

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Influência do regime de poda na fisiologia e produção da oliveira

- Versão Definitiva-

Dissertação de Mestrado em Engenharia Agronómica

Carlos Henrique dos Santos Lopes

Orientadores: Carlos Manuel Correia

Manuel Ângelo Rodrigues



Vila Real, 2021

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Influência do regime de poda na fisiologia e produção da oliveira

- Versão provisória –

Dissertação de Mestrado em Engenharia Agronómica

Carlos Henrique dos Santos Lopes

Orientadores: Carlos Manuel Correia

Manuel Ângelo Rodrigues

Composição do júri

Vila Real, 2021

“Quem lavra o olival pede-lhe frutos; quem o estruma pede-lhe com muita insistência; quem poda obriga-o a dar azeitona.”

Columella

“A verdadeira dificuldade não está em aceitar ideias novas, mas escapar das antigas.”

John Maynard Keynes

Agradecimentos

À Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, na pessoa do Magnífico Reitor, Sr. Professor Doutor António Augusto Fontaínhas Fernandes, por me ter proporcionado o ingresso neste curso de mestrado, assim como ao corpo docente que me acompanhou durante a frequência do primeiro ano;

Ao Professor Doutor Carlos Correia e ao Professor Doutor Manuel Ângelo por me terem aceite como orientando e pelo incentivo, interesse, dedicação, amizade e preocupação que sempre demonstraram. Mais ainda, por toda a ajuda e disponibilidade ao longo de todo este trabalho assim como por todas as oportunidades que me deram e por todos os preciosos ensinamentos que me têm transmitido;

A todos os restantes técnicos e auxiliares dos laboratórios que me apoiaram e me ajudaram na realização deste trabalho;

À Doutora Ana Evangelista, amiga e companheira pela paciência, empenho, por acreditares em mim e pela ajuda prestada nas formatações deste trabalho. Também pela disponibilidade e pela boa disposição que sempre ajudou nos bons e nos maus momentos e que me apoio sempre nesta etapa da minha vida e nunca me deixou desistir;

À Cátia Brito, à Ermelinda Silva e à Sandra Martins pela sua constante disponibilidade no fornecimento de algum material e pelas palavras de apoio;

A todos os restantes amigos, em especial ao Alfredo Ochoa, a toda a equipa da MÃOS, ao Professor Moutinho-Pereira, ao Tiago Gonçalves e ao Ivo Ferreira pelo apoio, amizade e paciência. Por me acompanharem nos bons momentos e por me levantarem a moral sempre que foi necessário;

A todos os familiares que de uma forma ou outra sempre me apoiaram e de certo modo tenham conferido conhecimentos que aqui estejam esmiuçados. Foi graças a ti que me levaste para o campo a primeira vez espero que estejas orgulhosa do que me tornei, o meu muito obrigado;

Finalmente, e em especial, aos meus Pais, por todo o carinho e amor e por todos os sacrifícios feitos para poder obter a minha formação. Pelo incentivo contínuo, mesmo nos momentos mais difíceis. Por nunca terem deixado de acreditar em mim e por sempre me terem dado forças para continuar. Obrigada por terem feito de mim a pessoa que sou.

Resumo

A oliveira (*Olea europaea* L.) é uma espécie bem-adaptada às condições edafoclimáticas da região Mediterrânica. Todavia, as alterações climáticas que se fazem sentir em toda a região são uma ameaça à produção desta cultura, sobretudo em regime de sequeiro, particularmente devido à menor precipitação e à maior frequência e duração dos períodos de seca. Assim, torna-se necessário a adoção de estratégias de adaptação de forma a garantir a sustentabilidade dos olivais tradicionais. Ao mesmo tempo, a poda persiste como uma técnica cultural mal compreendida em olival, com profundos reflexos na fisiologia e produtividade das plantas. A forma como se poda deverá ser vista como uma prática que ajuda a controlar a área foliar e as atividades funcionais das plantas, pelo que é imperioso ser considerada uma operação relevante para o incremento da produtividade e para a manutenção da regularidade da produção em condições ambientais mais adversas. Neste trabalho foram estudados quatro regimes de poda num olival adulto de sequeiro (cv. Cobrançosa) localizado em São Pedro Vale do Conde, Mirandela, na região de Trás-os-Montes. As modalidades de poda aplicados foram “Não Poda”, “Poda 3 Cortes”, “Poda de pormenor” e “Poda Severa”. Após a poda procedeu-se à pesagem da lenha de poda removida para permitir o cálculo das perdas de nutrientes. Foram também avaliados o estado hídrico e nutritivo, a performance fotossintética, a produção e a qualidade do azeite obtido. Verificou-se que as plantas submetidas a regime de poda “severa”, apesar de apresentarem boa capacidade fotossintética por unidade de área foliar, devido à menor expansão vegetativa que disponibiliza mais recursos hídricos por unidade de área foliar e mais recursos nutritivos por efeito de concentração, acabaram por sofrer uma grande perda de nutrientes através da lenha de poda. Entretanto, a menor superfície assimiladora condicionou negativamente a capacidade produtiva acumulada ao longo dos anos, pelo que deverá ser uma prática a evitar. Por sua vez, o regime de “não poda”, contrariamente à opinião maioritária, foi, no tempo em que decorreu o estudo (3 anos), a modalidade com maior produção, em estreita associação com a maior área foliar. Contudo, este regime deverá apresentar problemas a médio e longo prazo, particularmente o agravamento do fenómeno de alternância de produção, particularmente devido à diminuição da capacidade fotossintética das folhas do interior da copa, como evidenciado pelos resultados apresentados, bem como à perda de área foliar pela ocorrência de necrotização de rebentos interiores e basais e a perturbações fitossanitárias. Por outro lado, potencia seriamente o risco da ocorrência de problemas hídricos em anos secos, bem como afeta algumas operações

culturais, entre as quais a colheita mecânica. Os regimes que apresentaram maior equilíbrio foram a “poda de pormenor” e a “poda 3 cortes”, com boa regularidade a nível da produção, em consequência de área foliar adequada e de controlada atividade fisiológica. Os resultados deste trabalho demonstraram que uma “boa” poda é aquela que se aproxima do não podar para permitir a oliveira ter uma área foliar adequada e que possibilite uma produção equilibrada e satisfatória ao longo dos anos, mas que deverá ser sujeita a podas anuais de forma a controlar a expansão vegetativa e a fisiologia das árvores.

