-se um declínio das pequenas explorações tradicionais, que foram abandonadas ou integradas em grandes explorações. A evolução tecnológica verificada e a multiplicação de soluções, com diversos níveis de sofisticação e custo, terão criado condições para pequenas explorações poderem aceder a meios tecnológicos decisivos para a sua rentabilidade e sobrevivência? Para responder a esta questão fez-se uma busca de tecnologias atualmente disponíveis (hardware/ software), analisando funcionalidades e, quando possível, custos associados. Foi definido um modelo genérico de digitalização, aplicável aos atores da cadeia de valor, e selecionados alguns meios adequados/adaptáveis às principais funções identificadas, fazendo ensaios de adaptação dos mesmos. Estando alguns desses meios ainda em desenvolvimento, é sugerida uma implementação faseada/progressiva, apresentando-se os que estão prontos para utilização e as vantagens imediatas. Conclui-se que estão disponíveis meios tecnológicos que permitirão apoiar e otimizar a gestão dos pequenos olivais, contribuindo para a sua sobrevivência e sustentabilidade. Poderão assim manter-se práticas tradicionais, culturais autóctones e a produção de azeites excepcionais, com as consequentes vantagens para o país a nível ambiental, económico e social.

**Palavras-chave** - blockchain, dispositivo arduino, evolução tecnológica, modelo de digitalização, rede LoRa.

### Abstract

In the last two decades, especially in Alentejo, there has been a concentration of production on specialized and large farms, with increasing use of advanced technological means to optimize management and maximize yields. During this period, in several regions, there was a decline in small traditional properties, which were abandoned or integrated into large properties. Would technological evolution and the multiplication of solutions, with different levels of sophistication and cost, have created conditions for small properties to access technological means that are decisive for their profitability and survival? To answer this question, a search was made for currently available technologies (hardware/software), analysing functionalities and, when possible, costs. Generic digitalization model was defined, and some suitable/adaptable means were selected for the main functions identified, carrying out, when possible, adaptation tests. As some of these means are under development, a phased/progressive implementation is suggested, presenting those that are ready for use and their immediate advantages. It is concluded that technological means are available which, if

carefully selected and sized, will support and optimize the management of small olive groves, contributing to their survival and sustainability. This way, traditional practices, autochthonous cultivars and the production of exceptional olive oils can be maintained, with consequent advantages for the country at environmental, economic and social levels.

**Keywords** - blockchain, arduino devices, technological evolution, digitalization model, LoRa network.

## Introdução

A olivicultura tem um importante papel em Portugal e os azeites produzidos têm elevada qualidade, reconhecida nacional e internacionalmente, tendo, em 2021, o país sido o quarto maior produtor mundial segundo dados da FAO. Nas duas últimas décadas registou-se um elevado crescimento de grandes extensões de olivais, sobretudo na região agrária do Alentejo, onde a morfologia dos terrenos, as áreas disponíveis e o acesso à água (infraestrutura do Alqueva), tiveram um papel decisivo. No entanto, houve, no mesmo período, um declínio acentuado das pequenas (e médias) explorações de olivicultura tradicional e de baixa densidade, em diversas regiões do país, tendo sido muitas delas abandonadas ou integradas em grandes propriedades, com consequências negativas que se fazem sentir nas áreas do ambiente, da economia e social.

Brini (2023) fez um estudo detalhado sobre a adoção de tecnologias digitais de precisão na agricultura, considerando as diferentes fases de produção e fazendo uma segmentação por dimensão da exploração. Destaca-se nesse estudo o elevado nível de adoção por grandes explorações (acima de 1000 ha), o nível moderado nas de dimensão intermédia e baixo a muito baixo nas pequenas explorações (abaixo de 2 ha). Segundo o autor, os principais motivos para a reduzida adoção são as restrições financeiras e falta de recursos para implementar soluções tecnológicas.

Gaber et al. (2024) apresenta uma análise do processo de transformação digital de produtores frutícolas na Alemanha, das tecnologias disponíveis e de barreiras à sua adoção, destacando discrepâncias entre as expectativas dos produtores, as características dos meios tecnológicos e a efetiva adoção dos mesmos.

Está amplamente demonstrado que a utilização de meios associados à Agricultura 4.0 (Javaid et al., 2022) e até da Agricultura 5.0 (Saiz-Rubio & Rovira-Más, 2020), com início muito recente, têm impactos positivos inegáveis na qualidade de produção e na rentabilidade das explorações agrícolas. No entanto, como anteriormente referido, há diversos fatores que condicionam a sua adoção plena por pequenas explorações, como a dificuldade de acesso a meios tecnológicos ou indisponibilidade financeira.

Chandra & Collis (2021) num estudo feito a nível mundial, não incidindo especificamente sobre território europeu, referem a importância do crescimento da produção e das vendas associadas aos pequenos produtores, destacando a relevância da digitalização para esse efeito, identificando tecnologias aplicáveis e assinalando os principais desafios e oportunidades associados a esse processo.

Graças ao constante e rápido desenvolvimento tecnológico (hardware e software), que tem levado à disponibilização de soluções cada vez mais evoluídas, com diferentes níveis de funcionalidades e de preços, poderão estar reunidas condições para que os pequenos olivicultores possam tirar partido dessas tecnologias, que até há pouco só as grandes

explorações podiam aspirar. Importa por isso fazer uma análise atualizada dos meios disponíveis ou adaptáveis e das condições em que os mesmos poderão começar a ser utilizados, para contribuir para o desenvolvimento e sustentabilidade das pequenas explorações, assim como dos lagares e comercializadores com quem trabalham.

Os objetivos deste estudo são: i) definir possível modelo de digitalização da cadeia de valor associada aos pequenos olivicultores; ii) identificar meios tecnológicos (hardware e software) disponíveis e selecionar, para realização de testes preliminares, os que se enquadrem no setor em análise; iii) propor alternativas de implementação do modelo que permitam dar início ao processo de modernização.

### Material e Métodos

Neste trabalho, foi definido, numa primeira fase, o modelo de digitalização simplificado (figura 1), onde estão representados os principais atores da cadeia de valor em estudo, assim como os principais meios tecnológicos atualmente disponíveis, que estão associados a cada uma das funções transversais do modelo:

- Suporte – Esta camada transversal a toda a cadeia de valor, é suportada pela rede internet e por centros de dados (a nível mundial), assegurando a interligação entre atores, o armazenamento (cloud storage), o acesso a bases de dados externas e outras aplicações, assim como o processamento centralizado de toda a informação disponível (cloud computing). Fazem igualmente parte deste nível as redes de posicionamento por satélite, GPS (Global Positioning System - EUA), GALILEU (UE), GLONASS (Rússia) ou COMPASS (China). A manutenção destes meios não requer nenhuma intervenção direta dos utilizadores, sendo apenas necessário que o gestor do sistema utilizador assegure (quando aplicável) a contratualização das capacidades de armazenamento e processamento adequadas, assim como as interfaces necessárias.
- Entrada de dados – Para inserir no sistema a informação específica de cada ator, haverá dois tipos de entradas: i) Informação fornecida pelo próprio ator, preferencialmente de modo automático, através de sensores, ou se necessário utilizando o telemóvel ou um computador; ii) Informação fornecida por outras fontes, incluindo outros atores da cadeia, fornecedores/prestadores de serviços, dispositivos partilhados com outros utilizadores, etc. Para assegurar a fiabilidade e precisão da informação registada, esta deverá preferencialmente ser obtida através de sensores e sistemas automáticos (e.g. sensores IoT, RFID, NFC, QRcodes), interligados através de redes locais (e.g. LoRA, WiFi). A inserção de dados manual, deverá ser cuidadosamente desenvolvida, para minimizar possibilidades de fraude ou erro do operador.
- Processamento de dados – Cada ator tem um sistema com capacidade de processamento local, apoiado em processamento centralizado, para agregar toda a informação relevante e gerar dados de saída para sua utilização, para transmissão a outros atores, ou ainda para integração em funcionalidades de blockchain ou smart contracts, se/quando estes estiverem disponíveis. O sistema pode incluir aplicações com Inteligência Artificial, Digital Twin e outros algoritmos para gerar sugestões, recomendações, ou mesmo ações de controlo, com a frequência a formato adequados.
- Dados de saída – Os algoritmos de processamento geram informações que serão transmitidas em formato adequado ao ator, ou a sistemas de gestão e controlo por ele utilizados. Estas informações podem ser transmitidas através de redes de

telecomunicações (e.g. LoRa, WiFi, 4/5G) para smartphones, tablets, écrans de computador ou, quando aplicável, ser enviadas diretamente para atuadores (e.g. dispositivos IoT, sistemas de controlo de rega), sistemas VRT (Variable Rate Technology), ou para equipamentos de atuação autónoma (como robots ou drones).

- Rastreio (Tracking) – A seleção criteriosa da informação automática obtida a partir de dispositivos digitais instalados em áreas-chave da cadeia de valor e o seu registo centralizado, cronológico e imutável, utilizando Tecnologias blockchain, pode contribuir significativamente para acrescentar valor ao produto final. Procedimentos credíveis e automáticos como este permitirão simplificar e reduzir custos associados aos atuais procedimentos de certificação, que envolvem a contratação de entidades externas, visitas periódicas dos seus auditores e custos relevantes associados.

Para suporte do modelo genérico de digitalização adotado, acima descrito, foi feita uma análise de meios tecnológicos aplicáveis com base numa extensa lista que abaixo apresentamos e descrevemos sumariamente:

- Rede Internet - Acessível através de contratos com empresas de telecomunicações (locais, nacionais ou internacionais);
- Sistemas de geo-localização (GPS) - Redes de satélite geridas por diferentes países como GPS (EUA); GALILEU (UE); GLONASS (Rússia); COMPASS (China);
- Cloud storage / Cloud Computing - Serviços suportados em nuvem (cloud) de prestadores como: Google Drive; Microsoft OneDrive; Dropbox; ou outros operadores nacionais, ou globais, com serviços de cloud/data center;
- Redes de acesso - Diversas redes com diferentes características: Mobile 3G/4G-LTE/5G; WiFi; LoRa; WiMAX; MQTT; SigFox; ZigBee; BlueTooth. A selecionar com base nos requisitos de cobertura/alcance, consumo de energia, disponibilidade de equipamentos, fiabilidade, custos associados, etc.;
- QR code, RFID, NFC - Código Quick Response (QR), Radio Frequency Identification (RFID) e Near Field Communication (NFC) são tecnologias utilizadas para identificar produtos e processos de modo expedito e preciso, reduzindo a necessidade de processos manuais que poderão estar sujeitos a erros humanos ou fraudes;
- Sensores (IoT) - Dispositivos IoT (Internet of Things) permitem obter informações como: humidade e temperatura do solo, pH, condutividade elétrica, humidade relativa e temperatura do ar, pressão atmosférica, luminosidade, vento, chuva, imagem/vigilância, deteção de movimento IR, acelerómetro, posição GPS, som/voz, TDS (Total Dissolved Solids/controlo de qualidade de água), etc.;
- Atuadores (IoT) - Drivers para motores elétricos; Interruptores/ comutadores remotos, outros atuadores IoT;
- Imagem de Satélite (deteção remota) - Copernicus ESA (UE) disponibiliza imagens multiespectrais dos satélites Sentinel que permitem observar e calcular índices relevantes para a agricultura como o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e outros; Earth Observatory NASA (USA) disponibiliza igualmente imagens obtidas por satélite; Estas entidades providenciam APIs (Application Programming Interface) que permitem integrar informação em Apps dos utilizadores finais;
- Drones (deteção remota) - Equipamentos com câmaras de alta definição ou multiespectrais para análise de culturas e deteção precoce de ameaças. Drones de maior

dimensão permitem a aplicação de tratamentos nas culturas. Há prestadores que oferecem serviços suportados nestes equipamentos;

- Tecnologias de aplicação variáveis (VRT) - Equipamentos VRT (Variable Rate Technology) permitem a aplicação eficiente de fatores de produção (e.g. sementes, fertilizantes, fitossanitários e outros) de modo diferenciado, de acordo com as características/necessidades de cada local da cultura;
- Inteligência artificial (IA), Machine Learning (ML) e Digital Twin (DT) - Sistemas de software com capacidade de processar quantidades de informação massivas (dados de sensores, imagens de diferentes origens, registos históricos, etc.), para avaliar situação da cultura e gerar recomendações. Por exemplo Open AI disponibiliza App ChatGPT e API (Application Programming Interface) para integração em aplicações de utilizadores. Microsoft, Google and IBM disponibilizam igualmente meios para desenvolvimento de aplicações Machine Learning (ML) e Digital Twin (DT);
- Robots e máquinas autónomas - Máquinas e sistemas com capacidade de análise e decisão autónoma, utilizados para intervenção nas explorações com diferentes funções e capacidades relacionadas com a manutenção de culturas, a colheita ou outras. Muitos destes sistemas estão em fase experimental e/ou implicam um elevado investimento, pelo que deve ser considerado modelo de aluguer;
- Rastreio - Tecnologia blockchain (BC), pode definir-se como uma base de dados distribuída, onde é possível fazer um registo cronológico e imutável de informação, permitindo posteriormente o rastreio das diferentes etapas do processo de produção. Entidades como a Hyperleger Foundation ou a IBM disponibilizam estas tecnologias, permitindo criar e participar em grupos de desenvolvimento colaborativo. BC permite ainda a criação e aplicação de Smart Contracts que aplicam de modo automático regras pré-estabelecidas entre as partes envolvidas.
- E-Commerce / Digital Marketplaces - Plataformas que permitem a venda e a aquisição de bens e serviços utilizando exclusivamente meios eletrónicos, contribuindo assim para o alargamento e globalização do mercado potencial. Recorrem a meios complementares como IA e Realidade Aumentada/Metaverso, para otimizar e incentivar a compra, e a BC para garantir o produto e oferecer funcionalidades de rastreamento aos clientes.
- Desenvolvimento de sites e aplicações (Apps) - Diversas plataformas disponibilizam "ecossistemas" que permitem criar páginas ou aplicações, sem custos, ou com custo reduzido para o utilizador. São exemplos disso a .NET Foundation, Android ou Apple.

Dada a necessidade de encontrar soluções adequadas ou adaptáveis aos constrangimentos e reduzida capacidade de investimento, associados ao segmento em análise, foi feita uma busca a lojas físicas locais e a páginas web de fabricantes e comercializadores, não limitada a empresas especializadas em produtos e equipamentos para agricultura. Dos meios identificados, selecionaram-se os considerados mais adequados, que pelo seu custo, disponibilidade, simplicidade de adaptação e utilização, pudesse ser considerados para imediata utilização e demonstração de vantagens de utilização aos atores da cadeia de valor. Com alguns dos meios referidos, que foi possível obter no âmbito deste trabalho, realizaram-se ensaios básicos de aplicação (Proof of Concept), descritos sumariamente na figura 2, que permitiram verificar funcionalidades e detetar necessidades de adaptação e de integração a desenvolver futuramente.

## Resultados e Discussão

### Meios tecnológicos

A análise de meios tecnológicos disponíveis para cada uma das funções representadas no modelo de digitalização genérico adotado, permitiu identificar equipamentos (hardware), aplicações e plataformas (software), disponíveis e com funcionalidades adequadas, ou de fácil adaptação, às características e constrangimentos das pequenas explorações de olivicultura, e dos outros atores da cadeia de valor. O resultado dessa avaliação é apresentado no quadro 1, onde são descritos os meios referidos, as suas potenciais aplicações imediatas e as vantagens que daí resultarão.

### Demonstração do conceito

O ensaio de demonstração do conceito (Proof of Concept) foi realizado com equipamentos básicos comercializados em Portugal e meios informáticos e plataformas de serviços disponíveis na internet, como por exemplo: Google sites para criação de página internet; Página web para gerar QR codes; Editores de código Python e Arduino; Apps de fabricantes de equipamento; Plataforma ESA para imagens Sentinel e processamento de NDVI.

Foi editado código (Arduino e Python) para ajuste ou parametrização de alguns dos dispositivos, utilizando IDEs (Integrated Development Environment) aplicáveis, mas não foi desenvolvido nesta fase software de integração das diversas funcionalidades.

Os meios utilizados e as suas principais interligações são apresentados na figura 2. Foram selecionados fabricantes e modelos disponíveis no mercado nacional à data dos ensaios, mas isso não deve ser interpretado como uma recomendação de utilização ou aquisição. Sendo o custo associado ao processo de digitalização do segmento em análise, um fator decisivo para a sua probabilidade de sucesso (demonstrado em estudos complementares relativos à apetência destes atores para adoção de tecnologia), apresentam-se alguns valores de referência relativos a preços dos meios utilizados:

- Rede Lora – Controlador (LoRa) 23€; Gateway (Wifi-LoRa) 34€; Sensor (LoRa) humidade do solo e temperatura (ar e solo) 28€; Atuador LoRa 4 relés 21€;
- Rede Wifi – Router móvel (4G) 54€ (usado no ensaio um smartphone configurado como hotspot); Câmara HD 360º 30€; Câmara HD fixa 28€; Atuador/tomada IoT (220V 16A) 12€; Sensor de humidade/temperatura do solo (e interface WiFi) 23€;
- Página Web – criada em página Google Sites, sem custos;
- Códigos QR – criados em página sem custos;
- RFID tag (ativa) – 1 unidade, com bateria 1€;
- NFC tag (passiva) – 2 unidades autocolantes 3€;
- NDVI – Acesso sem custos através de site da ESA (Copernicus Browser).

## Conclusão

O trabalho de identificação de meios tecnológicos e os ensaios de aplicação realizados (Proof of Concept) permitem concluir que:

- Estão disponíveis meios tecnológicos que, se forem criteriosamente selecionados e adaptados, poderão ser utilizados num processo de digitalização de pequenos olivicultores e lagares em Portugal.
- Esse processo deverá ser planeado de modo gradual, começando pela instalação numa primeira fase de equipamentos e sensores básicos devidamente configurados, que

permitirão obter informação fundamental para o desenvolvimento e instalação de fases posteriores com maior complexidade.

- Dada a importância que este processo poderá ter para a viabilização das pequenas explorações e tendo em conta as limitações técnicas, restrições financeiras e resistências expectáveis por parte dos atores, será fundamental definir um plano de implementação inovador e disruptivo, face a abordagens tradicionais, como os atuais modelos de formação, modelo e definição dos responsáveis pelos projetos, assim como pedidos de financiamentos demasiado burocratizados.

As vantagens económicas e de eficiência apresentadas no quadro 1, que resultarão da utilização dos meios indicados, da sua instalação faseada e da aplicação de um plano de implementação inovador, poderão ter impacto relevante na viabilidade e sustentabilidade de pequenos e médios olivais, para estes manterem os seus contributos nas áreas do ambiente (solos e outros recursos, cultivares autóctones e biodiversidade), da economia (azeites com valor-acrescentado, valorização do setor e emprego) e social (combate ao despovoamento e envelhecimento das regiões do interior).

### Agradecimentos

Trabalho financiado pelo Projeto OIL4MED do programa PRIMA da União Europeia, através da Fundação para a Ciência e Tecnologia (PRIMA/0005/2020-OIL4MED - PRIMA Section 2 Call multi-topics 2020).

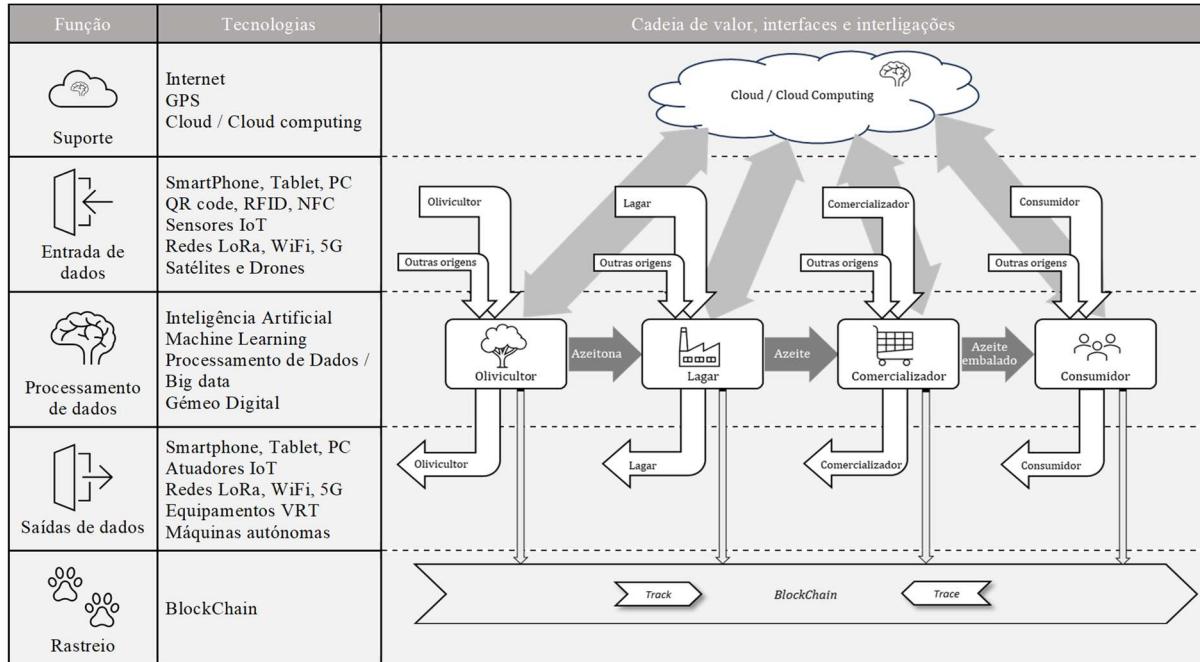
### Referências

- Brini, M. 2023. AgTech adoption by farm's segment and production phase. <https://www.researchgate.net/publication/370004655>
- Chandra, R., & Collis, S. 2021. Digital agriculture for small-scale producers. Communications of the ACM 64(12): 75–84. <https://doi.org/10.1145/3454008>
- Gaber, K., Rösch, C., & Bieling, C. 2024. Digital transformation of fruit farming in Germany: Digital tool development, stakeholder perceptions, adoption, and barriers. NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences, 96(1): 2349544. <https://doi.org/10.1080/27685241.2024.2349544>
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. 2022. Enhancing smart farming through the applications of Agriculture 4.0 technologies. International Journal of Intelligent Networks 3: 150–164. <https://doi.org/10.1016/j.ijin.2022.09.004>
- Saiz-Rubio, V., & Rovira-Más, F. (2020). From smart farming towards agriculture 5.0: A review on crop data management. Agronomy 10(2): 207. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020207>

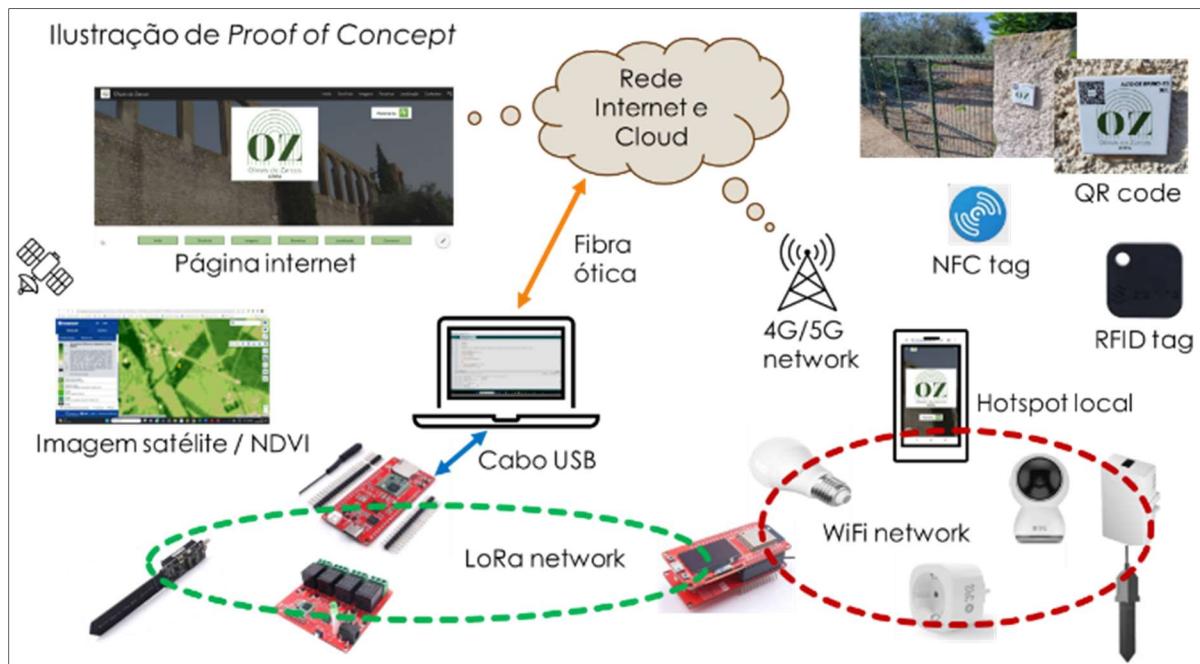
## Quadros e Figuras

**Quadro 1 – Meios disponíveis para o segmento dos pequenos olivicultores, possíveis aplicações e vantagens da sua aplicação imediata**

Sistema	Aplicações imediatas	Vantagens imediatas
<b>Rede Lora</b> – com sensores e atuadores (equipamentos e sensores e atuadores disponíveis para instalação imediata)	Registo de condições atmosféricas locais, para integração com histórico Sistema de alerta remoto para situações extremas, com eventuais sugestões de ações Alerta remoto em caso de falhas ou avarias do sistema de rega* Possibilidade de verificar e reprogramar rega* remotamente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poupança com otimização das visitas ao local</li> <li>Otimização de tempo e locais de tratamentos – e.g. NEA (insetos/pragas/infestantes)</li> <li>Redução de custos com deslocações frequentes apenas para confirmação do funcionamento da rega*</li> <li>Poupança de consumos de água e de energia suspendendo, ou reprogramando, a rega*</li> <li>Vigilância remota permite rápida atuação e/ou alerta a autoridades ou bombeiros, se necessário</li> </ul>
<b>Rede Wifi</b> – com câmaras sensores e atuadores (equipamentos, câmaras e sensores e atuadores disponíveis para instalação imediata)	Vigilância remota e segurança Visualização remota de armadilhas de captura de pragas/insetos e/ou vigilância de doenças ou desenvolvimento de infestantes Registo de condições atmosféricas locais, para integração com histórico Sistema de alerta remoto para situações extremas, ou de deteção de falhas do sistema de rega* Verificação e programação de horários de rega* remotamente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poupança de consumos de água e de energia suspendendo, ou reprogramando, a rega*</li> <li>Vigilância remota permite rápida atuação e/ou alerta a autoridades ou bombeiros, se necessário</li> </ul>
<b>Página Web</b>	Apresentação de informações sobre o local, condições de produção e produtos disponíveis Comunicação com potenciais clientes Comunicação e propostas de prestadores de serviços	<ul style="list-style-type: none"> <li>Divulgação do local e dos produtos</li> <li>Identificação e recolha de contactos de clientes</li> <li>Identificação de potenciais prestadores e suas propostas</li> <li>Registo expedito de operações no livro de campo</li> </ul>
<b>Códigos QR</b> (ou dispositivos RFID/NFC)	Acesso (fácil e rápido) à página web por quaisquer eventuais interessados Registo de locais, equipamentos e operações realizadas para inclusão automática e precisa em livro de campo	
<b>BlockChain</b> (quando disponível)	Registo fidedigno de principais fases de operação, que será disponibilizado a potenciais clientes para informação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valorização do produto final</li> </ul>



**Figura 1 – Modelo de digitalização da cadeia de valor com os seus principais atores e as tecnologias aplicáveis a cada uma das funções.**



**Figura 2 – Representação de equipamentos e funcionalidades testadas no âmbito do ensaio Proof of Concept (os modelos e fabricantes apresentados são exemplos de dispositivos utilizados no ensaio. A sua utilização não deverá ser interpretada como uma recomendação de quaisquer fabricantes ou equipamentos específicos).**

## Influência da variabilidade climática na produtividade do olival tradicional: Análise de regressão aplicada ao município de Mirandela

Carlos Silveira<sup>1</sup>, Arlindo Almeida<sup>1</sup> & António C. Ribeiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CIMO, LA SusTEC, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal, carlos.silveira@ipb, acfa@ipb.pt, antrib@ipb.pt

### Resumo

O clima é atualmente uma das principais ameaças à sustentabilidade dos olivais, em particular dos sistemas de produção tradicional de sequeiro. A ocorrência de secas prolongadas e de eventos meteorológicos extremos, cada vez mais frequentes, são fatores ambientais que colocam em risco o normal desenvolvimento da cultura.

Este trabalho tem como objetivo investigar a influência da variabilidade climática na produtividade dos olivais tradicionais, tendo como caso de estudo o município de Mirandela, que representa a maior mancha oleícola das Terras de Trás-os-Montes (29% da área do município). Para tal, foi utilizada informação climatológica, expressa através de indicadores agro-bioclimáticos (IABC), e de produtividade de azeitona, referentes ao período 2000-2020 a fim de avaliar potenciais correlações e tendências. Esta análise integrada incluiu o desenvolvimento de modelos de regressão, testando diferentes abordagens que permitem averiguar quais as variáveis exploratórias (IABC) mais importantes na determinação da produtividade da cultura.

O melhor desempenho estatístico foi obtido na abordagem que contempla a não linearidade entre as variáveis ( $R^2=0,95$ ), embora não fosse possível derivar uma equação de regressão (método não-paramétrico). Nas abordagens de regressão linear, o melhor ajuste entre a produtividade estimada e observada foi alcançado quando todos os IABC testados foram incluídos no modelo ( $R^2=0,85$ ). Ao selecionar apenas os indicadores mais relevantes utilizando técnicas de correlação e de eliminação recursiva, foram obtidas correlações moderadas ( $R^2=0,5$ ).

Estes resultados demonstram que os modelos de regressão desenvolvidos têm potencial para serem aplicados a outras regiões olivícolas com características ambientais e agronómicas semelhantes, desempenhando um papel chave na gestão da produção de azeitona e no desenvolvimento de políticas adaptativas em resposta às alterações climáticas.

**Palavras-chave** - Olivais de sequeiro; Indicadores agro-bioclimáticos; Modelos de regressão; Rendimento da cultura; Sustentabilidade.

### Abstract

Climate is currently one of the main threats to the sustainability of olive orchards, particularly in traditional rainfed production systems. The occurrence of prolonged droughts and increasingly frequent extreme meteorological events are environmental factors that jeopardise the crop's normal development.

The aim of this work is to investigate the influence of climatic variability on the productivity of traditional olive orchards, using as a case study the municipality of Mirandela, which represents the largest olive-growing area in the region "Terras de Trás-os-Montes" (29% of the municipality's area). To that end, climatological information was used, expressed through

agro-bioclimatic indicators (ABCI), and olive productivity data for the period 2000-2020, in order to assess potential correlations and trends. This integrated analysis included the development of regression models, testing different scenarios that enable to identify the most important exploratory variables (ABCI) in determining crop productivity.

The best statistical performance was obtained in the scenario that considers non-linearity between the variables ( $R^2=0.95$ ), although it was not possible to derive a regression equation (non-parametric method). In the linear regression scenarios, the best fit between estimated and observed productivity was achieved when all the tested ABCI were included in the model ( $R^2=0.85$ ). By selecting only the most relevant indicators using correlation and recursive elimination techniques, moderate correlations were obtained ( $R^2=0.5$ ).

These results demonstrate that the developed regression models have potential to be applied to other olive-growing regions with similar environmental and agronomic characteristics, playing a key role in the olive production management and the development of adaptive policies in response to climate change.

**Keywords** - Rainfed olive orchards; Agro-bioclimatic indicators; Regression models; Crop yield; Sustainability.

### Introdução

Ao longo das últimas décadas, o clima tem sido alvo de alterações significativas que põem em causa a sustentabilidade ambiental e económica dos ecossistemas e o bem-estar e saúde das populações. Esses efeitos assumem particular importância na região mediterrânea, devido às mudanças no regime de precipitação e ao aumento de eventos meteorológicos extremos, como sejam geadas, ondas de calor e secas prolongadas.

No setor agrícola, esta variabilidade climática pode influenciar o rendimento e a qualidade das colheitas, sobretudo tratando-se de sistemas de produção de sequeiro, como é o caso do olival tradicional do Nordeste Transmontano. Embora a oliveira (*Olea europaea* L.) seja uma cultura resiliente e pouco exigente em termos nutricionais, o agravamento das condições meteorológicas e a intensificação de fenómenos naturais extremos têm conduzido a alterações fisiológicas e fenológicas que impactam a produtividade dos olivais (Brito et al., 2019; Fraga et al., 2020; Mairech et al., 2021).

Do ponto de vista fisiológico, o aumento da temperatura e a diminuição da precipitação podem reduzir a transpiração das plantas, limitando a fixação de carbono (fotossíntese) e a produção de azeitona, especialmente em anos com períodos prolongados de seca. Por sua vez, o ciclo fenológico (reprodutivo) da oliveira também será afetado. Durante o período de floração, entre abril e junho, a ocorrência de temperaturas elevadas ou de um défice hídrico acentuado afetam o normal desenvolvimento da cultura, comprometendo a produção anual e a campanha seguinte. Se a floração e a maturação dos frutos ocorrerem mais cedo devido ao aumento das temperaturas, a colheita também será antecipada, mas com frutos de menor qualidade. De acordo com projeções climáticas a médio prazo para a região mediterrânea (2036-2065), a floração da oliveira tenderá a ser antecipada em 11 dias e a evapotranspiração poderá aumentar 8%. Com a chegada do verão, temperaturas superiores a 30 °C e o prolongamento do tempo seco, podem afetar a formação do fruto e, consequentemente, o rendimento do olival (Sousa et al., 2020; Tanasijevic et al., 2014).

Na perspetiva de avaliar o desempenho produtivo e ambiental do olival em diferentes cenários climáticos e estratégias de gestão, têm sido desenvolvidos modelos baseados em processos, como o OliveCan e o AdaptaOlive (López-Bernal et al., 2018; Lorite et al., 2018). Estes modelos permitem contabilizar os efeitos da redução da precipitação e do aumento da temperatura do ar, bem como das interações relacionadas com o balanço hídrico e de carbono na planta. Contudo, estas dinâmicas clima versus cultura têm sido amplamente estudadas a uma escala regional ou superior, em grande parte devido à falta de informação local ou à existência de bases de dados incompletas ou com resolução espacial grosseira.

Face às limitações identificadas, tirando partido de uma série de dados climáticos e de produtividade do olival (2000-2020) relativos ao município de Mirandela, este trabalho visa avaliar correlações à escala local e projetar funções resposta considerando as seguintes premissas:

- i) Seleção das variáveis climáticas mais influentes no rendimento do olival;
- ii) Produção de indicadores agro-bioclimáticos (IABC) que ajudem a explicar a resposta da oliveira;
- iii) Avaliação das potenciais relações entre o ambiente bioclimático e a produtividade do olival;
- iv) Desenvolvimento de modelos de regressão multivariada para determinar as variáveis explicativas mais relevantes e avaliar a sua capacidade preditiva.

## Material e Métodos

### Caso de estudo e dados de entrada

O município de Mirandela representa a maior mancha oleícola das Terras de Trás-os-Montes, onde o olival tradicional tem uma forte expressão territorial (29% da área do município) e importância socioeconómica reconhecida, dada a qualidade do azeite produzido e a geração de rendimentos que contempla todos os agentes envolvidos na fileira do olival. A nível edafoclimático, este município enquadrava-se numa zona agrometeorológica de produção homogénea, denominada “Terra Quente Transmontana”, que induz para a existência de pequena variabilidade espacial. O Clima, sobretudo em altitudes mais baixas (zona de produção), é caracterizado por verões muito quentes, secos e por vezes prolongados, e invernos por norma frios, com geadas frequentes. Os solos são predominantemente xistosos, pouco profundos, e com teores de matéria orgânica tendencialmente baixos, o que limita a capacidade de armazenamento de água.

Para relacionar a variabilidade climática com a produtividade do olival, foram utilizados os seguintes dados referentes ao período 2000-2020 (fig. 1):

- Variáveis climáticas, com resolução horária, obtidas a partir da estação meteorológica automática existente na área de estudo: radiação solar, temperatura do ar, precipitação, humidade relativa e velocidade do vento (fonte: IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera);
- Produtividade média anual de azeitona para azeite (kg/ha) (fonte: DRAPN - Direção Regional de Agricultura e Pescas do Norte).

### Metodologia

No sentido de estabelecer relações estatísticas entre os dados de entrada, foram produzidos 16 IABC derivados a partir das variáveis climáticas locais (quadro 1), muitos dos quais

já aplicados a áreas de cultivo de olival (Andrade and Contente, 2020; Gratsea et al., 2022), que serviram de base para o desenvolvimento de modelos de regressão. Numa primeira fase, foram selecionados os IABC (variáveis exploratórias) mais relevantes na determinação da produtividade de azeitona (variável dependente) considerando 2 técnicas: correlação e eliminação recursiva de variáveis com validação cruzada (RFECV) utilizando métodos lineares (Regressão Linear) e não-lineares (RF – Random Forest). Posteriormente, as variáveis selecionadas através da correlação e da validação cruzada linear, foram integradas no modelo OLS (Ordinary Least Squares), produzindo estatísticas paramétricas que conduzem ao desenvolvimento de equações de regressão (funções resposta). Por sua vez, a validação cruzada e modelação com o algoritmo RF, conduziu à projeção de estatísticas não-paramétricas, permitindo obter estimativas da produtividade de azeitona no período analisado, todavia, não é possível gerar coeficientes de regressão (fig. 2).

Seguindo este esquema metodológico, foram testadas as seguintes configurações:

- Abordagem a) RF com as variáveis exploratórias resultantes da RFECV;
- Abordagem b) OLS com as variáveis exploratórias resultantes da RFECV;
- Abordagem c) OLS com as variáveis exploratórias que melhor se correlacionaram com a produtividade do olival;
- Abordagem d) OLS com todas as variáveis exploratórias.

