

# CONTRIBUTO PARA O DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DO POMAR DE MAÇA DE ALCOBAÇA – GO OPTIMAL



Miguel Leão de Sousa, Marta Gonçalves

Estação Nacional de Fruticultura Vieira  
Natividade, Instituto Nacional de Investigação  
Agrária e Veterinária, I.P. (ENFVN/INIAV, I.P.)



Instituto Nacional de  
Investigação Agrária e  
Veterinária, I.P.

## INTRODUÇÃO

A conceção de um novo modelo de produção que potencie as características edafo-climáticas da IGP 'Maça de Alcobaça' é um desígnio do Grupo Operacional OPTIMAL. Conscientes da evolução da fruticultura mundial e dos desafios colocados à produção (produtividade, qualidade, sabor, perfil de resíduos, entre outros), num contexto de forte pressão económica, ambiental e ecológica, foi constituído um consórcio destinado a estudar e a dar respostas a alguns destes desafios. Sob a coordenação do INIAV, que assegura as atividades científicas com a Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCL) e com o Instituto Superior de Agronomia (ISA), o Grupo Operacional integra algumas estruturas, como a Campotec, Frubaça e Frutalvor, e explorações de referência da IGP, como a Quinta do Brejo, Soati e Vale do Baça, bem como a Associação de

Produtores da Maça de Alcobaça (APMA) e o Centro Operativo Tecnológico Hortofrutícola Nacional (COTHN), responsáveis pela comunicação.

Como principais objetivos destacam-se (i) a aquisição de indicadores de base técnica e científica que sustentem um modelo de produção mais eficiente e competitivo, capaz de identificar um intervalo mais restrito de densidades de plantação e de técnicas de poda mais adequadas à produção de frutos de alto valor e qualidade; (ii) o desenvolvimento de tecnologias de monitorização para aplicação em fruticultura de precisão e (iii) a calibração e validação de modelos de previsão da produção e crescimento dos frutos.

## CONTRIBUTOS PARA A MELHORIA DO DESEMPENHO DO POMAR

O atual modelo de transferência de conhecimento tem conduzido a que as orientações seguidas pela fileira resultem, em muitos casos, de informações e convicções que produtores e técnicos vão adquirindo em visitas técnicas internacionais a outras regiões produtoras. Como consequência, não existe um modelo coerente, consensual, com uma base tecnológica e científica desenvolvida e validada

nas condições nacionais, que potencie as características edafo-climáticas, a identidade e especificidades de cada região de produção. Os resultados deste projeto ajudarão a clarificar as potencialidades e limitações dos pomares de macieiras em alta densidade, propondo um modelo de pomar e técnicas culturais mais uniformes, devidamente sustentadas por meios de diagnóstico validados cientificamente.

## Gestão do microclima luminoso em pomares de alta densidade

Portugal destaca-se por ser o país com maior radiação incidente entre os maiores produtores de pomoídeas e prunoídeas da União Europeia. Apesar de diversos estudos apontarem para formas de condução mais eficientes (Sansavini e Musacchi, 2002; Sousa, 2013), o pomar nacional de macieiras é dominado pela condução em eixo central revestido.

Este sistema acompanhou o aumento da densidade de plantação, permitindo importantes ganhos de produtividade. Contudo, a intensificação cultural coloca outros desafios à produção, como a maior dificuldade de gestão do microclima luminoso no interior das árvores, com consequências na maior heterogeneidade e qualidade dos frutos, fortemente penalizadoras do resultado económico das explorações.

**«Portugal destaca-se por ser o país com maior radiação incidente entre os maiores produtores de pomoídeas e prunoídeas da União Europeia»**

Neste sentido, encontram-se a ser estudados pomares com diferentes espaçamentos na linha e entre as árvores e, ainda, diferentes intensidades de poda (**Tabela 1**), comparando a interceção e distribuição da luz, taxa fotossintética, condutância estomática, eficiência do uso da água (WUE) intrínseca e instantânea, *performance* fotoquímica das árvores obtida recorrendo ao *JIP-test* para medição da fluorescência da clorofila *a*, parâmetros

obtidos a partir da análise de refletância, área foliar específica (SLA), produção, distribuição e peso dos frutos na árvore por posição e colheita, entre outros.