Palavras-chave:__ Ecofisiologia, “Limpa” do Olival, Nutrientes minerais *Olea europaea*, Produção, Regime de poda; Sequeiro.

Abstract

The olive tree (*Olea europaea* L.) is a species well-adapted to the edaphoclimatic conditions of the Mediterranean region. However, the climatic changes that are felt throughout the region are a threat to the crop yield, especially under rainfed conditions, particularly due to less rainfall and the greater frequency and duration of drought periods. Thus, it is necessary to adopt adaptation strategies in order to guarantee the sustainability of traditional olive orchards. At the same time, pruning persists as a technique poorly understood in olive groves, with profound effects on the physiology and productivity of trees. Pruning should be seen as a practice that helps to control the leaf area and the functional activities of plants, so it is imperative to be considered a relevant operation for increasing productivity and maintaining regular production in adverse environmental conditions. In this work, four pruning regimes were studied in an adult olive rainfed orchard (cv. Cobrançosa) located in São Pedro Vale do Conde, Mirandela, in Trás-os-Montes region. “No Pruning”, “3 Cuts Pruning”, “Detail Pruning” and “Severe Pruning” treatments were applied. After pruning, the removed pruning wood was weighed to allow calculation of mineral nutrient losses. Water and mineral status, photosynthesis, crop yield, olives characteristics and olive oil quality were also assessed. It was found that the plants submitted to "Severe Pruning" regime, despite having good photosynthetic capacity per unit of leaf area, due to lower vegetative expansion that provides more water resources per unit of leaf area and more nutritional resources by concentration effect, end up suffering a great loss of nutrients through pruning wood. However, the smaller leaf area had negative effects on crop yield accumulated over the years, so it should be a practice to avoid. In turn, the “No Pruning” regime, contrary to the majority opinion, was, at the time the study took place (3 years), the treatment with the highest production, in closely association with the largest leaf area. Nevertheless, this regime should present problems in the medium and long term, particularly worsening the phenomenon of alternate bearing, particularly due to the decrease in the photosynthetic capacity of leaves inside the canopy, as evidenced by the results presented, as well as due to the loss of leaf area by the occurrence of necrotization of inner and basal shoots and phytosanitary disturbances. On the other hand, it seriously increases the risk of water problems in dry years, as well as affecting some operations, including mechanical harvesting. The regimes that showed the best balance were “Detail Pruning” and “3 Cuts Pruning”, with good regularity in terms of production, as a result of adequate leaf area and controlled physiological activity. The results of this work

demonstrated that a “good” pruning is one that comes close to the “No Pruning” to allow the olive tree to have an adequate leaf area and that allows a balanced and satisfactory production over the years, but that should be subjected to annual pruning in order to control the vegetative expansion and the physiology of trees.

Key words: Ecophysiology, “Clean” Olive grove, Mineral Nutrients, *Olea europaea*, Production, Pruning regime, Rainfed.

Índice Geral

Agradecimentos.....	VII
Resumo.....	IX
Abstract.....	XI
Índice Geral.....	XIII
Índice de Figuras.....	XIV
Índice de Quadros.....	XV
Lista de Abreviaturas.....	XVI
Capítulo I –Introdução geral e objetivos.....	1
Capítulo II– Revisão Bibliográfica.....	3
2.1. A oliveira em Portugal e em Trás-os-Montes.....	3
2.2. Biologia da oliveira e preferências ambientais.....	5
2.3. Poda (limpa) do olival.....	8
2.3.1. Poda de Formação.....	10
2.3.2. Poda de Frutificação Anual.....	11
2.3.3. Poda de Frutificação Trienal.....	12
2.3.4. Regime de Poda “Não Podar”	12
2.3.5. Regime de Poda “Severa” e ou “Rejuvenescimento”	13
2.3.6. Regime de Poda “Regenerativa”	13
Capítulo III- Material e Métodos.....	15
3.1. Localização e características edafoclimáticas.....	15
3.2. Delineamento experimental.....	16
3.3. Determinações de campo e laboratório.....	17
3.4. Análise estatística.....	18
Capítulo IV-Resultados e Discussão.....	18
Capítulo V- Conclusões.....	33
Referências Bibliográficas.....	36

Índice de Figuras

Figura 1- Evolução da oliveira em Portugal.....	3
Figura 2- Evolução da produção de azeitona em Portugal entre 1960 e 2019	4
Figura 3- Período ativo e período de cessação do crescimento da parte vegetativa da oliveira.....	7
Figura 4- Tipos de flores na oliveira.....	8
Figura 5- Perdas de N nos diferentes regimes de poda.....	10
Figura 6- Vista geral da parcela onde se realizou o estudo.....	15
Figura 7 – Evolução da concentração de azoto nas folhas ao longo do período experimental.....	27
Figura 8 - Aspeto geral do ensaio, com realce para árvores submetidas a poda severa e para árvores não- podadas.....	29
Figura 9- Valores médios ($\pm$ erro padrão) da taxa de fotossíntese líquida, condutância estomática, eficiência intrínseca do uso de água e razão entre a concentração de CO ₂ nos espaços intercelulares e na atmosfera.....	30