Para avaliar o desempenho dos modelos na estimativa da produtividade de azeitona, utilizaram-se as seguintes métricas estatísticas: coeficiente de determinação ( $R^2$ ), erro médio absoluto (MAE) e a raiz do erro quadrático médio (RMSE).

## Resultados e Discussão

A análise de regressão permitiu identificar o número ideal e quais as variáveis exploratórias (IABC) a ter em conta em cada abordagem, contribuindo assim para melhorar a capacidade preditiva dos modelos desenvolvidos (quadro 2). Aplicando o método RF com validação cruzada (abordagem a), para além da indicação das variáveis exploratórias selecionadas, obteve-se informação no que concerne ao seu grau de importância na derivação da produtividade de azeitona, tendo por base o princípio da não-linearidade entre elas. Das 7 variáveis selecionadas, maior relevância foi atribuída ao Itc, los2 e WINRR (fig. 3). Recorrendo à correlação (abordagem c), ao cruzar os IABC com a variável dependente (Prod – produtividade), foram obtidos coeficientes de Pearson relativamente baixos, demonstrando que a resposta da cultura pode estar dependente da interação, eventualmente não-linear, entre as variáveis (fig. 3). Um outro aspeto que sobressai nos modelos de regressão, é o facto da aridez nos meses de verão (los2, los3) estar associada a todas as abordagens, sendo determinante na avaliação do estado hídrico da oliveira, pois como se sabe o regime de precipitação é a principal via, senão a única, utilizada na gestão dos recursos hídricos em olivais tradicionais (Silveira et al., 2024).

Ao avaliar o desempenho estatístico dos modelos de regressão (quadro 2, fig. 4), melhores resultados foram alcançados nas abordagens a e d, onde os IABC explicam 95% e 85% da variância e, consequentemente, desvios nas estimativas face aos valores observados são mais baixos (MAE e RMSE). Os resultados da abordagem a são particularmente relevantes, porque derivam da interação de apenas alguns IABC, a que se alia a capacidade de captar relações não-lineares entre as variáveis. No que respeita às abordagens b e c, que conjugaram a regressão linear com as variáveis exploratórias resultantes da RFECV e correlação, respetivamente, é de salientar a obtenção de correlações moderadas ( $R^2=0,5$ ) e de desvios estatísticos mais

significativos. Em termos de produtividade, é notório que os valores mais altos são tendencialmente subestimados em todas as abordagens de regressão.

Por fim, analisando a variação da produtividade média anual de azeitona no período 2000-2020, uma vez mais, fica bem patente o melhor desempenho nas abordagens a e d (fig. 5). Porém, no período 2005-2009, esse bom desempenho estende-se às outras abordagens de regressão, provavelmente devido à regularidade do ciclo bienal típico da oliveira. Centrando a análise nos anos com produtividade mais baixa (2002, 2005, 2009 e 2012), para além da alternância característica do ciclo da oliveira, a secura estival é outro fator que pode estar associado a esses registos, como evidenciou a caracterização ombrotérmica para os meses de verão e período temporal em análise ( $I_{OS} < 2$ ). A aridez estival prolongada contribui assim para um agravamento das condições de estresse hídrico da oliveira, tornando-se mais crítico pelo facto de coincidir com a fase de frutificação, conduzindo às perdas de produtividade observadas.

## Conclusão

O olival tradicional de sequeiro enfrenta desafios emergentes face às alterações climáticas, que se colocam essencialmente devido à escassez de água e à sua forte dependência da precipitação. Assim, dadas as projeções de aumento da temperatura e de alteração do regime da precipitação, é crucial compreender como estes olivais respondem à variabilidade climática. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo aplicar uma análise de regressão multivariada que relacionasse indicadores agro-bioclimáticos com dados de produtividade de azeitona registados no município de Mirandela durante o período 2000-2020. Os modelos de regressão desenvolvidos permitiram aferir a robustez dessas relações, destacando as seguintes variáveis exploratórias como as mais relevantes: índice de aridez ( $I_a$ ); índices ombrotérmicos para os dois e três meses mais quentes de verão, respetivamente ( $I_{OS2}$ ,  $I_{OS3}$ ); índice de continentalidade ( $I_c$ ); índice de termicidade do mês mais frio compensado em função da continentalidade ( $I_{tc}$ ); precipitação total de outubro a maio (WINRR); regime anual de ondas de calor (HW); e os dias com temperatura mínima e máxima inferior a 0 °C, respetivamente (Geadas, Gelo).

Perante os resultados obtidos, conclui-se que os modelos, sobretudo os que apresentaram melhor desempenho estatístico (RF com eliminação recursiva de variáveis e OLS com todas as variáveis exploratórias), têm potencial para serem aplicados a outras regiões olícolas com características agronómicas e ambientais semelhantes, possibilitando estimar a produtividade de azeitona e auxiliar no planeamento e gestão do olival em resposta às mudanças do clima. Todavia, é fundamental reconhecer as limitações inerentes, nomeadamente a variância não explicada pelos modelos, decorrente da complexidade dos fatores que influenciam a produtividade, das simplificações metodológicas, e da exclusão de variáveis como o tipo de solo, as práticas culturais, o material genético (cultivar), e a incidência de pragas e doenças.

## Agradecimentos

Este trabalho foi suportado por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC): CIMO, UIDB/00690/2020 (DOI:10.54499/UIDB/00690/2020) e UIDP/00690/2020 (DOI: 10.54499/UIDP/00690/2020); e SusTEC, LA/P/0007/2020 (DOI: 10.54499/LA/P/0007/2020). Agradecimentos são também devidos ao projeto OleaChain (NORTE-06-3559-FSE-000188), financiado no âmbito do programa NORTE 2020.

## Referências

- Andrade, C., Contente, J., 2020. Climate change projections for the Worldwide Bioclimatic Classification System in the Iberian Peninsula until 2070. *Int. J. Climatol.* 40:5863–5886.
- Brito, C., Dinis, L.T., Moutinho-Pereira, J., Correia, C.M., 2019. Drought Stress Effects and Olive Tree Acclimation under a Changing Climate. *Plants* 8:232.
- Fraga, H., Moriondo, M., Leolini, L., Santos, J.A., 2020. Mediterranean Olive Orchards under Climate Change: A Review of Future Impacts and Adaptation Strategies. *Agronomy* 11:56.
- Gratsea, M., Varotsos, K.V., López-Nevado, J., López-Feria, S., Giannakopoulos, C., 2022. Assessing the long-term impact of climate change on olive crops and olive fly in Andalusia, Spain, through climate indices and return period analysis. *Clim. Serv.* 28:100325.
- López-Bernal, Á., Morales, A., García-Tejera, O., Testi, L., Orgaz, F., De Melo-Abreu, J.P., Villalobos, F.J., 2018. OliveCan: A process-based model of development, growth and yield of olive orchards. *Front. Plant Sci.* 9:632.
- Lorite, I.J., Gabaldón-Leal, C., Ruiz-Ramos, M., Belaj, A., de la Rosa, R., León, L., Santos, C., 2018. Evaluation of olive response and adaptation strategies to climate change under semi-arid conditions. *Agric. Water Manag.* 204:247–261.
- Mairech, H., López-Bernal, Á., Moriondo, M., Dibari, C., Regni, L., Proietti, P., Villalobos, F.J., Testi, L., 2021. Sustainability of olive growing in the Mediterranean area under future climate scenarios: Exploring the effects of intensification and deficit irrigation. *Eur. J. Agron.* 129:126319.
- Silveira, C., Almeida, A., Ribeiro, A.C., 2024. A Bioclimatologia na Interpretação do Território Olivícola em Trás-os-Montes. *AGROTEC - Rev. Técnico-Científica Agrícola* 50:38–42.
- Sousa, A.A.R., Barandica, J.M., Aguilera, P.A., Rescia, A.J., 2020. Examining Potential Environmental Consequences of Climate Change and Other Driving Forces on the Sustainability of Spanish Olive Groves under a Socio-Ecological Approach. *Agriculture* 10:509.
- Tanasijevic, L., Todorovic, M., Pereira, L.S., Pizzigalli, C., Lionello, P., 2014. Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region. *Agric. Water Manag.* 144:54–68.

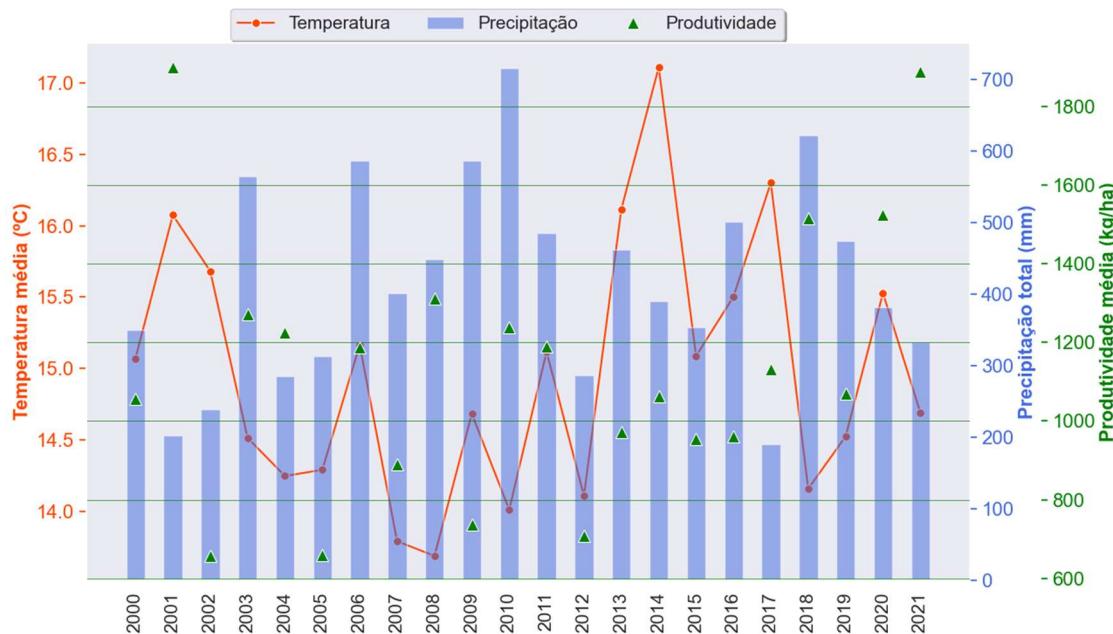
## **Quadros e Figuras**

**Quadro 1 – Indicadores agro-bioclimáticos utilizados para avaliação de potenciais respostas no olival tradicional.**

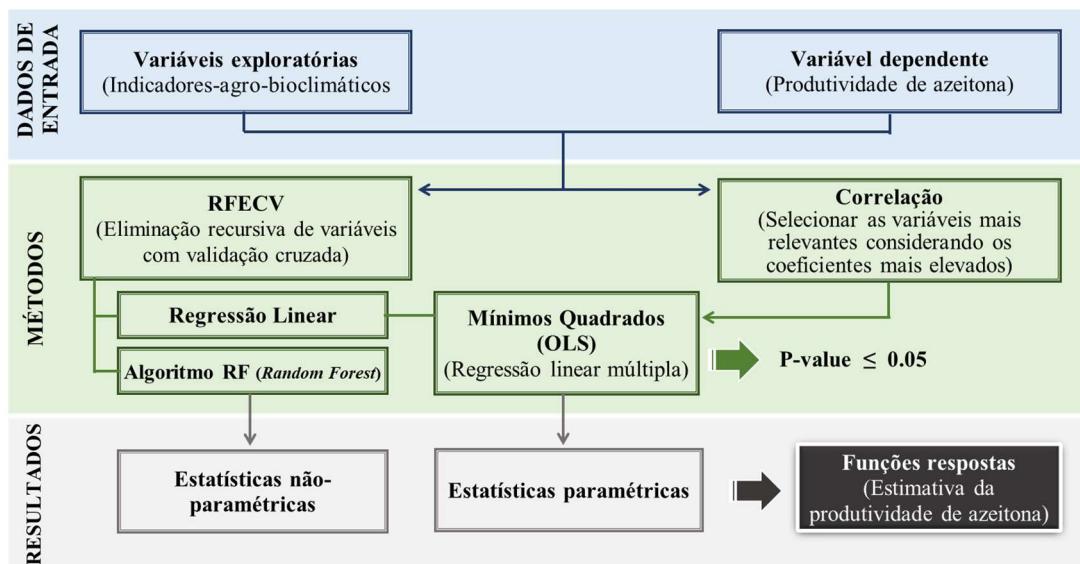
Indicadores	Descrição e unidades
<b>Índices bioclimáticos</b>	
ETo	Evapotranspiração de referência média anual [mm], calculada através do método FAO56 Penman-Monteith (resulta do efeito combinado das variáveis climáticas)
Ic	Índice de continentalidade [ $^{\circ}$ C]: Amplitude térmica anual, Ic = temperatura máxima (Tmax) – temperatura mínima (Tmin)
Itc	Índice de termicidade do mês mais frio compensado em função da continentalidade
Ia	Índice de aridez; Ia = Precipitação total anual / ETo
los	Índices ombrotérmicos para os meses de verão – medem o grau de aridez (secura estival); los no período de referência = (Precipitação total / Temperatura média) x 10 los1: mês mais quente; los2: dois meses mais quentes; los3: trimestre de verão (Jun-Ago); los4: los compensado (Mai-Ago)
SPRTX	Média das temperaturas máximas diárias nos meses de abril e maio [ $^{\circ}$ C] – expresso como o melhor indicador da data de floração na oliveira
WINRR	Precipitação total de outubro a maio [mm] – fator essencial para avaliar a atividade fisiológica da oliveira
<b>Extremos meteorológicos (EM)</b>	
SPR32	Dias de primavera, no período de 21 de abril a 21 de junho, com Tmax superior a 32 $^{\circ}$ C – indicador associado à floração precoce da oliveira
SU36	Dias de verão com Tmax superior a 36 $^{\circ}$ C – podem induzir à maturação precoce da azeitona
SU40	Dias de verão com Tmax superior a 40 $^{\circ}$ C – limitam a atividade fotossintética da planta
HW	Regime anual de ondas de calor (frequência, duração e magnitude): intervalo de, pelo menos, 3 dias consecutivos com Tmax superior a 36 $^{\circ}$ C numa janela móvel de 31 dias, em que Tmax > percentil 90
Geadas	Dias com temperatura mínima inferior a 0 $^{\circ}$ C
Gelo	Dias com Tmax inferior a 0 $^{\circ}$ C
	Temperaturas muito baixas e prolongadas podem comprometer a produção de azeitona e, em casos extremos, levar à morte da própria árvore

**Quadro 2 – Modelos de regressão desenvolvidos para estimativa da produtividade de azeitona (em kg/ha) considerando diferentes abordagens, e as respetivas métricas estatísticas ( $R^2$ , MAE e RMSE) baseadas no conjunto de dados analisados.**

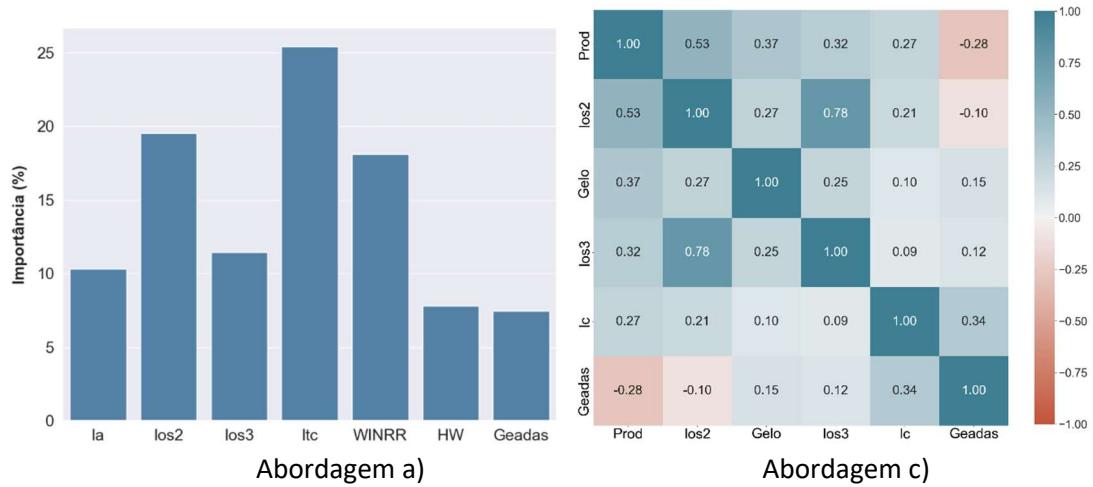
Abordagens	Modelos de regressão	$R^2$	MAE (kg/ha)	RMSE (kg/ha)
Abordagem a)	Não aplicável	0,95	88,49	120,50
Abordagem b)	$741,29 + 517,15 \text{ los2} - 520,02 \text{ los3} + 230,31 \text{ los4} + 597,23 \text{ Ia} - 101,94 \text{ SU40} + 39,13 \text{ HW}$	0,54	158,91	203,58
Abordagem c)	$81,67 + 232,68 \text{ los2} + 82,81 \text{ Gelo} - 15,28 \text{ los3} - 7,92 \text{ Geadas} + 58,53 \text{ Ic} - 4283,73 - 0,64 \text{ ETo} + 330,01 \text{ Ia} - 460,36 \text{ los1} + 389,87 \text{ los2} - 1150,86 \text{ los3} + 666,38 \text{ los4} + 249,21 \text{ Ic} + 4,48 \text{ Itc} + 0,82 \text{ WINRR} + 56,93 \text{ SPRTX} - 41,72 \text{ SPR32} - 73,39 \text{ SU36} - 144,60 \text{ SU40} + 76,49 \text{ HW} - 0,35 \text{ Geadas} + 51,86 \text{ Gelo}$	0,49	179,88	215,66
Abordagem d)		0,85	86,23	115,75



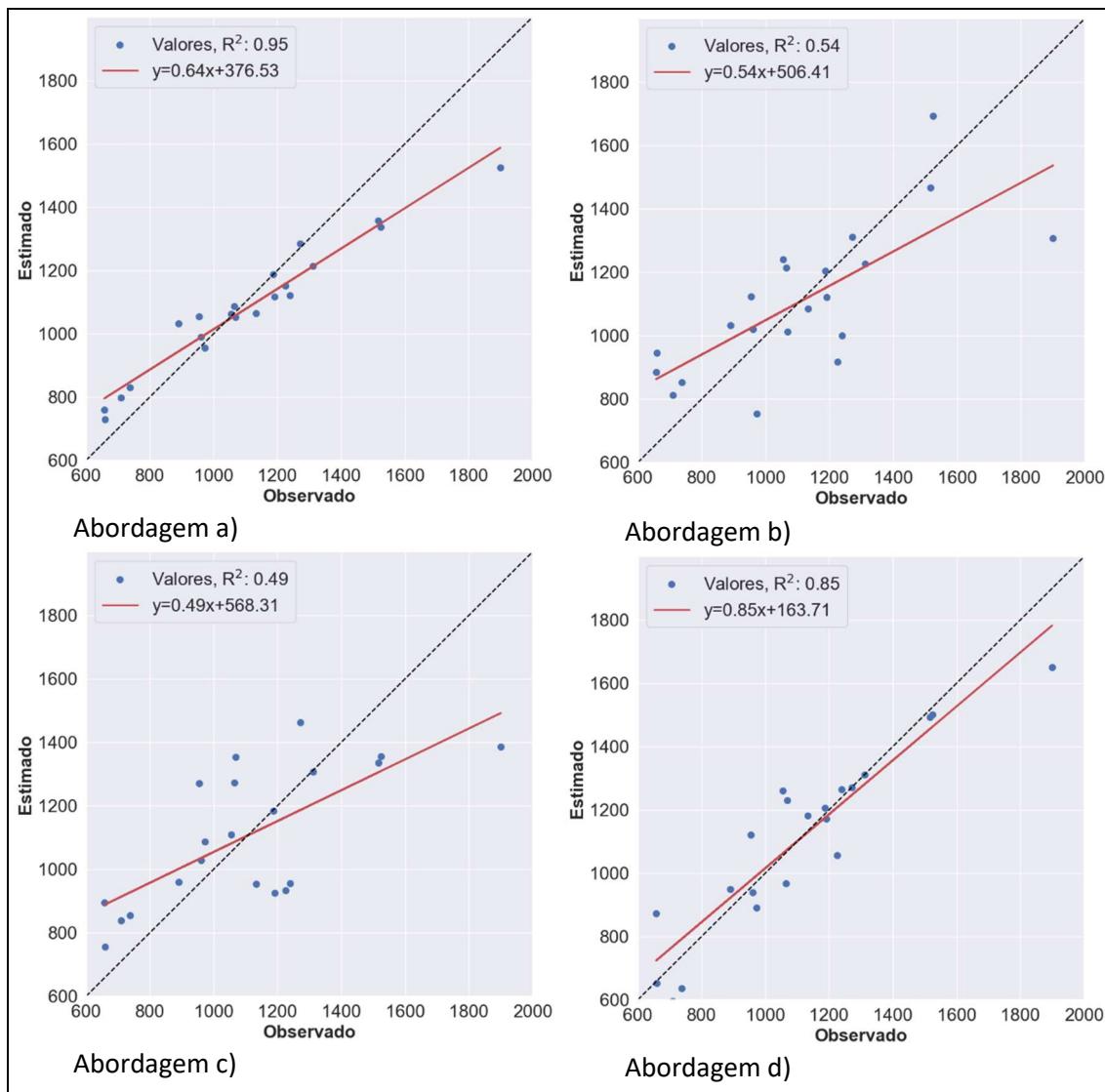
**Figura 1** – Registos anuais de precipitação total (mm) e das médias de temperatura do ar (°C) e da produtividade de azeitona (em kg/ha) para o município de Mirandela, no período 2000-2020.



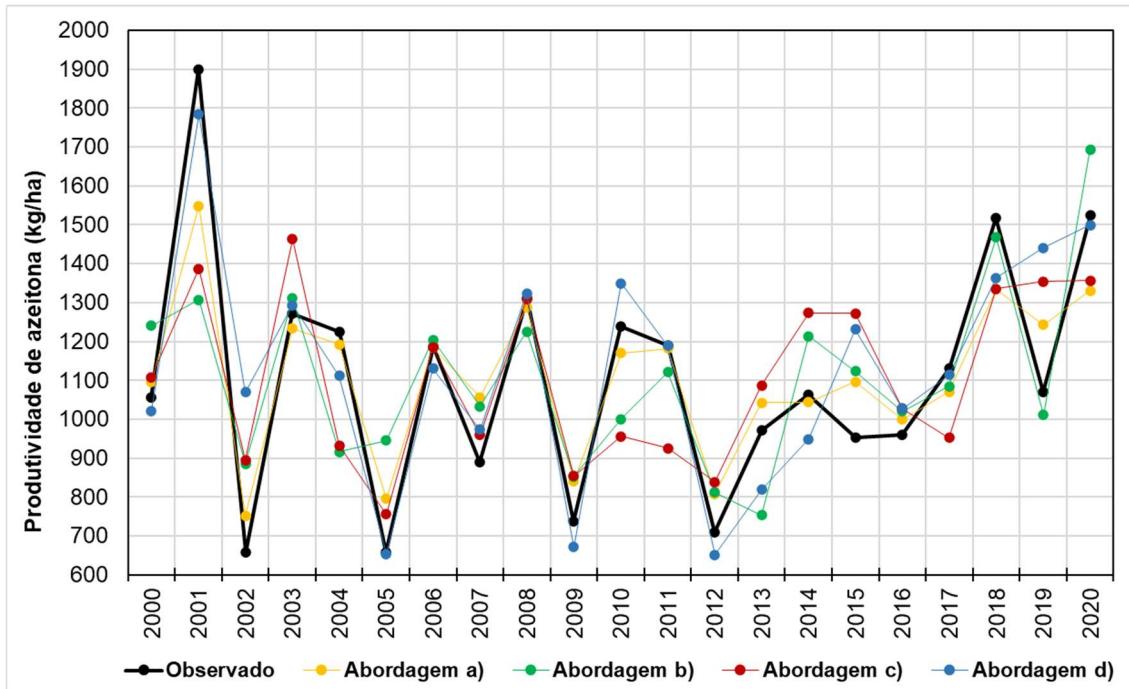
**Figura 2** – Esquema metodológico projetado para relacionar indicadores agro-bioclimáticos e dados de produtividade de azeitona.



**Figura 3 – Variáveis exploratórias que integram as abordagens de regressão a e c para estimativa da produtividade de azeitona (Prod, em kg/ha): Ia - índice de aridez; los2, los3 - índices ombrotérmicos para os dois e três meses mais quentes de verão, respetivamente; Ic - índice de continentalidade; Itc - índice de termicidade do mês mais frio compensado em função da continentalidade; WINRR - precipitação total de outubro a maio (mm); HW - regime anual de ondas de calor; Geadas - dias com temperatura mínima inferior a 0 °C; Gelo - dias com temperatura máxima inferior a 0 °C.**



**Figura 4 –** Correlação entre os valores anuais observados e estimados relativos à produtividade de azeitona (em kg/ha) no município de Mirandela, considerando o período 2000-2020 e as abordagens de regressão analisadas: a) RF com as variáveis exploratórias resultantes da RFECV; b) OLS com as variáveis exploratórias resultantes da RFECV; c) OLS com as variáveis exploratórias que melhor se correlacionaram com a produtividade do olival; d) OLS com todas as variáveis exploratórias.



**Figura 5** – Produtividade média anual de azeitona (em kg/ha) no período 2000-2020, considerando os valores observados e estimados a partir das abordagens de regressão.

## Gestão Sustentável do Olival – Economia de Água

Anabela Silva<sup>1</sup>, António Ribeiro<sup>2</sup>, Arlindo Almeida<sup>2</sup>, Manuel Oliveira<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UTAD, Quinta de Prados, Vila Real

<sup>2</sup>IPB, Campus de Santa Apolónia, Bragança

<sup>3</sup>UTAD, Quinta de Prados, Vila Real. \*mto@utad.pt

### Resumo

A agricultura e a rega são temas fundamentais para o desenvolvimento e sustentabilidade das práticas agrícolas, dado que, de acordo com o Banco Mundial, as terras irrigadas do mundo representam 20% do total da área agrícola, mas contribuem com 40% da produção. A agricultura é o sector económico que consome mais água e, embora contribua decisivamente para a manutenção da sociedade, pode ameaçar a sustentabilidade dos recursos hídricos e dos solos. A eficiência da rega é fundamental para otimizar o uso da água, garantir a produtividade agrícola e proteger o ambiente. As modernas tecnologias de rega e de sua gestão são ferramentas utilíssimas para alcançar os objetivos de eficiência e de conservação. Esta comunicação, baseada num trabalho de investigação, aborda de forma sintética, mas clara as questões relativas à eficiência da rega do olival e como pode ser efetivada ao nível da empresa agrícola. O relatório completo dos resultados da investigação coligido na forma de um manual de boas práticas pode ser obtido seguindo os passos indicados no final desta comunicação.

**Palavras-chave** - Oliveira, Evapotranspiração, Rega, Conservação de Recursos, Produtividade

### Abstract

Agriculture and irrigation are intrinsically linked to the development and sustainability of crop management, as the irrigated land area is about 20% of the total agricultural area but represents 40% of total crop production, according to the World Bank. Agriculture, indispensable for the maintenance of social order, is the largest water user of the entire economy, and its water overuse can jeopardize the sustainability of water and soil resources. Efficient irrigation is essential to maximize the benefits of water use, keeping the agricultural productivity and protecting the environment. Modern irrigation technologies and their management are very useful tools to reach the objectives related to efficiency and conservation. This report, based on research work, addresses briefly, but clearly, the problems related to irrigation efficiency of olive orchards and how to apply this knowledge to the practices at the farm level. The full report of the research work collected as a Manual of Best Practices can be obtained by following the steps mentioned at the end of this paper.

**Keywords** - Olive tree, Evapotranspiration, Irrigation, Resource conservation, Productivity

### Introdução

O olival constitui uma das principais culturas permanentes a nível nacional com uma ocupação atual de 377 234 ha (INE, 2019), que representa cerca de 44% do total da área das culturas permanentes, estando presente em todas as regiões do continente. O olival e a produção de azeite têm um peso enorme no desenvolvimento rural e na economia do país.

Portugal é atualmente o 4º maior país exportador e o 7º maior país produtor de azeite do mundo (4º maior produtor na União Europeia). A produção nacional da olivicultura representa cerca de 9% do valor total da produção agrícola, em resultado dos fortes crescimentos verificados na produção de azeitona e de azeite que se devem, em parte, à instalação de modernos olivais de regadio. Ao longo da última década verificou-se um aumento apreciável da área de olival regado, que passou de 20% para 32% em termos nacionais e que se deveu essencialmente à instalação de novos olivais, embora em Trás-os-Montes o olival em sequeiro continua a ser a forma predominante dada a falta de disponibilidade de água e o insuficiente armazenamento nos períodos de excesso. Neste quadro, o regadio é um aspeto fundamental para a modernização e competitividade da olivicultura nacional.

A aplicação da quantidade de água necessária no exato momento em que é precisa, sobretudo em áreas onde os recursos hídricos são limitantes, é fundamental na gestão da rega e as modernas tecnologias permitem ganhos adicionais de eficiência de rega e melhores resultados de produção. Logo, é necessário investir em estruturas de aprovisionamento da água, dinamizar redes de distribuição de água, impulsionar e dinamizar a literacia do uso racional e eficiente da água de rega, criar sistemas de aviso à tomada de decisão da rega, quando e quanto regar.

### Necessidades hídricas do olival

O consumo de água pelo olival na ausência de déficit hídrico (ETc), tal como qualquer outra cultura, resulta do somatório da transpiração das plantas e da evaporação direta da água do solo. Este valor pode ser calculado pelo processo largamente utilizado e recomendado pela FAO (Doorenbos e Pruitt, 1977):

$$ETc = ETo * Kc * Kr$$

ETo é designada por evapotranspiração de referência, um valor que resulta das condições atmosféricas num dado período de tempo. Atualmente, as modernas estações meteorológicas automáticas dão-nos este valor para períodos de 24 horas.

Kc é o coeficiente cultural e expressa o efeito das características do olival nas necessidades hídricas e é obtido experimentalmente. Por exemplo, varia entre 0,45 e 0,60 para Alfandega da Fé (Silva, 2008).

Kr designado por coeficiente redutor, traduz o efeito do estado de desenvolvimento da cultura (superfície do solo sombreada pela copa ao meio-dia solar Sc) em ETc. É evidente que quanto maior for a copa das oliveiras ou quanto maior for a densidade de plantação, maior será a superfície de solo sombreada. Então (Fereres e Castel, 1981),

$$Kr = 2 \times (3,1416 \times D^2 \times N/400)/100$$

Onde D é o diâmetro médio da copa das oliveiras e N o número de plantas por hectare. Por exemplo, um olival tradicional com D=5m e compasso de 10x10 terá Kr=0,4; por outro lado, um olival de alta densidade com D=2m e compasso 4x1,35 terá Kr=0,9.

Vejamos um exemplo do cálculo de rega de um olival em Vilarelhos (Alfândega da Fé) que tem oliveiras plantadas a 6 m x 6 m (278 oliveiras por hectare), com um diâmetro médio da copa de 3,5 m e superfície de solo coberta (Sc) de 27,6%. Vamos considerar o valor de ETo e da precipitação obtidos no local (Silva, 2008). A superfície de solo coberta pela copa

$$Kr = 2 * 27,6 / 100 = 0,53$$

ETo e Kc variam ao longo da estação de crescimento, logo, ETc = ETo x Kc x Kr terá os valores apresentados no quadro 1 para dois dos meses mais quentes do ano. No mesmo quadro

são calculadas as necessidades de rega (NR) atendendo à precipitação que efetivamente ficou retida no solo (Pe), sendo  $NR = ET_c - Pe$ .

**Quadro 1 – Exemplo de cálculo da  $ET_c$  e NR para um olival localizado em Alfândega da Fé com compasso de 6 m x 6 m. Valores em litros por dia e por  $m^2$ .**

Mês	semana	K <sub>r</sub>	K <sub>c</sub>	ETo	ET <sub>c</sub>	Pe	NR
Junho	1	0,53	0,55	7,8	2,3	0,0	2,3
	2	0,53	0,55	6,4	1,9	1,2	0,7
	3	0,53	0,55	6,2	1,8	5,6	0,0
	4	0,53	0,55	6,5	1,9	0,0	1,9
Julho	1	0,53	0,45	6,8	1,6	0,0	1,6
	2	0,53	0,45	7,0	1,7	0,0	1,7
	3	0,53	0,45	6,3	1,5	0,0	1,5
	4	0,53	0,45	6,7	1,6	0,0	1,6

Os valores de NR acima apresentados assumem necessidades de rega para alcançar a máxima produção do olival. Contudo, estes valores podem ser superiores à disponibilidade de água ou o custo da água é muito elevado, logo, a rentabilidade da rega para a máxima produção pode ser questionada. Nestes casos, é preferível adotar rega deficitária, ou seja, a aplicação de uma dotação de rega inferior às necessidades máximas da cultura com o menor impacto possível na produção. A rega deficitária pode levar à maior produtividade por unidade de água usada que significa maior eficiência do uso da água. A rega deficitária deve ser evitada nas fases de desenvolvimento das gemas e da floração porque a oliveira é muito sensível ao défice hídrico nestes períodos. O mesmo se passa nas plantações jovens para conseguir um crescimento rápido das plantas e sua entrada em produção.

### **Uso eficiente da água de rega no olival**

A necessidade de alcançar bons desempenhos dos sistemas de rega é indispensável ao uso eficiente da água de rega no olival. Um bom desempenho requer que o sistema de rega seja bem projetado já que a uniformidade é essencialmente definida aquando da escolha das soluções de projeto. O sistema de rega deve ser bem gerido, de acordo com o seu potencial e, para que isso seja possível, é necessário considerar a necessidade de apoio técnico adequado aos agricultores, a nível de projeto, do controlo da qualidade de equipamentos e serviços, da condução da rega, e da avaliação dos sistemas em operação.

### **Ferramentas e indicadores para a gestão da rega do olival**

A gestão da rega tem como principal objetivo responder às seguintes duas grandes questões: quando regar e quanto regar. A gestão e programação da rega são hoje em dia aspectos decisivos para a otimização dos recursos hídricos e para garantir a sustentabilidade do regadio. A tecnologia disponível para a gestão e programação da rega tem-se tornado mais diversificada e sofisticada. Os sensores baseados nas plantas fornecem uma medida integrada da resposta da planta às condições ambientais para auxiliar na tomada de decisão do momento oportuno da rega. Estes dispositivos complementam outras tecnologias para a programação da rega, como a monitorização da humidade do solo, obtendo-se informação mais precisa sobre quando regar e quanto regar.

## Estratégias para melhorar o desempenho da colheita mecânica em olivais tradicionais regados

A modernização da olivicultura tem sido norma por todo o mundo onde esta cultura tem importância estratégica. Novas práticas têm-se expandido num ritmo constante durante os últimos vinte anos, aumentando a competitividade do sector. A rega eficiente é uma dessas práticas, a mecanização total do olival é outra. Alcançar altos níveis de eficiência da colheita é essencial para a rentabilidade da indústria. Dois aspetos fundamentais a considerar na mecanização da colheita são: a eficiência da colheita mecânica e a capacidade de trabalho dos equipamentos utilizados. Também deve ser avaliado o varejamento manual complementar à colheita mecânica, o qual pode alterar a eficiência de colheita, mas os dados experimentais não são encorajadores.

## Gestão da rega e qualidade do azeite

A composição química e as características organoléticas do azeite virgem são influenciadas por fatores genéticos, agronómicos e técnicos, tais como a cultivar, as práticas culturais, a altitude, a data de colheita e o método utilizado, o transporte e o armazenamento da azeitona e os métodos de extração do azeite. A rega produz aumentos substanciais na produtividade (Fernandes-Silva et al., 2010), contudo, a informação da sua influência na composição e qualidade do azeite é muitas vezes controversa, sendo consensual que a disponibilidade hídrica afeta a fração insaponificável do azeite, nomeadamente os polifenóis, que são antioxidantes naturais, conferindo estabilidade oxidativa ao azeite e são também responsáveis pelo sabor amargo e picante do azeite. Relativamente à composição em ácidos gordos, a bibliografia indica que estes compostos são mais afetados negativamente por valores elevados da temperatura do ar e da radiação solar, na altura da biossíntese do azeite, do que se deve propriamente à disponibilidade de água/stress hídrico.

## Nota Final

Os detalhes de cada um dos tópicos aqui mencionados são extensivamente descritos no Manual de Boas Práticas, onde também se encontram exemplos que os ilustram.

O manual pode ser descarregado do seguinte modo:

- 1 – Num motor de busca, escreva o seguinte: ISBN: 978-989-704-556-1.
- 2 – Entre os resultados apresentados, escolha o que o dirige a uma página ResearchGate.
- 3 – Encontra uma ligação designada por Download full-text PDF que lhe dará acesso ao Manual.

## Referências

- Doorenbos, J. & Pruitt, W.O. 1977. Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, FAO, Rome.
- Fereres, E. & Castel, J.R. 1981. Drip irrigation management. Division of Agricultural Sciences, University of California. Leaflet 21259.
- Fernandes-Silva, A.A., Ferreira, T.C., Correia, C.M., Malheiro, A.C., & Villalobos, F.J. 2010. Influence of different irrigation regimes on crop yield and water use efficiency of olive. Plant Soil 333: 35–47 <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0294-5>.
- INE. 2019. Recenseamento Geral da Agricultura. Instituto Nacional de Estatística. Lisboa, Portugal.

Silva, A.A.F. 2008. Necessidades hídricas e resposta da oliveira ao déficit hídrico na Terra Quente Transmontana. Tese de Doutoramento. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.