A análise da interceção de luz nestes pomares evidencia os benefícios destes modelos de produção, nomeadamente, a maior capacidade de interceção de luz dos pomares mais intensivos. A título de exemplo, mostra-se a fração intercetada ao MDS (meio-dia solar), período do dia em que a radiação disponível é mais elevada, verificando-se que os pomares 2 (3,0 x 0,90) e 3 (3,5 x 0,6), os que apresentam menor espaçamento na entrelinha, são os mais eficientes na interceção da radiação, com frações máximas superiores a 0,45 (Figura 1).

O pomar 4, apesar da densidade, intercetou menos radiação em virtude do maior distanciamento entrelinhas e da menor volumetria (9282,6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), refletindo-se em frações máximas intercetadas semelhantes ao pomar de menor densidade (pomar 1) (inferiores a 0,35). Por outro lado, os estudos em curso mostram os benefícios dos modelos de pomar com cobertos vegetais mais estreitos no aumento da eficiência do pomar.

A análise ao perfil de distribuição da radiação obtido na base do coberto vegetal (não apresentado), mediante o uso de 64 sensores por metro linear (Figuras 2 e 3), mostra que o pomar de maior densidade (pomar 3) garante interceções de radiação superiores a 50 e 75% da radiação incidente, respetivamente após os primeiros 55 e 65cm de distância ao tronco, enquanto o de menor densidade (pomar 1) apenas permite alcançar estes valores a 65 e 81cm respetivamente. O ensombramento do interior do coberto vegetal, ainda que menos grave que nos pomares de baixa densidade, deve ser contrariado de forma a evitar a formação de zonas improdutivas ou a existência de frutos de baixo calibre e qualidade.

Se a análise aos perfis de distribuição de radiação evidenciam a possibilidade de redução da distância na entrelinha nos pomares modernos, os baixos níveis de radiação no interior das árvores dos pomares mais intensivos justificam uma análise fisiológica pormenorizada ao impacto da redução da distância na entrelinha e/ou entre as árvores. As taxas fotossintéticas obtidas no ano de 2019 com radiações incidentes de 1500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , mostraram uma redução nas folhas exteriores com a diminuição da distância na

TABELA 1. Caracterização dos pomares usados nos ensaios de densidade e poda.

Pomar	Varietade	Porta-Exerto	Compasso (EL   L) m	Nº Árvores/ha	Ano Plantação	Orientação	Ensaio
1	'Gala'	M9	4,5   1,5	1481	2004	NE-SW	Densidade
2	'Gala'	M9	3,0   0,9	3704	2016	NE-SW	Densidade
3	'Gala'	M9	3,5   0,6	4762	2015	N-S	Densidade
4	'Gala'	M9	3,7   0,7	3861	2015	NW-SE	Densidade
5	'Gala'	MM106	3,5   1,0	2857	2014	NE-SW	Poda
6	'Gala'	M9	3,8   0,9	2924	2015	N-S	Poda

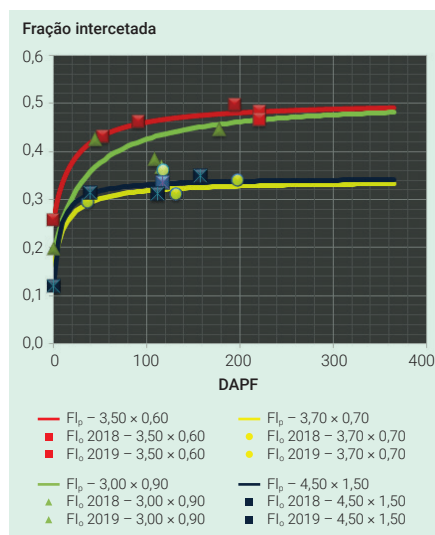


FIGURA 1. Fração máxima intercetada ( $F_i$ ,  $PAR_m/ PAR_{ref}$ ) observada ( $F_i$ ) e prevista ( $F_p$ ) ao MDS, em pomares com diferentes densidades e em diferentes períodos do ciclo (DAFP – Dias Após a Plena Floração).