Índice de Quadros

Quadro 1- Características físico-químicas do solo da parcela.....	16
Quadro 2- Valores médios ($\pm$ erro padrão) da produção de azeitona (kg árvore^{-1}) nas campanhas de 2018, 2019 e 2020 e produção acumulada nas três campanhas.	19
Quadro 3 – Valores médios ($\pm$ erro padrão) do peso fresco (PF), volume (V), teor de matéria seca (MS), peso seco (PS) e relação polpa/caroto (RPC) nas campanhas de 2018, 2019 e 2020.....	20
Quadro 4 - Valores médios ($\pm$ erro padrão) do número de frutos árvore^{-1} nas campanhas de 2018, 2019 e 2020 e número de frutos árvore^{-1} nas três campanhas.....	22
Quadro 5- Valores médios ($\pm$ erro padrão) do índice de maturação das azeitonas (IM) nas campanhas de 2018, 2019 e 2020.....	23
Quadro 6 – Valores médios ($\pm$ erro padrão) do teor de gordura (%) nas azeitonas (colheita de 2019).....	23
Quadro 7 – Valores médios ($\pm$ erro padrão) de acidez, índice de peróxidos e índices espectrofotométricos na região do ultravioleta (K232, K270 e ΔK) dos azeites obtidos em 2019.....	24
Quadro 8 – Valores médios ($\pm$ erro padrão) das concentrações dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg na polpa da azeitona (colheita de 2019).....	25
Quadro 9 – Valores médios ($\pm$ erro padrão) das concentrações dos micronutrientes B, Fe, Mn, Zn e Cu na polpa da azeitona (colheita de 2019).....	25
Quadro 10 – Valores médios ($\pm$ erro padrão) das concentrações dos micronutrientes B, Fe, Mn, Zn e Cu nas folhas (novembro de 2019).....	26
Quadro 11 – Valores médios ($\pm$ erro padrão) das concentrações dos macronutrientes P, K, Ca e Mg nas folhas (novembro de 2019).....	26

Quadro 12- Valores médios ($\pm$ erro padrão) do peso de lenha de poda nos anos de 2018, 2019 e 2020.....	29
Quadro 13 - Valores médios ($\pm$ erro padrão) do conteúdo relativo em água, conteúdo em água com a folha saturada, succulência, massa por unidade de área e densidade das folhas	31
Quadro 14- Valores médios ($\pm$ erro padrão) da taxa de fotossíntese líquida, condutância estomática, eficiência intrínseca do uso de água e razão entre a concentração de CO ₂ nos espaços intercelulares e na atmosfera em folhas do interior da copa submetidas a duas intensidades de radiação fotossinteticamente ativa.....	32

Lista de Abreviaturas

A- Assimilação líquida de CO₂

Ca- Concentração de CO₂ na atmosfera

Ci- Concentração de CO₂ nos espaços intercelulares

ETc - Evapotranspiração

gs- Condutância estomática para o vapor de água

HF - Horas de Frio

IM-Índice de Maturação

IP- Índice de Peróxidos

Ms - Matéria Seca

PF- Peso Fresco

PPDF- Photonic Photosynthetically Density Flow

PS- Peso Seco

RPC- Relação polpa/ Carço

SOD- Superóxido Dismutase

Capítulo I

Introdução geral e objetivos

A oliveira (*Olea europaea* L.) é uma das espécies fruteiras mais antigas e utilizadas pelo homem na sua dieta, tendo surgido na Península Ibérica em 600 a.C., sendo a sua origem a Ásia (Síria e Irão) há cerca de 6000 anos (Tapia *et al.*, 2003). Inicialmente praticamente circunscrito à região Mediterrânica, nos últimos anos assistiu-se a uma expansão do cultivo da oliveira para novas áreas com clima adequado à espécie (Argentina, Chile, Austrália, Nova Zelândia, Estados Unidos da América – Califórnia), facto a que não é alheio o efeito da difusão dos resultados da investigação científica sobre os benefícios do azeite para a saúde, bem como as sucessivas campanhas promocionais institucionais levadas a cabo, entre outras, pela União Europeia e pelo Conselho Oleícola Internacional.

Da mesma forma, a poda da oliveira tem sido um assunto de intenso debate desde tempos antigos. Nas primeiras décadas do século I d. C. o Hispano-romano Lúcio Júnio Moderato Columela, autor de alguns tratados clássicos sobre agronomia, defendia que podar as oliveiras "obrigava-as a dar azeitona". Contudo, o suporte científico para a teoria continuou durante muito tempo a ser pouco fundamentado.

Nas últimas décadas, a poda da oliveira tem merecido um interesse crescente. A literatura publicada sobre olivicultura, sobretudo na forma de capítulos de livros e manuais, tem dedicado alguma importância à poda (Sibbett, 2005; Tombesi e Tombesi, 2007; Vossen, 2007; García-Ortiz *et al.*, 2008; Lopes *et al.*, 2009; Therios, 2009), incidindo em aspetos como sistemas de condução, datas de poda, métodos e ferramentas e objetivos gerais e específicos da poda. Em termos gerais, os autores concordam que a poda é essencial na gestão do olival ou mesmo como meio de melhorar a frutificação. Com efeito, a poda é uma prática cultural que pode trazer benefícios nos hábitos naturais de crescimento das plantas. Permite não só manter uma forma de condução equilibrada, com vista a aumentar o rendimento da produção, como também a alongar esse período de tempo. Para além disso, uma boa poda também aumenta a viabilidade da árvore (Arquero, 2013). Quando equilibrada e regular, permite estabelecer simetria entre as funções vegetativas e reprodutivas e irá beneficiar algumas práticas culturais, como a colheita, independentemente do seu método, a atividade da maquinaria agrícola e irá fornecer melhores condições sanitárias no olival, uma vez que

haverá melhor arejamento e entrada de luz na copa das árvores (Lopes *et al.*, 2009), para além de ajudar a diminuir as perdas de água por transpiração. Contudo, a poda das árvores cria perda significativa de biomassa de ramos e folhas, com impactos de longa duração no desempenho da fotossíntese da planta inteira (Anten e Ackerly, 2001; Anten *et al.*, 2003; Gaoue *et al.*, 2011). Consequentemente, a poda pode provocar uma escassez da quantidade de recursos alocados para o crescimento.

Não obstante a poda ser uma técnica com tantos benefícios reconhecidos e com uma cobertura extensa em livros didáticos, pouca informação existe sobre o assunto na forma de artigos científicos. A questão científica mais estudada relacionada com poda é o grau de severidade, assunto que se aborda no presente estudo. Em olivais de alta densidade, Tombesi (2013) relataram que árvores não podadas registaram maior produção do que as árvores submetidas a dois regimes de poda diferentes. Da mesma forma, García-Ortiz *et al.* (2008) registaram, em experiência efetuada durante 8 anos, que as árvores mantidas sem poda produziram mais frutos do que árvores sujeitas a regimes de poda. Apesar desses resultados, os autores não recomendam que a poda seja suspensa, mas que é necessário reduzir a severidade da poda. No entanto, na maior parte das situações, não podar pode levar a quebras de produção a longo prazo (Arquero, 2013). Por outro lado, Tombesi e Tombesi (2007) descobriram que os rendimentos eram nitidamente maiores quando as árvores eram submetidas a poda leve, quando em comparação com a poda média e severa. Em todo o caso, estes trabalhos não apresentam relevantes fundamentações do ponto de vista funcional para explicar os resultados obtidos.