## Olival e oliveiras: Ameaças micro, emergência macro

Fernando Felizes<sup>1,2,3</sup>, Fernanda Simões<sup>3</sup>, António Cordeiro<sup>4</sup> e Márcia de Castro Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CE3C - Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes and CHANGE – Global Change and Sustainability Institute, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Edifício C2, 1749-016 Lisboa, Portugal

<sup>2</sup>LEAF - Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Centre, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda. 1349-017 Lisboa, Portugal

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. (INIAV I.P.), Pólo de Inovação de Oeiras, Edifício Florestal, Av. da República, 2780-159 Oeiras, Portugal

<sup>4</sup>Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. (INIAV), Pólo de Inovação de Elvas, Estrada de Gil Vaz—Apartado 6, 7350-404 Elvas, Portugal

\*Email: marcia.silva@iniav.pt

### Resumo

A oliveira é originária da Ásia, no entanto é cultivada há mais de 3000 anos nos países mediterrânicos, que concentram cerca de 95% do olival plantado no mundo. Fatores bióticos como insetos, bactérias, nemátodes, fungos e oomicetas afetam as oliveiras, causando graves prejuízos à produção olivícola. As trocas comerciais, com circulação de bens e pessoas, as alterações climáticas e práticas agrícolas incorretas promovem a introdução, propagação e o estabelecimento de algumas pragas e doenças na produção olivícola. Com este trabalho pretende-se fazer uma revisão das doenças do olival, particularmente doenças menos comuns, que podem vir a surgir em Portugal. O conhecimento da presença de agentes patogénicos na oliveira, em particular nas regiões mediterrânicas, poderá vir a ser muito útil para a pesquisa preventiva e deteção precoce de, por exemplo, potenciais fungos patogénicos que possam surgir ou estejam já instalados em Portugal. A deteção precoce possibilitará a preparação antecipada de planos e/ou medidas de controlo para a proteção do olival.

**Palavras-chave** – Sustentabilidade; *Olea europaea* L.; alterações climáticas; fungos fitopatogénicos e oomicetas

### Abstract

The olive tree originated in Asia, but has been cultivated for over 3,000 years in the Mediterranean countries, which account for around 95% of the world's olive groves. Biotic factors such as insects, bacteria, nematodes, fungi and oomycetes affect olive trees, causing serious damage to olive production. Trade, the movement of goods and people, climate change and incorrect agricultural practices promote the introduction, spread and establishment of certain pests and diseases in olive production. The aim of this work is to review olive grove diseases, particularly fewer common diseases that may emerge in Portugal. Knowledge of the presence of pathogens in olive trees, particularly in Mediterranean regions, could be very useful for preventative research and early detection of, for example, potential pathogenic fungi that may appear or are already established in Portugal. Early detection will make it possible to prepare control plans and/or measures to protect the olive grove in advance.

**Keywords** - Sustainability; *Olea europaea* L.; climate change; phytopathogenic fungi and oomycetes.

## Introdução

A oliveira *Olea europaea* L. (Oleaceae) é uma cultura importante em muitos países e de particular importância socioeconómica na região mediterrânica. Portugal está em nono lugar no Top 10 da FAO, e teve um ligeiro aumento nos anos mais recentes até 2022, em que registou 379570 ha plantados de olival e 791660 t de azeitona produzida (FAO, <http://faostat.fao.org/>). Em termos mundiais existem cerca de 750 milhões de oliveiras produtivas em todo o mundo, sendo que **735 milhões** delas estão localizadas na **região mediterrânica**, contribuindo com **mais de 97% da produção mundial de azeite** (Issaoui et al., 2022). Nos últimos anos tem-se verificado uma expansão e modernização das áreas de olival, resultando em sistemas de monocultura da oliveira na Europa, e na intensificação dos sistemas de olivicultura, ou seja, uma utilização intensiva de fertilizantes, pesticidas e maquinaria (Agusti-Brisach et al., 2021). Na UE, a cultura da oliveira varia entre os tradicionais sistemas de cultivo de baixa densidade e os novos sistemas de cultivo de alta densidade, cujo objetivo é maximizar os rendimentos e diminuir os custos de colheita. Outra tendência é a reconversão de alguns olivais tradicionais em olivais mais intensivos, com a instalação de novas infra-estruturas, principalmente sistemas de fertirrigação e reservatórios de água e o aumento do número de árvores por linha ou entre linhas (EIP-AGRI, 2020; Agusti-Brisach et al., 2021). Todas estas mudanças afetam a incidência e a gravidade das pragas e doenças e, em alguns destes novos sistemas de produção olivícola, surgiram ou estão a reaparecer vários problemas na gestão das culturas, por exemplo a introdução da irrigação, o aumento da densidade das plantas, a poda mecânica ou a introdução de culturas de cobertura (EIP-AGRI, 2020). Para além disso, a intensificação da mecanização no que respeita a podas e de colheita de azeitona, aumenta a probabilidade de danos nos tecidos vegetais, tornando assim a oliveira mais suscetível a infecções por agentes fitopatogénicos (Agusti-Brisach et al., 2021). Paralelamente e adicionalmente a estas alterações na cultura da oliveira, o alargamento das rotas comerciais e da circulação de mercadorias e pessoas, bem como a problemática das alterações climáticas, contribuem também, por sua vez, para alterar, introduzir, propagar as rotas de estabelecimento de pragas e doenças em muitas culturas (Montilon et al., 2023). Agentes bióticos como as pragas e doenças afetam e atacam as oliveiras prejudicando a sua produção e causando graves prejuízos à produção olivícola em Portugal e na UE. Para minimizar as perdas de colheitas e os prejuízos económicos e proteger os sistemas de olivicultura no futuro, é essencial reconhecer e compreender a natureza dessas pragas e agentes patogénicos e as interações entre a cultura da oliveira e as condições agro-ecológicas nas diferentes regiões produtoras de azeitona da Europa (EIP-AGRI, 2020). O impacto de cenários futuros de alterações climáticas sobre estas questões e problemáticas terá que ser tido em conta nas tomadas de decisões. Os pesticidas embora sejam a estratégia mais utilizada para a proteção das culturas, fomentam preocupações crescentes na sociedade no que respeita aos efeitos destes no ambiente, na saúde humana e na qualidade dos produtos alimentares. É necessário a adopção de novas estratégias de proteção para controlo das pragas e doenças na olivicultura, na sequência da Diretiva Europeia relativa à Utilização Sustentável de Pesticidas (EIP-AGRI, 2020).

Com este trabalho pretende-se fazer uma revisão das doenças causadas por fungos menos comuns no olival, mas que podem vir a tornar-se prejudiciais. Estão identificados mais de uma centena de agentes patogénicos da oliveira, embora, atualmente, apenas alguns deles

causem graves perdas económicas nos olivais (Landa et al., 2009; Trapero, et al., 2017). É importante fazer a referência da existência de estudos que identificam a presença em Portugal de novas espécies de fungos já reconhecidos como patogénicos da oliveira (Varanda et al., 2019; Cabral, et al., 2024). Conforme nota Loureiro et al. (2018), o conhecimento da presença e diversidade de agentes patogénicos na oliveira, a dinâmica das suas populações e as interações entre hospedeiro e patogénico, especialmente em regiões mediterrânicas, pode revelar-se de grande utilidade na prevenção e na deteção precoce de potenciais fungos patogénicos que possam surgir, ou que já estejam instalados em Portugal, mesmo que associados a outros hospedeiros. A deteção precoce possibilitará a preparação antecipada de planos e/ou medidas de controlo para a proteção do olival. Desta forma, são apresentados um conjunto de fungos que já foram detetados em Portugal noutras plantas hospedeiras, que potenciam a possibilidade de infecção em oliveira.

## Material e Métodos

Pesquisou-se a existência na base de dados “United States Department of Agriculture (USDA) Fungal Database” de registos de fungos patogénicos e oomicetas para a oliveira em todo o mundo (base de dados consultada entre Julho-Outubro 2024, com a utilização das palavras “*Olea europaea*” para, desta forma, conseguir obter em termos mundiais todos os registos temporais de fungos e oomicetas, inseridos nesta base de dados, associados com a oliveira). Foram então construídas listas de fungos reportados e não reportados em Portugal (dados não apresentados). Foi efetuada uma revisão bibliográfica e foram compilados dados publicados de testes de patogenicidade para a oliveira e respetiva gravidade sintomatológica para cada fungo descrito. A compilação e comparação dos dois tipos de informação foi utilizada para elencar espécies de fungos previamente detetados em Portugal reportados como patogénicos particularmente na região mediterrânea.

## Resultados e Discussão

De uma forma sintetizada apresenta-se no Quadro 1 o género e/ou a espécie da maioria dos fungos e oomicetas observados em oliveira a nível mundial com patogenicidade confirmada.

Foram destacados seis fungos já identificados em Portugal noutras hospedeiros e caracterizados em outras regiões do mundo como potencialmente patogénicos para oliveira, como apresentado no Quadro 2.

O fungo radicular **Dematophora necatrix** foi observado como causando murchidão em oliveiras jovens no centro de Itália (Fusco et al., 2022). Apresenta um micelio branco envolvendo a parte basal dos caules e o colo da planta, em que a casca fica apodrecida e o xilema descolorado. Este fungo é associado a plantas sintomáticas e mais conhecido por *Rosellinia necatrix* (sinónimo). Testes de patogenicidade demonstraram que *D. necatrix* é o agente causal da doença da murchidão e que as infecções ocorrem durante o outono e o inverno, quando é favorecida a disseminação da doença (Fusco et al., 2022).

Em Espanha diversos sintomas característicos de “dieback” e cancros foram detectados na região de Andalusia, em diferentes variedades de oliveira associados a espécies do género **Diaporthe** sp. (Moral et al., 2017). As árvores afetadas apresentavam ramos mortos e folhas murchas que ficavam agarrados aos ramos atacados, geralmente associados ao declínio de caules jovens inteiros ou de ramos mais velhos. Sintomas característicos de “dieback” consistiam na mortalidade dos rebentos, cloroses foliares e podridão dos frutos (Moral et al., 2017).

Sintomas de “dieback” e declínio da oliveira também foram associados a *Cylindrocarpon* sp., causando severos prejuízos em olivais recentes. Este fungo foi reclassificado como ***Ilyonectria destructans*** (Trabelsi et al., 2016).

Em relação a ***Neocosmospora haematocephala***, os sintomas descritos incluem a queda das folhas, sinais de secura na ponta dos ramos e morte da planta. A murchidão parcial é uma característica da doença (Barrento et al., 2003).

Uma nova sintomatologia de declínio das oliveiras foi observada na Sicília (Itália), consistindo numa clorose foliar, associada a manchas marginais ou apicais irregulares e necróticas, resultando na murchidão das pontas das folhas (Piccolo et al., 2013). Os ramos sintomáticos apresentavam desfolhas apicais, necrose cortical e murchidão. Foi constatada a associação constante entre fungos e órgãos sintomáticos das oliveiras em declínio, tendo sido identificadas várias espécies de fungos, entre as quais ***Phoma cladoniicola*** (Piccolo et al., 2014).

Em 2015, também na Itália, foram observados sintomas da podridão da azeitona não atribuíveis a qualquer agente causal conhecido (Ruano-Rosa et al., 2017). As azeitonas sintomáticas exibem áreas desidratadas em depressão, mas sem micélio visível e não apresentam lesões de insectos. Considerou-se a ***Sclerotinia sclerotiorum*** como o causador destes sintomas, tratando-se de um agente patogénico fúngico necrotrófico com uma vasta gama de hospedeiros que inclui muitas espécies de plantas economicamente importantes (Ruano-Rosa et al., 2017).

## Conclusão

Neste trabalho foram identificados seis fungos patogénicos para a oliveira noutras regiões geográficas, mas cuja presença também já foi detetada em Portugal noutras culturas e/ou hospedeiros. Os países identificados são, na sua maioria, países da região mediterrânea (Itália, Tunísia), ou com condições climáticas muito semelhantes (Califórnia, Argentina). A identificação de fungos patogénicos para a oliveira em países mediterrânicos e/ou com condições climáticas muito idênticas, permite inferir com bastante probabilidade que estes fungos são, ou poderão ser, agentes causais de doenças na oliveira em Portugal. Com base nestas conclusões, é necessário continuar estes estudos para se perceber e esclarecer estas sintomatologias, se estes fungos já estão efetivamente a provocar doenças na oliveira em Portugal, mas cuja identificação ainda não ocorreu. No entanto, com base na comprovação que a sua presença no território português já foi identificada noutras culturas/hospedeiros, é, por si só, indicador e sinal de alarme para a cultura de oliveira em Portugal, sendo necessário delinear formas de prevenção, dado que a probabilidade de ataque no olival é bastante elevada. É conveniente também antecipar como possíveis cenários futuros de alterações climáticas irão influenciar e determinar a patogenicidade destes fungos no futuro, podendo recorrer-se à utilização de modelos bioclimáticos para apoio nestes estudos, e, desta forma, atempadamente, apoiar a tomada de decisão e sustentar a elaboração e implementação de estratégias de proteção fitossanitárias adequadas.

## Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro concedido pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia a Fernando Felizes (Bolsa de Doutoramento - <https://doi.org/10.54499/2023.02936.BDANA>) e o atribuído à instituição "GREEN-IT "Biorecursos para a Sustentabilidade" com a referência UIDB/04551/2020 - DOI 10.54499/UIDP/04551/2020

(<https://doi.org/10.54499/UIDP/04551/2020>) e DOI  
10.54499/UIDB/04551/2020 (<https://doi.org/10.54499/UIDB/04551/2020>).

## Referências

- Agusti-Brisach, C., Jimenez-Urbano, J.P., del Carmen Raya, M., Lopez-Moral, A. & Trapero, A. 2021. Vascular fungi associated with branch dieback of olive in super-high-density systems in Southern Spain. *Plant Disease* 105: 797-818.
- Avila, A., Groenewald, J.Z., Trapero, A. & Crous, P.W. 2005. Characterisation and epitypification of *Pseudocercospora cladosporioides*, the causal organism of Cercospora leaf spot of olives. *Mycological Research* 109: 881-888.
- Avila, A., Romero, J., Agusti-Brisach, C., Benali, A., Roca, L.F. & Trapero, A. 2020. Phenotypic and pathogenic characterization of *Pseudocercospora cladosporioides*, causal agent of cercospora leaf spot of olives. *European Journal of Plant Pathology* 156: 45-65.
- Balmas, V., Scherm, B., Ghignone, S., Salem, A.O.M., Cacciola, S.O. & Micheli, Q. 2005. Characterisation of *Phoma tracheiphila* by RAPD-PCR, microsatellite-primed PCR and ITS rDNA sequencing and development of specific primers for in planta PCR detection. *European Journal of Plant Pathology* 111: 235-247.
- Barreto, E. et al. 2003. *Nectria haematococca* causing root rot in olive greenhouse plants. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)*. RIA 32(1):49-55.
- CABI. 2016. *Rosellinia necatrix (dematophora root rot) – Datasheet*. CABI Compendium 47860. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.47860>.
- Cabral, A., Nascimento, T., Azinheira, H., Loureiro, A., Talhinas, P. & Oliveira, H. (2024). Olive Anthracnose in Portugal Is Still Mostly Caused by *Colletotrichum nymphaeae*, but *C. acutatum* Is Spreading and *C. alienum* and *C. cigarro* Are Reported for the First Time. *Horticulturae* 10(5), 434: <https://doi.org/10.3390/horticulturae10050434>.
- Caldeira, C. 2010. Detecção molecular de *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, agente causal da podridão branca em alface (*Lactuca sativa* L.) pela reacção em cadeia de polimerase (PCR). ISA. <http://hdl.handle.net/10400.5/15180>.
- Carlucci, A., Raimondo, M., Cibelli, F., Phillips, A & Lops, F. 2013. *Pleurostomophora richardsiae*, *Neofusicoccum parvum* and *Phaeoacremonium aleophilum* associated with a decline of olives in southern Italy. *Phytopathologia Mediterranea* 52. 517-527. [10.14601/Phytopathol\\_Mediterr-13526](https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-13526).
- Chen, M.-M. 2002. Forest fungi phytogeography: Forest fungi phytogeography of China, North America, and Siberia and international quarantine of tree pathogens. Pacific Mushroom Research and Education Center, Sacramento, California: 469.
- Collado-Romero, M., Jimenez-Diaz, R.M. & Mercado-Blanco, J. 2010. DNA sequence analysis of conserved genes reveals hybridization events that increase genetic diversity in *Verticillium dahliae*. *Fungal Biology* 114: 209-218.
- Crous, P.W. & Gams, W. 2000. *Phaeomoniella chlamydospora* gen. et comb. nov., a causal organism of Petri grapevine decline and esca. *Phytopathologia Mediterranea* 39: 112-118.
- Crous, P.W., Wingfield, M.J., Guarro, J., Hernandez-Restrepo, M., Sutton, D.A., Acharya, K., Barber, P.A., Boekhout, T., Dimitrov, R.A., Duenas, M., Dutta, A.K., Gene, J., Gouliamova, D.E., Groenewald, M., Lombard, L., Morozova, O.V., Sarkar, J., Smith, M.Th., Stchigel, A.M., Wiederhold, N.P., Alexandrova, A.V., Antelmi, I., Armengol, J., Barnes, I., Cano-Lira, J.F., Castaneda-Ruiz, R.F., Contu, M., Courtecuisse, Pr.R., da Silveira, A.L., Decock, C.A., de

- Goes, A., Edathodu, J., and Ercole, E. 2015. Fungal Planet description sheets: 320-370. Persoonia 34: 167-266.
- EIP-AGRI Focus Group. 2020. Final Report of EIP-AGRI's Focus Group: Pests and diseases of the olive tree. European Comission. Bruxelas.
- Fan, X.L., Barreto, R.W., Groenewald, J.Z., Bezerra, J.D.P., Pereira, O.L., Cheewangkoon, R., Mostert, L., Tian, C.M. & Crous, P.W. 2017. Phylogeny and taxonomy of the scab and spot anthracnose fungus *Elsinoe* (Myriangiales, Dothideomycetes). Studies in Mycology 87: 1-41.
- Fisher, P.J., Petrini, O., Petrini, L.E. & Descals, E. 1992. A preliminary study of fungi inhabiting xylem and whole stems of *Olea europaea*. Sydowia 44: 117-121.
- Frisullo, S., Bruno, G. & Sparapano, L. 1999. A foot and root rot of young olive trees caused by *Thielaviopsis basicola*. Petria 9: 249-257.
- Fusco, V., Pasciuta, V., Lumia, V., Matere, A., Battaglia, V., Bertinelli, G., Sansone, D., Brunetti, A. & Pilotti, M. 2022. Root and stem rot, and wilting of olive tree caused by *Dematophora necatrix* and associated with *Emmia lacerata* in Central Italy. European Journal of Plant Pathology 163: 71-96.
- Gao, Y., Liu, F., Duan, W.J., Crous, P.W. & Cai, L. 2017. Diaporthe is paraphyletic. IMA Fungus 8: 153-187.
- Gharbi, Y., Ennouri, K., Bouazizi, E., Cheffi, M. & Triki, M.A. 2020. First report of charcoal disease caused by *Biscogniauxia mediterranea* on *Olea europaea* in Tunisia. Journal of Plant Pathology 102: 961.
- Gerin, D., Nigro, F., Faretra, F. & Pollastro, S. 2020. Identification of *Arthrinium marii* as causal agent of olive tree dieback in Apulia (Southern Italy). Plant Disease 104: 694-701.
- Gonzalez, M., Serrano, M.S. & Sanchez, M.E. 2016. First report of *Pythium spiculum* causing root rot on wild-olive in Spain. Plant Disease 100: 1023-1024.
- Gonzalez, M., Perez-Sierra, A., Serrano, M.S. & Sanchez, M.E. 2017. Two *Phytophthora* species causing decline of wild olive (*Olea europaea* subsp. *europaea* var. *sylvestris*). Plant Pathology 66: 941-948.
- Gonzalez, M., Perez-Sierra, A. & Sanchez, M. E. 2019. *Phytophthora oleae*, a new root pathogen of wild olives. Plant Pathology 68: 901-907.
- Gramaje, D., Mostert, L., Groenewald, J.Z., and Crous, P.W. 2015. *Phaeoacremonium*: From esca disease to phaeohyphomycosis. Fungal Biology 119: 759-783.
- Groenewald, M., Kang, J.C., Crous, P.W. & Gams, W. 2001. ITS and beta-tubulin phylogeny of *Phaeoacremonium* and *Phaeomoniella*. Mycological Research 105: 651-657.
- Hafellner, J. 2015. Distributional and other data for some species of *Didymocystis* (Dothideomycetes, Pleosporales, Phaeosphaeriaceae), including their Phoma-type anamorphs. Fritschiana. 80. 43–88.
- Hlaiem, S., Della Rocca, G., Barberini, S., Danti, R. & Ben Jamaa, M.L. 2021. Morphological and molecular identification of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* associated with *Olea europaea* var. *sylvestris* decline phenomenon in Tunisia. Plant Pathology & Quarantine 11: 15-22.
- Holevas, C.D., Chitzanidis, A., Pappas, A.C. et al. 2000. Disease agents of cultivated plants observed in Greece from 1981 to 1990. Benaki Phytopathologique Institute, Kiphissia, Athens. 19: 1-96.

- Iliadi, M.K., Tjamos, E.C., Antoniou, P.P. & Tsitsigiannis, D.I. 2018. First report of *Colletotrichum acutatum* causing anthracnose on olives in Greece. *Plant Disease* 102: 820-821.
- Issaoui, W., Alexakis, D.D., Nasr, I.H., Argyriou, A.V., Alevizos, E., Papadopoulos, N. & Inoublí, M.H. 2022. Monitoring Olive Oil Mill Wastewater Disposal Sites Using Sentinel-2 and PlanetScope Satellite Images: Case Studies in Tunisia and Greece. *Agronomy* 12, 90. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010090>.
- Jung, T., Orlikowski, L., Henricot, B., Abad-Campos, P., Aday, A.G., Aguin Casal, O., Bakonyi, J., Cacciola, S.O., Cech, T., Chavarriaga, D., Corcobado, T., Cravador, A., Decourcelle, T., Denton, G., Diamandis, S., Dogmus-Lehtijarvi, H.T., Franceschini, A. et al. 2016. Widespread Phytophthora infestations in European nurseries put forest, semi-natural and horticultural ecosystems at high risk of Phytophthora diseases. *Forest Pathology* 46: 134-163.
- Kolarik, M., Hulcr, J., Tisserat, N., de Beer, W., Kostovcik, M., Kolarikova, Z., Seybold, S.J. & Rizzo, D.M. 2017. Geosmithia associated with bark beetles and woodborers in the western USA: taxonomic diversity and vector specificity. *Mycologia* 109: 185-199.
- Keykhasaber, M., Pham, K.T.K., Thomma, B.P.H.J. & Hiemstra, J.A. 2017. Reliable detection of unevenly distributed *Verticillium dahliae* in diseased olive trees. *Plant Pathology* 66: 641-650.
- Keykhasaber, M., Thomma, B.P.H.J. & Hiemstra, J.A. 2018. Verticillium wilt caused by *Verticillium dahliae* in woody plants with emphasis on olive and shade trees. *European Journal of Plant Pathology* 150: 21-37.
- Lagogianni, C.S., Tjamos, E.C., Antoniou, P.P. & Tsitsigiannis, D.I. 2017. First report of *Alternaria alternata* as the casual agent of Alternaria bud and blossom blight of olives. *Plant Disease* 101: 2151-2152.
- Legrifi, I., Figuigui, J.A., Radouane, N., Ezrari, S., Belabess, Z., Tahiri, A., Amiri, S. & Lahlali, R. 2022. First report of *Pythium schmitthenneri* on olive trees and in Morocco. *Australasian Plant Disease Notes* 17: 3.
- Linaldeddu, B.T., Bregant, C., Montecchio, L., Favaron, F. & Sella, L. 2020. First report of *Phytophthora acerina*, *P. pini*, and *P. plurivora* causing root rot and sudden death of olive trees in Italy. *Plant Disease* 104: 996.
- Lopes, A. (2019). Caracterização de isolados de *Diaporthe* em espécies florestais. Universidade de Aveiro. <http://hdl.handle.net/10773/28010>.
- Lopes, A., Barradas, C., Phillips, A.J.L. & Alves, A. 2016. Diversity and phylogeny of *Neofusicoccum* species occurring in forest and urban environments in Portugal. *Mycosphere* 7: 906-920.
- Loureiro, A., Talhinas, P. & Oliveira, H. 2018. A gafa da oliveira é causada por fungos de diversas espécies, com distinta distribuição geográfica, virulência e preferência pela cultivar. *Revista de Ciências Agrárias*, 2018, 41(Especial): 102-109.
- Kepley, J.B., Reeves, F.B., Jacobi, W.R. & Adams, G.C. 2015. Species associated with Cytospora canker on *Populus tremuloides*. *Mycotaxon* 130: 783-805.
- Krid Hadj Taieb, S., and Triki, M.A. 2016. First report of *Nectria haematococca* associated with dieback of olive trees in Tunisia. *Journal of Plant Pathology* 98: 172.
- Markakis, E.A., Roditakis, E.N., Kalantzakis, G.S., Chatzaki, A., Soultatos, S.K., Stavrakaki, M., Tavlaki, G.I., Koubouris, G.C., Bagkis, N. & Goumas, D.E. 2021. Characterization of fungi

- associated with olive fruit rot and olive oil degradation in Crete, Southern Greece. *Plant Disease* 105: 3623-3635.
- Monteiro, P., Gonçalves, M., Pinto, G., Silva, B., Martín-García, J., Diez, J. & Alves, A. 2021. Three novel species of fungi associated with pine species showing needle blight-like disease symptoms. *European Journal of Plant Pathology*. 162. 10.1007/s10658-021-02395-5.
- Montilon, V., Oriana, P., Susca, L. & Bottalico, G. 2023. Phytosanitary Rules for the Movement of Olive (*Olea europaea* L.) Propagation Material into the European Union (EU). *Plants* 12(4):699. doi: 10.3390/plants12040699. PMID: 36840047; PMCID: PMC9958701.
- Moral, J., Agusti-Brisach, C., Perez-Rodriguez, M., Xavier, C., Raya, M.C., Rhouma, A. & Trapero, A. 2017. Identification of fungal species associated with branch dieback of olive and resistance of table cultivars to *Neofusicoccum mediterraneum* and *Botryosphaeria dothidea*. *Plant Disease* 101: 306-316.
- Moretti, S., Pacetti, A., Pierron, R., Kassemeyer, H.-H., Fischer, M., Peros, J.-P., Perez-Gonzalez, G., Bieler, E., Schilling, M., Di Marco, S., Gelhaye, E., Mugnai, L., Bertsch, C. & Farine, S. 2021. *Fomitiporia mediterranea* M. Fisch., the historical Esca agent: a comprehensive review on the main grapevine wood rot agent in Europe. *Phytopathologia Mediterranea* 60: 351-379.
- Nigro, F., Boscia, D., Antelmi, I. & Ippolito, A. 2013. Fungal species associated with a severe decline of olive in southern Italy. *Journal of Plant Pathology* 65: 659-668.
- Nigro, F., Antelmi, I., Sion, V., Parente, P. & Pacifico, A. 2019. First report of *Dactylolectria torresensis* causing foot and root rot of olive trees. *Plant Disease* 103: 768.
- Perez, B.A., Farinon, O.M. & Berretta, M.F. 2011. First report of *Fusarium solani* causing root rot of olive in Southeastern Argentina. *Plant Disease* 95: 1476.
- Piccolo, S.L., Mondello, V., Giambra, S., Conigliaro, G., Torta, L. & Burruano, S. 2014. *Arthrinium phaeospermum*, *Phoma cladoniicola*, and *Ulocladium consortiale*, New Olive Pathogens in Italy. *Journal of Phytopathology* 162: 258-263.
- Priggallo, M.I., Mosca, S., Cacciola, S.O., Cooke, D.E.L. & Schena, L. 2015. Molecular analysis of *Phytophthora* diversity in nursery-grown ornamental and fruit plants. *Plant Pathology* 64: 1308-1319.
- Raimondo, M.L., Lops, F. & Carlucci, A. 2022. First report of *Phaeoacremonium oleae* and *P. viticola* associated with olive trunk diseases in Italy. *Plant Disease* 106: 331.
- Rego, C., Oliveira, H. & Nascimento, T. 2001. Characterisation of «*Cylindrocarpon destructans*» isolates from Grapevines in Portugal. *Phytopathologia Mediterranea*. 40. 10.14601/Phytopathol\_Mediterr-1614.
- Roca, L. F., Romero, J., Raya, M. C. & Trapero, A. (2016). Decaimiento y muerte de olivos por *Rosellinia necatrix* en el Alentejo portugués. In: XVIII Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología, 20-23 September 2016.
- Romero, J., Raya, M.C., Roca, L.F., Moral, J. & Trapero, A. 2016. First report of *Neofabraea vagabunda* causing branch cankers on olives in Spain. *Plant Disease* 100: 527.
- Romero, J., Raya, M.C., Roca, L.F., Agusti-Brisach, C., Moral, J. & Trapero, A. 2018. Phenotypic, molecular and pathogenic characterization of *Phlyctema vagabunda*, causal agent of olive leprosy. *Plant Pathology* 67: 277-294.
- Ruano-Rosa, D., Minutillo, S.A., Li Destri Nicosia, M.G., Agosteo, G.E. & Schena, L. 2017. First report of *Sclerotinia sclerotiorum* associated with olive fruit rot in Italy. *Plant Disease* 101: 1040.

- Ruano-Rosa, D., Schena, L., Agosteo, G.E., Magnano di San Lio, G. & Cacciola, S.O. 2018. *Phytophthora oleae* sp. nov. causing fruit rot of olive in southern Italy. *Plant Pathology* 67: 1362-1373.
- Saharan, G. & Mehta, N. 2008. *Sclerotinia Diseases of Crop Plants: Biology, Ecology and Disease Management.* 10.1007/978-1-4020-8408-9.
- Sergeeva, V., Braun, U., Spooner-Hart, R. & Nair, N. 2008. First report of *Pseudocercospora cladosporioides* on olive (*Olea europaea*) berries in Australia. *Australasian Plant Pathology Society Newslett.* 3: 24.
- Spies, C.F.J., Mostert, L., Carlucci, A., Moyo, P., van Jaarsveld, W.J., Du Plessis, I.L., van Dyke, M. & Halleen, F. 2020. Dieback and decline pathogens of olive trees in South Africa. *Persoonia* 45: 196-220.
- Spies, C.F.J., Moyo, P., Halleen, F. & Mostert, L. 2018. *Phaeoacremonium* species diversity on woody hosts in the Western Cape Province of South Africa. *Persoonia* 40: 26-62.
- Trabelsi, R., et al. 2016. Response of olive tree (*Olea europaea* L.cv. *Chemlali*) to infection with soilborne fungi. *Journal of Plant Diseases and Protection.* 124. 10.1007/s41348-016-0062-8.
- Traper, A., López-Escudero, F. J. & Blanco, M. A. 2017. Enfermedades. Pages 870 733-798 in: El Cultivo del Olivo. 7th ed. D. Barranco, R. Fernández-Escobar and 871 L. Rallo, eds. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, Spain.
- Triki, M.A., Krid Hadj Taieb, S., Cheffi, M., Gharbi, Y. & Rhouma, A. 2015. First report of dieback of olive trees caused by *Neofusicoccum australe* in Tunisia. *Joutnal of Plant Pathology* 97: 209-220.
- Trindade, M. 2019. Estudo da microbiota associada ao lenho de *Pinus pinaster* afetado pelo nematode-da-madeira-do-pinheiro (*Bursaphelenchus xylophilus*) em Portugal. ISA. [https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/21294/1/D\\_Mestrado\\_Manuel\\_Trindade.pdf](https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/21294/1/D_Mestrado_Manuel_Trindade.pdf).
- Valenzuela-Lopez, N., Cano-Lira, J.F., Guarro, J., Sutton, D.A., Wiederhold, N., Crous, P.W. & Stchigel, A.M. 2018. Coelomycetous Dothideomycetes with emphasis on the families Cucurbitariaceae and Didymellaceae. *Studies in Mycology* 90: 1-69.
- Varanda, C., Materatski, P., Landum, M., Campos, M. & Félix, M. (2019). Fungal Communities Associated with Peacock and Cercospora Leaf Spots in Olive. *Plants* 8(6), 169: <https://doi.org/10.3390/plants8060169>.
- Vetraino, A.M., Shrestha, G.P. & Vannini, A. 2009. First report of *Fusarium solani* causing wilt of *Olea europaea* in Nepal. *Plant Disease* 93: 200.
- Úrbez-Torres, J. R., Peduto, F., Vossen, P. M., Krueger, W. H. & Gubler, W. D. 2013. Olive twig and branch dieback: Etiology, incidence, and distribution in California. *Plant Disease* 97:231-244.
- Vitale, S., Santori, A., Wajnberg, E., Castagnone-Sereno, P., Luongo, L. & Belisario, A. 2011. Morphological and molecular analysis of *Fusarium lateritium*, the cause of gray necrosis of hazelnut fruit in Italy. *Phytopathology* 101: 679-686.
- Watson, A.J. 1971. Foreign bacterial and fungus diseases of food, forage, and fiber crops. U.S.D.A. Agricultural Research Service : 111.
- Zlatkovic, M., Wingfield, M.J., Jami, F. & Slippers, B. 2019. Genetic uniformity characterizes the invasive spread of *Neofusicoccum parvum* and *Diplodia sapinea* in the Western Balkans. *Forest Pathology* 49: e12491.