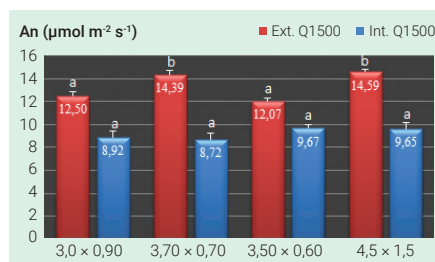


FIGURA 4. Taxas fotossintéticas ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) obtidas em folhas exteriores e interiores de pomares de macieiras com diferentes densidades, submetidas a níveis de radiação de 1500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Letras diferentes por posição indicam diferenças significativas nos valores médios (Tukey,  $p < 0,05$ ).

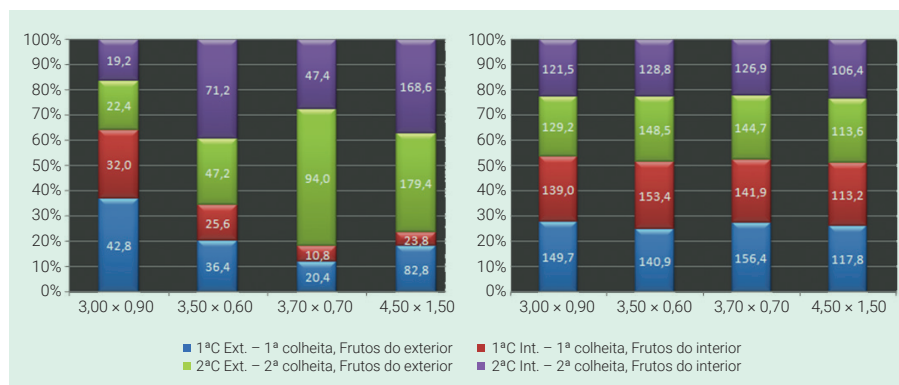


FIGURA 6. Distribuição percentual do número de frutos colhidos em cada passagem, por posição na copa (Ext - Exterior; Int - Interior) (a) e respetivo peso médio dos frutos (g) (b).

entrelinha (Figura 4). Não foram encontradas diferenças nas folhas interiores.



FIGURAS 2 e 3. Medição da radiação PAR intercetada pelo coberto vegetal.

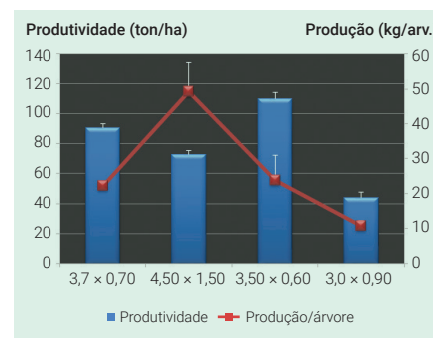
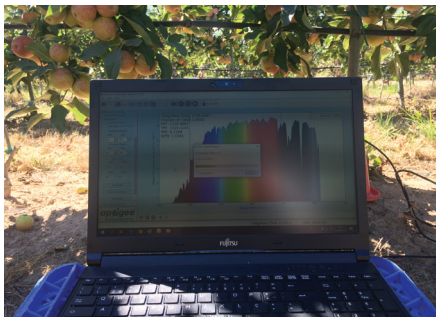


FIGURA 5. Produção por árvore e produtividade de pomares com diferentes densidades (2019).

Quando analisada a taxa fotossintética a intensidades de radiação mais baixas (150





**FIGURA 7.** Avaliação da composição espectral da radiação no interior do coberto vegetal.



**FIGURA 9.** Sistema remoto de monitorização fenológica.



**FIGURA 8.** Dendrômetros de tronco e fruto para controlo remoto de crescimentos, gestão de rega e aplicação em modelos de previsão de calibres e produções.



**FIGURA 10.** Sistema de monitorização da distribuição de radiação no coberto vegetal.

$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) não foram encontradas diferenças significativas nas folhas do exterior entre os pomares mais intensivos, mas existiram no interior, com os pomares mais intensivos a apresentarem valores mais baixos que o pomar de menor densidade. Verificaram-se ainda valores de condutância estomática, medida a  $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , mais elevados nas folhas do exterior dos pomares 1 e 4, que apresentou também valores mais elevados a irradiancias mais baixas ( $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Estes valores alertam para que o potencial da alta densidade seja alcançado sem excessos, garantindo distância suficiente na entrelinha e entre as árvores, de forma a manter eficiente o coberto vegetal.