Com o desenvolvimento deste estudo, procura-se perceber a influência de quatro tratamentos (3 intensidades de poda em comparação com árvores não podadas) na fisiologia da oliveira e na produção de frutos, com o objetivo de selecionar o melhor regime para o olival de sequeiro no contexto de alterações climáticas. Especificamente, pretende-se avaliar os efeitos do regime de poda no estado nutritivo e hídrico das plantas, bem como nas trocas gasosas foliares, de forma a compreender as implicações na capacidade produtiva e na qualidade do azeite.

Capítulo II – Revisão bibliográfica

2.1. A oliveira em Portugal e em Trás-os-Montes

A oliveira está presente em Portugal desde as invasões romanas (Ribeiro, 1991), sofrendo uma expansão simbólica entre 1860 e os anos 1900. No início dos tempos a área ocupada pelo olival era muito pequena e próximo do final dessa época estava muito semelhante à atualidade. No início da segunda metade do século XIX a área plantada de olival rondava os 42 000 ha, como se pode verificar na Figura 1 (Coelho, 2014). Atualmente, o olival ocupa cerca de 361483 ha dos quais 352404 ha são para a produção de azeite. A dimensão da área cultivada com olival dá suporte à grande importância para o país, sendo o azeite o segundo produto agrícola mais produzido, e que coloca Portugal no oitavo lugar dos maiores produtores de azeite do Mundo (Alves, 2007).

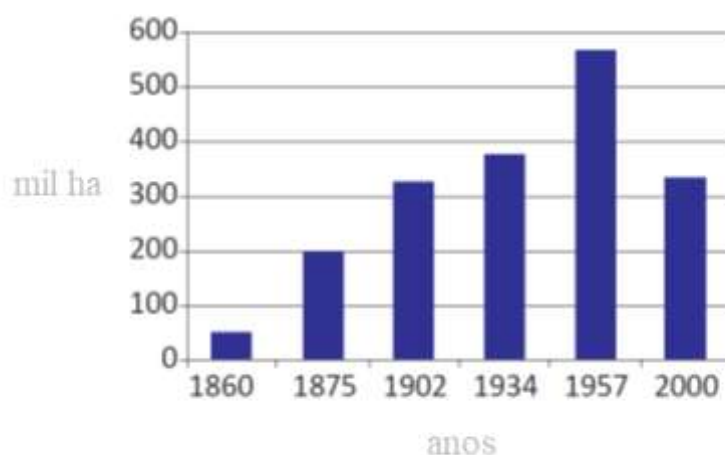


Figura 1 - Evolução da área (mil ha) de olival em Portugal (Coelho, 2014).

A produção de azeitona varia consideravelmente entre anos, como se demonstra na Figura 2, fenómeno fortemente influenciado pelos hábitos de frutificação da oliveira. É de realçar a queda acentuada da produção, particularmente evidente nas 2 últimas décadas do século XX, onde se registaram produções inferiores a 300 000 toneladas em vários anos. Em oposição, as produções nas duas primeiras décadas do presente século revelam uma tendência totalmente oposta, com acréscimos significativos, nomeadamente na última década, tendo-se

registado na campanha 2019-2020 produção ligeiramente superior a 900 000 toneladas no País. Embora ocorram ligeiras variações interanuais, a região Norte do país elaborou nos últimos anos cerca de 16%, enquanto a região do Alentejo foi responsável por cerca de 75% da produção nacional de azeite (GPP, 2020).



Figura 2 - Evolução da produção de azeitona (toneladas) em Portugal entre 1960 e 2019 (Fonte: PORDATA).

O olival é uma cultura com grande importância económica, social, paisagista e ambiental na região Transmontana, onde a maioria dos olivais são olivais tradicionais com cerca de 238 árvores por ha com um compasso de 7x6 e/ou 204 árvores por ha com um compasso de 7x7, conduzidas em sequeiro. Dentro da região, as variedades de oliveira variam um pouco. Na zona de Terra Quente predominam a Cobrançosa, a Verdeal Transmontana, a Madural e a Cordovil, enquanto na zona mais a norte predomina a Santulhana, e na zona de Moncorvo, Freixo de Espada à Cinta e Mogadouro a predominante é a Negrinha de Freixo. Todas as variedades apresentam boa adaptação às diferentes condições edafoclimáticas da região, apesar de algumas possuírem características distintivas importantes e que poderão ser

determinantes no futuro próximo no contexto das alterações climáticas. Neste âmbito, destaca-se a cultivar usada neste trabalho, a Cobrançosa, que possui um conjunto interessante de características morfo-anatómicas, fisiológicas e bioquímicas que lhe permitem tolerar situações de baixa disponibilidade de água e elevada temperatura (Brito *et al.*, 2019a).

2.2. Biologia da oliveira e preferências ambientais

A oliveira, tal como a conhecemos hoje, passou por um processo de domesticação ao longo da região do Mediterrâneo (Connor e Fereres, 2005), processo longo que conduziu às excelentes características que fazem dela uma espécie icónica na região. A oliveira apresenta uma permanente harmonia entre três constituintes essenciais: o sistema radicular, responsável pelas relações hídricas e nutritivas; a estrutura perene da planta, constituída pelas folhas, ramos, tronco e pernas que são fundamentais na acumulação de reservas; e as folhas que são responsáveis pela síntese de compostos, com particular destaque para os fotossimilados (Silva *et al.*, 2013).

A oliveira pertence à família botânica das *Oleaceae*, sendo uma família ampla, maioritariamente representada por árvores e arbustos. Está dividida em 29 géneros, algumas delas utilizadas pelo homem. A *Olea europaea* L. é uma das 35 espécies de *Olea*, sendo nesta espécie que estão inseridos os cultivares atualmente utilizados na produção de azeitona e de azeite. Apenas esta espécie da família das *Oleaceae* é capaz de produzir frutos comestíveis (Rallo *et al.*, 1998).