## Quadros e Figuras

**Quadro 1 – Fungos e oomicetas patogénicos para a oliveira a nível mundial.**

Género / espécie	País	Referências
<i>Alternaria</i>	Grécia; Itália; Espanha (Ilhas Baleares)	Fisher <i>et al.</i> , 1992; Carlucci <i>et al.</i> , 2013; Lagogianni <i>et al.</i> , 2017; Tziros <i>et al.</i> , 2021; Markakis <i>et al.</i> , 2021
<i>Arthrinium</i>	Itália; Espanha (Ilhas Baleares)	Fisher <i>et al.</i> , 1992; Piccolo <i>et al.</i> , 2014; Gerin, <i>et al.</i> , 2020
<i>Ascochytlina</i>		Fisher <i>et al.</i> , 1992
<i>Biscogniauxia</i>	Espanha (Ilhas Baleares); Tunísia	Gharbi <i>et al.</i> , 2020
<i>Cadophora</i>	Espanha	Agusti-Brisach <i>et al.</i> , 2021
<i>Camarosporium</i>	Grécia	Holevas <i>et al.</i> , 2000
<i>Colletotrichum</i>	Grécia; Itália, Portugal; Espanha; Tunísia	Iliadi <i>et al.</i> , 2018
<i>Comoclathris</i>	Grécia, Espanha, Tunísia	Moral <i>et al.</i> , 2017
<i>Coniothyrium</i>	Itália; Marrocos	Watson, 1971
<i>Cytospora</i>	Grécia; Espanha	Fisher <i>et al.</i> , 1992; Urbez-Torres <i>et al.</i> , 2013; Kepley <i>et al.</i> , 2015; Moral <i>et al.</i> , 2017; Lopez-Moral <i>et al.</i> , 2020
<i>Dactylolectria</i>	Itália	Nigro <i>et al.</i> , 2019
<i>Ilyonectria destructans</i>	Itália	Carlucci <i>et al.</i> , 2013
<i>Dematophora necatrix</i>		Fusco <i>et al.</i> , 2022
<i>Diaporthe</i>	Itália, Espanha	Carlucci <i>et al.</i> , 2013; Gao <i>et al.</i> , 2017; Moral <i>et al.</i> , 2017; Gajanayake <i>et al.</i> , 2020
<i>Diplodia</i>	Itália, Espanha	Lazzizera <i>et al.</i> , 2008a; Linaldeddu <i>et al.</i> , 2010; Phillips <i>et al.</i> , 2012; Carlucci <i>et al.</i> , 2013; Alves <i>et al.</i> , 2014; Linaldeddu <i>et al.</i> , 2016; Hyde <i>et al.</i> , 2020
<i>Elsinoe</i>	Itália	Watson, 1971; Fan <i>et al.</i> , 2017; Zhao <i>et al.</i> , 2018
<i>Emmia lacerata</i>	Itália	Fusco <i>et al.</i> , 2022
<i>Epicoccum nigrum</i>	Itália	Carlucci <i>et al.</i> , 2013
<i>Eutypa lata</i>	Grécia; Itália	Tosi & Natalini, 2009; Úrbez-Torres <i>et al.</i> , 2013
<i>Fomitiporia</i>	Grécia, Itália; Portugal	Carlucci <i>et al.</i> , 2013; Moretti <i>et al.</i> , 2021
<i>Fusarium</i>	Grécia, Itália; Tunísia; Argentina; Grécia; Nepal; Chile; China; México	Chen, 2002; Balmas <i>et al.</i> , 2005; Vetraino <i>et al.</i> , 2009; Perez <i>et al.</i> , 2011; Vitale <i>et al.</i> , 2011; Hlaiem <i>et al.</i> , 2021; Markakis <i>et al.</i> , 2021
<i>Geosmithia</i>	Espanha	Kolarik <i>et al.</i> , 2017
<i>Lasiodiplodia</i>	Itália	Carlucci <i>et al.</i> , 2013
<i>Lecythophora</i>	Itália	Carlucci <i>et al.</i> , 2013
<i>Nectria</i>	Tunísia	Taieb & Triki, 2016
<i>Neofabraea vagabunda</i>	Espanha	Romero <i>et al.</i> , 2016
<i>Neofusicoccum</i>	Itália, Grécia; Portugal; Tunísia	Lopes <i>et al.</i> , 2016
<i>Paracremonium</i>	Espanha	Agusti-Brisach <i>et al.</i> , 2021
<i>Paracurbitaria</i>	Itália	Valenzuela-Lopez <i>et al.</i> , 2018
<i>Phaeoacremonium</i>	Itália; Espanha	Crous & Gams, 2000; Groenewald <i>et al.</i> , 2001; Nigro <i>et al.</i> , 2013; Carlucci <i>et al.</i> , 2013; Gramaje <i>et al.</i> , 2015; Carlucci <i>et al.</i> , 2015; Spies <i>et al.</i> , 2018; Agusti-Brisach <i>et al.</i> , 2021; Raimondo <i>et al.</i> , 2022
<i>Phlebiopsis</i>	Portugal; Espanha	Romero <i>et al.</i> , 2018
<i>Phoma</i>	Itália	Picollo <i>et al.</i> , 2014
<i>Phytophthora</i>	Itália; Grécia; Espanha; Marrocos	Prigigallo <i>et al.</i> , 2015; Jung <i>et al.</i> , 2016; Gonzalez <i>et al.</i> , 2017; Ruano-Rosa <i>et al.</i> , 2018; Gonzalez <i>et al.</i> , 2019; Linaldeddu <i>et al.</i> , 2020
<i>Pseudocercospora</i>	Itália; Marrocos; Espanha; Tunísia	Avila <i>et al.</i> , 2005; Sergeeva <i>et al.</i> , 2008; Crous <i>et al.</i> , 2015; Avila <i>et al.</i> , 2020; Spies <i>et al.</i> , 2020
<i>Pseudophaeomoniella</i>	Itália; Espanha	Crous <i>et al.</i> , 2015; Spies <i>et al.</i> , 2020; Agusti-Brisach <i>et al.</i> , 2021

<i>Pythium</i>	Marrocos; Espanha	Gonzalez <i>et al.</i> , 2016; Legrifi <i>et al.</i> , 2022
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Itália	Ruano-Rosa <i>et al.</i> , 2017
<i>Stemphylium</i>	Grécia	Markakis <i>et al.</i> , 2021
<i>Thielaviopsis basicola</i>	Itália	Frisullo <i>et al.</i> , 1999
<i>Verticillium</i>	Grécia; Itália; Portugal; Espanha	Holevas <i>et al.</i> , 2000; Collado-Romero <i>et al.</i> , 2010; Keykhasaber <i>et al.</i> , 2018; Keykhasaber <i>et al.</i> , 2018

**Quadro 2 – Apresentação de fungos reconhecidos como patogénicos da oliveira em outros países, onde a sua identificação e a sintomatologia foram confirmadas, estabelecendo uma comparação com a sua deteção em outros hospedeiros em Portugal.**

Fungo	País	Sintomatologia	Hospedeiro em Portugal	Referências
<i>Dematophora necatrix</i>	Itália	-Murchidão da copa e persistência de folhas secas nos ramos; - Filamentos miceliais brancos que envolvem a parte basal do caule enterrado; - Descoloração e apodrecimento da madeira	macieira, pereira	CABI, 2016; Roca <i>et al.</i> , 2016; Fusco <i>et al.</i> , 2022
<i>Diaporthe sp.</i>	Califórnia (EUA)	- Morte de galhos e ramos; - Estrias escuras na madeira em contraste com o tecido verde-amarelado saudável; - Podridões na copa da árvore	eucalipto, pinheiro e sobreiro	Úrbez-Torres <i>et al.</i> , 2013; Moral <i>et al.</i> , 2017; Lopes, 2019
<i>Ilyonectria destructans</i> (= <i>Cylindrocarpon destructans</i> )	Tunísia	- Murchidão; - Podridão radicular; - Enrolamento e secagem das folhas	vinha	Rego <i>et al.</i> , 2001; Carlucci <i>et al.</i> , 2013; Trabelsi <i>et al.</i> , 2016
<i>Neocosmospora haematococca</i> (= <i>Nectria haematococca</i> )	Argentina	- Curvatura do ápice; - Escurecimento e queda das folhas; - Murchidão e morte das plantas.	pinheiro	Barreto <i>et al.</i> , 2003; Triki <i>et al.</i> , 2015; Krid <i>et al.</i> , 2016; Trindade, 2019
<i>Phoma cladoniicola</i> (= <i>Didymocystis cladoniicola</i> )	Itália	- Cloroze foliar, associada com manchas marginais ou apicais irregulares e necróticas, com murchidão das pontas das folhas; - Galhos apresentam desfolha apical, necrose cortical e murchidão	pinheiro	Piccolo <i>et al.</i> , 2014; Hafellner, 2015; Monteiro <i>et al.</i> , 2021
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Itália	- Azeitonas desidratadas e com fendas, sem micélio observável, seguido de apodrecimento.	alface	Saharan & Mehta, 2008; Caldeira, 2010 Ruano-Rosa <i>et al.</i> , 2017

## Oomicetas: ameaça de doença radicular em oliveira

Márcia de Castro Silva<sup>1</sup>; Fernando Felizes<sup>1,2,3</sup>; Tomás dos Santos<sup>4</sup>; Aisha Ismail<sup>5</sup>; Fernanda Simões<sup>1</sup> e António Cordeiro<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. (INIAV I.P.), Pólo de Inovação de Oeiras, Edifício Florestal, Av. da República, 2780-159 Oeiras, Portugal

<sup>2</sup>CE3C - Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes and CHANGE – Global Change and Sustainability Institute, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Edifício C2, 1749-016 Lisboa, Portugal

<sup>3</sup>LEAF - Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Centre, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

<sup>4</sup>Escola Superior de Tecnologia do Barreiro, Instituto Politécnico de Setúbal, Rua Américo da Silva Marinho, s/n, 2839-001 Lavradio

<sup>5</sup>Universidade Lusófona, Campo Grande 376, 1749-024 Lisboa

<sup>6</sup>INIAV - Pólo de Inovação de Elvas, Estrada de Gil Vaz—Apartado 6, 7350-404 Elvas, Portugal \*Email: marcia.silva@iniav.pt

### Resumo

A oliveira (*Olea europaea* L.) é uma espécie mediterrânea de elevada importância económica, representando em Portugal cerca de 1,1 mil milhões de euros em exportações de azeite em 2023. Entre os problemas fitossanitários da cultura, incluem-se doenças radiculares causadas por *Phytophthora* spp., reconhecidos como patogénios altamente destrutivos. Tendo sido referido o seu potencial impacto na oliveira, realizou-se uma prospeção na Estação de Olivicultura da Herdade do Reguengo (INIAV, I.P.). Apresentam-se resultados preliminares de análises morfológicas de solo, que revelaram a presença de três espécies de *Pythium* sensu lato e uma de *Phytophthora*. Perspetiva-se ampliar o estudo a outras regiões de Portugal para uma caracterização mais abrangente destes patogénios.

**Palavras-chave** – Fitopatologia; *Olea europaea* L.; podridão radicular; *Pythium* s.l.; patogénios do solo.

### Abstract

The olive tree (*Olea europaea* L.) is a Mediterranean species of high economic relevance, representing around €1.1 billion in Portuguese olive oil exports in 2023. Among the phytosanitary issues affecting this crop are root diseases caused by *Phytophthora* spp., recognized as highly destructive plant pathogens. Given their potential impact on olive trees, a survey was conducted at the Olive Growing Station of Herdade do Reguengo (INIAV, I.P.). This study presents preliminary results based on morphological analyses of soil samples, which revealed the presence of three *Pythium* sensu lato species and one *Phytophthora* species. Future work will extend this survey to other regions of Portugal to achieve a broader characterization of these pathogens associated with olive cultivation.

**Keywords** – Phytopathology; *Olea europaea* L.; Root rot; *Pythium* s.l.; soil pathogens

## Introdução

A oliveira (*Olea europaea* L.), nativa da região mediterrânica, é um dos pilares económicos dos países produtores. Cerca de 97% da produção mundial de azeite provém de oliveiras cultivadas na região mediterrânica (Issaoui *et al.*, 2022). Em Portugal, as exportações de azeite e derivados atingiram cerca de 600 milhões de euros em 2023, representando um aumento de aproximadamente 12% face ao ano anterior (Compete 2030).

Apesar da sua importância, a oliveira está exposta a diversas pragas e doenças que podem comprometer tanto o vigor vegetativo como a qualidade dos frutos. Entre as doenças fúngicas mais comuns destacam-se a gafa ou antracnose, causada por *Colletotrichum* spp., e o olho-de-pavão, provocado por *Venturia oleaginea*. Ao nível radicular, *Verticillium dahliae* constitui igualmente uma ameaça significativa, conduzindo a declínio severo da planta (Chliyeh *et al.*, 2014; Buonauro *et al.*, 2023).

Entre outros agentes patogénicos associados à oliveira encontram-se os oomicetas, organismos semelhantes a fungos, mas pertencentes ao reino Chromista, filo Oomycota e classe Oomycetes. Dentro deste grupo, o género *Phytophthora*, descrito pela primeira vez em 1876, inclui espécies que podem infetar raízes, colo, folhas e caules, tanto em plantas herbáceas como lenhosas (Ho, 2018), originando sintomas como podridão radicular e do colo, murchidão, amarelecimento foliar e, em casos severos, morte da árvore (Cacciola *et al.*, 2011; Gonzalez *et al.*, 2016). A patogenicidade destas espécies está ligada à produção de estruturas de sobrevivência, como clamidósporos e oósporos, que permanecem viáveis no solo ou em tecidos infetados durante longos períodos. A sua germinação e infeção são favorecidas por condições ambientais específicas, particularmente solos encharcados e temperaturas entre 10 e 35 °C (Sánchez *et al.*, 2008; Rachid *et al.*, 2024).

*Phytophthora cinnamomi* destaca-se pelo seu carácter altamente destrutivo e pela ampla gama de hospedeiros — mais de 500 espécies — sendo a oliveira especialmente suscetível. Os primeiros registo de infeção em oliveira datam de 1949, na Austrália (Anónimo, 1949). Até 2023, foram reportadas cerca de 19 espécies de *Phytophthora* associadas à oliveira, incluindo 12 identificadas nos últimos nove anos, maioritariamente relacionadas com doenças radiculares, e sete com infeções da parte aérea (Quadro 1). Diversas espécies, como *P. megasperma*, *P. inundata*, *P. palmivora* e *P. multivora*, estão associadas a podridão radicular e declínio da árvore; outras, como *P. citricola* e *P. drechsleri*, afetam simultaneamente raízes e colo. Espécies como *P. nicotianae*, *P. cryptogea* e *P. heterospora* podem provocar clorose, lesões necróticas e morte da planta, enquanto *P. acerina*, *P. pini* e *P. plurivora* estão associadas a morte súbita. Outras espécies têm impacto mais específico, como *P. oleae*, responsável pela podridão mole de frutos (Ruano-Rosa *et al.*, 2018), ou apresentam presença documentada sem descrição clara de sintomas, como *P. niederhauseri* (Prigcallo *et al.*, 2015).

Face ao aumento da incidência de doenças causadas por espécies de *Phytophthora* na oliveira, especialmente na região mediterrânica, o presente estudo teve como objetivo detetar *Phytophthora* spp. em amostras de solo provenientes de um olival em Portugal. A identificação destas espécies visa contribuir para o desenvolvimento de estratégias de gestão integrada, baseadas em medidas preventivas e de mitigação, adequadas às condições edafoclimáticas nacionais.

## Material e Métodos

### Amostragem

O estudo foi realizado num olival constituído por cultivares de mesa (*Olea europaea* L.), incluindo Azeiteira, Redondil, Carrasquenha de Elvas, Conserva de Elvas e Mançanilha de Tavira. Foram recolhidas 21 amostras compostas de solo, cada uma formada por quatro subamostras obtidas junto a árvores previamente selecionadas. Antes de cada recolha, as ferramentas utilizadas foram desinfetadas para evitar contaminação entre pontos de amostragem. Após a remoção da manta superficial de folhas e detritos, procedeu-se à escavação do solo em quatro pontos ao redor de cada árvore, entre 0,3 e 1,0 m do tronco e a 10–30 cm de profundidade. As subamostras foram misturadas até formar uma amostra representativa de aproximadamente 500 g. O solo foi acondicionado em sacos plásticos etiquetados e transportado em condições controladas (10–20°C) até ao laboratório, onde permaneceu armazenado até às análises.

### Isolamento

No laboratório, as amostras foram homogeneizadas e transferidas para recipientes de plástico. Adicionou-se água destilada lentamente até submergir o solo, removendo-se os detritos flutuantes. Como armadilhas para o isolamento de *Phytophthora* spp., utilizaram-se folhas jovens e saudáveis de espécies suscetíveis, nomeadamente *Quercus suber*, *Quercus rotundifolia*, *Persea americana* e *Eucalyptus globulus*. As folhas foram colocadas a flutuar na superfície da água e os recipientes incubados a 22°C sob luz natural. As armadilhas foram observadas a partir de 2 dias e até aos 14 dias. Folhas que apresentaram lesões necróticas castanhas a escuras foram examinadas sob lupa binocular e microscópio ótico para deteção de esporângios característicos de *Phytophthora* ou outros oomicetas. Pequenos fragmentos das zonas lesionadas (2–4 mm) foram desinfetados em NaOCl a 1,5% (p/v) durante 1 minuto, enxaguados em água destilada estéril, secos em papel absorvente e transferidos para o meio seletivo CMA-P<sub>s</sub>ARP(H) (Corn Meal Agar; Pimaricina; Ampicilina; Rifampicina; Pentacloronitrobenzeno e Himexazol) (Jeffers & Martin, 1986). As placas foram incubadas no escuro a 20°C e observadas diariamente. Hifas identificadas como pertencentes a *Phytophthora* spp. foram posteriormente subcultivadas em Ágar Batata-Dextrose (PDA) para obtenção de culturas puras.

## Resultados e Discussão

A deteção de *Phytophthora* spp. nas amostras de solo analisadas baseou-se exclusivamente em características morfológicas, representando uma abordagem preliminar à caracterização deste grupo de patogénios no contexto do olival português. Embora preliminares, estas observações permitem integrar os resultados no quadro mais amplo das espécies já referidas para a cultura da oliveira a nível internacional. Desde 1946, foram reportadas cerca de 19 espécies de *Phytophthora* associadas a doenças da oliveira em cinco países — Austrália, Espanha, Estados Unidos, Grécia e Itália — evidenciando a diversidade e importância fitopatológica deste género. A maioria (cerca de 63%) está associada exclusivamente a infecções radiculares, enquanto as restantes apresentam também capacidade de infecção aérea, reforçando que a transmissão ocorre predominantemente através do solo.

Nas 21 amostras de solo recolhidas no presente estudo, foram identificadas três espécies distintas de *Pythium* sensu lato e uma espécie de *Phytophthora*. As deteções de *Pythium* ocorreram nas variedades Azeiteira (duas amostras) e Redondil (uma amostra),

enquanto *Phytophthora* sp. foi identificada numa amostra da variedade Redondil. Importa notar que, no mesmo solo onde foi isolada *Phytophthora* sp., foi igualmente registada a presença de *Pythium* sp. s. l., sugerindo eventual coexistência ou interação destes oomicetas em ambientes radiculares favoráveis ao seu desenvolvimento.

Em diversos hospedeiros, *Pythium* spp. tende a causar danos sobretudo em plantas jovens, sendo particularmente frequente em viveiros e sistemas hidropónicos. Em oliveira, a patogenicidade das espécies *P. irregularis*, *P. schmitthenneri* e *P. spiculum* já foi demonstrada em ensaios com plantas jovens, tendo sido até agora identificadas apenas três espécies associadas a esta cultura, distribuídas por Espanha e Marrocos (Sánchez Hernandez *et al.*, 1997; Gonzalez *et al.*, 2016; Legrifi *et al.*, 2022). Embora geralmente menos agressivo que *Phytophthora*, o impacto de *Pythium* em raízes imaturas pode comprometer a instalação e o vigor inicial das plantas.

Espera-se uma crescente incidência de oomicetas em olival — em particular em sistemas intensivos, onde a elevada densidade de plantação e a rega favorecem condições de solo húmido — exige uma abordagem integrada de prevenção e controlo. Práticas como o uso de material vegetativo certificado, análises prévias do solo, higienização rigorosa de ferramentas e máquinas, e a promoção de uma boa drenagem são fundamentais para limitar a sobrevivência e disseminação destes agentes. A seleção de cultivares menos suscetíveis, quando disponível, constitui igualmente uma medida de longo prazo. O recurso a produtos fitofarmacêuticos deve ser encarado como última opção e aplicado apenas quando sustentado por diagnóstico preciso e condições adequadas de eficácia (Guest & Drenth, 2004).

Apesar da relevância de *Phytophthora* como agente causal de cerca de 90% das podridões radiculares e do colo em plantas lenhosas, a subdiagnóstica permanece comum. Dificuldades no isolamento do patogénio podem resultar em falsos negativos, conduzindo à atribuição errónea dos sintomas a outros organismos, como *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia* ou nemátodos (Tsao, 1990). Este cenário reforça a importância de métodos diagnósticos específicos e da continuação de estudos que permitam caracterizar de forma mais completa a diversidade de oomicetas presentes nos olivais portugueses.

## Conclusão

O presente estudo evidencia a escassez de informação disponível em Portugal sobre o papel dos oomicetas, em particular daqueles associados a doenças radiculares da oliveira, sublinhando assim o carácter pioneiro deste trabalho. A deteção exclusiva de espécies cujo ciclo de disseminação ocorre pelo solo, e não pelo ar, reforça a importância de considerar o solo como o principal reservatório e via de propagação destes patogénios. Nas amostras analisadas foram identificadas três espécies distintas de *Pythium* sensu lato — associadas às variedades Azeiteira e Redondil — e uma espécie de *Phytophthora* na variedade de Redondil, igualmente detetada em solo de olival.

Estes resultados destacam a necessidade de integrar práticas de prevenção e gestão, de forma a reduzir a incidência e o impacto destes organismos. Medidas como a melhoria da drenagem, o uso de material vegetal certificado e a adoção de medidas culturais que promovam a sanidade do solo constituem passos fundamentais não só para limitar a disseminação dos oomicetas, mas também para favorecer a sustentabilidade do ecossistema do olival.

Como continuidade deste trabalho, torna-se essencial aprofundar a investigação, tanto na identificação de novas espécies presentes nos olivais portugueses como na compreensão da

patogenicidade na cultura. Um conhecimento mais aprofundado da diversidade destes agentes patogénicos permitirá desenvolver estratégias de gestão mais eficazes e contribuirá para mitigar os efeitos de *Phytophthora* e de outros oomicetas na produção olivícola.

### Agradecimentos

À Fundação para a Ciência e a Tecnologia pela Bolsa de Doutoramento de Fernando Felizes (<https://doi.org/10.54499/2023.02936.BDANA>) e o atribuído ao Green-it Bioresources for Sustainability R&D Unit (UID/04551/2025, UID/PRR/04551/2025)

### Referências

- Anónimo. (1949). Plant disease. In: Sánchez Hernández, M. E., Ruiz Dávila, A., Pérez de Algaba, A., Blanco López, M. A., & Trapero Casas, A. (1998). Occurrence and etiology of death of young olive trees in southern Spain. *European Journal of Plant Pathology*, 104, 347–357. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1008624929989>.
- Buonauro, R., Almadi, L., Famiani, F., Moretti, C., Agosteo, G. E., & Schena, L. 2023. Olive leaf spot caused by *Venturia oleaginea*: An updated review. *Frontiers in plant science*, 13, 1061136. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1061136>
- Almeida, R. P. P. 2016. Can Apulia's olive trees be saved? *Science*, 353(6297), 346–348. <https://doi.org/10.1126/science.aaf9710>.
- Cacciola, S., Faedda, R., Pane, A., & Scarito, G. (2011). *Olive Diseases and Disorders*. Transworld Research Network.
- Chliyeh, M., Touati, J., Selmaoui, K., Ouazzani Touhami, A., Abdelkarim, F. M., El Modafar, C., Abdelmajid, M., Benkirane, R., & Douira, A. (2014). Bibliographic inventory of the olive tree (*Olea europaea* L.) fungal diseases in the world. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PURE & APPLIED BIOSCIENCE*, 2, 46-79.
- COMPETE 2030 - [https://www3.compete2030.gov.pt/comunicacao/portugal-destaca-se-como-quinto-maior-produtor-mundial-de-azeite/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www3.compete2030.gov.pt/comunicacao/portugal-destaca-se-como-quinto-maior-produtor-mundial-de-azeite/?utm_source=chatgpt.com) (08.01.2025)
- Deidda, A., Brandano, A., Angius, F., Solla, A., & Scanu, B. (2022). Severe dieback and mortality of wild olive trees associated with *Phytophthora* species in Italy. *New Disease Reports*, 46(2). <https://doi.org/10.1002/ndr2.12136>.
- Drenth, A., & Sendall, B. (2001). Practical guide to detection and identification of *Phytophthora*. *Tropical plant protection*, 1, 32-33.
- Erwin, D. C., & Ribeiro, O. K. (1996). *Phytophthora* diseases worldwide. APS Press. In: Drenth, A., & Sendall, B. (2001). Practical guide to detection and identification of *Phytophthora*. *Tropical plant protection*, 1, 32-33.
- Gonzalez, M., Serrano, M. S., & Sanchez, M. E. (2016). First report of *Pythium* spiculum causing root rot on wild-olive in Spain. *Plant Disease*, 100(7), 1023-1024.
- Guest, D. I., & Drenth, A. (2004). Diversity and management of *Phytophthora* in southeast Asia. Canberra, A.C.T.: Australian Centre for International Agricultural Research. <http://www.aciar.gov.au/web.nsf/doc/ACIA-67E8HU/>.
- Ho, H. (2018). The Taxonomy and Biology of *Phytophthora* and *Pythium*. *Journal of Bacteriology & Mycology: Open Access*, 6(1). <https://doi.org/10.15406/jbmoa.2018.06.00174>.
- Issaoui, W., Alexakis, D.D., Nasr, I.H., Argyriou, A.V., Alevizos, E., Papadopoulos, N. & Inoubli, M.H. 2022. Monitoring Olive Oil Mill Wastewater Disposal Sites Using Sentinel-2

- and PlanetScopeSatellite Images: Case Studies in Tunisia and Greece. *Agronomy* 12, 90. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010090>
- Jeffers, S. N., & Martin, S. B. (1986). Comparison of Two Media Selective for *Phytophthora* and *Pythium* Species. *Plant Disease*, 70, 1038–1043.
- Kouyeas, H., & Chitzanidis, A. (1968). Notes on Greek species of *Phytophthora*. In: Chliyeh, M., Touati, J., Selmaoui, K., Ouazzani Touhami, A., Abdelkarim, F. M., El Modafar, C., Abdelmajid, M., Benkirane, R., & Douira, A. (2014). *Bibliographic inventory of the olive tree (Olea europaea L.) fungal diseases in the world. INTERNATIONAL JOURNAL OF PURE & APPLIED BIOSCIENCE*, 2, 46-79.
- Kouyeas, H., & Chitzanidis, A. (1978). Host list of *Phytophthora* spp. identified in Greece. In: Nigro, F., & Ippolito, A. (2002). OCCURRENCE OF NEW ROTS OF OLIVE DRUPES IN APULIA. *Acta Horticulturae*, 586, 777–780. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2002.586.168>.
- Legrifi, I., Figuigui, J. A., Radouane, N., Ezrari, S., Belabess, Z., Tahiri, A., Amiri, S., & Lahlali, R. (2022). First report of *Pythium schmitthenneri* on olive trees and in Morocco. *Australasian Plant Disease Notes*, 17, 3.
- Linaldeddu, B. T., Bregant, C., Montecchio, L., Favaron, F., & Sella, L. (2020). First Report of *Phytophthora acerina*, *P. pini*, and *P. plurivora* Causing Root Rot and Sudden Death of Olive Trees in Italy. *Plant Disease*, 104(3), 996–996. <https://doi.org/10.1094/pdis-10-19-2080-pdn>.
- Linaldeddu, B. T., Rossetto, G., Maddau, L., Vatrano, T., & Bregant, C. (2023). Diversity and pathogenicity of *Botryosphaeriaceae* and *Phytophthora* species associated with emerging olive diseases in Italy. *Agriculture*, 13(8), 1575. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081575>.
- Migliorini, D., Khdiar, M. Y., Padrón, C. R., Vivas, M., Barber, P. A., Hardy, G. E. S. J., & Burgess, T. I. (2019). Extending the host range of *Phytophthora multivora*, a pathogen of woody plants in horticulture, nurseries, urban environments and natural ecosystems. *Urban Forestry & Urban Greening*, 46, 126460. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126460>.
- Nigro, F., & Ippolito, A. (2002). OCCURRENCE OF NEW ROTS OF OLIVE DRUPES IN APULIA. *Acta Horticulturae*, 586, 777–780. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2002.586.168>.
- Ruano-Rosa, D., Schena, L., Agosteo, G. E., Magnano di San Lio, G., & Cacciola, S. O. (2018). *Phytophthora oleae* sp. nov. causing fruit rot of olive in southern Italy. *Plant Pathology*, 67(6), 1362–1373. <https://doi.org/10.1111/ppa.12836>.
- Sánchez, M. E., Muñoz, M., Guerrero, N., Cuesta, J., Expósito, D., Raya, M. C., & Trapero, A. (2008). La podredumbre radical del olivo y acebuche. Hoja divulgativa, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, 6 pp..
- Sánchez-Hernandez, M. E., Ruiz-Davila, A., & Trapero-Casas, A. (1997). First report of *Phytophthora megasperma* and *Pythium irregularis* as olive tree root pathogens. *Plant Disease*, 81, 1216.
- Sánchez Hernández, M.E. Ruiz Dávila, A. Trapero Casas, A. (1998a) *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas*.
- Sánchez Hernández, M. E., Ruiz Dávila, A., Pérez de Algaba, A., Blanco López, M. A., & Trapero Casas, A. (1998b). Occurrence and etiology of death of young olive trees in

- southern Spain. *European Journal of Plant Pathology*, 104, 347–357. <https://doi.org/10.1023/A:1008624929989>.
- Santilli, E., Riolo, M., La Spada, F., Pane, A., & Cacciola, S. O. (2020). First Report of Root Rot Caused by *Phytophthora bilorbang* on *Olea europaea* in Italy. *Plants*, 9(7), 826. <https://doi.org/10.3390/plants9070826>.
- Scanu, B., Jung, T., Masigol, H., Linaldeddu, B. T., Jung, M. H., Brandano, A., Mostowfizadeh-Ghalamfarsa, R., Janoušek, J., Riolo, M., & Cacciola, S. O. (2021). *Phytophthora heterospora* sp. nov., a New Pseudoconidia-Producing Sister Species of *P. palmivora*. *Journal of Fungi*, 7(10), 870. <https://doi.org/10.3390/jof7100870>.
- Spooner-Hart, R. (2005). Sustainable pest and disease management in Australia olive production (RIRDC Publication No. 05/080). Rural Industries Research and Development Corporation. <https://olivebiz.com.au/industry-resources/reports/rirdc-resource-updates/>.
- Teviotdale B.E. (1994). Diseases of olive. In Nigro, F., & Ippolito, A. (2002). OCCURRENCE OF NEW ROTS OF OLIVE DRUPES IN APULIA. *Acta Horticulturae*, 586, 777–780. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2002.586.168>.
- Thines, M. (2018). Oomycetes. *Current Biology*, 28(15), R812-R813. [https://www.cell.com/current-biology/pdf/S0960-9822\(18\)30698-5.pdf](https://www.cell.com/current-biology/pdf/S0960-9822(18)30698-5.pdf).
- Tsao, P. H. (1990). Why many *Phytophthora* root rots and crown rots of tree and horticultural crops remain undetected. In Practical guide to detection and identification of *Phytophthora*. Tropical plant protection, 1, 32-33.

## Quadros e Figuras

**Quadro 1** – Relatos de espécies de *Phytophthora* associadas a oliveira (*Olea europaea* L.) ao longo dos anos em todo o mundo, assim como as vias de dispersão do patogénio (por via radicular (\*) e por via aérea e radicular (\*\*)

Espécie de <i>Phytophthora</i>	País	Ano	Vias	Ano da publicação
			de dispersão do patogénio	
<i>P. cinnamomi</i>	Austrália	1949	*	Anónimo, 1949
<i>P. megasperma</i>	Grécia	1968	**	Kouyeas & Chitzanidis 1968
<i>P. citricola</i>	Grécia	1978	**	Kouyeas & Chitzanidis, 1978
<i>P. drechsleri</i>	EUA	1994	*	Teviotdale, 1994
<i>P. cactorum</i>	EUA; Itália	1996; 2023	**	Erwin & Ribeiro, 1996; Linaldeddu et al., 2023
<i>P. palmivora</i>	Espanha	1997	**	Sánchez Hernandez et al., 1997
<i>P. inundata</i>	Espanha	1998	*	Sánchez Hernandez et al., 1998a
<i>P. nicotianae</i>	Itália	2002	*	Nigro & Ippolito, 2002
<i>P. cryptogea</i>	Itália; Austrália	2002; 2005	*	Nigro & Ippolito, 2002; Spooner-Hart, 2005
<i>P. niederhauseri</i>	Itália	2015	*	Prigicallo et al., 2015
<i>P. oleae</i>	Itália	2018	*	Ruano-Rosa et al., 2018
<i>P. multivora</i>	Austrália	2019	**	Migliorini et al., 2019
<i>P. acerina</i>	Itália	2020	*	Linaldeddu et al., 2020
<i>P. bilorbang</i>	Itália	2020	*	Santilli et al., 2020
<i>P. pini</i>	Itália	2020	**	Linaldeddu et al., 2020
<i>P. plurivora</i>	Itália	2020	*	Linaldeddu et al., 2020
<i>P. heterospora</i>	Itália	2021	**	Scanu et al., 2021
<i>P. pseudocryptogea</i>	Itália	2022	*	Deidda et al., 2022
<i>P. crassamura</i>	Itália	2023	*	Linaldeddu et al., 2023

# **Sessão III:**

## **Tecnologia de produtos do olival**

---

## Composição química e sensorial de azeites obtidos de Zambujeiro, Leucocarpa e Galega Vulgar

Beatriz Azinheira<sup>1</sup>, Conceição Vitorino<sup>1</sup>, Cecília Gouveia<sup>1</sup>, & Fátima Peres<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária, 6001-909 Castelo Branco, Portugal, \*fperes@ipcb.pt

<sup>2</sup>LEAF, Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Center, Associated Laboratory Terra, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal.

### Resumo

Este trabalho apresenta um estudo sobre a composição química de azeites Zambujeiro, Leucocarpa e Galega provenientes de amostras de azeitona colhidas na Região Centro de Portugal. Foram analisados os critérios de qualidade, a composição em ácidos gordos (cromatografia gasosa, GC-FID) e triacilgliceróis (cromatografia líquida, HPLC-RID), o teor em fenóis totais (espectroscopia VIS) e a composição fenólica (cromatografia líquida, RP-HPLC-DAD).

No que se refere aos critérios de qualidade, todos os azeites estão em conformidade com a categoria de “azeite virgem extra”, com exceção do azeite de Leucocarpa, obtido em estados de maturação muito precoce que apresenta absorvâncias no ultravioleta muito elevadas. O exame organoléptico revela frutados médios (mediana > 4) e amargo e picante intenso (mediana > 6) para os azeites avaliados. Relativamente à composição em ácidos gordos os azeites Leucocarpa e Zambujeiro, apresentaram altos teores de ácido palmítico (> 20%) e palmitoleico (> 3,5%), não estando em conformidade com os limites da legislação europeia para azeite virgem. Quando se calcula o número de átomos de carbonos equivalentes (NCE), a diferença de NCE 42 encontram-se valores > |0,2|, (Zambujeiro). No perfil fenólico verifica-se que o teor em hidroxitirosol e oleaceína é mais elevado no azeite Galega. Por seu turno, os teores mais elevados de tirosol são no azeite de Zambujeiro e os de oleocantal no azeite de Leucocarpa.

**Palavras-chave** - ácidos gordos, oleaceína, oleocantal, triacilgliceróis.

### Abstract

This work evaluates the chemical composition of Zambujeiro, Leucocarpa, and Galega olive oils from Central Portugal. The analysis included quality criteria, fatty acid composition (gas chromatography, GC-FID) and triacylglycerols (liquid chromatography, HPLC-RID), total phenol content (VIS spectroscopy) and phenolic composition (liquid chromatography, RP-HPLC-DAD).

Regarding quality criteria, all the oils comply with the “extra virgin” category, except for the Leucocarpa oil obtained at the very early ripening stage, which exhibits very high UV absorbance values. Organoleptic assessment revealed medium fruitiness (median > 4) and intense bitter and pungent (median > 6). The fatty acid composition showed high contents of palmitic acid (> 20%) and palmitoleic acid (> 3.5%) in the Leucocarpa and Zambujeiro olive oils, which do not meet the European legislation limits for virgin olive oil. In the triacylglycerol composition the calculation of equivalent carbon number (ECN), the ECN 42 for Zambujeiro oil

is > |0,2|. Olive oils phenolic profiles shows that hydroxytyrosol and oleacein content is higher in Galega olive oil. In turn, the highest levels of tyrosol are found in Zambujeiro and oleocanthal in Leucocarpa olive oil.

**Keywords** - fatty acids, oleacein, oleocanthal, triacylglycerols.

## Introdução

O Zambujeiro (*Olea europaea* var. *sylvestris*), também conhecido como oliveira brava, é uma variedade mediterrânea que produz frutos pequenos e de difícil extração, mas cujo óleo tem atraído crescente interesse devido às suas propriedades bioativas. Esta variedade é altamente resistente a condições adversas, a fatores bióticos e abióticos, o que lhe confere um elevado potencial como recurso genético. No entanto, o seu valor permanece subexplorado e pouco reconhecido (Chiappetta & Muzzalupo, 2012).

A *Olea europaea* L. *Leucocarpa* cv. é uma variedade que, no final da maturação, produz frutos de cor branco-marfim. A informação disponível sobre as suas características químicas e sensoriais é escassa. A produção de azeitonas brancas está associada a uma mutação genética que impede a síntese de antocianinas (Pasqualone et al., 2012). Entre 1530 e 1798, essas azeitonas eram conhecidas na Europa como "pérolas maltesas" (Verde, 2017). Historicamente, o azeite dessa variedade era particularmente valorizado em cultos religiosos, simbolizando pureza devido à cor branca dos frutos. Por essa razão, oliveiras desta variedade são frequentemente encontradas na proximidade de igrejas, conventos e outros locais com significado religioso.

A cultivar Galega Vulgar é uma variedade domesticada que integra o património olívcola português, estando presente em cinco das seis Denominações de Origem Protegida (DOP) do país. Segundo Fevereiro et al. (2011), esta cultivar provavelmente foi originada a partir da seleção de estacas de diferentes exemplares de Zambujeiros. No entanto, esta variedade apresenta uma alta suscetibilidade a várias pragas e doenças, incluindo tuberculose, cochonilha, fumagina, gafa e mosca-da-azeitona (Leitão et al., 1986), afetando o rendimento e a qualidade do azeite. Os frutos são caracterizados por tamanho médio-pequenos, sendo valorizados na gastronomia portuguesa, especialmente pelo azeite deles extraído, mas também pela azeitona de mesa. Quimicamente, este azeite é caracterizado por um baixo teor de ácido linoleico, o que contribui para uma maior estabilidade oxidativa (Peres et al, 2016).

Este estudo tem como objetivo comparar química e sensorialmente azeites provenientes de azeitona Galega Vulgar, Leucocarpa e Zambujeiro da região Centro de Portugal. Ao analisar a variabilidade química e as características sensoriais desses azeites, pretende-se reconhecer atributos únicos que possam maximizar seu valor gastronómico e nutricional, além de contribuir para a preservação dessas variedades e a sustentabilidade dos recursos naturais.

## Material e Métodos

O azeite foi extraído de amostras de azeitonas colhidas na região centro de Portugal (Beira Baixa e Santarém), provenientes de oliveiras centenárias em sequeiro. A colheita de frutos foi realizada manualmente em outubro e novembro de 3,5 kg por amostra de Galega, Zambujeiro e Leucocarpa. Neste trabalho comparam-se apenas a composição das amostras de azeite Galega obtidas em condições de sequeiro e com baixa % de danos nos frutos de pragas e

doenças. O índice de maturação (IM) dos frutos foi avaliado de acordo com o método do Conselho Oleícola Internacional (COI, 2011).

A extração do azeite foi efetuada no equipamento Abencor (MC2 Ingenieria y Sistemas S.L., Seville, Spain). As azeitonas foram trituradas por um moinho de martelos (1 CV a 3000 rpm). A pasta resultante foi submetida a uma fase de batedura durante 30 minutos a 28 °C. Posteriormente, o azeite foi separado por centrifugação (3500 rpm durante 1 minuto), recolhido em frascos de vidro âmbar e preparado para análise conforme especificado na norma ISO 661. As amostras foram adequadamente identificadas e armazenadas ao abrigo da luz à temperatura ambiente.

Os critérios de qualidade, incluindo a acidez, índice de peróxidos e absorvâncias ( $K_{232}$  e  $K_{270}$ ), foram determinados de acordo com o Regulamento (EU) n.º 2019/1604 (2019) nos respetivos anexos II, III e IX. O exame organolético foi realizado por um painel selecionado e treinado (COI, 2018).

A composição em ácidos gordos foi determinada por cromatografia gasosa com deteção por ionização de chama (CG-FID), utilizando um sistema Hewlett Packard 6890 equipado com uma coluna SP 2380™ Supelco (60 m x 0,25 mm x 0,20 µm) conforme descrito no anexo X do Regulamento (UE) n.º 2019/1604 (2019). A composição em triacilgliceróis foi avaliada por HPLC-RID, de acordo com método COI/T20/Doc.n.º 20, num equipamento Agilent 1100, injector manual, coluna Superspher 100 RP-18 (250 mm x 4 mm x 4 µm).

A determinação dos fenóis totais foi executada recorrendo a uma microextração líquido-líquido (MELL) de acordo com Pizarro et al. (2013). Os extratos obtidos foram analisados por espetrofotometria VIS a 765 nm, no equipamento Jasco 7800 e os resultados expressos em mg de ácido gálico por kg de azeite.