A eficiência do uso da água, intrínseca (WUEi) e instantânea (WUEinst), foi mais elevada no pomar mais intensivo (pomar 3) em ambas as irradiancias e posições. Este pomar apresentou ainda os valores mais elevados de NDVI em ambas as posições (*Normalized Difference Vegetation Index* - índice de vitalidade frequentemente usado em determinações de biomassa, LAI, *stress* hídrico, entre outras) e o maior Plabs nas folhas exteriores (*Performance Index* - indicador que considera os principais processos fotoquímicos mediante uma abordagem multiparamétrica).

As folhas do exterior do pomar com entrelinhas mais curtas (pomar 2) apresentaram valores mais baixos do PRI (*Photochemical Reflectance Index*), medida de eficiência do uso da luz pela folhagem, sensível a variações nos pigmen-

tos carotenóides das folhas (por exemplo, xantofilas) que estão envolvidos na conversão da radiação PAR absorvida em carbono fixado. Também os valores mais elevados da eficiência quântica máxima do PSII (Fv/Fm) foram encontrados nos pomares mais intensivos.

A implementação de diversas tipologias de poda (longa, curta ou mista) encontra-se também em avaliação, procurando maximizar a qualidade dos frutos nos pomares de alta densidade. A forma como a planta responde a diversos tipos e intensidades de corte contribui para a formação de diferentes configurações de copa, procurando-se encontrar as metodologias mais adequadas à manutenção do equilíbrio e maximização do desempenho dos pomares de alta densidade.

**«A alta densidade e a poda longa, quando implementadas, parecem resultar em níveis insuficientes de radiação no interior das árvores com reflexos na produção (quantidade de gomos) e qualidade dos frutos produzidos»**

A alta densidade e a poda longa, quando mal implementadas, parecem resultar em níveis insuficientes de radiação no interior das árvores com reflexos na produção (quantidade de gomos) e qualidade dos frutos produzidos. Estão em curso análises detalhadas que serão posteriormente

apresentadas e que contribuirão para a definição do melhor binómio densidade – tipo de poda.

### Influência da densidade de plantação na produção e localização dos frutos

A determinação da produção dos diferentes pomares evidenciou os benefícios da alta densidade pelas elevadas produtividades que proporciona, com o pomar mais intensivo (pomar 3) a produzir acima das 110 ton/ha. O pomar 4, o segundo mais intensivo, produziu 90,7 ton/ha, o pomar 1 produziu 73 ton/ha e o pomar 2, por ser mais novo e pelo controlo de carga efetuado, produziu 43,8 ton/ha (Figura 5). Fica também evidente pela análise ao pomar 1, que os pomares de menor densidade, quando ocupados com árvores equilibradas de alta volumetria, podem também proporcionar produtividades significativas, porém, com um elevado número de frutos (e produção) por árvore, refletidos num peso médio baixo (e de reduzido valor de mercado), menor qualidade (*brix*, coloração, outros) e ainda pela elevada propensão à alternância no ano seguinte.

Outro aspeto interessante dos novos modelos de pomar é a sua capacidade para intensificar a quantidade de frutos colhidos na primeira colheita, frutos que geralmente apresentam maior valor, qualidade e capacidade para longa conservação. A Figura 6 mostra o número médio de frutos colhidos na primeira passagem, por localização, bem como o seu peso médio. Os frutos colhidos na primeira passagem são geralmente os que apresentam maior calibre, sendo sempre maiores no exterior que no interior.

Este facto, aliado à maior qualidade dos frutos (dados não apresentados), apontam como mais eficientes os pomares de alta densidade, com maior área foliar exposta, mais estreitos, bem conduzidos e equilibrados, de forma a minimizar as zonas interiores com baixos níveis de radiação e com isso potenciar o calibre e uniformizar a qualidade (menor diferença de coloração entre os frutos exteriores e interiores).

A influência da qualidade da radiação encontra-se também em avaliação (Figura 7).