É uma espécie de folha persistente, com elevada longevidade, mas com crescimento lento, atingindo usualmente alturas entre os 4 e os 8 metros. Árvores velhas podem ter 15 ou 20 metros de altura e 1,5 a 2 metros de diâmetro. A oliveira, por norma, tem uma copa arredondada, que se torna muito densa quando as árvores não são podadas (Lopes *et al.*, 2009).

Sendo uma espécie típica de clima mediterrâneo, com duas estações bem definidas, uma onde predomina o frio e a humidade, na qual a cultura faz a sua dormência invernal, e outra, quente e seca, onde corre a frutificação, assume-se que a cultura é mais resistente a temperaturas elevadas do que a temperaturas muito baixas, sendo aliás muito suscetível às geadas tardias na primavera (Fernandez-Escobar, 2019). No entanto, Oliveira *et al.* (2010),

citado por Saueressig, (2018), referem que a oliveira precisa de temperaturas baixas no período anterior à floração para obter boas produções. Uma boa acumulação de horas de frio (HF) durante a estação fria ajuda a planta a sair da dormência e a obter uma floração uniforme. Nas estações mais amenas/quentes a planta privilegia a atividade fisiológica com vista à produção/acumulação de açúcares, de forma a maximizar o crescimento da área assimilatória e a capacidade produtiva. Deste modo, o ideal é que a temperatura não exceda os 35°C e não baixe muito dos 25° C para uma boa acumulação térmica. A diferenciação dos botões florais começa no final do inverno e é com o aumento da temperatura que ocorre o aparecimento de flores (Tapia *et al.*, 2003a; Tombesi e Tombesi, 2007a; Rodrigues *et al.*, 2017). Ao nível da precipitação, esta cultura apresenta exigência de valores não muito elevados, existindo a referência de 600 mm como suficiente para satisfazer as suas necessidades (Tombesi e Tombesi, 2007; Figueiredo *et al.*, 2002). É uma espécie exigente em termos de intensidade de radiação fotossinteticamente ativa (PPFD), pelo que sob baixa PPFD há redução acentuada da indução e diferenciação floral, bem como da taxa de fotossíntese líquida, aspetos que contribuem para a redução da capacidade produtiva da espécie. Para a maioria das folhas da árvore, o PPFD ideal, dependendo da variedade, deve estar na faixa entre 600 e 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, o ponto de saturação para a luz. Por outro lado, o PPFD de folhas de oliveira deve estar acima de 20-30 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, o ponto de compensação luminoso, para poder usufruir de taxas de assimilação mais altas do que as respetivas taxas de respiração (Brito *et al.*, 2019).

Ao nível do solo a cultura não difere muito das outras frutícolas. Idealmente, prefere solos bem arejados, profundos, com boa textura, argilosos e com nutrientes disponíveis, particularmente o azoto (N), fósforo (P), potássio (K) e o boro (B). Em solos mais “magros” a cultura desenvolve-se bem, mas apresenta quebras de produção (Figueiredo *et al.*, 2002; Tapia *et al.*, 2003). Os fatores a ter em atenção antes da plantação do olival são o pH do solo (ideal entre 5,5 e 8,5), a disponibilidade de nutrientes, a salinidade e a possível toxicidade de alguns micronutrientes (boro e cloro) (Navarro, 2004; Rosa, 2006; Brito *et al.*, 2019b).

O crescimento vegetativo dá-se a partir das rebentações formadas no ano anterior que possuem gomos terminais. O abrolhamento dos gomos da oliveira dá-se na primavera, e de seguida há crescimento, dependendo das condições climáticas, estado nutritivo e disponibilidade hídrica (Pereira, 2017).

O crescimento da oliveira ocorre de forma intermitente, como se pode ver na Figura 3. Este processo encontra-se limitado pelas temperaturas extremas que prejudicam as trocas gasosas (Rallo *et al.*, 1998; Pereira, 2017). Com o aproximar do verão há um agravar desta limitação da planta e ocorre um cessamento do crescimento (paragem estival). Por outro lado, com a chegada das primeiras chuvas no outono a planta pode retomar a sua atividade (Lavee, 1996), desde que não haja limitações induzidas pelas baixas temperaturas.

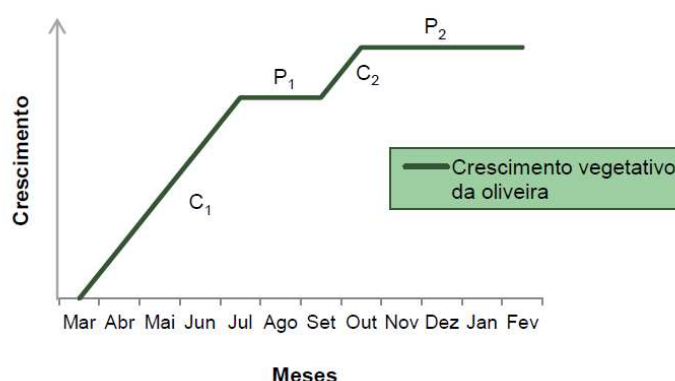


Figura 3 - Período ativo e período de cessação do crescimento da parte vegetativa da oliveira. Fonte: (Cordeiro, 2014).

Legenda: C1- 1ª Fase de crescimento ativo; P1- Paragem de crescimento; C2-2ª Fase de crescimento ativo; P2-Paragem de crescimento

A floração da oliveira ocorre usualmente entre finais de abril e inícios de junho, mas há fatores que podem fazer variar estas datas, particularmente as condições climáticas que se façam sentir. É nas axilas foliares e nos nós do crescimento vegetativo do ano anterior que se desenvolvem as inflorescências. Entre 10 e 40 é o número de flores possíveis em cada inflorescência, variando o número de flores consoante as condições que se fazem sentir, incluindo condições ambientais, condições fisiológicas e as cultivares em questão (Rapoport, 1998; Bacelar *et al.*, 2009). Na oliveira ocorrem 2 tipos de flores (Figura 4), as hermafroditas ou bissexuais que se encontram bem desenvolvidas (flores perfeitas), e as estaminíferas ou masculinas, que só possuem um ovário mal desenvolvido ou ausente, e assim incapazes de formar o fruto (flores imperfeitas) (Pereira, 2017). Segundo Cuevas e Rallo (1990), a intensidade da floração afeta diretamente a qualidade das flores. Assim, quanto menor for a intensidade de floração maior é a qualidade das flores.