O perfil fenólico foi obtido por cromatografia líquida de alta eficiência segundo o método descrito Conselho Oleícola Internacional (COI), com algumas modificações. A extração dos compostos fenólicos foi baseada no método de Pirisi et al. (2000), que recorre a uma extração líquido-líquido. Foi utilizado um equipamento HPLC Agilent 1100, composto por um desgaseificador, uma bomba quaternária, um forno de coluna, um amostrador automático e um detector de arranjo de diódios (DAD) e leituras a 280, 320 e 360 nm. A fase estacionária consistiu numa coluna analítica Purospher C18 (250 mm x 3,9 mm x 4 µm). A fase móvel e o programa de gradiente utilizados seguiram as recomendações do COI (COI, 2017). Os padrões de ácido gálico, hidroxitirosol, tirosol, ácido vanílico, ácido cafeico, vanilina, *p*-cumárico, *o*-cumárico, oleaceína, oleuropeína, oleocantal, pinoresinol, ácido cinâmico, luteolina e apigenina foram injetados para a identificação dos compostos fenólicos. O ácido siríngico foi utilizado como padrão interno e os resultados expressos em mg de equivalentes de tirosol por kg de azeite.

Para a análise estatística dos resultados realizou-se a análise de variância (ANOVA) e comparação dos valores médios utilizando o teste post-hoc de Tukey, para um nível de significância de 0,05, utilizando o pacote estatístico Statistica, versão 14, Statsoft, Tulsa, Ok, EUA.

## Resultados e Discussão

Para os azeites cuja composição química apresentamos neste estudo, os critérios de qualidade correspondem à categoria de azeite virgem extra (acidez < 0,3 %; IP < 8, K<sub>270</sub> < 0,22 e K<sub>232</sub> < 2,24 e ausência de defeitos e mediana do frutado >0. No entanto, os azeites da primeira

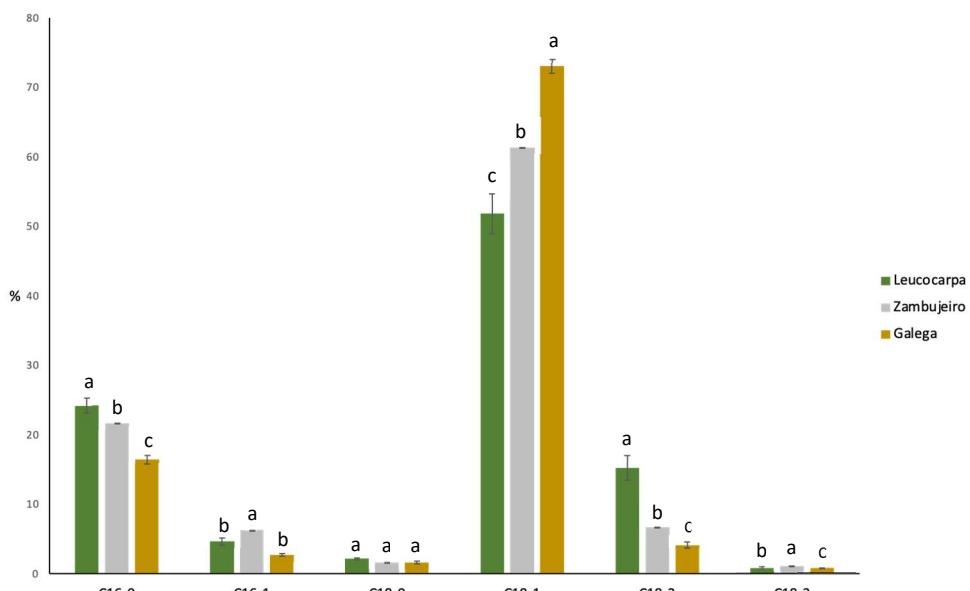
colheita (C1) da cultivar Leucocarpa apresentaram os índices espetrofotométricos ( $K_{232}$  e  $K_{270}$ ) acima dos limites estabelecidos pela legislação para a categoria de azeite virgem (Quadro 1).

O exame organoléptico (Quadro 1) revelou características distintas entre os azeites das três cultivares estudadas. O exame organolético revela frutados médios (mediana > 4) e amargo e picante intenso (mediana > 6) para os azeites avaliados, excepto para o azeite Zambujeiro que apresentou um perfil sensorial equilibrado, com os três estímulos (frutado, amargo e picante) bem harmonizados. Estas diferenças evidenciam o caráter único de cada cultivar, destacando o seu potencial para aplicações diferenciadas no mercado gastronómico, onde o perfil sensorial pode ser um fator determinante na valorização dos azeites (Rodrigues et al., 2020).

**Quadro 1 – Critérios de qualidade dos azeites Galega, Zambujeiro e Leucocarpa (primeira colheita (C1); segunda colheita (C2)).**

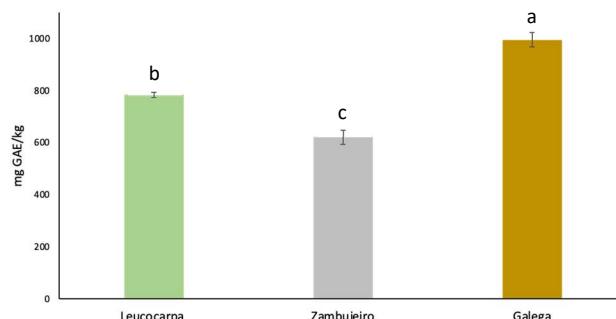
Azeite	IM	Acidez (% ác. oleico)	Índice de peróxidos (meq O <sub>2</sub> /kg)	$K_{232}$	$K_{270}$	$\Delta K$	Frutado	Amargo	Picante
Galega	3,4	0,28	5,87	2,125	0,215	-0,017	5,57	7,57	7,93
Zambujeiro	3,1	0,17	8,18	2,209	0,217	-0,021	4,27	6,93	7,60
Leucocarpa	-	0,34 (C1) 0,17 (C2)	15,1 7,63	2,997 2,243	0,318 0,194	-0,026 -0,016	5,17 4,33	9,27 7,07	9,67 8,17
Azeite virgem extra	-	$\leq 0,80$	$\leq 20,0$	$\leq 2,50$	$\leq 0,22$	$\leq 0,01$	> 0	-	-
Azeite virgem	-	$\leq 2,0$	$\leq 20,0$	$\leq 2,60$	$\leq 0,25$	$\leq 0,01$	> 0	-	-
Azeite lampante	-	$> 2,0$	-	-	-	-	-	-	-

Os ácidos gordos são os componentes mais importantes da composição química do azeite, influenciando o seu perfil nutricional e a estabilidade oxidativa (Salas et al., 2013). O perfil dos ácidos gordos mais importantes (Figura 1) apresentou diferenças entre os azeites das três cultivares analisados. No azeite Zambujeiro, os teores de ácido palmítico (21,64%), palmitoleico (6,21%) e linolénico (1,04%) excederam os limites estabelecidos pelo Regulamento Delegado (UE) 2022/2104. Da mesma forma, o azeite Leucocarpa, apresentou teores acima do limite para o ácido palmítico (24,21%) e palmitoleico (4,61%), enquanto o teor de ácido oleico foi inferior ao estipulado (51,87%). Consequentemente o azeite da cultivar Galega mostrou um maior teor de ácidos gordos monoinsaturados (MUFA), enquanto o azeite Leucocarpa apresentou menor teor em MUFA, refletindo a baixa percentagem de ácido oleico (< 52%). Este último também se destacou pelo maior teor de ácidos gordos polinsaturados (PUFA), associado à elevada percentagem em ácido linoleico (15,24%). Tanto o azeite Leucocarpa quanto o Zambujeiro apresentam teores elevados de ácidos gordos saturados (SFA), principalmente devido ao teor de ácido palmítico (> 20%).



**Figura 1 -** Composição nos ácidos gordos maioritários palmítico (C16:0), palmitoleico (C16:1), esteárico (C18:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2 ) e linolénico (C18:3) dos azeites de Leucocarpa, Zambujeiro e Galega (para o mesmo ácido gordo, letras diferentes indicam diferenças significativa segundo o teste *post hoc* de Tukey, para um nível de significância de 0,05).

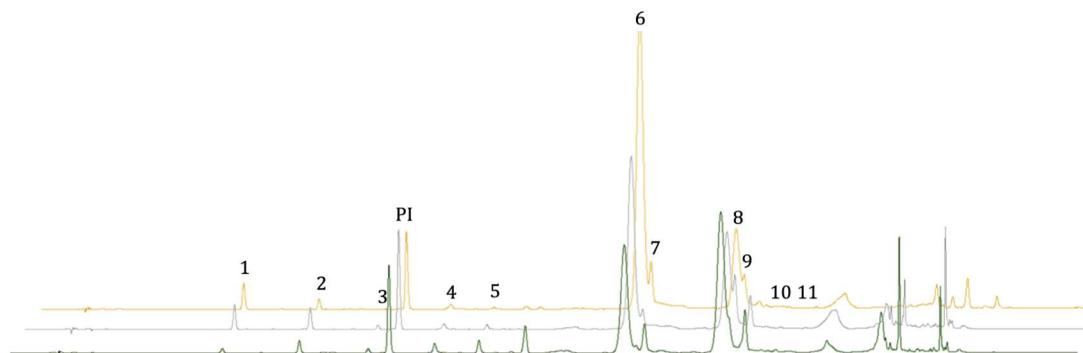
O teor de fenóis totais no azeite é fundamental não apenas para avaliar a sua capacidade antioxidante, mas também para compreender o seu potencial benéfico para a saúde, sendo um parâmetro que influencia diretamente a estabilidade e qualidade do produto final (Tsimidou, 2013; Boskou, 2015). Relativamente à composição em fenóis totais (Figura 2), os azeites Leucocarpa mostraram teores próximos de 800 mg GAE/kg. Por seu turno, o azeite Zambujeiro apresentou o teor mais baixo de fenóis totais, com 622,25 mg GAE/kg, enquanto o azeite da cultivar Galega destacou-se dos demais com um teor significativamente superior de 995,02 mg GAE/kg.



**Figura 2 -** Teor em fenóis totais dos azeites Leucocarpa, Zambujeiro e Galega (letras diferentes indicam diferenças significativa segundo o teste *post hoc* de Tukey, para um nível de significância de 0,05).

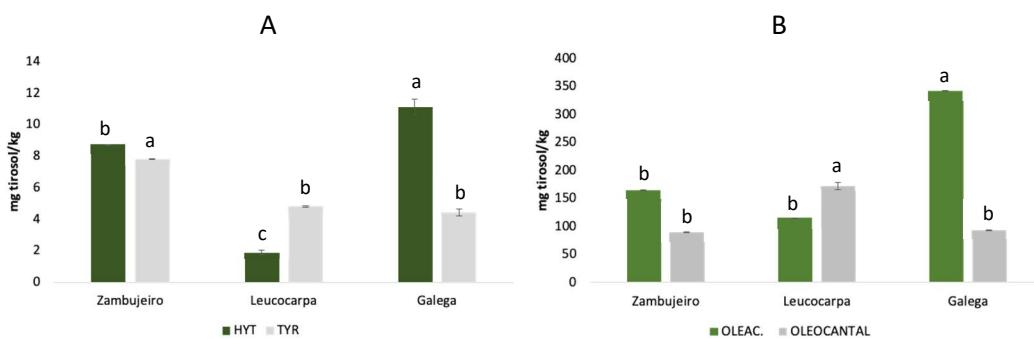
No que se refere ao perfil fenólico, o tirosol e o hidroxitirosol são fenóis primordiais no azeite, reconhecidos pelas suas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, desempenhando um papel importante na promoção da saúde cardiovascular e na estabilidade oxidativa do azeite (Boskou et al., 2006). A análise do perfil fenólico (Figura 3) revelou a presença de 11 compostos distintos nos azeites das três cultivares, incluindo ácidos fenólicos, álcoois

fenólicos, flavonoides, aglíconas de secoiridoides, bem como derivados de ligstrósidos. Além disso, a vanilina e o pinoresinol foram identificados em todos os azeites analisados, com um pico cromatográfico correspondente ao pinoresinol claramente maior no azeite Leucocarpa, destacando-se a presença deste lignano em comparação com as restantes amostras. Esses compostos fenólicos são fundamentais não apenas pela sua contribuição nas características sensoriais dos azeites, mas também pelo seu impacto positivo na saúde, evidenciando a importância do azeite da cultivar Galega, que apresentou a maior concentração de fenóis, em comparação com os restantes azeites.



**Figura 3** - Perfil fenólico dos azeites Galega (amarelo), Zambujeiro (cinzento) e Leucocarpa (verde) a 280 nm (1 – hidroxitirosol; 2 – tyrosol; 3 – ácido vanílico; PI – padrão interno; 4 – vanilina; 5 – ácido p-cumárico; 6 – oleaceína; 7 – oleuropeína; 8 – oleocantal + pinoresinol; 9 – ácido cinâmico; 10 – luteolina; 11 – apigenina)

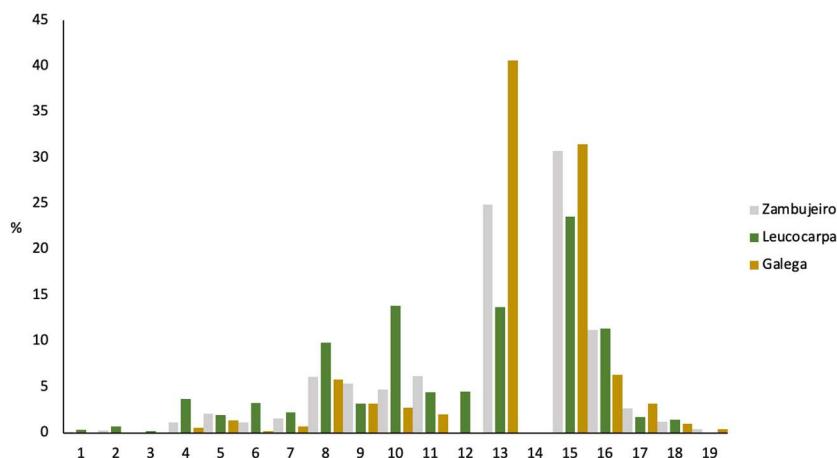
A análise dos teores de hidroxitirosol e tyrosol (Figura 4 – A), bem como de oleaceína e oleocantal (Figura 4 – B), revelou diferenças entre os três azeites. O azeite Galega destacou-se por teores superiores de hidroxitirosol e oleaceína, compostos conhecidos pelas suas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (Wani et al., 2018). Por outro lado, o azeite Zambujeiro contém maior teor de tyrosol, enquanto o azeite Leucocarpa se destacou pelo teor superior de oleocantal, um composto que apresenta propriedades benéficas para a saúde (Beauchamp et al., 2005). Essas variações nos teores de compostos fenólicos são indicativas das características distintivas de cada cultivar, ressaltando a importância de considerar a diversidade química dos azeites na sua valorização e promoção de benefícios à saúde.



**Figura 4** - Teores em hidroxitirosol e tyrosol (A); teores em oleaceína e oleocantal (B) dos azeites Galega, Zambujeiro e Leucocarpa (para o mesmo composto fenólico, letras diferentes indicam

diferenças significativa segundo o teste *post hoc* de Tukey, para um nível de significância de 0,05).

A determinação do número de átomos de carbono equivalentes (NCE) é importante para caracterizar a estrutura dos triacilgliceróis, ajudando a monitorizar a autenticidade do produto e a prever a sua estabilidade e resistência à oxidação (Aparicio et al., 2013). O perfil de triacilgliceróis (TAG) dos azeites Galega mostra predominância dos NCE 48, nomeadamente OOO+PoPP e POO que contribuem juntos para cerca de 72% dos TAG identificados; por seu turno, no azeite Zambujeiro estes TAG contribuem com apenas 54 %, enquanto no azeite Leucocarpa predominam os TAG NCE 46 com 31% (Figura 5). Quando se calcula a diferença entre o NCE 42 por HPLC e o NCE teórico pelo cálculo dos ácidos gordos o azeite Zambujeiro apresenta um valor de  $\Delta\text{NCE} > |0,2|$ .



**Figura 5 – Perfil de triacilgliceróis dos azeites Galega, Zambujeiro e Leucocarpa**

1: LLL; 2: OLLn+PoLL; 3: PLLn; 4: OOL; 5: OOLn+PoOL; 6: PLL+PoPoO; 7: PLoLn+PPoPo+PPoL; 8: OOL+LnPP; 9: PoOO; 10: SLL+PLO; 11: PoOP+SPoL+SOLn+SPoPo; 12: PLP; 13: OOO+PoPP; 14: SOL; 15: POO; 16: POP; 17: SOO; 18: POS+SLS; 19: AOO

## Conclusão

O azeite Galega destacou-se pelos elevados teores de hidroxitiroisol e oleaceína, com reconhecidas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, enquanto o azeite Zambujeiro apresentou altos teores de tiroisol. Por outro lado, o azeite Leucocarpa apresentou teores elevados de oleocantal. Relativamente aos ácidos gordos, os azeites Zambujeiro e Leucocarpa excederam os limites estabelecidos na legislação europeia para o ácido palmítico e palmitoleico; por seu turno, o azeite de Zambujeiro apresenta teores mais elevados de ácido linolénico e consequentemente a uma % de NCE 42 mais elevada.

A análise das três variedades forneceu novos conhecimentos que promovem o reconhecimento e a preservação de variedades que existem na Região Centro, em que cada azeite apresentou um perfil único de fenóis e características sensoriais distintas. Tal reconhecimento, pode contribuir para a produção de azeites diferenciados, incentivando o aproveitamento do Zambujeiro e da Leucocarpa, enriquecendo a biodiversidade genética e impulsionando a inovação no setor.

## Agradecimentos

Trabalho financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), Portugal, através do Projeto PTDC/ASP-PLA/28547/2017, e desenvolvido no âmbito da Unidade de Investigação LEAF (UIDB/04129/2020 e UIDP/04129/2020).

## Referências

- Aparicio, R., Conte, L.S., & Fiebig, H.-J. 2013. Olive oil authentication. Em R. Aparicio & J. Harwood (Eds.), *Handbook of Olive Oil: Analysis and Properties* (2nd ed., 589-653). Springer, New York.
- Beauchamp, G.K., Keast, R.S.J., Morel, D., Lin, J., Pika, J., Han, Q., Lee, C.-H., Smith, A.B., & Breslin, P.A.S. 2005. Phytochemistry: Ibuprofen-like activity in extra-virgin olive oil. *Nature* 437(7055):45-46.
- Boskou, D. 2015. Olive fruit, table olives, and olive oil bioactive constituents. Em D. Boskou (Ed.), *Olive and Olive Oil Bioactive Constituents* (1–30). AOCS Press, Champaign, Illinois.
- Boskou, D., Blekas, G., & Tsimidou, M. 2006. Chemistry, properties, health effects. Em D. Boskou (Ed.), *Olive Oil: Chemistry and Technology* (2nd ed., 41–72). AOCS Press, Champaign, Illinois.
- Chiappetta, A., & Muzzalupo, I. 2012. Botanical description. Em *Olive Germplasm – The Olive Cultivation, Table Olive and Olive Oil Industry in Italy*. InTech, Rijeka.
- COI. 2011. Olive maturity index: guide for the determination of the maturity index of olives for table olives (COI-OH Doc. No 1/2011. <https://www.internationaloliveoil.org>
- COI. 2017. Determination of biophenols in olive oils by HPLC (COI/T.20/Doc. No 21). <https://www.internationaloliveoil.org>.
- COI. 2018. Sensory analysis of olive oil — method for the organoleptic assessment of virgin olive oil (COI/T.20/Doc. No 15/Rev.10). [consultado em 21.10.2025]. <https://www.internationaloliveoil.org>.
- EN ISO 661. 2005. Animal and vegetable fats and oils — preparation of test sample. International Organization for Standardization, Geneva.
- Fevereiro, P., Leitão, F., Potes, F., Gemas, V., Alves, M., & Favoretto, P. 2011. The Portuguese olive (*Olea europaea* subsp. *europaea*) germplasm. *Acta Horticulturae* 924:291–298.
- Leitão, F., Potes, M.F., Calado, M.L., & Almeida, F.J. 1986. Descrição de 22 variedades de oliveira cultivadas em Portugal. Direção-Geral de Planeamento e Agricultura, Lisboa.
- Pasqualone, A., Di Rienzo, V., Blanco, A., Summo, C., Caponio, F., & Montemurro, C. 2012. Characterization of virgin olive oil from Leucocarpa cultivar by chemical and DNA analysis. *Food Research International* 47(2):188–193.
- Peres, F. 2016. Phenolic compounds of 'Galega Vulgar' and 'Cobrançosa' virgin olive oils: oxidative stability and varietal characterisation. *Food Chemistry* 208:19–29.
- Pirisi, F.M., Cabras, P., Cao, C.F., Migliorini, M., & Muggelli, M. 2000. Phenolic compounds in virgin olive oil. 2. Reappraisal of the extraction, HPLC separation, and quantification procedures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48(4):1191–1196.
- Pizarro, M.L., Becerra, M., Sayago, A., Beltrán, M., & Beltrán, R. 2013. Comparison of different extraction methods to determine phenolic compounds in virgin olive oil. *Food Analytical Methods* 6(1):123–132.
- Regulamento (UE) n.º 2019/1604. 2019. Jornal Oficial da União Europeia.
- Regulamento Delegado (UE) 2022/2104. 2022. Jornal Oficial da União Europeia.

- Rodrigues, N., Casal, S., Peres, A.M., Baptista, P., & Pereira, J.A. 2020. Seeking for sensory differentiated olive oils? The urge to preserve old autochthonous olive cultivars. *Food Research International* 128:108759.
- Salas, J.J., Harwood, J.L., & Martínez-Force, E. 2013. Lipid metabolism in olive: biosynthesis of triacylglycerols and aroma components. Em R. Aparicio & J. Harwood (Eds.), *Handbook of Olive Oil* (2nd ed., 97–127). Springer, New York.
- Tsimidou, M.Z. 2013. Analytical methodologies: phenolic compounds related to olive oil taste issues. Em R. Aparicio & J. Harwood (Eds.), *Handbook of Olive Oil: Analysis and Properties* (2nd ed., 311–333). Springer, New York.
- Verde, T. 2017. The white olives of Malta. *Aramco World* 22–27.
- Wani, T.A., Masoodi, F.A., Gani, A., Baba, W.N., Rahamanian, N., Akhter, R., Wani, I.A., & Ahmad, M. 2018. Olive oil and its principal bioactive compound: Hydroxytyrosol – a review of the recent literature. *Trends in Food Science & Technology* 77:77–90.

## Comparação de metodologias de extração para avaliação da alegação de saúde “Polifenóis no Azeite”

Cecília Gouveia<sup>1\*</sup>, Conceição Vitorino<sup>1</sup> & Fátima Peres<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária, Quinta Senhora de Mércoles, Apartado 119, 6001-909 Castelo Branco, \*cgouveia@ipcb.pt

<sup>2</sup> LEAF, Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Center, Associated Laboratory Terra, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal.

### Resumo

A União Europeia ao aprovar uma alegação de saúde em 2012 sobre “polifenóis do azeite”, para azeites que contenham “pelo menos 5 mg de hidroxitirosol e seus derivados por 20 g de azeite”, veio dar aos produtores um novo critério para diferenciar o azeite virgem extra.

A comunidade científica tem proposto diversas metodologias de extração e quantificação destes compostos, envolvendo em geral a extração líquido-líquido utilizando solventes tóxicos ou poluentes. Por seu turno, os solventes eutéticos naturais (NADES) são misturas de compostos como açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e bases orgânicas, que apresentam alta biocompatibilidade e biodegradabilidade.

Neste estudo, foram determinados os teores em hidroxitirosol e tirosol por HPLC, utilizando um solvente metanólico (80 %) e um solvente NADES composto por ácido láctico, glucose e água (3:1:3 M) para a extração dos compostos fenólicos em azeites obtidos de azeitonas Galega e Cobrançosa, com diferentes índices de maturação e estados sanitários, a fim de avaliar se sustentariam a referida alegação de saúde.

Os resultados mostraram que o método NADES é adequado para a extração destes compostos. Todos os azeites analisados extraídos por NADES apresentaram teores em hidroxitirosol e seus derivados superiores a 5 mg/20 g de azeite (12,6 e 7,8 mg 20 g<sup>-1</sup> nos azeites Galega e 13,5 e 9,4 mg 20 g<sup>-1</sup> g nos azeites Cobrançosa). Por seu turno, o teor fenólico obtido por extração metanólica foi sempre mais baixo nos azeites de ambas as cultivares.

**Palavras-chave** - compostos bioativos, fenóis, HPLC, solventes eutéticos

### Abstract

In 2012, the European Union approved a health claim on “olive oil polyphenols”, for oils containing “at least 5 mg of hydroxytyrosol and its derivatives per 20 g of oil”, giving the producers a new criterion for differentiating extra virgin olive oil.

The scientific community has proposed several methodologies for extracting and quantifying these compounds, but most of them involve liquid-liquid extraction using toxic or polluting solvents. Moreover, natural eutectic solvents (NADES) are mixtures of compounds such as sugars, organic acids, amino acids and organic bases with high biocompatibility and biodegradability.

In this study, the levels of hydroxytyrosol and tyrosol were determined by HPLC, using a methanolic solvent (80 %) and a NADES solvent of lactic acid, glucose and water (3:1:3 M) for the extraction of phenolic compounds in olive oils obtained from Galega and Cobrançosa olives,

with different ripening indices and % of fruits with symptoms of pests and diseases, to assess whether they would support the health claim.

The results showed that the NADES method is suitable for extracting these compounds. All the olive oils analyzed extracted by NADES had hydroxytyrosol levels and their derivatives higher than 5 mg 20 g<sup>-1</sup> of oil (12.6 and 7.8 mg 20 g<sup>-1</sup> in the olive oils extracted by NADES).

**Keywords:** bioactive compounds, phenols, HPLC, eutectic solvents

## Introdução

Os compostos fenólicos do azeite englobam várias classes de compostos, nomeadamente, álcoois e ácidos fenólicos, flavonoides, lignanos e secoiridoides, alguns deles encontrados exclusivamente no azeite virgem (AV) (Servili *et al.*, 2014). São considerados os constituintes mais diferenciadores dos azeites virgem extra (AVE) pelas propriedades bioativas benéficas para a saúde que lhes conferem e por contribuírem para as suas características sensoriais (Kanakis *et al.*, 2013). A composição do azeite em termos de compostos fenólicos é muito variável quer, quantitativa quer, qualitativamente dando origem a azeites muito diferentes (García-Vico *et al.*, 2017). O interesse pela presença destes compostos no azeite aumentou ainda mais, após o seu efeito protetor contra o stress oxidativo sobre os lípidos no sangue, ter sido reconhecido pela Autoridade Europeia para a Segurança Alimentar (EFSA, 2011) e após a União Europeia ter aprovado em 2012 a alegação de saúde sobre “polifenóis do azeite” (Reg. (UE) 432/2012). Esta alegação é apenas possível para azeites que incluem “pelo menos 5 mg de hidroxitirosol e seus derivados por 20 g”, tornando a determinação do teor destes compostos como um novo critério para diferenciar o azeite virgem (Reboredo-Rodríguez *et al.*, 2017).

Desde então, a comunidade científica tem proposto diversas metodologias de extração e quantificação destes compostos (IOC, 2009; Purcaro *et al.*, 2014; Mastralexi *et al.*, 2014; Reboredo Rodriguez *et al.*, 2016; Tsimidou *et al.*, 2019) contudo, a maioria envolve a extração líquido-líquido utilizando solventes tóxicos ou poluentes. Os solventes eutéticos naturais (NADES), que resultam de misturas de compostos como açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e bases orgânicas são promissores para a extração de compostos bioativos devido à sua alta biocompatibilidade e biodegradabilidade (Paradiso *et al.*, 2016; Paradiso *et al.*, 2019).

Neste estudo, foram determinados os teores de compostos fenólicos totais por espectroscopia VIS e os teores de hidroxitirosol e tirosol por HPLC, utilizando um solvente metanólico (80 %) e um solvente eutético natural (NADES) composto por ácido láctico, glucose e água (3:1:3 M) para a extração dos compostos fenólicos em azeites, obtidos de azeitonas Galega e Cobrançosa, a partir de frutos com diferentes índices de maturação e diferentes estados sanitários, colhidos ao longo da maturação em quatro momentos distintos, a fim de avaliar se sustentariam a referida alegação de saúde comparando as duas metodologias de extração.

## Material e Métodos

Na obtenção dos azeites, utilizaram-se azeitonas das cultivares ‘Cobrançosa’ e ‘Galega Vulgar’ provenientes de um olival tradicional de sequeiro, localizado na Região da Beira Baixa (39°49'01.900 N, 7°27'03.100 W), não sujeito a tratamentos fitossanitários. Realizaram-se quatro colheitas, entre outubro e novembro na campanha 2023, com uma periodicidade quinzenal.

Em cada data de colheita, determinou-se o índice de maturação das azeitonas (IM), seguindo as orientações do Conselho Oleícola Internacional (COI, 2011) e estimou-se a percentagem de frutos atacados por mosca-da-azeitona (*Bactrocera oleae*) e a percentagem de frutos infetados por gafa (*Colletotrichum spp.*).

Imediatamente após cada uma das colheitas, procedeu-se à extração do azeite em sistema Abencor (MC2 Ingenieria y Sistemas S.L., Sevilha, Espanha). As azeitonas foram trituradas em moinho de martelos equipado com crivo de 4 mm a 3000 rpm. A batedura das pastas foi realizada a 27-30 °C, por 30 min, e a centrifugação a 3500 rpm durante 1 min. Após centrifugação, os azeites foram decantados e filtrados. As amostras foram preparadas de acordo com a norma ISO 661 e quantificaram-se os compostos fenólicos totais e os compostos fenólicos abrangidos pela alegação de saúde (hidroxitirool, tirool e seus derivados).

Os compostos fenólicos foram recuperados do azeite por micro extração líquido-líquido (MELL), com recurso a dois solventes – metanol e NADES.

Para a obtenção do extrato fenólico metanólico, seguiu-se o método descrito por Murkovic (2004), que consistiu em juntar 0,5 g de azeite com 1 cm<sup>3</sup> de solução metanol/água 80 % (v/v), agitou-se 1 min em Vortex (Labino L46), centrifugou-se durante 5 min a 13400 rpm (Minispin 5452 Eppendorf) e retirou-se o sobrenadante para um balão volumétrico de 5 cm<sup>3</sup>. Este procedimento repetiu-se mais duas vezes. Recolheram-se os 3 extratos, no mesmo balão que se perfez com água ultrapura. Cada extração foi realizada em triplicado.

Para a obtenção do extrato fenólico NADES, preparou-se uma mistura de ácido láctico, glucose e água (3:1:3, M), que se colocou sobre uma placa aquecida a 50 °C com agitação constante e velocidade média, até ficar transparente (Paradiso *et al.*, 2019). Posteriormente juntou-se 35 % de água (m/m) para melhorar a viscosidade (Choi *et al.*, 2015; Paradiso *et al.*, 2019). A obtenção do extrato fenólico NADES seguiu o procedimento referido anteriormente para a obtenção do extrato fenólico metanólico substituindo, apenas, o solvente.

Os extratos fenólicos de ambos os solventes, foram avaliados por espectroscopia VIS, num espectrofotômetro Jasco 7800 e detetados a 765 nm de acordo com o método colorimétrico Folin-Ciocalteu. A quantificação foi efetuada numa curva de calibração de ácido gálico (intervalo 0,5 - 10,0 mg dm<sup>-3</sup>). Os resultados apresentaram-se em mg de equivalentes de ácido gálico por quilograma de azeite (mg (EAG) por kg de azeite).

Para a quantificação do hidroxitirool e tirool e seus derivados presentes nas amostras de azeite, usaram-se os extratos hidrometanólicos e NADES obtidos para a quantificação dos compostos fenólicos totais conforme descrito no ponto anterior. Porém, alguns investigadores (Mastralexi *et al.*, 2014; Tsimidou *et al.*, 2019) constataram que para a sua total quantificação, é fundamental proceder a uma hidrólise ácida dos extratos fenólicos do azeite porque uma fração importante de hidroxitirool e tirool se encontra ligada a outras moléculas.

Para o processo de hidrólise dos extratos fenólicos metanólico e NADES, baseou-se no método proposto por Nenadis (2018), que constou em colocar 0,5 cm<sup>3</sup> de extrato fenólico (metanólico e NADES) e 0,5 cm<sup>3</sup> de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1M), em três tubos de 2 cm<sup>3</sup> com tampa, agitaram-se em vortex (Labino L46) 5 s, colocaram-se em banho termoestabilizado a 80 °C, durante 2 horas. Posteriormente arrefeceram-se em banho de gelo e por último juntou-se 1,5 cm<sup>3</sup> do respetivo solvente.

A análise dos compostos fenólicos hidroxitirool (Htyr) e tirool (Tyr) e seus derivados, foi realizada de acordo com Reboreda-Rodriguez (2016), num cromatógrafo Agilent, série 1100 (Agilent Technologies Instruments), acoplado de coluna C18 Phenomenex Kinetex (2,6 µm, 100

x 3,00 mm) e detetor de díodos (Agilent 1100). A eluição em gradiente foi realizada com um sistema de solvente água/ácido fórmico (99,5: 0,5; v/v) como fase móvel A e acetonitrilo como fase móvel B. O tempo total de execução foi de 13 minutos (mais 5 minutos pós-corrida). As condições de eluição do gradiente foram as seguintes: 0 min, 95 % A; 3 min, 80 % de A; 4 min, 60 % de A; 5 min, 55 % A; 9 min, 40 % de A; 10 min, 0 % de A; 12 min, 95 % de A; e 13 min, 95 % de A.

Antes da injeção, os extratos fenólicos hidrolisados foram previamente filtrados através de filtro de seringa Pall Gelman Acrodisc (membrana de 0,45 µm, 25 mm, GHP). O volume de injeção foi 5 mm<sup>3</sup> e taxa de fluxo da fase móvel de 0,7 cm<sup>3</sup> min<sup>-1</sup> com a coluna mantida a 40 °C. A identificação dos compostos fenólicos (Htyr e Tyr) foi obtida comparando os valores do tempo de retenção com os padrões puros. As concentrações foram calculadas com base em curvas de calibração de Htyr e Tyr, com um intervalo entre 0,1-20 mg dm<sup>-3</sup>. Os resultados da alegação de saúde apresentaram-se em mg (Tyr) por 20 g de azeite.

A análise estatística dos resultados foi realizada pelo software Statistica, version 14, daStatsoft, Tulsa, OK, USA. Os resultados obtidos pelos dois métodos foram comparados por regressão linear, e a significância estatística foi avaliada pelo teste F ( $p < 0,05$ ). As diferenças entre as médias obtidas para cada estado de maturação e cultivar foram avaliadas por análise de variância (ANOVA), seguida do teste de comparações múltiplas de Tukey, ao nível de significância de 5 % ( $p < 0,05$ ).

## Resultados e Discussão

No quadro 1 encontram-se reunidos os resultados avaliados nos quatro momentos de colheita, do índice de maturação (IM) e das incidências de praga (mosca %) e de doença (gafa %) nas azeitonas das cultivares ‘Galega Vulgar’ e ‘Cobrançosa’ em estudo; e os resultados dos teores de fenóis totais nos azeites das referidas cultivares, extraídos por dois solventes distintos, nomeadamente metanólico (MeOH) e eutético natural (NADES).

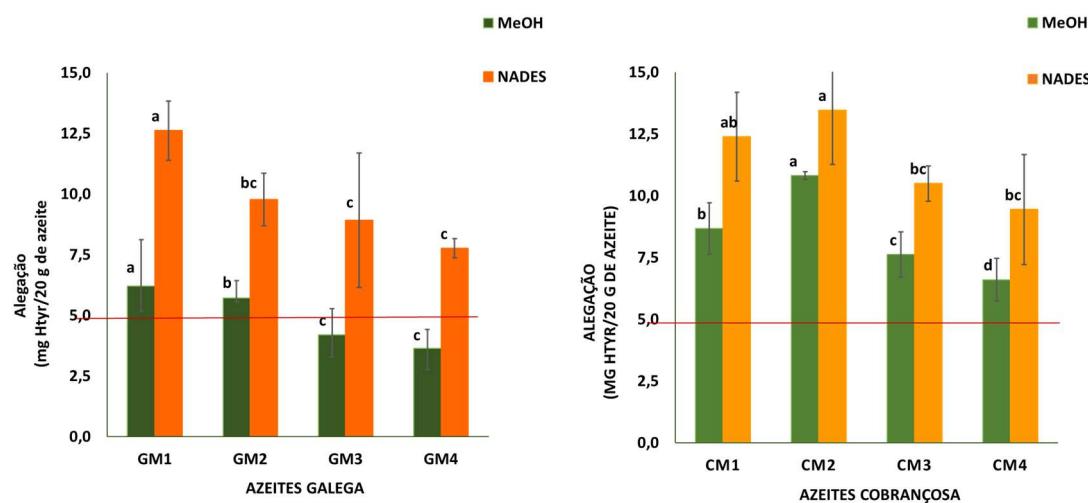
**Quadro 1** - Evolução ao longo da época de colheita (2023) dos teores em fenóis totais, de hidroxitirosol e tirosol (média ± desvio padrão) extraídos por um solvente metanólico (MeOH) e um solvente eutético natural (NADES), em azeites Galega e Cobrançosa respetivo índice de maturação (IM) e incidência de gafa e mosca da azeitona nos frutos (letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ( $p=0,05$ )).

Cultivar	Momento de colheita	Frutos			Azeite	
		IM	Gafa (%)	Mosca (%)	Fenóis totais extração MeOH (mg.kg <sup>-1</sup> )	Fenóis totais extração NADES (mg.kg <sup>-1</sup> )
<b>Galega</b>	GM1	3,1	9	47	690,9 ± 11,4 c	971,0 ± 17,5 b
	GM2	3,4	5	57	534,7 ± 17,2 d	626,4 ± 12,6 d
	GM3	4,2	51	82	446,1 ± 9,7 e	504,8 ± 14,4 e
	GM4	5,9	70	35	358,6 ± 9,5 f	458,4 ± 8,1 e
<b>Cobrançosa</b>	CM1	2,3	0	36	751,2 ± 22,3 b	1019,5 ± 18,3 b
	CM2	3,7	30	83	943,3 ± 17,0 a	1233,6 ± 7,7 a
	CM3	4,0	47	63	657,1 ± 15,3 c	762,3 ± 14,9 c
	CM4	5,2	64	36	521,6 ± 11,2 d	718,7 ± 36,4 c

Embora a fração fenólica total do azeite não seja adequada para determinar os compostos fenólicos abrangidos pela alegação de saúde, é um parâmetro importante para se poder realizar uma pré-seleção de amostras que podem suportar a alegação (Servili, 2014). Além

disso, este parâmetro pode funcionar como um indicador das características organoléticas, bem como do grau de proteção antioxidante dos azeites virgens. Já a presença da alegação de saúde na rotulagem, pode representar um poderoso instrumento para a diferenciação e valorização dos azeites virgem extra, funcionando como um indicador de ‘azeite de alta qualidade’, sempre que o teor mínimo de hidroxitirosol presente no azeite, seja de  $5 \text{ mg } 20 \text{ g}^{-1}$ .