### VALIDAÇÃO DE SISTEMAS DE APOIO E SUPORTE À DECISÃO (DSS)

Com a concretização das ações propostas neste projeto será possível validar um conjunto de tecnologias de apoio à decisão,

que permitirão a monitorização remota dos crescimentos do tronco e frutos (Figura 8), fenologia (Figura 9), distribuição da radiação no coberto vegetal (Figura 10), gestão da rega, dados meteorológicos, entre outros, permitindo o ajustamento das operações culturais e da estratégia fitossanitária em conformidade com as necessidades do pomar. A aplicação destas tecnologias irá munir o setor de ferramentas importantes para a aplicação dos princípios da fruticultura de precisão, sendo já notória a conceção de um pomar mais tecnológico, com gestão mais profissional, racional e eficiente. Estão ainda em curso a conceção e validação de modelos matemáticos para determinação de parâmetros culturais de interesse para o ajustamento de operações culturais, tais como ferramentas para o cálculo do LAI (Índice de área foliar) e do LAD (Densidade de área foliar) a partir de dados de campo de rápida obtenção ou ainda modelos de previsão da produção.

### IMPLEMENTAÇÃO DE METODOLOGIAS DE BENCHMARKING PARA REFORÇO DA QUALIDADE

Com o desenvolvimento deste projeto pretende-se não só proporcionar um incremento significativo na produção de conhecimento, que permita definir uma matriz de procedimentos técnicos, com base científica, que acentuem a singularidade do pomar da IGP e o nível tecnológico nacional, mas também o impulsionamento de comportamentos associativos que visem a uniformização de bons procedimentos e a melhoria generalizada da qualidade do produto na IGP.

Com isto, está em fase de conceção e teste, uma metodologia de *benchmarking* para análise comparativa de crescimentos dos frutos em diferentes organizações e produtores, permitindo através da consulta numa plataforma partilhada avaliar se o crescimento dos frutos em cada exploração está em conformidade com o crescimento médio na região e, assim, identificar fatores limitantes e aplicar medidas corretivas que permitam fomentar o crescimento dos frutos e minorizar o diferencial para os crescimentos referenciais. A aplicação destas metodologias, inteiramente controladas remotamente, permite que o gestor se concentre na análise e decisão, poupando tempo e recursos na monitorização e tratamento de dados.

### CONCLUSÃO

O GO OPTIMAL encontra-se a trabalhar para a breve trecho apresentar resultados significativos em todas as linhas de trabalho apresentadas. A qualidade e a complementaridade da equipa, com foco constante na investigação aplicada, experimentação, inovação e diferenciação, assumir-se-á como um exemplo da forma como esta tipologia de medidas de apoio poderão ajudar a vencer barreiras estruturais condicionantes do desenvolvimento do setor agrícola em Portugal, reforçando o seu crescimento e competitividade.

O crescimento desta fileira sairá reforçado, pela construção de um modelo que potencie as características edafo-climáticas desta região, sob uma matriz tecnológica forte e devidamente orientada para o mercado e para a criação de valor, assegurando a sustentabilidade da atividade e a sua afirmação internacional.

O modelo de produção em alta densidade, desde que apoiado tecnologicamente, provará enormes ganhos de eficiência, nomeadamente, produção por unidade de radiação disponível, litros de água, unidades fertilizantes, quantidade de combustíveis fósseis ou de produtos fitofarmacêuticos usados ou aplicados por quilo de fruta produzida, quantidade de CO<sub>2</sub> removido da atmosfera por m<sup>2</sup> de área produtiva, entre muito outros, mostrando que a fruticultura profissional e de precisão proporciona maiores ganhos económicos, ambientais, ecológicos e sociais, sendo mais sustentável e competitiva.

### AGRADECIMENTOS

Este trabalho está a ser financiado pelo FEDER e por fundos nacionais através do PDR2020, com a referência OPTIMAL PDR2020-031442.



### BIBLIOGRAFIA

- Palmer, J.W. (1989). Canopy manipulation for optimum utilization of light. In: Wright, C.J. (ed). *Manipulation of fruiting*. Butterworths, London. p. 245-262.
- Robinson, T.L., Wünsche, J. & Lakso, A.N. (1993). The influence of orchard system and pruning severity on yield, light interception, conversion efficiency, partitioning index and leaf area index. *Acta Hort.* 349: 123-128.
- Sansavini, S. & Musacchi, S. (2002). European pear orchard design and HDP management: a review. *Acta Hort.* 596: 589-601.
- Sousa, M.A.L. (2013). Avaliação de novos sistemas de produção de Pera 'Rocha' em alta densidade com recurso à modelação e à integração de processos fisiológicos. Lisboa: ISA, 343 p.