Figura 4- Flores de oliveira. A azul - uma flor perfeita. A vermelho - uma flor imperfeita.
Fonte: Pereira (2017).

2.3. Poda do Olival

É considerado podar qualquer atividade que vise mexer com a estrutura natural da copa ou dos ramos da oliveira, com a finalidade de conduzir as árvores para uma estrutura pretendida de modo que esta atinja o seu máximo de produção o mais rápido possível. Também é chamado de poda as atividades que renovem e/ou restaurem partes da mesma (Tapia *et al.*, 2003). Numa visão mais técnica, para se realizarem “boas” podas, temos de ter em consideração a aptidão do operador, a experiência adquirida e o conhecimento básico da morfologia da planta, tudo isto aplicado com racionalidade (Bento *et al.*, 2017). Com o passar dos tempos os métodos de intervenção nas árvores sofreram evoluções (Rodrigues *et al.*, 2014).

Em todos os países onde a olivicultura é uma atividade importante, procede-se à poda de forma a conduzir as árvores e a melhorar as atividades no olival, sendo as intervenções condicionadas pelas diferentes condições ambientais, tradições e orientação do pomar. Os principais objetivos da poda são a formação das árvores, facilitar a colheita, facilitar a poda dos anos seguintes, permitir a transitabilidade de máquinas, atenuar os efeitos da safra e contrassafra, melhorar o arejamento e a exposição solar da rama, rejuvenescer as árvores e melhorar a estética, de modo a diminuir os custos de produção. A poda não leva a aumentos

de produção, mas favorece a oliveira em todos os fatores anteriormente referidos (Rodrigues *et al.*, 2014a; Rodrigues *et al.*, 2017).

A oliveira é diferente de outras frutícolas, uma vez que o objetivo da planta é produzir o mais possível, o que coincide com o objetivo do homem, na maioria das situações. No caso das outras frutícolas, o objetivo é também a máxima produção de fruto, mas para o homem o mais importante pode não ser a máxima produção, mas sim a obtenção de frutos de calibres superiores (Rodrigues *et al.*, 2014).

Uma oliveira que inicialmente seja encaminhada para uma formação apenas com um pé principal e uma copa constituída por pernadas, mesmo que seja deixada ao abandono, continuará a produzir azeitona, mas terá uma copa muito densa, favorável ao desenvolvimento de muitas doenças e pragas e que também vai dificultar algumas práticas culturais. Deste modo, mesmo não sendo podada, a árvore continuará a crescer, de forma desregulada, haverá mais lançamentos verticais à procura de luz e, por sua vez, os ramos do interior perderão grande parte das folhas, pelo que a copa começará a ficar irregular e um pouco descontrolada (Tombesi e Tombesi, 2007; Vossen e Devarenne, 2007; Rodrigues *et al.*, 2014a). Em consequência destas respostas e à menor renovação da rama, é de admitir que períodos de poda muito intervalados podem levar a decréscimos de produção (Lopes *et al.*, 2009).

A partir de “boas” podas procura-se regular hábitos naturais das árvores, de modo a que esta atinja o seu máximo de produção, a sua maior longevidade, melhor condição fitossanitária e facilitar todas as outras práticas culturais (Bento *et al.*, 2017; Rodrigues *et al.*, 2017). É na rama, mais especificamente nas folhas, que há a produção/armazenamento de fotoassimilados. Assim, a operação de poda contribui para retirar reservas energéticas e limitar a atividade fotossintética das árvores, pelo que deve ser esta a base de raciocínio antes de podar (Rodrigues *et al.*, 2014; Rodrigues *et al.*, 2014a). De facto, uma das grandes questões quando se poda são as perdas que lhe estão associadas, como as perdas de matéria seca (MS) e de minerais previamente absorvidos. Por exemplo, em olival tradicional de sequeiro, Rodrigues e colaboradores (2017) registaram, sob regime de poda severa, a remoção de 2,7 toneladas de MS/ha, e que incluíram perdas de 600 kg de MS/ha de folhas. Como consequência, aqueles autores estimaram a perda de 15,5 kg N/ha (8,3 kg N/ha nas folhas) (Figura 5) e de 9 kg K/ha. Por outro lado, em olival intensivo, Zipori *et al.* (2020) verificaram

a remoção de 59,3 kg N/ha, 6,9 kg P/ha e 60,5 kg K/ha, aspetos que deverão ser tidos em conta na gestão da fertilização do olival.

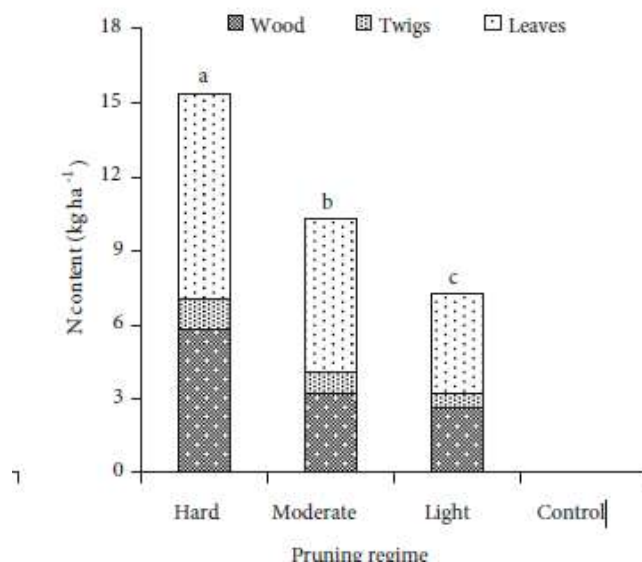


Figura 5 – Perdas de azoto em diferentes regimes de poda (Rodrigues *et al.*, 2017).