Na fig. 1 apresentam-se graficamente os resultados, dos teores de hidroxitirosol e seus derivados, responsáveis pela alegação de saúde, extraído por solvente metanólico e por solvente NADES dos azeites em avaliação, Galega e Cobrançosa, obtidos ao longo da maturação.



**Figura 1-** Alegação de saúde ( $\text{mg Htyr.}20 \text{ g}^{-1}$ ) obtida ao longo da maturação nos azeites Galega e Cobrançosa em estudo (letras diferentes para a mesma cultivar indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ( $p=0,05$ )).

- a) Valor de referência  $\geq 5 \text{ mg}$  de hidroxitirosol por  $20 \text{ g}$  de azeite

Os resultados expressos no quadro 1 e na fig. 1 indicam que, de um modo geral, em todos os azeites, o teor dos compostos fenólicos foi decrescendo ao longo da maturação e com a incidência de gafa, no entanto, no azeite Cobrançosa em CM2, o conteúdo fenólico (quadro 1 e fig. 1) aumentou consideravelmente, apesar de resultar de azeitonas com índice de maturação mais avançado e um nível de incidência de gafa superior. O aumento do teor em fenóis no azeite Cobrançosa verificado no momento CM2, poderá estar relacionado com atraso no processo de síntese daqueles compostos já que, relativamente à maturação a cultivar ‘Cobrançosa’ é mais tardia do que a cultivar ‘Galega’ (Peres *et al.*, 2016), e possivelmente por esse motivo ocorreu a síntese máxima de fenóis no momento de colheita CM2. Por outro lado, alguns autores referem que os compostos fenólicos estão relacionados com reações defensivas das plantas contra stress abióticos e bióticos, seja pela acumulação de compostos fenólicos pré-existentes ou pela síntese de novo compostos químicos de defesa (Gouvinhas *et al.*, 2019). Assim, o aumento do teor dos compostos fenólicos observado em CM2 no azeite Cobrançosa, poderá ser o resultado de uma resposta à infecção para inibir o agente patogénico causal da antracnose.

Os resultados para a alegação de saúde obtidos por extração metanólica (Figura 1) apresentaram teores máximos e mínimos, respetivamente, de  $6,2$  e  $3,6 \text{ mg } 20 \text{ g}^{-1}$  nos azeites Galega, e de  $10,8$  e  $6,6 \text{ mg } 20 \text{ g}^{-1}$  nos azeites Cobrançosa. Enquanto, por extração NADES (fig. 1)

os teores máximos e mínimos foram de 12,6 e 7,8 mg 20 g<sup>-1</sup> g nos azeites Galega e de 13,5 e 9,4 mg 20 g<sup>-1</sup> nos azeites Cobrançosa, respetivamente.

Os resultados dos compostos fenólicos totais e dos compostos responsáveis pela alegação de saúde representados no quadro 1 e na fig. 1, respetivamente, indicam que o solvente NADES é adequado para a extração deste tipo de compostos no azeite. Porém, o teor de hidroxitiroisol e seus derivados obtido por extração metanólica nos azeites das duas cultivares ao longo da maturação (fig. 1) foi sempre mais baixo, verificando-se a maior diferença nos azeites Galega. A comparação de métodos por análise de regressão apresentou uma regressão linear significativa ( $F(1,22) = 421$ ;  $p < 0,001$ ), com coeficiente de correlação  $R = 0,9748$  e coeficiente de determinação  $R^2 = 0,95$ .

Ao longo da maturação e independentemente, do tipo de solvente usado na extração dos compostos fenólicos, todos os azeites Cobrançosa apresentam teores de HTyr superiores a 5mg.20 g<sup>-1</sup>, valor mínimo que permite o uso da alegação de saúde do rótulo (fig. 1).

No caso dos azeites Galega, a extração NADES mostrou ser mais eficiente para este tipo de compostos, permitindo o uso da alegação de saúde em todos os azeites Galega. Pelo contrário, na extração metanólica, apenas os azeites Galega de início de maturação (GM1 e GM2), cumpriram com a exigência da alegação de saúde.

Os conteúdos fenólicos visivelmente mais baixos, registados nos azeites Galega, poderão estar relacionados com processos químicos e/ou bioquímicos relacionados com a atividade de enzimas endógenas presentes nos frutos e no azeite desta cultivar (Garcia-Rodriguez *et al.*, 2015; Peres *et al.*, 2021).

## Conclusão

Em linhas gerais os resultados deste trabalho permitem-nos concluir que o solvente NADES é adequado para a extração de compostos fenólicos totais e para extração de fenóis hidrofílicos, hidroxitiroisol e tiroisol em amostras de azeite.

Todos os azeites analisados extraídos por NADES cumpriram com a exigência da alegação de saúde, apresentando teores de hidroxitiroisol e seus derivados superiores a 5 mg/20 g de azeite. Comparativamente o teor em fenóis responsáveis pela alegação de saúde obtidos por extração metanólica, foi sempre mais baixo nos azeites de ambas as cultivares, tendo-se registado a maior diferença nos azeites Galega, impossibilitando o uso da alegação nos azeites Galega de maturação mais avançada (CM1 e CM4).

A confirmar-se a maior eficiência do solvente NADES em trabalhos futuros, para além de mais económico e menos poluente, pode representar uma boa alternativa ao solvente metanólico.

## Agradecimentos

Trabalho financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), Portugal, através do Projeto PTDC/ASP-PLA/28547/2017, e desenvolvido no âmbito da Unidade de Investigação LEAF (UIDB/04129/2020 e UIDP/04129/2020).

## Referências

Comissão Europeia, 2012. Regulamento (UE) n.º 432/2012 da Comissão de 16 de maio de 2012 que estabelece uma lista de alegações de saúde permitidas relativas a alimentos que não

- referem a redução de um risco de doença ou o desenvolvimento e a saúde das crianças. Jornal Oficial da União Europeia, L 136:1–40.
- EFSA, 2011. Scientific opinion on the substantiation of health claims related to polyphenols in olive and protection of LDL particles from oxidative damage. EFSA Journal, 9(4):2033. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2033>.
- García-Rodríguez, R., Romero-Segura, C., Sanz, C. & Pérez, A.G., 2015. Modulating oxidoreductase activity modifies the phenolic content of virgin olive oil. Food Chemistry, 171:364–369. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.009>.
- García-Vico, L., García-Rodríguez, R., Sanz, C. & Pérez, A.G., 2017. Biochemical aspects of olive freezing damage: Impact on the phenolic and volatile profiles of virgin olive oil. LWT - Food Science and Technology, 86:240–246. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.07.052>.
- Gouvinhas, I., Martins-Lopes, P., Carvalho, T., Barros, A. & Gomes, S., 2019. Impact of *Colletotrichum acutatum* pathogen on olive phenylpropanoid metabolism. Agriculture, 9(8):173. <https://doi.org/10.3390/agriculture9080173>.
- International Olive Council (IOC), 2009. Determination of biophenols in olive oil by HPLC (COI/T.20/Doc. No. 29/2009). Disponível em: <https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2022/10/COI-T20-Doc.-29-2009-Eng.pdf>.
- International Olive Council (IOC), 2011. Guide for the determination of the characteristics of oil-olives (COI/OH/Doc. No. 1/2011). Disponível em: <https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2019/11/COI-OH-Doc.-1-2011-Eng.pdf>.
- International Organization for Standardization (ISO), 2003. ISO 661: Animal and vegetable fats and oils – Preparation of test sample. Geneva: ISO.
- Kanakis, P., Termentzi, A., Michel, T., Gikas, E., Halabalaki, M. & Skaltsounis, A.L., 2013. From olive drupes to olive oil: An HPLC-Orbitrap-based qualitative and quantitative exploration of olive key metabolites. Planta Medica, 79(16):1576–1587. <https://doi.org/10.1016/B978-1-63067-041-2.50012-4>.
- Mastralexi, A., Nenadis, N. & Tsimidou, M.Z., 2014. Addressing analytical requirements to support health claims on “olive oil polyphenols” (EC Regulation 432/2012). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 62(12):2459–2461. <https://doi.org/10.1021/jf5005918>.
- Murkovic, M., Lechner, S., Pietzka, A., Bratocos, M. & Katzogiannos, E., 2004. Analysis of minor components in olive oil. Journal of Biochemical and Biophysical Methods, 61:155–160. <https://doi.org/10.1016/j.jbbm.2004.04.002>.
- Nenadis, N., Mastralexi, A., Tsimidou, M.Z., Vichi, S., Quintanilla-Casas, B., Donarski, J. et al., 2018. Toward a harmonized and standardized protocol for the determination of total hydroxytyrosol and tyrosol content in virgin olive oil (VOO): Extraction solvent. European Journal of Lipid Science and Technology, 120(11):1800099. <https://doi.org/10.3390/molecules24132429>.
- Paradiso, M.V., Clemente, A., Summo, C., Pasqualone, A. & Caponio, F., 2016. Extraction of phenolic compounds from extra virgin olive oil by a natural deep eutectic solvent: Data on UV absorption of the extracts. Data in Brief, 8:553–556. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2016.05.076>.
- Paradiso, M.V., Squeo, G., Pasqualone, A., Caponio, F. & Summo, C., 2019. An easy and green tool for olive oils labelling according to the contents of hydroxytyrosol and tyrosol

- derivatives: Extraction with a natural deep eutectic solvent and direct spectrophotometric analysis. *Food Chemistry*, 291:1–6. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.139>.
- Peres, F., Martins, L.L., Mourato, M., Vitorino, C., Antunes, P. & Ferreira-Dias, S., 2016. Phenolic compounds of 'Galega vulgar' and 'Cobrançosa' olive oils along early ripening stages. *Food Chemistry*, 211:51–58. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.022>.
- Peres, F., Talhinas, P., Afonso, H., Alegre, H., Oliveira, H. & Ferreira-Dias, S., 2021. Olive oils from fruits infected with different anthracnose pathogens show sensory defects earlier than chemical degradation. *Agronomy*, 11(6):1041. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061041>.
- Purcaro, G., Codony, R., Pizzale, L., Mariani, C. & Conte, L., 2014. Evaluation of total hydroxytyrosol and tyrosol in extra virgin olive oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116:805–811. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201300420>.
- Reboredo-Rodríguez, P., Figueiredo-González, M., González-Barreiro, C., Simal-Gándara, J., Salvador, M.D., Cancho-Grande, B. et al., 2017. State of the art on functional virgin olive oils enriched with bioactive compounds and their properties. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(3):.668. <https://doi.org/10.3390/ijms18030668>.
- Reboredo-Rodríguez, P., Valli, E., Bendini, A., Di Lecce, G., Simal-Gándara, J. & Gallina Toschi, T.G., 2016. A widely used spectrophotometric assay to quantify olive oil biophenols according to the health claim (EU Reg. 432/2012). *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118(10):1593–1599. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201500313>.
- Servili, M., Sordini, B., Esposto, S., Urbani, S., Veneziani, G., Di Maio, I. et al., 2014. Biological activities of phenolic compounds of extra virgin olive oil. *Antioxidants*, 3(1):1–23. <https://doi.org/10.3390/antiox3010001>.
- Tsimidou, M.Z., Sotiropoulou, M., Mastralexi, A., Nenadis, N., García-González, D.L. & Gallina Toschi, T.G., 2019. In-house validated UHPLC protocol for the determination of the total hydroxytyrosol and tyrosol content in virgin olive oil fit for the purpose of the health claim introduced by the EC Regulation 432/2012 for "olive oil polyphenols". *Molecules*, 24(6):1044. <https://doi.org/10.3390/molecules24061044>.

## Apetência tecnológica e desafios associados à digitalização de pequenos olivicultores em Portugal

Barroso, J.<sup>1</sup>, Ribeiro, H.<sup>1\*</sup>, Oliveira, C.M.<sup>1</sup>, Canadas, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Centros de Investigação LEAF e CEF, Laboratório Associado TERRA, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal, \* henriqueribe@isa.ulisboa.pt

### Resumo

Um processo de digitalização da cadeia de valor do azeite poderá contribuir para a viabilização das pequenas explorações tradicionais e para a manutenção da produção dos seus azeites excepcionais. Existem meios tecnológicos disponíveis e adequados a essa transição, mas estarão os pequenos olivicultores disponíveis e/ou aptos a participar nesse processo? Neste sentido, realizou-se um estudo com o objetivo de caracterizar a apetência para a digitalização de pequenos olivicultores e identificar as principais dificuldades e desafios a enfrentar nessa transição. Com base na informação recolhida por inquérito a uma amostra de 54 olivicultores, determinou-se o seu Índice de Apetência Tecnológica (IAT). Este índice revelou tendências que, combinadas com a análise SWOT (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças), levaram à identificação de problemas e desafios a ultrapassar, como a idade avançada dos olivicultores e a pequena dimensão das propriedades, a falta de atratividade para jovens, ou a pressão de grandes proprietários/empresas para integração em explorações cada vez maiores de monoculturas. Conclui-se que o sucesso da digitalização, dependerá da criação de um processo de inovação bem dimensionado e planeado, por vezes disruptivo, em relação a algumas práticas, nomeadamente, aos atuais modelos de formação, aos financiamentos demasiado burocratizados e aos processos tradicionais de certificação. Assim, poder-se-á contribuir para a manutenção dos pequenos olivais, com os seus importantes contributos nas áreas ambiental, económica e social, e que constituem uma mais-valia para o país.

**Palavras-chave** - cadeia de valor do azeite, cultivares autóctones, Índice de Apetência Tecnológica (IAT), olival tradicional, pequena agricultura.

### Abstract

A digitalization process of the main stages of the olive oil value chain could contribute to the viability of small traditional farms and sustain the production of their exceptional olive oils. Technological means are available and suitable for this transition, but are small olive growers available and/or able to participate in this process? In this sense, a study was carried out with the aim of characterizing the propensity of small olive farmers to digitalization and identifying the main difficulties and challenges that this transition face. The determination of the Technology Acceptance Propensity index (TAP) created for this purpose, revealed trends that in combination with SWOT analysis (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats) resulted in a list of issues and challenges to overcome, such as the age of olive growers and the small size of properties, the lack of attractiveness for young people, or the pressure from large owners/companies to integrate into ever larger monoculture farms. It is concluded that the success of digitalization depends on the creation of a well-sized and planned innovation process,

which will sometimes be disruptive in relation to some practices, namely training models, overly bureaucratized financing and traditional certification processes. Thus, it will help preserve small olive groves, which provide important environmental, economic, and social benefits, and are an asset to the country.

**Keywords** - olive oil value chain, native cultivars, Technology Acceptance Propensity (TAP) index, traditional olive groves, small-scale agriculture.

## Introdução

A olivicultura desempenha um papel com crescente importância em Portugal. Em 2021 o país chegou à posição de quarto maior produtor mundial de azeite, sendo o que, mundialmente, produz a maior percentagem de azeite Virgem Extra (acima de 90% em 2021 e 2022). O crescimento da produção verificado nas duas últimas décadas deveu-se em grande parte à instalação de grandes extensões de olivais, sobretudo na região do Alentejo, onde a morfologia dos terrenos, as áreas disponíveis e o acesso à água que resultou da infraestrutura do Alqueva, tiveram um papel decisivo. Apesar disso verificou-se nesse mesmo período um declínio acentuado de pequenas (e médias) explorações de olivicultura tradicional e de baixa densidade, em diversas regiões do país, com o seu abandono ou integração em grandes propriedades, e a consequente redução de produção de azeites exclusivos de variedades autóctones, assim como outros impactos negativos para o país, nas áreas do ambiente, da economia e social.

Diversos estudos associam substanciais melhorias na qualidade de produção e na rentabilidade das explorações agrícolas, resultantes da utilização de meios tecnológicos (Javaid et al., 2022; Saiz-Rubio & Rovira-Más, 2020). No entanto, Brini (2023) faz um estudo detalhado sobre a adoção de tecnologias digitais de precisão na agricultura, fazendo uma segmentação por dimensão da exploração agrícola, concluindo que a adoção nas pequenas explorações (até 2 ha) é “baixa a muito baixa”, devido em grande parte à limitada capacidade de investimento e à dificuldade de acesso a conhecimentos e recursos tecnológicos indispensáveis. Gaber et al. (2024) apresenta uma análise do processo de transformação digital de produtores frutícolas na Alemanha, das tecnologias disponíveis e de barreiras à sua adoção, destacando discrepâncias entre as expectativas dos produtores, as características dos meios tecnológicos oferecidos e a sua efetiva adoção. Tem-se verificado, no entanto que, graças à permanente evolução tecnológica e ao aparecimento de diversos fabricantes com ofertas concorrentiais, estão a surgir alternativas que, se devidamente selecionadas, adaptadas e integradas, poderão reunir condições de preço e funcionalidades que deixarão de ser impeditivas da adoção por pequenas explorações.

Mas, mesmo que os meios tecnológicos (*hardware e software*) já existam em condições adequadas à transição para a digitalização, estarão os pequenos olivicultores, disponíveis ou aptos a participar nesse processo?

É esta a questão principal a que os autores pretendem dar resposta, estabelecendo os seguintes objetivos para o estudo: i) caracterizar a apetência para a adoção de tecnologia pelos pequenos olivicultores; ii) identificar principais dificuldades e desafios associados ao processo de digitalização; iii) propor soluções para alguns dos principais problemas identificados.

## Material e Métodos

O presente estudo apoiou-se nos procedimentos que de seguida se descrevem.

**Inquéritos a olivicultores** - Foram realizados inquéritos específicos a olivicultores, com questões agrupadas nas seguintes quatro áreas: i) disponibilidade de equipamentos; ii) processos de registo de informação; iii) intenção de utilizar tecnologias digitais; iv) conhecimento e capacidade de utilizar tecnologias digitais.

Para realização dos inquéritos, foram selecionadas as regiões agrárias nacionais com maior quantidade de explorações de olivicultura e com área média (cerca de 2 ha) enquadrada no segmento em estudo, nomeadamente: Trás-os-Montes (25 inquéritos), Beira Interior (12 inquéritos) e Ribatejo e Oeste (12 inquéritos), que representam, segundo dados INE (2021) cerca de 40,8% da área nacional de olival. Foram ainda efetuados alguns inquéritos na região do Alentejo (5 inquéritos) dado que representa cerca de 52% da área total de olival. No total realizaram-se 54 inquéritos a olivicultores.

**Índice de Apetência Tecnológica (IAT)** - definição e cálculo do IAT para analisar as respostas obtidas e estimar a propensão dos entrevistados para a utilização de tecnologias, foi criado o índice IAT, calculado com base na seguinte fórmula genérica:

$$\text{Índice de Apetência Tecnológica}_i = \sum_{i=0}^n \text{Peso da Questão}_i * \text{Nível da Resposta}_i$$

Em que:

- Índice de Apetência Tecnológica (IAT) – é o índice calculado para cada um dos inquiridos, que resulta da soma ponderada dos valores das respostas que deu às questões de caráter tecnológico.
- Peso da Questão – é um valor que representa a relevância dessa questão para o cálculo do índice. Este fator é importante para harmonizar o cálculo, no caso de questões com diferentes níveis de resposta.
- Nível de Resposta – é o valor atribuído à resposta recebida, que poderá ser binária (0 ou 1 para respostas não e sim respetivamente) ou pode assumir valores de 0 a 2 em questões mais complexas. Por exemplo para a questão relativa a sistema de controlo de irrigação, a resposta pode ser Não=0, Relógio simples=1, Controlador=2, sendo por isso o peso desta questão 0,5.

**Fraquezas e ameaças** - numa primeira fase foi feita uma análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats*) para o segmento em estudo, tendo sido posteriormente selecionadas as fraquezas e ameaças que mais especificamente influenciam as pequenas explorações de olivicultura.

**Identificação de principais problemas e soluções propostas** - a seleção resultante da análise SWOT, e ainda comentários adicionais feitos por alguns dos inquiridos, permitiram identificar uma lista de alguns dos principais problemas e dificuldades, para as quais são propostas possíveis soluções.

## Resultados e Discussão

### Índice de Apetência Tecnológica (IAT)

Os valores do Índice de Apetência Tecnológica (IAT) obtidos para os olivicultores ( $n=54$ ), com base nos resultados dos inquéritos e na fórmula anteriormente descrita, são apresentados na figura 1 onde se observam comportamentos e tendências que foram analisadas usando diferentes abordagens.

Numa primeira fase foi calculada uma matriz de correlações, considerando as respostas a uma seleção de questões e os valores de IAT calculados: exploração de sequeiro ou regadio (SEQ\_REG); nível de estudos (N\_ESTUD); rendimento principal (REND\_PR); tempo que pratica agricultura (T\_AGRIC); idade do olivicultor (IDADE); área da exploração de olivicultura (AREA\_HA); índice de Apetência Tecnológica calculado (IAT). A matriz de correlação obtida é apresentada no quadro 1, destacando-se valores de correlação do IAT com a área da exploração (0,573) e com o tipo de exploração sequeiro/regadio (0,579), assim como entre a idade do olivicultor e a origem do rendimento principal (0,489).

Foram igualmente analisados os resultados obtidos, segmentando os inquiridos com base em diferentes características, como por exemplo modelo de produção com rega versus sequeiro, e testadas correlações do IAT com a área da exploração, apresentados na figura 2. Quanto à relação do IAT com a idade do olivicultor, não se detetaram valores de correlação significativos com os dados disponíveis.

### Fraquezas e ameaças

Na sequência de uma análise SWOT ao setor da olivicultura, adaptada às especificidades das pequenas explorações, foram identificadas as seguintes fraquezas e ameaças, para as quais será importante encontrar soluções:

- Fraquezas - pequena dimensão das propriedades impede ganhos de escala; idade média elevada de proprietários, sem descendentes interessados em prosseguir; baixo nível de formação ou formação não agronómica; baixa apetência para uso de tecnologias; capacidade de investimento limitada; falta de mão-de-obra; elevados custos de produção em olivais tradicionais; baixa produtividade em comparação com culturas em sebe.
- Ameaças - abandono ou venda de pequenas e médias propriedades, muitas vezes com incorporação em grandes explorações; desaparecimento de mão-de-obra e de prestadores de serviços locais, com condições adequadas.

### Problemas identificados e soluções propostas

A análise integrada das informações obtidas (respostas aos inquéritos, cálculo e análise do IAT, a análise SWOT focada nas fraquezas e ameaças), permitiram constatar que a disponibilidade de meios tecnológicos, ainda que adequados ao segmento, não será suficiente para garantir o sucesso do processo de digitalização, sendo abaixo apresentados alguns dos principais problemas identificados e possíveis soluções para cada um deles.

Problema 1 - Idade e escolaridade: este pode ser um entrave à modernização e inovação, não se resolvendo com formação convencional, mesmo que obrigatórias. Será necessário uma abordagem dos proprietários, por interlocutores da sua confiança (e.g. associações, cooperativas, familiares, etc.), com propostas concretas e claras para realização de ensaios/pilotos sem riscos, ou custos associados. Os dados dos inquéritos e o comportamento

do IAT, dão uma indicação clara sobre dificuldades e resistências que poderão ser encontradas no processo de digitalização de pequenas explorações.

Problema 2 - Custo/Indisponibilidade financeira: na situação atual a maioria dos proprietários não reúne condições para fazer investimentos. A digitalização deverá por isso ser assegurada por promotores que, com o acordo do proprietário, deverão assegurar todas as ações necessárias e assumir os riscos associados. Se necessário (caso não se apliquem apoios a fundo perdido) obrigações de pagamento pelo proprietário serão sempre indexadas a ganhos inequivocamente conseguidos com a medida, não os devendo exceder em qualquer caso. Uma abordagem que utilize meios tecnológicos de baixo custo, com funcionalidades estritamente adequadas, permitirá criar soluções com custos reduzidos que, instaladas de modo faseado, minimizarão os riscos de investimentos.

Problema 3 - Mão-de-obra: dificuldades em obter mão-de-obra para as intervenções agrícolas, ou outras, necessárias. A digitalização dos intervenientes na cadeia de valor e a disponibilidade duma plataforma, com facilidades de registo e gestão de compras de produtos e prestação de serviços, poderão permitir uma agregação de necessidades de propriedades que, ganhando escala, incentivarão o aparecimento de propostas concorrentes, criando oportunidades de negociação e planeamento.

Problema 4 - Acesso a tecnologia: a baixa apetência tecnológica e a indisponibilidade para contratação de especialistas imparciais, deixa os proprietários sujeitos a propostas comerciais diretas, sempre apresentadas como favoráveis, mas que são muitas vezes desproporcionadas face aos ganhos expectáveis. Será por isso necessário que os promotores do projeto de digitalização tenham diferentes projetos em forma de kits (com possibilidades de expansão) com equipamentos de custo reduzido, e as funcionalidades necessárias, e efetivamente utilizáveis, face à dimensão das explorações.

Problema 5 – Certificações: há atualmente uma tendência para a criação de modelos de certificação, suportados em processos de visita/auditoria para verificação e validação, assegurados por empresas criadas apenas com essa finalidade. Embora as certificações possam ser úteis, em termos de valorização dos produtos, há que ter atenção à relação benefício-custo e evitar custos que não tenham retorno comprovado. A digitalização, incluindo plataforma com possibilidade de rastreamento suportado em tecnologias de *blockchain*, poderá garantir ao cliente final as características e qualidade do produto que compra, evitando os custos associados a múltiplas certificações. Em alguns casos será adequado ter uma fase inicial de melhoria das práticas de produção, e de aquisição de informações com sensores adequados, deixando para fases posteriores (quando viável) a integração com tecnologias de *blockchain* (Köhler et al., 2022).

Problema 6 - Valorização do produto: apesar do segmento de pequenos e médios olivicultores, abordados neste estudo, ser responsável pela produção de um volume significativo de azeite com um potencial de qualidade excepcional, e com características próprias das cultivares autóctones, não são de um modo geral daí retiradas as mais-valias, sendo muitas vezes esses azeites cedidos ou vendidos entre familiares ou amigos, sem qualquer retorno ou visibilidade no mercado. Possíveis razões para isso são a falta de meios e apoios técnicos e de marketing que permitam assegurar uma produção estável e que criem uma imagem e reconhecimento no mercado. A disponibilização de uma plataforma de comercialização direta (loja eletrónica) que permita ao cliente obter, de modo fiável, informação sobre o local de origem, práticas de produção e transformação disponibilização do produto final comercializado,

poderá dar um importante contributo para a divulgação, diferenciação e valorização dos azeites produzidos. Tecnologias de *blockchain* poderão desempenhar um papel importante na solução, mas como se refere em Balzarova (2021) há ainda problemas por resolver relacionados com a descentralização, escalabilidade e segurança dos dados associados.

Problema 7 - Apoio Técnico: embora no segmento analisado muitos dos olivicultores utilizem experiência de longos anos e os conhecimentos locais transmitidos entre gerações, a necessidade de obter produções de qualidade garantida e consistente não se compadece com essas práticas. Recomendações através de agentes de fabricantes, ou mesmo cooperativas, que têm objetivos comerciais a cumprir não serão solução. A possibilidade de inserirem informação relevante das suas produções na plataforma (através de sensores, códigos QR, RFID, sempre que possível), integrada com a vasta informação disponível na internet, e processada por sistemas de Inteligência Artificial, *Data Analytics* e processamento em *Cloud*, poderá ser um meio para uma efetiva recomendação de atuações e procedimentos, com o objetivo de otimizar e maximizar a rentabilidade da produção. Assegurando a plataforma a comunicação adequada entre os intervenientes da cadeia de valor, o potencial dos meios de aconselhamento poderá ser alargado a todos eles, conseguindo-se assim estratégias globais coordenadas mais eficazes. A viabilidade de utilizar tecnologias de Inteligência Artificial na gestão otimizada de olivais, e de outros intervenientes na cadeia de valor do azeite, é referida por Kutyauripo et al. (2023).

Problema 8 - “Aliciamento” para venda: tendo em conta a elevada média de idades de proprietários e indisponibilidade de familiares para manter as culturas, tem havido uma tendência crescente de aquisição de pequenas explorações, para agregação em grandes áreas (com especial ênfase no Alentejo), que levam ao abandono ou abate de pequenas explorações. A modernização e inovação tecnológica sustentável das pequenas explorações pode ser um fator aliciante para atrair jovens (familiares ou não dos atuais proprietários) para a agricultura e para o interior do país, o que poderá ser decisivo para assegurar a continuidade das pequenas e médias explorações.

Problema 9 - Áreas ou “corredores ecológicos”: a criação de áreas ou “corredores ecológicos” como parte integrante das grandes explorações em si não resolve todos os potenciais impactos negativos desse modo de exploração “industrial”. De facto, esses “corredores ecológicos” podem reduzir impactos ambientais (principalmente na biodiversidade) resultantes da utilização de monocultura em si. No entanto, a manutenção de pequenas e médias explorações independentes, e dos outros intervenientes específicos dessa cadeia de valor, potencia diversas outras vantagens, não só a nível ambiental como também económico (emprego local e rendimento familiar) e social (combate ao despovoamento e abandono do interior do país).

Problema 10 - Os promotores: Como promover um processo de digitalização que não tem como objetivo exclusivo a maximização da produção e do lucro, mas sim a manutenção em termos sustentáveis de um produto de excelência, que, como foi referido, poderá dar contributos positivos ao país a nível ambiental, económico e social? A promoção de um processo com estas características deverá ter como base os seguintes aspetos: i) suporte financeiro através de entidades públicas, redirecionando se necessário alguns apoios agrícolas atuais com menor eficácia; ii) projeto e aconselhamento técnico através de recursos de universidades e institutos politécnicos, se possível com parcerias, e projetos partilhados entre instituições vocacionadas para a agronomia e para tecnologias; iii) divulgação, instalação e operações no

terreno através de entidades do ministério da agricultura e por estudantes, no âmbito de trabalhos de curso, dissertações, estágios e projetos de investigação.

### Conclusão

Conclui-se com base no estudo efetuado que, a disponibilidade de meios tecnológicos com funcionalidades, complexidade técnica e custos adequados ao segmento em análise constitui um fator fundamental para o processo de modernização, mas, no entanto, não será suficiente para o sucesso desse processo.

Identificou-se um conjunto de problemas que será necessário enfrentar, como a idade média elevada e a limitada formação dos proprietários, a reduzida dimensão das suas explorações, a falta de atratividade do setor para jovens, ou ainda a pressão de grandes proprietários para uma integração em grandes explorações, criando áreas cada vez mais extensas de monoculturas em sebe. Para cada um deles este trabalho propõe soluções, por vezes disruptivas relativamente à atual abordagem, com modelos de formação desadequados, financiamentos demasiado burocratizados e processos tradicionais de certificação.

A aplicação das soluções identificadas a explorações com características semelhantes às analisados neste estudo, poderá criar condições para reduzir o impacto dos problemas referidos e, desse modo, contribuir para a manutenção de pequenas e médias explorações, relevantes para o país a nível ambiental, económico e social.

### Agradecimentos

Trabalho financiado pelo Projeto OIL4MED do programa PRIMA da União Europeia, através da Fundação para a Ciência e Tecnologia (PRIMA/0005/2020-OIL4MED - PRIMA Section 2 Call multi-topics 2020).

### Referências

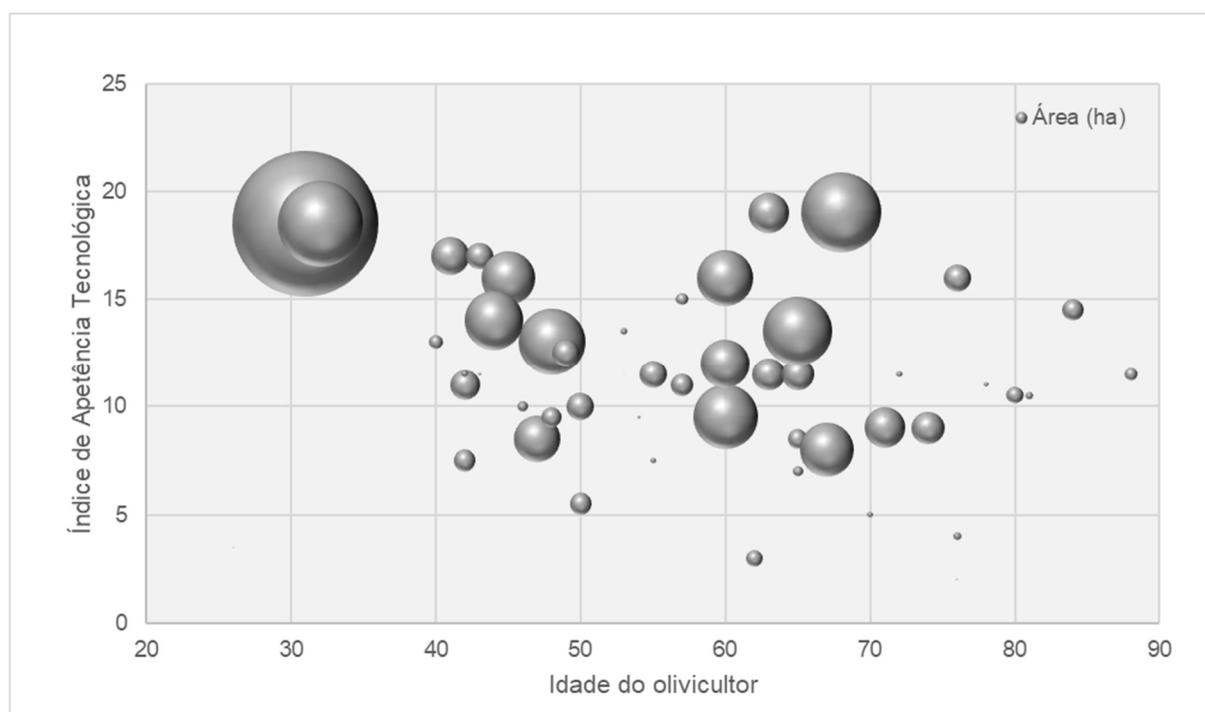
- Balzarova, M. A. 2021. Blockchain technology – a new era of ecolabelling schemes? *Corporate Governance* (Bingley) 21(1): 159–174.
- Brini, M. 2023. Smallholder farmers challenge & solutions. <https://www.researchgate.net/publication/370363297>
- Gaber, K., Rösch, C., & Bieling, C. 2024. Digital transformation of fruit farming in Germany: Digital tool development, stakeholder perceptions, adoption, and barriers. *NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences* 96(1): 2349544.
- INE. 2021. Recenseamento Agrícola 2019 - Edição de 2021. [www.ine.pt](http://www.ine.pt)
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. 2022. Enhancing smart farming through the applications of Agriculture 4.0 technologies. *International Journal of Intelligent Networks* 3: 150–164.
- Köhler, S., Bager, S., & Pizzol, M. 2022. Sustainability standards and blockchain in agro-food supply chains: Synergies and conflicts. *Technological Forecasting and Social Change* 185: 122094.
- Kutyaupiro, I., Rushambwa, M., & Chiwazi, L. 2023. Artificial intelligence applications in the agrifood sectors. *Journal of Agriculture and Food Research* 11: 100502.
- Saiz-Rubio, V., & Rovira-Más, F. (2020). From smart farming towards agriculture 5.0: A review on crop data management. *Agronomy*, 10(2): 207.

## Quadros e Figuras

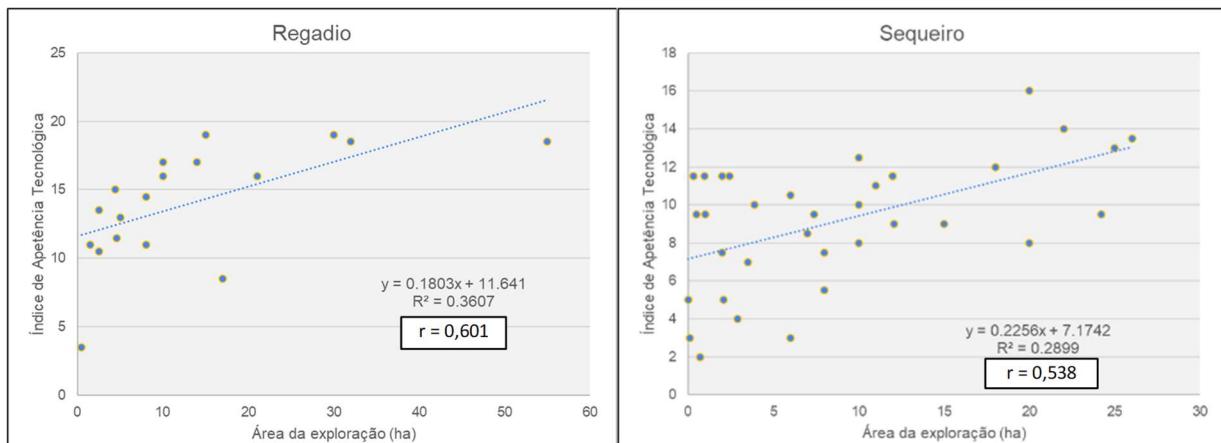
**Quadro 1 – Matriz de coeficientes de correlação entre as respostas selecionadas e o IAT calculado para os olivicultores**

CORR	SEQ_REG	N_ESTUD	REND_PR	T_AGRIC	IDADE	AREA_HA	IAT
SEQ_REG	1	-	-	-	-	-	-
N_ESTUD	-0.035957	1	-	-	-	-	-
REND_PR	-0.045135	0.012201	1	-	-	-	-
T_AGRIC	-0.120674	-0.335332	0.192825	1	-	-	-
IDADE	-0.066487	-0.394876	<b>0.488836</b>	0.193218	1	-	-
AREA_HA	0.237922	0.227232	-0.295960	-0.151757	-0.234461	1	-
IAT	<b>0.578826</b>	0.315375	-0.147138	-0.325564	-0.122231	<b>0.573727</b>	1

Legenda: SEQ\_REG – exploração de sequeiro ou regadio; N\_ESTUD – nível de estudos; REND\_PR – rendimento principal; T\_AGRIC – tempo que pratica agricultura; IDADE – idade; AREA\_HA – área da exploração em ha; IAT – índice de apetência tecnológica calculado.