De modo a adequar as plantas aos interesses do homem, estas passam por diferentes etapas de poda. Inicialmente, passam pela preparação da planta no viveirista (poda de formação). De seguida, passam para a fase de produção, onde o género de poda que se aplicará será um equilíbrio entre a reprodutividade e o crescimento (poda de frutificação), e por fim, nas plantas com idade mais avançada e que precisem de uma intervenção mais adequada, para promover o seu rejuvenescimento, realizam-se podas mais focalizadas (poda de rejuvenescimento/regeneração) (Bento *et al.*, 20017). De seguida, apresentam-se as principais características das diferentes etapas de poda.

2.3.1. Poda de Formação

Tal como em qualquer outra operação cultural, é necessário ter bem definido o objetivo principal de cada etapa de poda. No caso da poda de formação, o objetivo deverá ser melhorar a orientação da planta, isto é, promover uma formação o mais rápido possível com troncos direitos e braços bem inseridos. Ao contrário do que se pensa, em plantas jovens a

remoção de rama jovem é incorreta, uma vez que atrasará o crescimento, a não ser que seja algum ramo que esteja a fazer competição com o caule principal. Neste caso, o ramo deverá ser removido. O caule principal deverá ser protegido ao máximo, mantendo a maior parte de ramificação que nele nasça e sem nunca cortar o ápice do caule até que a árvore já esteja formada. Excepcionalmente, poderá proceder-se à remoção de rebentação baixa caso haja aplicação de herbicidas, de forma a evitar o contacto do mesmo com a planta. De outro modo, essa rama deverá ser deixada até à formação da planta, pois ajuda o crescimento e engrossamento do tronco. Numa situação ideal, só se deverá podar as árvores jovens ao quarto ano (Vossen e Devarenne, 2007; Rodrigues *et al.*, 2014). Uma poda de formação correta tem como principal objetivo formar um esqueleto da árvore com um tronco bem definido, com cerca de 1 metro de altura e pernadas bem inseridas, assim como dar início à formação da copa. Neste género de poda as intervenções devem ser mínimas, pois esta intervenção levará ao engrossamento do tronco de forma natural e ao bom desenvolvimento radicular. É através da seiva elaborada proveniente das folhas que ocorre o crescimento do tronco e das raízes, sendo estas últimas as responsáveis pelo fornecimento de água e nutrientes necessários para o desenvolvimento de todos os tecidos novos da planta (Lopes *et al.*, 2009).

2.3.2. Poda de Frutificação “Anual”

Em árvores em produção, a poda deverá ser mínima (ligeira) e, se possível, com carácter anual. Numa árvore em que seja aplicada apenas uma poda ligeira, haverá menor rebentação de ladrões e, por sua vez, menos ramos para tirar nos anos seguintes. Deste modo, o podador apenas necessita de se deslocar anualmente ao olival para realizar pequenos retoques na planta de forma a melhorar a copa e a facilitar intervenções. Quando se visualiza a árvore após a poda, deverá ficar com a ideia que a árvore não foi cortada. Numa recomendação intuitiva e numa breve observação visual, apenas se deve remover cerca de 25% da rama presente na árvore (Rodrigues *et al.*, 2014; Rodrigues *et al.*, 2014a; Rodrigues *et al.*, 2017). A rama que deverá ser removida é aquela que apresenta crescimentos invasores do interior da copa. Ao mesmo tempo deverá proceder-se à gestão da altura e largura da copa, evitando realizar cortes nos topos das árvores, uma vez que este procedimento pode promover grande rebentação nesses cortes. O ideal nesta situação é realizar cortes de desbaste (Vossen e Devarenne, 2007). A recorrência a uma poda deste género conduzirá à redução da severidade

das podas aplicadas (Rodrigues et al., 2017). Este tipo de podas executa-se de forma a manter as copas constantes e homogêneas, assim como manter o equilíbrio entre os 3 fatores já acima referidos. Deste modo, atendendo à elevada plasticidade desta espécie, esta técnica não afetará negativamente a produção (Rodrigues *et al.*, 2017). O grande senão desta prática é a sua viabilidade, pois a poda anual deverá ser uma passagem rápida pelo olival, com poucos cortes de forma a ajustar a copa. Sendo executada deste modo há um elevado número de árvores podadas, tornando esta atividade mais viável (Lopes *et al.*, 2009).

2.3.3. Poda de Frutificação “Trienal”

É uma poda com o mesmo intuito da poda “Anual”, isto é, manter o equilíbrio entre as funções vegetativas e reprodutivas. No entanto, esta é realizada com uma frequência trienal, onde se realiza a remoção de cerca de 50% ou mais da copa da árvore (Rodrigues *et al.*, 2014). Para além disto, possui ainda a vantagem, aparente, de permitir uma melhor contenção de custos. A grande desvantagem desta poda é os cortes excessivos e demorados, pois este tipo de cortes afetam a produção do ano seguinte. Assim sendo, uma poda trienal deverá ser uma poda ligeira com cortes estruturais, de forma a evitar a alteração significativa da produção (Lopes *et al.*, 2009).

2.3.4. Regime “Não Poda”

Um olival que não é podado apenas terá quebras de produção se deixar de ser tratado, pois neste caso a existência de infestantes, as faltas de fertilização e de tratamentos fitossanitários é que levam a quebras de produção. No caso de se optar por não podar, mas se tratar das restantes práticas, como por exemplo a gestão do solo, fertilização ou controlo fitossanitário, não haverá alterações relevantes no que diz respeito à produção a curto e médio prazo. Uma oliveira não podada irá adaptar a sua copa às disponibilidades existentes naquele solo e redirecioná-las para uma maior produção de embriões, o seu objetivo principal. Este tipo de condução do olival é diferente do convencional e provoca algumas dificuldades que não se verificam com tanta frequência nos outros regimes, particularmente a realização de tratamentos, as colheitas e outras práticas comuns no olival. Diversos autores referem que não

deve haver ausência de poda, mas sim uma poda que se aproxime do não podar (Lopes *et al.*, 2009b; Rodrigues *et al.*, 2014).