**Figura 1 – Índice de Apetência Tecnológica (IAT) vs idade do olivicultor, dimensão de cada ponto proporcional à área da propriedade.**



**Figura 2 - IAT versus área da exploração segmentado em oliveiras de regadio e sequeiro, com regressão linear e valores de coeficientes de indeterminação ( $R^2$ ) e de correlação ( $r$ ).**

# **Sessão IV:**

## **Olivicultura, economia circular e valorização**

---

## Armazenamento de carbono no ecossistema solo de um olival de Trás-os-Montes: análise comparativa entre duas técnicas de gestão do solo

João Paulo Caldato<sup>1</sup>, Tomás de Figueiredo<sup>2</sup>, Tangriani Assmann<sup>1</sup>, Paula Batista<sup>2</sup>, Felícia Fonseca<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus de Pato Branco, Paraná.

<sup>2</sup>CIMO, LA SusTEC, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

### Resumo

Grande parte da área de olival em Trás-os-Montes ocupa terrenos íngremes que, associado à prática comum de mobilização do solo (2 a 3 vezes por ano), tem agravado os processos erosivos, resultando na perda de espessura e fertilidade do solo, representando os Leptossolos (espessura < 30 cm) a unidade solo dominante nos olivais do NE de Portugal (cerca de 80% da área). Em busca de práticas alternativas e sustentáveis de gestão do solo que promovam a sustentabilidade dos ecossistemas olivícolas no seu todo, este estudo teve como principal objetivo avaliar o impacto de duas técnicas de gestão do solo no armazenamento de carbono no ecossistema solo de um olival tradicional de sequeiro localizado em Mirandela, NE Portugal. As técnicas comparadas foram a mobilização tradicional com escarificador (MOB) e a não mobilização com cobertura vegetal (CVE). As amostras de solo foram coletadas nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, sob a copa das oliveiras (DC) e na entrelinha (EL). Os resultados indicam que as maiores quantidades de carbono por unidade de área ( $Mg C ha^{-1}$ ) foram registadas no tratamento CVE, sob a copa na camada de 0-10 cm. O tratamento CVE apresentou um aumento de  $4,9 Mg ha^{-1}$  de carbono no solo, em comparação com o tratamento MOB. O aumento do carbono no solo devido à utilização de cobertura vegetal sugere que a qualidade do solo melhorou, bem como a sua atividade biológica, além de potenciais benefícios económicos associados à possível venda de créditos de carbono. Estes resultados destacam a importância de práticas de gestão sustentável do solo que promovam a conservação dos recursos solo e água e a recuperação da produtividade dos olivais.

**Palavras-chave** - Olival de sequeiro, cobertura vegetal, mobilização do solo, matéria orgânica, Nordeste de Portugal.

### Abstract

A large part of the olive grove area in Trás-os-Montes occupies steep terrain, which, combined with the common practice of soil mobilization (2 to 3 times a year), has aggravated erosion processes, resulting in the loss of soil thickness and fertility, representing Leptosols (thickness < 30 cm) are the dominant soil unit in olive groves in NE Portugal (around 80% of the area). In search of alternative and sustainable soil management practices that promote the sustainability of olive ecosystems as a whole, this study aimed to evaluate the impact of two soil management techniques on carbon storage in the soil ecosystem of an olive grove dryland located in Mirandela, NE Portugal. The techniques compared were traditional preparation with a scarifier (MOB) and no preparation with vegetation cover (CVE). Soil samples were collected at depths 0-10 and 10-20 cm, under the olive tree canopy (DC) and between the rows (EL). The results indicate that the highest amounts of carbon per unit area ( $Mg C ha^{-1}$ ) were recorded in

the CVE treatment under the canopy in the 0-10 cm layer. The CVE treatment showed an increase of 4.9 Mg ha<sup>-1</sup> of soil carbon compared to the MOB treatment. The increase in soil carbon due to the use of vegetation cover suggests that soil quality has improved, as well as soil biological activity, in addition to potential economic benefits associated with the possible sale of carbon credits. These results highlight the importance of sustainable soil management practices that promote the conservation of soil and water resources and the recovery of olive grove productivity.

**Keywords** - Rainfed olive grove, vegetation cover, soil tillage, organic matter, Northeastern Portugal.

## Introdução

Os olivais têm uma importância cultural significativa em Portugal. Estão profundamente enraizados no passado do país e representam uma ligação entre práticas agrícolas atuais e ancestrais. A produção de azeite na região de Trás-os-Montes é amplamente reconhecida pela sua qualidade e desempenha um papel relevante no contexto nacional. Embora exista uma clara necessidade de melhorar as técnicas de instalação, gestão e condução dos olivais, do ponto de vista agronómico, estas continuam a ser cruciais para a economia regional e a fixação das populações rurais, bem como para a definição das paisagens que sustentam (de Graaff et al., 2010). A Comissão Europeia enfatiza a importância de práticas de gestão do solo sustentáveis para proteger a biodiversidade e mitigar as alterações climáticas. A dinâmica dos *stocks* de carbono orgânico do solo nas terras agrícolas é altamente sensível às práticas de gestão, representando uma componente crucial da fertilidade do solo e desempenhando um papel fundamental na regulação do ciclo global do carbono (Zhang et al., 2023). Isto reforça a necessidade de incentivar os gestores de terras, por meio da agricultura, a incrementar a quantidade de carbono nos sistemas agrícolas e promover compromissos entre a mitigação climática e a proteção ambiental. Estas ações são apoiadas pela Ação Climática por meio do financiamento da Política Agrícola Comum (PAC) da UE e de outros programas (Comissão Europeia, 2024). A maioria das áreas de cultivo de olivais em Trás-os-Montes está localizada em terrenos rasos, pedregosos, ácidos e com grande inclinação, em locais com baixa disponibilidade de água. Essas regiões têm aptidão agrícola marginal ou até nula (Figueiredo et al., 2002). Isto é o resultado do uso intensivo da mobilização do solo que pode causar erosão, desertificação, degradação da matéria orgânica (libertação de CO<sub>2</sub> para a atmosfera) e deterioração dos recursos hídricos. Poderá ainda causar danos às raízes das oliveiras, diminuindo a estabilidade das plantas e a capacidade de absorver nutrientes e água. Alternativas sustentáveis, como o uso de culturas de cobertura e a gestão de resíduos orgânicos, têm demonstrado melhorar a saúde do solo e aumentar a resiliência das oliveiras (Michalopoulos et al., 2020). O solo é fundamental para a fixação de carbono nos ecossistemas terrestres. A avaliação e o monitoramento do carbono armazenado no solo ajudam na compreensão do papel atual e potencial de vários ecossistemas como reservatórios de carbono. No entanto, o conhecimento sobre a distribuição e a dinâmica do carbono no solo é muito limitado, tanto em Portugal quanto a nível global, especialmente em termos de escalas específicas, como a da paisagem (Chen et al., 2014). Neste sentido, com o presente trabalho pretende-se avaliar o efeito de duas técnicas de gestão do solo (mobilização com escarificador e utilização de cobertura vegetal) na distribuição espacial e em profundidade do armazenamento de carbono no solo de um olival de Trás-os-Montes.

## Material e Métodos

O presente estudo foi desenvolvido num olival tradicional de sequeiro com 22 anos de idade e oliveiras instaladas com o compasso 7×7 m, localizado em Suçães, Mirandela, NE Portugal. Na região, a temperatura média anual é de 14,6 °C, com médias mensais que variam de 1,4 °C (janeiro) e 32,5 °C (julho) e a precipitação média anual é de 544,6 mm, com uma distribuição tipicamente mediterrânea (IPMA, 2023). Os solos da área de estudo estão muito degradados, pois ao longo do tempo têm sido submetidos a mobilizações sistemáticas (2 a 3 mobilizações por ano) que, associadas ao declive (> 5%), têm contribuído para acelerar os processos erosivos e consequente perda de espessura e da fertilidade do solo. Assim, a unidade solo predominante são os Leptossolos dísticos derivados do xisto, caracterizados por serem delgados (espessura < 30 cm), pedregosos, ácidos e pobres em matéria orgânica (Agroconsultores & Coba, 1991). O campo experimental é constituído por duas áreas de amostragem, correspondendo cada uma a diferentes técnicas de gestão do solo (tratamentos): (1) mobilização tradicional do solo com escarificador (MOB, área 1,2 ha) e (2) não mobilização, com coberturas verdes (CVE, área 1,5 ha). Em cada tratamento foram estabelecidas 5 parcelas de amostragem com 12 oliveiras cada (10 parcelas de amostragem no total). Por sua vez, em cada parcela foram definidos 8 pontos de colheita de amostras de solo (4 debaixo das copas das oliveiras e 4 nas entrelinhas). As amostras de solo (perturbadas e não perturbadas) foram colhidas nas profundidades 0-10 e 10-20 cm. As amostras de solo não perturbadas (colhidas com cilindros de 100 cm<sup>3</sup>) permitiram determinar a densidade aparente do solo e as amostras de solo perturbadas destinaram-se à avaliação do teor de elementos grosseiros e da concentração de carbono no solo. As amostras de solo foram colhidas sensivelmente um ano após a instalação das duas técnicas de gestão do solo (tratamentos). A quantidade de carbono armazenada no solo (CS, Mg C ha<sup>-1</sup>) foi calculada multiplicando a concentração de carbono (Cc, g kg<sup>-1</sup> ou kg Mg<sup>-1</sup>) pela densidade aparente (Dap, g cm<sup>-3</sup> ou Mg m<sup>-3</sup>) e espessura de cada camada de solo (z, m), com correção para o teor de elementos grosseiros (EG, v v<sup>-1</sup>), utilizando a seguinte equação (Fonseca et al., 2022):

$$CS = z \cdot Cc \cdot (Dap - \frac{2,65 \cdot EG}{100})$$

A análise estatística dos dados compreendeu estatística descritiva (média, desvio padrão), análise de variância (ANOVA a um fator) e comparações múltiplas de médias (Tukey, p < 0,05).

## Resultados e Discussão

Na fig. 1, é possível observar o efeito claro das coberturas verdes (CVE) no armazenamento de carbono na camada superficial do solo (0-20 cm), onde se registou um acréscimo de 4,9 Mg C ha<sup>-1</sup> (23%), em relação ao solo mobilizado (MOB). De acordo com Olivonews (2024), estudos realizados em oito empresas olivícolas mostraram que o uso de coberturas verdes contribuiu para uma redução de 85,6% da perda de solo por processos erosivos e de 76,4% de perda de carbono. Sendo a matéria orgânica o fator chave da fertilidade do solo e da manutenção das funções produtivas e ambientais do solo (Fonseca et al., 2022), as coberturas verdes podem contribuir de forma efetiva para a sustentabilidade dos olivais a curto, médio e longo prazo.

A distribuição do carbono em profundidade segue o padrão esperado, isto é, diminui com a profundidade (fig. 2). A camada 0-10 cm (13,5 Mg C ha<sup>-1</sup>) armazena mais 14% de carbono

do que a camada 10-20 ( $10,2 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ), traduzindo-se em diferenças estatisticamente significativas entre as profundidades. Diversos fatores, como a taxa de decomposição da matéria orgânica, a atividade microbiana e as características do solo, influenciam a relação entre a profundidade do solo e a quantidade de carbono armazenada Rumpel e Kögel-Knabner (2011). O carbono orgânico do solo geralmente está concentrado nas camadas superficiais, especialmente nos primeiros 30 cm (Porta, 2003). Isso ocorre porque essa camada recebe quantidades superiores de materiais orgânicos em decomposição, como raízes, folhas e outros resíduos vegetais, que fornecem carbono. No entanto, o carbono localizado nas camadas mais profundas é normalmente mais estável e tem a capacidade de permanecer armazenado por períodos mais longos, o que leva ao sequestro de carbono a longo prazo (Cerqueira, 2021).

Levando em consideração os resultados da fig.3, mostra-se evidente a diferença entre a quantidade de carbono armazenado no solo debaixo da copa (DC) e na entrelinha (EL). Debaixo da copa ( $30,8 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ) a quantidade de carbono registou um aumento de 30% comparativamente à entrelinha ( $16,5 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ). Assim, verifica-se uma elevada heterogeneidade espacial do armazenamento de carbono, o que está associado à maior produção de resíduos orgânicos debaixo das copas, como folhas e frutos da oliveira e restos de vegetação herbácea, que se vão acumulando ao longo do período vegetativo.

A quantidade de carbono armazenada no solo depende da concentração de carbono no solo, da densidade aparente e do teor de elementos grosseiros do solo (quadro 1). A concentração de carbono orgânico decresce com a profundidade, seguindo o padrão de variação mais comumente registrado. Os valores são sempre mais elevados na camada 0-10 cm, debaixo da copa no tratamento de gestão do solo com coberturas verdes (CVE), o que está relacionado com o maior aporte de resíduos orgânicos ao solo nessas condições (Fonseca et al., 2022). A densidade aparente varia inversamente com o teor de carbono, registando aumentos em profundidade em ambos os tratamentos e local de colheita das amostras, mas com valores superiores na entrelinha. Os valores variam entre  $1,10 \text{ g cm}^{-3}$  e  $1,33 \text{ g cm}^{-3}$ , mostrando assim boas condições para o crescimento, expansão e desenvolvimento das raízes nos primeiros 20 cm de solo (Porta, 2003). A concentração de carbono explica 60% ( $r^2 = 0,598$ ) da variação da densidade aparente na camada 0-10 cm e 40% ( $r^2 = 0,396$ ) na camada 10-20 cm. Outros fatores como a porosidade e a profundidade afetam também a densidade aparente, pois as camadas mais profundas tendem a ser mais compactas (Pádua et al., 2015). O teor de elementos grosseiros é sempre superior a 25%, indicando que se trata de solos pedregosos (Figueiredo, 2013), atingindo valores muito próximos de 50% e, tendencialmente superiores na camada mais profunda (10-20 cm).

Com base nas correlações efetuadas (quadro 2), observa-se que a quantidade de carbono no solo varia diretamente com a concentração de carbono (Cc) e inversamente com a densidade aparente (Dap) e o teor de elementos grosseiros (EG). Tendência idêntica foi observada por (Dores, 2021). Em ambas as camadas de solo (0-10 e 10-20 cm), a concentração de carbono explica mais de 92% da quantidade de carbono armazenada no solo. Já a Dap e os EG, na camada 0-10 cm, contribuem com menos de 42% e 30%, respectivamente. Estas mesmas variáveis na camada 10-20 cm ainda atingem percentagens inferiores (27% para a Dap e 21% para os EG). Esta constatação pode indicar que, neste tipo de sistemas agrícolas, a concentração de carbono é decisiva para a quantidade de carbono armazenada nas camadas superficiais do solo.

## Conclusão

A quantidade de carbono armazenada atingiu os maiores valores na camada superficial (0-10 cm), debaixo das copas das oliveiras (DC) no tratamento em que foi utilizada cobertura vegetal, como técnica sustentável de gestão do solo (CVE). Essa quantidade de carbono está estreitamente dependente da concentração de carbono no solo, tendo a densidade aparente e o teor de elementos grosseiros afetado negativamente o *stock* de carbono no solo. Num período de sensivelmente um ano, comparativamente ao solo mobilizado, o tratamento com cobertura vegetal resultou num acréscimo de 4,9 Mg C ha<sup>-1</sup>. Além dos benefícios ambientais e de produtividade que este acréscimo de carbono traz, o uso de cobertura vegetal também pode gerar vantagens económicas a médio/longo prazo. As coberturas vegetais não só melhoram a qualidade do solo, mas também têm o potencial de gerar lucros adicionais através da venda de créditos de carbono, devido ao superior armazenamento de carbono no solo.

Para trabalhos futuros, sugere-se a colheita anual de amostras de solo para monitorar o armazenamento e sequestro de carbono a longo prazo. Além disso, um estudo de caso poderia ser realizado em parceria com empresas especializadas para quantificar o carbono sequestrado e explorar a conversão desse valor em uma fonte adicional de renda para os produtores, através da venda de créditos de carbono.

## Referências

- Agroconsultores & Coba. 1991. Carta dos solos do nordeste de Portugal. UTAD, Vila Real.
- Cerqueira, H. M. 2021. Sequestro de Carbono no Solo: Mitigação das Alterações Climáticas em Ecossistemas Mediterrâneos. Tese de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa.
- Chen, J., John, R., Sun, G., McNulty, S., Noormets, A., Xiao, J., Turner, M. G. & Franklin, J. F. 2014. Carbon fluxes and storage in forests and landscapes. p. 139-166. In: J.C. Azevedo et al (eds), Forest Landscapes and Global Change. Springer, New York.
- Comissão Europeia. 2024. <https://commission.europa.eu>.
- de Graaff, J., Duarte, F., Fleskens, L. & de Figueiredo, T. 2010. The future of olive groves on sloping land and extant assessment of cross compliance for erosion control. Land Use Policy 27(1): 33-41.
- Dores, L. A. 2021. Armazenamento de carbono e produtividade de lameiros no nordeste de Portugal. Tese de mestrado, Instituto Politécnico de Bragança.
- Figueiredo, T. 2013. Uma panorâmica sobre os recursos pedológicos do Nordeste Transmontano. Série Estudo, Instituto Politécnico de Bragança.
- Figueiredo, T., Almeida, A. & Araújo, J. P. 2002. Edaphic characteristics of olive-tree areas in the Trás-os-Montes Region (Portugal): a map-based approach. ISHS.
- Fonseca, F., Silva, D., Bueno, P., Hernández, Z., Royer, A. C. & de Figueiredo, T. 2022. Temporal dynamics of carbon storage in a Mediterranean mountain scrubland managed by prescribed fire. Catena 212, 106107.
- IPMA. 2023. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. <https://www.ipma.pt>.
- Michalopoulos, G., Kasapi, K., Koubouris, G., Psarras, G., Arampatzis, G., Hatzigiannakis, E., Kavvadias, V., Xiloyannis, C., Montanaro, G., Malliaraki, S., Angelaki, A., Manolaraki, C., Giakoumaki, G., Reppas, S., Kourgialas, N., & Kokkinos G. 2020. Adaptation of Mediterranean Olive Groves to Climate Change through Sustainable Cultivation Practices. Climate 8(4), 54.

- Olivonews. 2024. Cobertura vegetal em olivais reduz a perda de carbono em 76,4%. Olivo News Itália. <https://olivonews.it>.
- Pádua, E. J., Guerra, A. R. & Zinn, Y. L. 2015. Modelagem da Densidade do Solo em Profundidade sob Vegetação Nativa em Minas Gerais. Revista Brasileira de Ciência do Solo 39(3): 725-736.
- Porta, J.; López-Acevedo, M. & Roquero, C. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Rumpel, C. & Kögel-Knabner, I. 2011. Deep soil organic matter - a key but poorly understood component of terrestrial C cycle. Plant and Soil 338(1-2): 143-158.
- Zhang, Z., Ding, J., Zhu, C., Wang, J., Ge, X., Li, X., Han, L., Chen, X. & Wang, J. 2023. Historical and future variation of soil organic carbon in China. Geoderma 436, 116557.

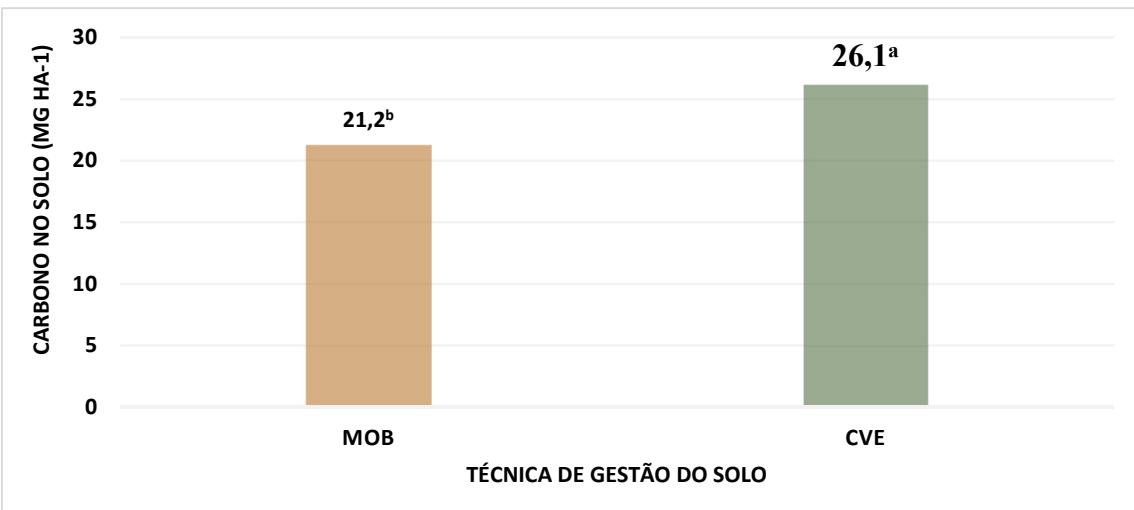
### **Quadros e Figuras**

**Quadro 1** - Concentração de carbono no solo, densidade aparente e teor de elementos grosseiros debaixo da copa (DC) e na entrelinha (EL) nas camadas 0-10 e 10-20 cm de solo para os tratamentos solo mobilizado (MOB) e solo com cobertura vegetal (CVE) (média ± desvio padrão).

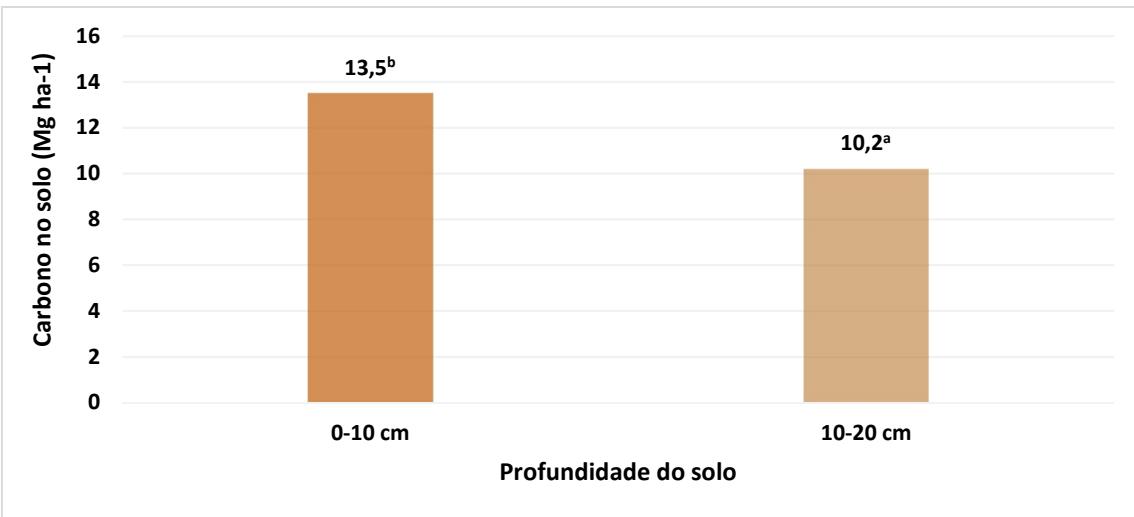
Profundidade (cm)	Local	Técnica de gestão do solo	
		MOB	CVE
Concentração de C ( $\text{g kg}^{-1}$ )			
0-10	DC	$20,7 \pm 2,4$	$28,3 \pm 6,6$
	EL	$13,1 \pm 4,2$	$14,5 \pm 1,6$
10-20	DC	$17,0 \pm 4,3$	$24,7 \pm 5,5$
	EL	$6,1 \pm 0,9$	$6,6 \pm 1,1$
Densidade aparente ( $\text{g cm}^{-3}$ )			
0-10	DC	$1,10 \pm 0,06$	$1,11 \pm 0,06$
	EL	$1,27 \pm 0,04$	$1,25 \pm 0,01$
10-20	DC	$1,19 \pm 0,10$	$1,24 \pm 0,05$
	EL	$1,33 \pm 0,01$	$1,33 \pm 0,01$
Elementos grosseiros (%)			
0-10	DC	$42,9 \pm 5,7$	$47,0 \pm 2,1$
	EL	$43,1 \pm 3,3$	$47,5 \pm 2,5$
10-20	DC	$47,6 \pm 3,2$	$52,8 \pm 2,8$
	EL	$44,2 \pm 3,9$	$48,9 \pm 1,5$

**Quadro 2** - Coeficientes de correlação ( $r^2$ ) entre as variáveis concentração de carbono (Cc), densidade aparente (Dap) e elementos grosseiros (EG) e a quantidade de carbono (CS) armazenada nas camadas de solo 0-10 e 10-20 cm (\*  $0,05 > p > 0,01$ ; \*\*  $0,01 > p > 0,001$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ ).

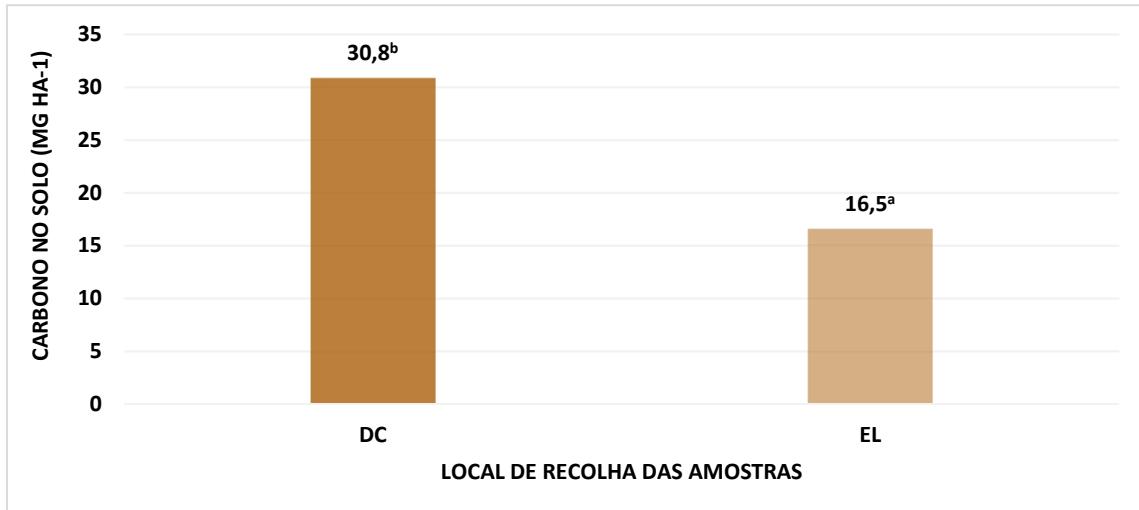
Profundidade (cm)	Coeficiente de correlação		
	CS vs. Cc	CS vs. Dap	CS vs. EG
0-10	0,927***	- 0,411*	- 0,298
10-20	0,972***	- 0,267	- 0,212



**Figura 1** - Efeito da técnica de gestão do solo (MOB - mobilização do solo, CVE - cobertura vegetal), no armazenamento de carbono na camada 0-20 cm do solo. Valores das colunas com letras diferentes diferem significativamente ( $p < 0,05$ ).



**Figura 2** - Efeito da profundidade do solo no armazenamento de carbono. Valores das colunas com letras diferentes diferem significativamente ( $p < 0,05$ ).



**Figura 3** - Efeito do local de recolha de amostras (DC - debaixo da copa e EL - entrelinha) no armazenamento de carbono na camada superficial do solo (0-20 cm). Valores das colunas com letras diferentes diferem significativamente ( $p < 0,05$ ).

## O contributo do olival tradicional para a gestão integrada de recursos e o desenvolvimento equilibrado do território

Luís Duarte Melo<sup>1</sup>, Maria José Lucena<sup>2</sup> e Vale & Fátima Bacharel<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Projeto Ouro Líquido e Associação para a Promoção de Olival e Azeite de Aire e Candeeiros, Startup Alcanena - Centro de Acolhimento de Iniciativa Empresarial Sala 3 Rua D. Nuno Álvares Pereira 2380-061 Alcanena, projetoouroliquido@gmail.com).

<sup>2</sup>Direção Geral do Território, Rua Artilharia Um nº 107 1099-052 Lisboa, mvale@dgterritorio.pt

<sup>3</sup>Direção Geral do Território, Rua Artilharia Um nº 107 1099-052 Lisboa, fbacharel@dgterritorio.pt

### Resumo

O Olival Tradicional assume uma relevância crescente como sistema cultural que pode contribuir para a fixação das populações e para o desenvolvimento equilibrado dos territórios. São múltiplas as vertentes dessa contribuição, incluindo a gestão equilibrada dos ecossistemas, o respeito como cultura milenar da paisagem mediterrânea, a rentabilidade de pequenas explorações agrícolas, a fixação da população no interior, a adequabilidade às disponibilidades hídricas, a promoção da biodiversidade ou o potencial associado ao turismo de natureza e ao olivoturismo.

Todas estas vertentes se integram na contemporaneidade da abordagem ditada pela necessidade de integração da remuneração de serviços de ecossistemas e circularidade da economia.

Para uma clara compreensão do papel potencial do olival tradicional associado à produção de azeite, recorre-se neste artigo ao Projeto Ouro Líquido, que integra desenvolvimentos relevantes em matéria de promoção deste sistema cultural, em articulação com a abordagem integrada do ordenamento e gestão ativa do Programa de Transformação da Paisagem promovido pela DGT. O suporte à implementação da abordagem de gestão consolida-se na abordagem preconizada no Projeto TerAgua, uma abordagem colaborativa, desenvolvida na DGT, enquanto protótipo de suporte à gestão territorial, útil para a integração de estratégias de desenvolvimento ancoradas na exploração do Olival Tradicional e das suas atividades conexas de produção e de valorização dos recursos.

Apresenta-se uma visão prática, realista e integrada, associada aos contributos efetivos a que o sistema cultural de olival de sequeiro pode dar, como elemento integrante dos sistemas de produção, apoiando o uso sustentável dos recursos, o desenvolvimento equilibrado do território e a fixação das populações, respeitando a cultura do lugar.

**Palavras-chave** - azeite, olivoturismo, paisagem, ordenamento, Ouro Líquido.

### Abstract

Traditional olive grove is increasing relevant as a cultural system that can contribute to the settlement of populations and the balanced development of territories.

There are multiple aspects of this contribution, which include the balanced management of ecosystems, respect for the culture heritage within the Mediterranean landscape, the profitability within small farms, the settlement of the population in the interior territories, the

water availability and sustainable management, the promotion of biodiversity and the potential associated with nature and olive oil tourism.

All these aspects are integrated into a new perspective following circular economy approach as the need to integrate remuneration for ecosystem services into territorial development.

To understand and explore the role of traditional olive groves associated with olive oil production, we present the “Ouro Líquido Project”, which integrates the most relevant developments in terms of promoting this cultural system.

Furthermore, this project is associated and articulated with the “Programa de Transformação da Paisagem” (Landscape Transformation Program) recently promoted within public policies for territorial cohesion, and within the “TerAgua Project”, a collaborative geodatabase platform that helps understanding the need to integrate land and land use allocation with natural resources management in order to achieve effective development in the present as within the years to come.

Thus, a practical, realistic and integrated development vision including traditional olive groves along with all related activities linked to olive oil production, is presented. It gives broader perspective concerning relevant contributions that the rainfall olive grove cultural system can bring, to balance and promote development of less favorable territories including settlement and survivance of rural populations, when promoted in cooperation, using public and private investments to achieve effective growth.

**Keywords** - olive oil, tourism, landscape, landuse.

## Introdução

O presente artigo evidencia o papel que o Olival Tradicional (OT) desempenha para a sustentabilidade e competitividade dos territórios, bem como para a dinâmica de criação de valor no setor do azeite e de atividades relacionadas, como é o caso do turismo e da restauração. Centra-se no Projeto Ouro Líquido, coordenado por Luis Melo e desenvolvido em dinâmica participativa desde junho de 2023 no território do Parque Natural das Serra de Aire e Candeeiros.

Partindo desta iniciativa, procuramos refletir e estudar modelos e ações que confirmam sustentabilidade e competitividade ao OT e ao território, também vistos como forma de preservação da paisagem tradicional portuguesa, valorizando a sua cultura milenar em ligação com a preservação de recursos como a água.

Pretende-se contribuir para consolidar a implementação deste projeto à escala regional, em estreita articulação com as características diferenciadoras do património natural e construído de cada lugar, assim como potenciar o seu desenvolvimento e vitalidade socioeconómica e ambiental e atenuar o ritmo de abandono a que OT tem estado sujeito nas últimas décadas em vários territórios de Portugal.

Adicionalmente explora-se o potencial de integração no Projeto Ouro Líquido das abordagens de planeamento e gestão colaborativas como a preconizada no Projeto TerAgua (Vale, M.J. (2002), Vale, M.J. (2024)) e no Programa de Transformação da Paisagem (DGT, 2020-2024).

Consolida-se desta forma a apresentação de uma abordagem integrada, que promove o trabalho desenvolvido no âmbito do Projeto Ouro Líquido e o integra nas estratégias

governativas e políticas públicas, designadamente aquelas associadas à promoção da coesão territorial como forma integrada de consolidar o desenvolvimento equilibrado do território português.

Espera-se conseguir, na integração destas abordagens ligadas à caracterização e dinamização do setor, e á sua operacionalização, sensibilizar investidores, agricultores, empresas e academia quanto às estratégias de diferenciação e oportunidades de negócio associadas à cadeia de valor do Olival Tradicional e integrar a abordagem como uma mais valia a apoiar e a integrar no desenho de políticas públicas.

### O Projeto Ouro Líquido

O Projeto Ouro Líquido tem por missão valorizar a fileira da oliveira, cultura predominante, mas em abandono progressivo nos espaços agrícolas do território do Parque Natural das Serras de Aire e Candeeiros (PNSAC), visando criar valor e procurar soluções para os desafios colocados ao olival tradicional em diversos planos:

- Modelo produtivo;
- Formas de organização do setor;
- Fatores críticos de competitividade;
- Modelo de gestão e colaboração;
- Formas de financiamento;
- Estratégia de promoção e comercialização.

Pretende-se aprofundar o conhecimento sobre a cadeia de valor do olival tradicional, estimular os agentes privados a inovar nos processos, produtos e serviços, atrair novos operadores, aceder a redes de conhecimento, aprender com outros casos, estudar e abrir novos mercados e envolver organismos do Estado para a estratégia a prosseguir no futuro.

Na agenda deste projeto está ainda o estudo dos aspetos singulares e diferenciadores da paisagem olívcola destes municípios, vista como produto de construção ecológica, histórica e cultural, e inventariar recursos ligados ao olival e ao azeite potencialmente relevantes para a construção de uma estratégia olivoturística, que possa aportar valor económico e social às comunidades rurais, integrando produtos endógenos, gastronomia, natureza, paisagem rural, cultura e património.

Considerado o coração do mediterrâneo calcário português, a singular identidade do PNSAC nos domínios da geomorfologia, natureza, biodiversidade, património histórico, etnografia e paisagem rural, pode certamente contribuir para uma valorização mais ampla da olivicultura, fixação das populações e desenvolvimento equilibrado deste território.

Após um ano de trabalho em dois territórios-piloto (Alcanena e Torres Novas), o Projeto Ouro Líquido alarga-se agora aos restantes municípios com território no PNSAC, no quadro da respetiva Comissão de Cogestão e da ADSAICA (Associação de Desenvolvimento das Serras de Aire e Candeeiros), que integra os municípios de Alcanena, Alcobaça, Ourém, Porto de Mós, Rio Maior, Santarém e Torres Novas.

Em paralelo, iniciou já a sua atividade a APOAC (Associação para a Promoção do Olival e Azeite de Aire e Candeeiros), que tem por missão potenciar a qualificação, a valorização e a promoção do setor do olival e do azeite português em geral, com foco na região das Serras de Aire e Candeeiros, em torno de uma “Carta de Compromisso da Qualidade e Sustentabilidade do Azeite”, que elenca princípios e objetivos nos quais os seus associados se revêm. A nova associação sem fins lucrativos inicia a sua atividade com 53 associados fundadores, entre

olivicultores, lagareiros, embaladores, comerciantes, operadores olivoturísticos e outros interessados pela fileira destes 7 municípios.

### O Olival Tradicional e a preservação da paisagem

O Olival tradicional assume uma expressão caracterizadora da paisagem portuguesa, em estreita relação com a vivência do lugar.

Tem forte expressão no interior do país, em particular na região abrangida pelo Parque Natural das Serra de Aire e Candeeiros (fig. 1).

A sua importância na reorganização e gestão da paisagem é reconhecida nos novos instrumentos de transformação da paisagem, os quais estabelecem objetivos concretos relativos à redução da vulnerabilidade aos fogos rurais, à valorização da aptidão dos solos e melhorando os serviços prestados pelos ecossistemas – de suporte (fertilidade do solo e ciclo de nutrientes), aprovisionamento (produção de alimento, fibra e madeira e regulação do ciclo hidrológico, sequestro e armazenamento de carbono), culturais (de turismo e recreio) e ao aumento do valor do território e dinamização da economia rural.

Em resposta a alterações culturais, ambientais, sociais e económicas os instrumentos do Programa de Transformação da Paisagem suportam-se num entendimento inovador relativo à compreensão:

- dos elementos estruturantes da paisagem;
- da relação mútua e funcional de padrões espaciais e ecológicos a diferentes escalas;
- do processo de articulação das comunidades com os territórios, base da construção social dinâmica das identidades e de atuação ao nível local;
- das singularidades às várias escalas para a construção de perfis identitários;
- dos sistemas de produção tradicionais e dos conhecimentos a eles associados, que estão na origem dos padrões de biodiversidade e estruturas que caracterizam as paisagens rurais de valor natural e cultural.

As medidas de planeamento dos novos instrumentos de transformação da paisagem – Programas de Reordenamento e Gestão da Paisagem e Operações Integradas de Gestão da Paisagem, são construídos com base numa Estratégia orientada para resultados de:

- Reorganização da paisagem tornando-a mais diversa e resiliente ao fogo, com melhor desempenho dos serviços dos ecossistemas e mais valorizadora das economias locais;
- Identificação de áreas e ações prioritárias a financiar na transformação e remuneração dos serviços dos ecossistemas;
- Capacitação dos motores de transformação;
- Participação ativa e colaborativa dos atores para alcançar resultados positivos e duradouros.

O olival tradicional é, neste contexto, um sistema cultural importante para o funcionamento e equilíbrio da paisagem:

- É testemunho vivo de adaptação às alterações do clima;
- É importante no ordenamento rural, estrutura e organização da paisagem;
- É um elo vivo de ligação norte/sul;
- É uma presença emblemática da nossa identidade cultural.

A importância do olival tradicional na organização da paisagem integra uma nova combinação de sistemas complementares, integrando as áreas e ações prioritárias que os PRGP

identificam como preferenciais, estruturas de resiliência, sistemas agrícolas, ordenamento rural, estruturas ecológicas e gestão da paisagem.

Esta combinação, que integra os sistemas tradicionais, reforça o sentido de pertencer a um lugar, a uma cultura, e lembra-nos quem somos na sabedoria inter-generacional que nos une.

Disso é reflexo a paisagem enquanto construção cultural e elemento de renovação geracional, agregador da coesão territorial, social e económica.

E efetivamente o olival tradicional é importante para o funcionamento e equilíbrio da paisagem em Portugal.

### O Projeto TerAgua no apoio à gestão integrada do olival, dos recursos e da paisagem

O Projeto TerAgua tem por base a plataforma de gestão de informação associada à gestão da bacia hidrográfica da Albufeira do Castelo de Bode (Vale, M. J. (2002)), com sucessivas adaptações e melhorias, (Vale, M.J. (2024) e Reis, R. (2021)).

Integra informação georreferenciada de base e temática, desenvolve e estrutura abordagens associadas à caracterização do território, incluindo a gestão da propriedade e a caracterização e análise das atividades socioeconómicas que a região suporta ou queira vir a suportar, entre as quais a atividade agrícola e a produção de azeite (fig.2).

Inclui, além da caracterização da evolução demográfica, a caracterização do sector da habitação e de saneamento, a caracterização das atividades agrícola e florestal, industrial, turística e de produção de energia, com base em informação produzida pelo Instituto Nacional de Estatística-INE. A informação é desagregada, sempre que possível, ao máximo detalhe geográfico disponível.

O sistema pretende ainda e de forma progressiva, fazer a caracterização dos usos e da gestão de usos no espaço geográfico, a par dos usos concorrentiais ou em potencial conflito, associados em particular à afetação do uso da água e às descargas de águas residuais, sejam estas de poluição pontual, ou relativas a potencial de poluição difusa.

Integra também um conjunto de informação associada à rede de monitorização de recursos hídricos - estações climatológicas, postos udométricos, e estações de monitorização de qualidade da água – bem como uma estrutura normativa associada à gestão da água e do espaço ligada a todos os sectores de atividade, Planos e Programas de desenvolvimento, podendo ainda integrar a análise de programas de investimento associados, avaliar e monitorizar alternativas de desenvolvimento.

Construído em colaboração, permite progredir na compreensão e otimização da gestão do espaço em relação com a gestão sustentável de recursos hídricos, dando cumprimento ao quadro normativo e ajudando a prevenir e reduzir os problemas de stress hídrico induzidos pelo homem, sempre que desenquadrados do equilíbrio natural.

A aplicação desta abordagem à promoção do olival tradicional (Bacharel, F. e Vale, M.J., 2024), permitirá integrar o conhecimento do sector Olivícola, disponibilizá-lo aos utilizadores, articular a produção olivícola com o turismo e actividades económicas conexas e rentabilizar investimentos; ela permite enquadrar os problemas no contexto particular de cada território, com destaque para os territórios de interior como o abrangido pelas Serra de Aire e Candeeiros, com características muito próprias a promover e preservar.

A abordagem permite integrar o sistema produtivo com o sector da transformação e comercialização, otimizando a rentabilidade da fileira do olival, e gerir a água e o solo de forma equilibrada e sustentável, promovendo o equilíbrio dos ecossistemas.

É neste contexto que se pretende impulsionar o desenvolvimento do país, designadamente no que se refere ao quadro normativo em elaboração para a Europa, ligado à água e às estratégias de desenvolvimento 20-30, agora em revisão, procurando apoiar políticas públicas de coesão numa perspetiva local, sem descurar o tema da qualidade e adequação de dados para descrever um determinado problema que se coloca ao ordenamento e coesão do território.

Esta abordagem é, ainda, uma contribuição relevante para a avaliação, revisão do PNROT, da estratégia Nacional de Arquitetura e Paisagem, dos programas e planos conexos associados ao ordenamento e à paisagem, de que o Olival Tradicional é parte integrante.

A exploração sustentável dos recursos preconizadas pela abordagem da plataforma TerAgua e do Projeto Ouro Líquido, integra-se nas preocupações inscritas no Plano de Recuperação e Resiliência, PRR (PRR 2021 e posteriores revisões), ao considerarem os temas dos serviços de ecossistemas e da circularidade de economia, com especial enfoque na gestão eficiente de recursos.

### **Impactos potenciais a explorar**

Entre os impactos esperados decorrentes da preservação e suporte ao Olival Tradicional contam-se os seguintes, tidos como os mais relevantes e imediatos:

- Povoamento do interior – fixação das populações, coesão social e redução de assimetrias regionais;
- Preservação de património milenar, natural e construído: paisagem, biodiversidade e práticas agrícolas;
- Produtos endógenos associados à multifuncionalidade produtiva e variedades autóctones: a sua exploração conjunta permite dinamizar a economia local, e contribuir para a gestão equilibrada dos recursos num contexto de circularidade de economia e serviços dos ecossistemas;
- Preservação da paisagem e práticas rurais, preservação da arquitetura e da paisagem rural, de que o olival tradicional e as oliveiras centenárias constituem parte integrante;
- Aumento do rendimento dos agricultores e viabilização económica das suas atividades;
- Promoção da economia de proximidade, local e integrada;
- Resiliência em contexto de alterações climáticas;
- Afetação natural e gestão equilibrada da água, da maior relevância num contexto de incerteza climática;
- Resistência ao fogo e prevenção dos incêndios;
- Atividade económica integrada: produção de azeite, ligada ao olivoturismo, turismo de natureza e turismo rural;
- Gastronomia, restauração e indústria agroalimentar como formas adicionais de consolidar a fixação das populações e promoção de emprego local.

### **Conclusão**

A aprendizagem em curso no contexto do Projeto Ouro Líquido - que se propõe valorizar a fileira da oliveira nos 7 municípios do PNSAC - é o ponto de partida para identificar desafios e abrir caminhos à política de ordenamento do território, em estreita relação com a afetação de recursos associada à fileira do Olival.

A experiência adquirida permite integrar progressivamente melhor as estratégias de abordagem colaborativas para a gestão do Olival Tradicional, nas dimensões do modelo produtivo, organização do setor, fatores de competitividade, estratégias de marketing e modelos de financiamento, seguindo uma visão metodológica prática, realista e integrada.

Estas vertentes são integradas com as preocupações abordadas nas perspetivas da remuneração de serviços de ecossistemas e da circularidade da economia, enfatizado o papel no olival tradicional no ciclo hidrológico em articulação com a abordagem definida noutros projetos e iniciativas em curso como é o caso do Projeto TerAgua, e do Programa de Transformação da Paisagem.

Esta abordagem, efetuada em contexto de gestão de informação de base colaborativa, abre novos horizontes ao desenvolvimento do território e à promoção da cultura olivícola.

Revela-se urgente apoiar o desenvolvimento integrado de uma plataforma colaborativa de suporte à gestão do Olival Tradicional no contexto das políticas públicas de base territorial, integrando estas três iniciativas e, tirando partido da experiência adquirida, promover a produção e valorização de azeite e de outros produtos da fileira do olival, e o crescimento sustentável da economia portuguesa.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à Comissão de Cogestão do Parque Natural das Serras de Aire e Candeeiros, à ADSAICA e à DGT pelo apoio dado a esta iniciativa.

### Referências

- Melo, Luís Duarte. 2024. Projeto Ouro Líquido, Relatório Final.
- Melo, Luís Duarte. 2023. Potencial Olivoturístico em Alcanena e Torres Novas- comunicação apresentada ao Simpósio Olive4All - Olivoturismo e desenvolvimento de produtos turísticos inovadores, setembro 2023.
- Vale, M. J. Bacharel, F. 2024. Conclusões do Seminário Olival Tradicional – Políticas Públicas, Sustentabilidade e Competitividade. 2024. Alcanena, APOAC, DGT e Câmara Municipal de Alcanena.
- Vale, M. J. 2024. Protótipo da plataforma colaborativa para a gestão integrada da Água e do Espaço - Projecto TerAgua, Projetos de Investigação, DGT.
- Vale, M.J. e Reis, R. 2021 “Água e Sustentabilidade: Plataformas Colaborativas e Desenvolvimento Equilibrado dos Territórios, 19º ENaSB/12ºJTIR: Encontro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Viseu.
- Bacharel, F. Vale, M. J. 2024. A Água na arquitetura e diversidade da paisagem: contributo para o desenvolvimento português. Água que Futuro, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH) e Faculdade de Ciências e Tecnologia, UAlg. Universidade do Algarve.
- Plano de Ordenamento Parque Natural das Serras de Aire e Candeeiros (POPNSAC), RCM nº57/2010 de 12 de agosto.
- Vale, M. J. 2002. p 454-561. Plataforma colaborativa de Suporte à gestão integrada da Água e do Espaço. UNL, Lisboa.
- Lei n.º 99/2019 de 5 de setembro, Diário da República n.º 170/2019. Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT), Primeira Revisão, DGT, 2021.
- Programa de Transformação da Paisagem (PTP), 2020. Resolução do Conselho de Ministros n.º 49/2020, de 24 de junho.

Áreas Integradas de Gestão da Paisagem (AIGP), Resolução do Conselho de Ministros n.º 49/2020, de 24 de junho.

Bacharel F. 2024. Os Programas de Reordenamento e Gestão da Paisagem na Promoção do olival Tradicional. Seminário Olival Tradicional – Políticas Públicas, Sustentabilidade e Competitividade Cine Teatro S. Pedro, Alcanena.

Plano de Recuperação e Resiliência, PRR – Recuperar Portugal, Construindo o Futuro 2023, XXII Governo, República Portuguesa, Mecanismo de Recuperação e Resiliência, EU, 22 de abril de 2021, atualizado em 26 de maio de 2023.

#### **Quadros e Figuras**



**Figura 1-** O olival tradicional junto à Serra de Aire.

Impacto da Sustentabilidade no Desenvolvimento da Sociedade:

## Projeto TERAGUA

A gestão integrada da água e do espaço – O papel do Olival tradicional no desenvolvimento local

### Os diferentes usos

- 1- Água Potável
- 2- Produção de Energia
- 3- Abastecimento Urbano
- 4- Recreio e lazer
- 5- Indústria
- 6- Produção animal
- 7- Agricultura
- 8- Produção florestal
- 9- Abastecimento externo

Externalidades



Figura 2 - A gestão integrada da água e do espaço- O papel do Olival tradicional no desenvolvimento local- Projeto TerAgua (Vale, M.J., 2024).

## Rede de inovação de modelos de negócio agroflorestais (AF4EU)

Eduardo Pousa<sup>1</sup>, Ana Carolina Oliveira<sup>2</sup>, José Castro<sup>1</sup>, João Paulo Castro<sup>2</sup>, José Pereira<sup>2</sup> & Marina Castro<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

<sup>2</sup>CIMO, LA SusTEC, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300- 253 Bragança, Portugal.

\*marina.castro@ipb.pt

### Resumo

O crescimento da população mundial impõe a procura de soluções que permitam obter uma maior produção de alimentos através de práticas de uso do solo mais sustentáveis. Os sistemas agroflorestais devido às suas propriedades multifuncionais são parte da solução para abordar questões de sustentabilidade, incluindo ambientais, económicas ou sociais. Como resposta a estas necessidades, o projeto AF4EU, financiado pela União Europeia, tem como objetivo promover os sistemas agroflorestais europeus através do desenvolvimento de uma rede agroflorestal alargada, interativa e orientada para a inovação. Com este projeto pretende-se partilhar conhecimento local e científico, com recurso a ferramentas de TIC, dando especial atenção ao desenvolvimento e implementação de novas práticas rentáveis, modelos de negócio e serviços de extensão agroflorestal, considerando toda a cadeia alimentar, incluindo os consumidores. O AF4EU inclui 11 Redes Regionais de Inovação Agroflorestal (RAIN), distribuídas por várias regiões da Europa (Atlântica, Mediterrâника, Continental e Boreal) com atores relevantes (agricultores e produtores florestais, investigadores, conselheiros, consumidores, ONGs, retalhistas e responsáveis políticos) e grupos operacionais. No decurso do projeto, será analisado um conjunto de 33 modelos de negócio agroflorestais em toda a Europa, sob a perspetiva do trinómio de sustentabilidade económica, ambiental e social. Inspirado em iniciativas anteriores (H2020), o AF4EU visa desenvolver uma plataforma de conhecimento agroflorestal que inclui: i) nuvem de conhecimento, ii) manual, iii) ferramenta de apoio à decisão empresarial de inovação agroflorestal (Afi-Bus DSS), visando a política agroflorestal na Europa, assim como um Curso Online Multilingue (MOOC) com módulos de formação direcionados aos agricultores e conselheiros. O AF4EU proporcionará um contributo significativo para a implementação e adoção dos sistemas agroflorestais em toda a Europa, através da partilha de conhecimento centrado em modelos de negócio rentáveis e do planeamento de comunicação, disseminação e exploração bem-sucedido, que despertará a atenção de grande número de pessoas na Europa.

**Palavras-chave** – sistemas agroflorestais europeus, redes regionais, sustentabilidade, stakeholders, extensão agroflorestal.

### Abstract

The growth of the world's population means that solutions must be found to achieve greater food production through more sustainable land use practices. Due to their multifunctional properties, agroforestry systems are part of the solution to addressing sustainability issues, including environmental, economic, and social ones. In response to these

needs, the AF4EU project, funded by the European Union, aims to promote European agroforestry systems through the development of an extended, interactive, and innovation-oriented agroforestry network. This project aims to share local and scientific knowledge, utilizing ICT tools, paying special attention to the development and implementation of new profitable practices, business models, and agroforestry extension services, considering the entire food chain, including consumers. AF4EU includes 11 Regional Agroforestry Innovation Networks (RAIN), spread across various regions of Europe (Atlantic, Mediterranean, Continental, and Boreal) with relevant actors (farmers and forestry producers, researchers, advisors, consumers, NGOs, retailers and policy makers) and operational groups. In the course of the project, a set of 33 agroforestry business models across Europe will be analyzed from the perspective of the trinomial of economic, environmental and social sustainability. Inspired by previous initiatives (H2020), AF4EU aims to develop an agroforestry knowledge platform that includes: i) a knowledge cloud, ii) a manual, iii) a business decision support tool for agroforestry innovation (Afi-Bus DSS), aimed at agroforestry policy in Europe, as well as a Multilingual Online Course (MOOC) with training modules aimed at farmers and advisors. AF4EU will make a significant contribution to the implementation and adoption of agroforestry systems across Europe by sharing knowledge focused on profitable business models and planning for successful communication, dissemination and exploitation, which will attract the attention of a large number of people in Europe.

**Keywords** – European agroforestry systems, regional networks, sustainability, stakeholders, agroforestry extension.

## Introdução

O conceito “agroflorestal” (AF) ressurgiu na década de 1970 para descrever práticas agrícolas antigas e comuns utilizadas em várias regiões do mundo, especialmente nas regiões tropicais e mediterrânicas (Fernández-Núñez e Castro, 2016). Os sistemas agroflorestais abrangem diversos modos de produção, como os silvopotoris, agropastoril, agrosilvopastoril, sistemas de faixa para proteção ripária (*riparian buffers*), entre outros. A sua utilização reflete uma perspectiva sustentável de produção que, por definição, visa integrar plantas lenhosas perenes com produção agrícola ou animal (Santiago-Freijanes *et al.*, 2021). No entanto, ainda existe alguma resistência em identificar e considerar o sistema agroflorestal como um modo de produção, mesmo por aqueles que o utilizam (Mosquera-Losada *et al.*, 2020).

O abandono das zonas rurais motivado pela fraca atratividade destes territórios e a baixa rentabilidade do setor agrário, não tem parado de crescer nas últimas décadas (Renwick *et al.*, 2013); apesar da sua imprescindibilidade na satisfação das necessidades básicas da sociedade. Paralelamente, a Europa enfrenta enormes desafios na implementação de modos de produção agrícola mais sustentáveis assumidos no Pacto Ecológico Europeu (União Europeia (EU), 2020a).

Com o objetivo de promover medidas que possibilitem atingir as metas do desenvolvimento sustentável global, surge o conceito de Agricultura inteligente face ao clima (CSA, *Climate Smart Agriculture*) que se traduz numa abordagem para transformar e reorientar o desenvolvimento agrícola face às novas realidades das alterações climáticas (Lipper *et al.*, 2014). A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), define a CSA como uma agricultura que aumenta a produtividade de forma sustentável, aumenta a resiliência (adaptação), reduz/elimina os GEE (mitigação) sempre que possível e melhora a realização dos

objetivos nacionais de segurança alimentar e desenvolvimento (FAO, 2022), incluindo os sistemas agroflorestais dentro deste grupo.

O projeto AF4EU - Rede de inovação de modelos de negócio agroflorestais, surge neste contexto e tem como principais objetivos desenvolver cadeias de valor associadas aos sistemas agroflorestais e produzir conhecimento para formação e capacitação de quadros no âmbito de serviços de extensão agroflorestal a implementar na Europa, através do desenvolvimento de uma rede agroflorestal alargada, interativa, orientada para a inovação e com múltiplas partes interessadas. A arquitetura baseia-se na constituição de 11 Redes Regionais de Inovação Agroflorestal, distribuídas por 10 países (Figura 1), constituídas por grupos de atores diversificados (agricultores e produtores florestais (40%), investigadores, conselheiros (20%), consumidores, ONG's, retalhistas e decisores políticos).

O AF4EU tem uma duração de 3 anos, a cada semestre são realizadas reuniões de consórcio (5 no total) para partilhar informações obtidas em cada RAIN regional, coordenar o trabalho conjunto a desenvolver no âmbito de cada rede regional bem como facilitar a identificação das sinergias existentes entre os diferentes países que integram o projeto, reforçando o conceito de rede AF4EU como uma "rede de redes".

Cada RAIN regional é animada e coordenada por um “ponto de inovação” - *Innovation Broker* (IB) e inclui no mínimo 20 participantes. Cada RAIN regional trabalha sobre uma área temática específica, de acordo com a sua problemática regional (Quadro 1), havendo uma interação entre as diversas RAIN's, através dos IB's e da coordenação do projeto, com vista ao desenvolvimento das cadeias de valor associadas aos sistemas agroflorestais e da produção de materiais de divulgação agroflorestal.

O projeto AF4EU pretende promover uma abordagem inovadora, baseada em redes colaborativas regionais, nas quais a tomada de decisões, o envolvimento de múltiplos atores e a inovação ocorrem a nível regional, nacional e transnacional.

## Material e Métodos

O AF4EU reúne atores de 10 países diferentes, oriundos de contextos socioprodutivos muito diversos. As redes AF4EU baseiam-se em dois conceitos principais: i) a abordagem multiator, que se fundamenta na utilização de tipos complementares de conhecimento focados nos problemas reais ou nas oportunidades das partes interessadas, visando problemas práticos concretos, identificando soluções adequadas de investigação e inovação e capacitando os principais produtores agroflorestais para que se sintam à vontade para dialogar, propor e discutir as suas necessidades efetivas; e ii) a metodologia desenvolvida pela AFINET - H2020 (2017-2019), que visava trazer os resultados da investigação para a prática agrícola, promovendo o intercâmbio de conhecimentos entre cientistas e profissionais sobre atividades agroflorestais - incluindo sistemas agrossilvícolas e silvopastoris em sua gestão, produção e rentabilidade.

Para a construção das RAIN's nos países participantes foi definido que regiões selecionadas da AFINET (Galiza-Espanha, Finlândia e Itália) orientam as novas RAIN's (Portugal, Bélgica, Irlanda, Eslováquia, Alemanha, Grécia, França e Andaluzia-Espanha) que integram o AF4EU e de acordo com as quatro regiões climáticas da Europa (Atlântico, Mediterrâneo, Continental e Boreal).

O primeiro encontro da RAIN local, foi realizado em 13 de setembro de 2023 para formalizar a rede portuguesa; agrupar os membros da RAIN por categorias (agricultores, conselheiros, investigadores, associações e organismos não governamentais, decisores políticos

e administração pública local nas áreas agrícolas e florestais), identificar explorações agroflorestais que servirão de modelo para o desenvolvimento dos modelos de negócio agroflorestais, priorizar as capacidades necessárias aos futuros extensionistas e, o formato e conteúdo do material informativo a disponibilizar posteriormente e identificar, com a análise SWOT, as principais oportunidades, pontos fortes e fracos e restrições para o desenvolvimento local dos sistemas agroflorestais.

No segundo workshop, realizado em 24 de janeiro de 2024, foram elencados os módulos prioritários para formação dos conselheiros agroflorestais - futuros extensionistas, identificadas 6 potenciais cadeias de valor inovadoras, trabalhadas por grupo com elementos de cada tipologia (produtores, investigadores, conselheiros e decisores políticos) e selecionadas as 3 explorações objeto de seguimento futuro. Foi utilizado o software Mentimeter nas votações.

O terceiro workshop da RAIN Portuguesa, realizado em 24 de junho de 2024 centrou-se em 2 atividades principais: i) selecionar a partir do conjunto de cadeias de valor obtidas no 2º workshop da globalidade das RAIN's posteriormente trabalhadas pela equipa ZALF (11 cadeias, as referentes "a pasto", "vinhas e maçã" e "frutos vermelhos" não foram consideradas no exercício colaborativo) as que teriam interesse para o caso português. Para o efeito, foram constituídos 4 grupos e cada um deles avaliou 2 cadeias. O primeiro grupo, dedicou-se à análise das cadeias de produção de carne e leite de cabra, o segundo mel e agroturismo, o terceiro à madeira e fungos micorrízicos e o quarto aos frutos de casca rija e plantas aromáticas. E, ii) validar os temas para os diversos materiais de formação e disseminação a produzir no âmbito deste projeto. Na análise das cadeias de valor, foi analisado o interesse local, quais os produtos, quais os *inputs* internos e externos, e qual a produção obtida a partir da exploração e a externa à exploração.

## Resultados e Discussão

Os resultados obtidos através da metodologia descrita, demonstram que a RAIN Portuguesa manteve entre 18 e 23 participantes nos encontros propostos, incluindo os produtores das 6 explorações que integram o grupo. Na Figura 1, mostra-se a variação da participação dos membros por categoria nos 3 primeiros encontros da RAIN Portuguesa. Observa-se uma variação de participação que pode ser explicada pela disponibilidade de tempo dos diferentes participantes, geralmente as reuniões ocupam o período da manhã e da tarde e os membros, especialmente os produtores de gado, têm muita dificuldade para dispor de um dia inteiro. A participação do número de conselheiros aumentou, o que é muito positivo, pois um dos principais objetivos do AF4EU é capacitar os conselheiros, tornando-os mais conscientes dos desafios reais das explorações, e fomentar a troca de conhecimentos durante as reuniões com os produtores.

Relativamente ao trabalho colaborativo produzido nas reuniões, na primeira reunião, foram identificados através de uma análise SWOT (opções pré-estabelecidas) as principais oportunidades, ameaças, pontos fortes e pontos fracos para o desenvolvimento local dos sistemas agroflorestais. A integração de árvores de alto valor, benefícios sociais dos sistemas agroflorestais e o seu valor adicional, foram identificados pelos membros como "pontos fortes". Como "pontos fracos" foi destacado o rendimento, apesar da ampla base de clientes, a rentabilidade das explorações agroflorestais permanece insuficiente. No que respeita às "oportunidades", mais de 70% dos participantes destacam os benefícios económicos, ambientais e a estabilidade financeira da exploração agroflorestal. Relativamente às "ameaças" destacaram-

se as barreiras regulamentares e políticas que dificultam a implementação dos sistemas agroflorestais; as alterações climáticas e outros fatores ambientais que condicionam a produção e as mudanças frequentes em regulamentos, políticas e condições de mercado, às quais as explorações têm de se adaptar.

Na segunda reunião, foi concluído o trabalho de seleção dos módulos prioritários opcionais da formação para os futuros extensionistas agroflorestais; identificadas potenciais cadeias de valor inovadoras regionais com o intuito de serem trabalhadas a nível global do AF4 EU e serem posteriormente na 3ª reunião analisadas em cada RAIN regional.

Ainda neste encontro, fez-se a seleção das explorações por grupo/tipologia que serão analisadas e que servem de inspiração ao desenvolvimento de novas cadeias de valor e modelos de negócio a desenvolver no âmbito do AF4EU. Previamente, todas as explorações das RAIN's que integram o projeto foram agrupadas por tipologia, em função dos dados de exploração fornecidos pelos produtores aos parceiros responsáveis pela tarefa (ZALF). Assim, foram selecionadas 3 explorações em Portugal com características distintas:

- I. **Xistra, Fojo e Chacra**, com 4,24 ha, utilizando mão de obra familiar e sazonal, dedica-se à produção de hortícolas, amêndoas e azeite.
- II. **Casa Agrícola Cardoso Melim**, é uma exploração com 125 ha, dedicando cerca de 80% ao uso agroflorestal, combina produção pecuária, madeira, culturas permanentes e apicultura; tem projetos para o futuro para promover o turismo, produção de medronho e suínos.
- III. **Trás-os-Montes Prime**, é a maior em termos de área de cultivo e apresenta um modelo de negócio consolidado no mercado, centrado na produção de azeite.

No terceiro workshop, foram analisadas 8 cadeias de valor (produção de carne, leite de cabra, mel, agroturismo, madeira, fungos micorrízicos, frutos de casca rija e plantas aromáticas) e validados os temas para os diversos materiais de formação e disseminação a produzir no âmbito deste projeto. As cadeias de valor apresentadas foram reconhecidas pela sua importância local, algumas já com grande expressão na região como a produção de carne, nozes e madeira, e outras que têm potencial de implementação, tais como plantas aromáticas, agroturismo, mel e cogumelos. Durante a análise das cadeias de valor, foram destacadas algumas questões como a pequena dimensão das explorações agrícolas, a falta de mão de obra e os custos no transporte dos produtos, com repercussões na produção, colheita e distribuição de produtos. Assim, as sugestões de alteração nas cadeias de valor refletem-se principalmente nos fatores de produção e produção de atores não agrícolas (Figura 3). As cadeias de valor do mel e do agroturismo foram as que proporcionaram um maior número de sugestões de melhoria adaptadas à região, devido ao seu elevado potencial.

## Conclusão

Os atores da RAIN Portuguesa, têm mantido ao longo do projeto um compromisso sólido com a rede, mantendo o entusiasmo e participação ativa nos workshops. Os produtores das explorações selecionadas para acompanhamento têm mostrado total disponibilidade para colaborar com o *Innovatition Broker* nas entrevistas aprofundadas sobre as suas explorações. Além disso, vários membros da rede prontificaram-se a apoiar a equipa do IPB na criação dos diversos materiais de divulgação previstos no âmbito do projeto.

Entre os resultados do trabalho colaborativo da RAIN Portuguesa destaca-se: i) a seleção de módulos opcionais para a formação em extensão agroflorestal, a serem propostos para

acreditação no âmbito da certificação CECRA (Certificado para Consultores Europeus em Áreas Rurais). Os módulos selecionados foram: M4: Comunicação / Apresentação, M6: Gestão de Projetos, M8: Gestão de Mudanças, M12: Assessoria e Apoio a Grupos e Equipas, M13: Fundamentos da Mediação, M14: Aconselhamento e Apoio às Empresas em Questões Estratégicas, e M16: Formação em Processos de Inovação – Apoio às Redes; ii) a validação dos temas a serem abordados nos materiais de disseminação (e.g. resumos práticos, fichas técnicas, artigos técnicos). Entre eles, destacam-se as questões relacionadas com a prevenção de incêndios, adaptação da pastorícia às alterações climáticas, gestão do pastoreio, capacitação de produtores de gado em sanidade animal e transformação de produtos de origem animal. No contexto da olivicultura, os conteúdos a desenvolver são a redução de custos com herbicidas, inovações na gestão dos olivais – gestão de coberturas verdes, conservação do solo e da água e o pastoreio de ovinos em olivais.

### Agradecimentos

Este trabalho foi suportado pelo financiamento da União Europeia, através do projeto AF4EU - Agroforestry Business Model Innovation Network (Project 101086563).

### Referências

- "AF4EU – Agroforestry Business Model Innovation Network" (2022).  
<https://cordis.europa.eu/project/id/101086563> (accessed November 08, 2024).
- European Union (EU) (2020a). A European Green Deal (europa.eu). Available online at: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en) (accessed November 08, 2024).
- Fernández-Núñez, E.; Castro, Marina (2016). Management of agroforestry systems: ecological, social and economic approaches. Bragança: Instituto Politécnico. ISBN 978-972-745-169-2.
- Food and Agriculture Organisation (FAO). (2022). Climate Smart Agriculture. Climate-Smart Agriculture Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available online at: <https://www.fao.org/climate-smart-agriculture/overview/en/> (accessed November 08, 2024).
- Lipper, L., Thornton, P., Campbell, B. M., Baedeker, T., Braimoh, A., Bwalya, M., ... & Torquebiau, E. F. (2014). Climate-smart agriculture for food security. *Nature climate change*, 4(12), 1068-1072. <https://doi.org/10.1038/nclimate2437>.
- Mosquera-Losada, M. R., Santiago-Freijanes, J. J., Rigueiro-Rodríguez, A., Rodríguez-Rigueiro, F. J., Arias Martínez, D., Pantera, A., Ferreiro-Domínguez, N. (2020). The importance of agroforestry systems in supporting biodiversity conservation and agricultural production: a European perspective, Reconciling agricultural production with biodiversity conservation. Burleigh Dodds Science Publishing Limited, Cambridge, p 282.
- Santiago-Freijanes, J. J., Mosquera-Losada, M., Rois-Díaz, M. et al. (2021). Global and European policies to foster agricultural sustainability: agroforestry. Agroforest Syst. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0215-9>.

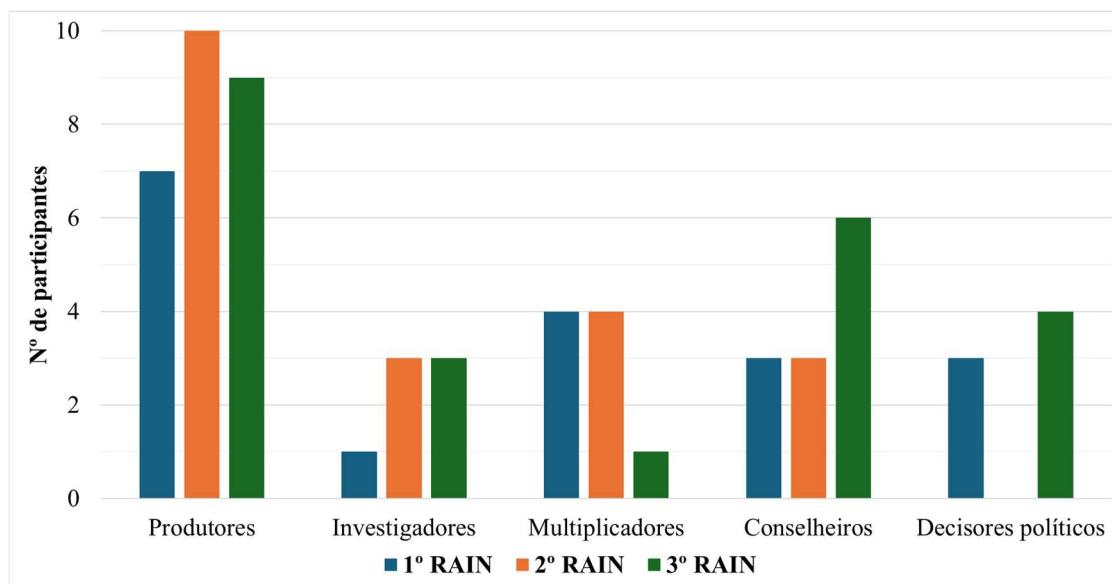
## Quadros e Figuras

**Quadro 1 - Sectores temáticos específicos de cada RAIN.**

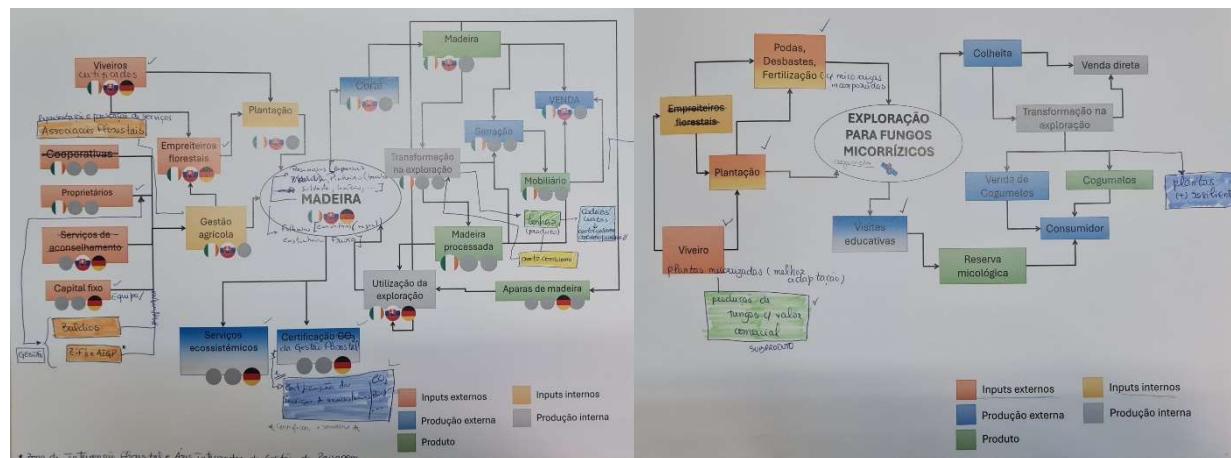
País	Design AF (D) e Gestão (M)	Objetivo RAIN
Espanha (Galiza)	<b>D:</b> Biomassa/Incêndios florestais (vaca/cavalo/cabra)/políticas <b>M:</b> Alimentação e biodiversidade, energia, saúde do solo	Resiliência, mitigação das AC, política
Itália	<b>D:</b> Olivais e aves/ovinos e sistemas lineares, política <b>M:</b> Para o bem-estar animal, água e biodiversidade, saúde do solo	Resiliência, mitigação das AC, paisagem
Finlândia	<b>D:</b> Floresta/pomar e vacas/ovelhas/galinhas/abelhas, política <b>M:</b> Para a alimentação animal e o alimento (NWFP), saúde do solo	Diversificação, marca, comercialização
Grécia	<b>D:</b> Culturas/cabras/prevenção de incêndios florestais, políticas <b>M:</b> Para alimentação, biodiversidade, agricultura mista, saúde do solo	Resiliência, mitigação das AC, certificação, negociação
Irlanda	<b>D:</b> Gado/ovinos/suínos/aves e floresta/cortina quebra-ventos, política <b>M:</b> Para o bem-estar animal, água, biodiversidade, saúde do solo	Resiliência, água, biodiversidade, marca
Bélgica	<b>D:</b> Pomares/cereais e suínos/aves/vacas, ovinos, política <b>M:</b> Bem-estar animal, práticas de custo/eficácia, saúde do solo	Negociação, resiliência, comercialização, marca, certificação
Alemanha	<b>D:</b> Agrosilvícola/silvopastorícia (vaca, peru, galinha, queijo)/cortina quebra-vento/produção de biomassa, política <b>M:</b> Bem-estar animal, biodiversidade, energia, saúde do solo	Paisagem, política, produtos inovadores, adaptação às AC
França	<b>D:</b> Sebes, biomassa, política <b>M:</b> Alimentação e biodiversidade, saúde do solo, energia	Mitigação das alterações climáticas, comercialização
Portugal	<b>D:</b> Prevenção de incêndios florestais/redução de herbicidas/ovinos, políticas <b>M:</b> Alimentação, controle de sub-bosque, saúde do solo, água	Resiliência, mitigação das AC, custos com herbicidas
Eslováquia	<b>D:</b> Cortina quebra-vento, sebe, pomares (vaca/ ovelha), horta <b>M:</b> madeira, alimentação, biodiversidade, apicultura/saúde do solo, política	Resiliência, mitigação das alterações climáticas
Espanha (Andaluzia)	<b>D:</b> Olivais e ovinos/política/ prevenção de incêndios florestais <b>M:</b> Alimentação, biodiversidade, saúde do solo, políticas, água, erosão	Resiliência, mitigação das AC, desenvolvimento rural



**Figura 1 - Redes Regionais de Inovação Agroflorestal (RAIN) que constituem o AF4EU**



**Figura 2 - Participantes dos encontros da RAIN Portuguesa.**



**Figura 3 - Esquema do resultado da análise das cadeias de valor de madeira e fungos micorrízicos.**

### PATROCINADOR PLATINA



### PATROCINADOR OURO



**syngenta® Tarazona**  AGROSOLUTIONS

### PATROCINADOR PRATA



### APOIO