2.3.5. Regime de Poda “Severa” e/ou “Rejuvenescimento”

Este regime contempla uma poda em que se remove cerca de 75% da copa da árvore. Este regime de poda é trienal ou quadrienal (Rodrigues *et al.*, 2014) e afeta de forma significativa o ciclo reprodutivo da oliveira. Caso o olival necessite de uma poda mais séria, o ano ideal para a realizar é a seguir a um ano de elevada produção (ano “on”) , pois a árvore gastou muitos recursos energéticos no fruto e pouco nos crescimentos que vão dar origem à produção do ano seguinte (Lopes *et al.*, 2009), que, em princípio, será um ano de baixa produção (ano “off”). Assim sendo, apenas se tem uma quebra de produção um pouco mais acentuada do que era esperado (Vossen e Devarenne, 2007; Rodrigues *et al.*, 2017).

Uma poda severa deverá ser aplicada quando necessário, nomeadamente para baixar copas ou reestruturar a planta, entre outros objetivos (poda de rejuvenescimento). Uma vez que a planta vai sofrer muitos cortes e estes são favoráveis à rebentação de lançamentos que posteriormente podem dar origem à nova estrutura da planta, é recomendado dividir esta poda em 3 anos podando 1/3 da planta em cada ano (Vossen e Devarenne, 2007; Rodrigues *et al.*, 2017). Quando se procede a esta poda e se removem ramos grossos, os cortes devem ser lisos e inclinados de forma a evitar a acumulação de água nos mesmos. As fertilizações devem ser equilibradas e se possível deverá haver disponibilidade de água que ajudará a planta no rejuvenescimento (Lopes *et al.*, 2009).

2.3.6. Regime de Poda “Regenerativa”

É um regime de poda usado em plantas-mãe que possam estar afetadas ou deterioradas e, principalmente, em pomares já com bastante idade e onde é difícil aplicar uma poda de rejuvenescimento. Deste modo, aplica-se um corte basal no tronco, aproveitando o sistema radicular e uma rebentação basal existente, e a partir deste rebento desenvolve-se uma nova planta que deverá passar pelos processos normalmente implementados, como podas de formação, entre outros, até se obter uma planta bem desenvolvida. Com a recorrência a este

método consegue-se ter plantas novas com sistemas radiculares já desenvolvidos, o que permitirá uma entrada mais rápida em produção. Este regime é aplicado em árvores que estejam em pomares ainda em plena produção (Lopes *et al.*, 2009).

Capítulo III – Material e Métodos

3 Localização e caracterização edafoclimáticas

O estudo foi realizado na freguesia de São Pedro de Vale do Conde, concelho de Mirandela, nos anos de 2018, 2019 e 2020 numa parcela com cerca de 1 ha de olival comercial (cv. Cobrançosa) plantado em 2000 com um compasso de 7 m × 7 m (Figura 6).

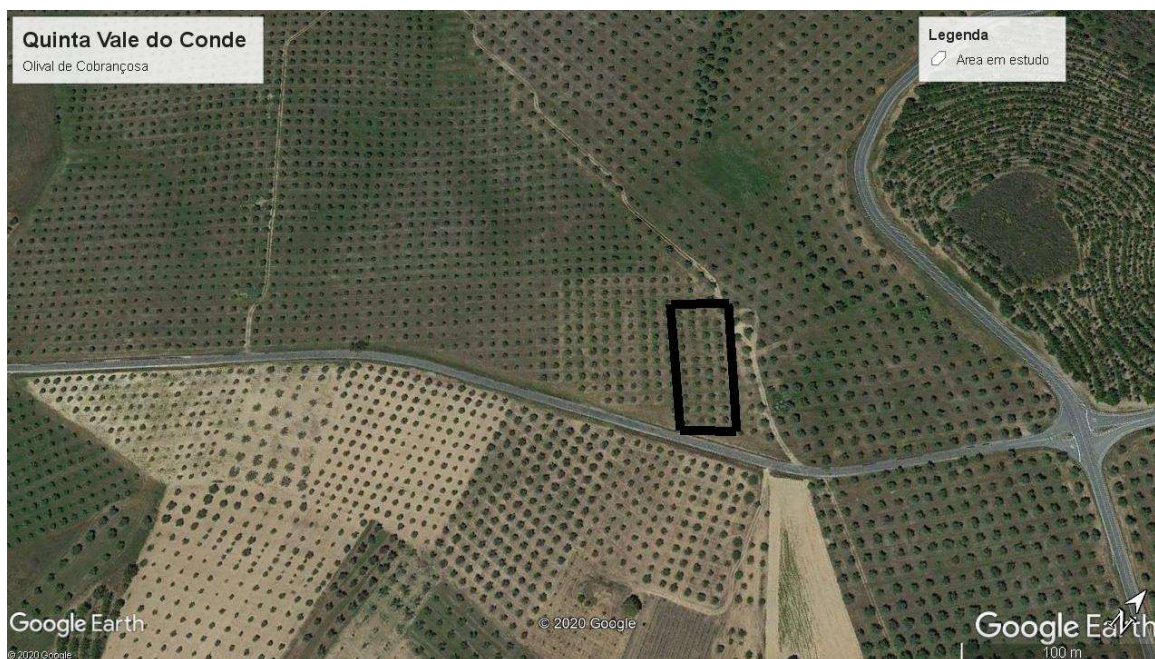


Figura 6 – Vista geral da parcela onde se realizou o estudo.

A região apresenta um clima tipicamente mediterrânico, com uma temperatura média anual de 14,3 °C e uma precipitação anual média de 509 mm. O pomar está implantado num leptossolo derivado de xisto, de textura franco-arenosa. As principais características físico-químicas do solo, determinadas a partir de quatro amostras retiradas aleatoriamente da parcela no início do ensaio, são apresentadas no Quadro 1. São de realçar a acidez do solo, os baixos teores de matéria orgânica e de fósforo, a baixa capacidade de troca catiónica, o teor médio de potássio e o teor muito elevado de manganês.

Quadro 1 - Características físico-químicas do solo da parcela.

Parâmetro	Unidade	
pH água		5,1
pH KCl		3,8
Matéria orgânica	%	0,8
Fósforo extraível	mg P ₂ O ₅ kg ⁻¹	22
Potássio extraível	mg K ₂ O kg ⁻¹	51
Boro extraível	mg B kg ⁻¹	0,8
Cobre extraível	mg Cu kg ⁻¹	1,1
Zinco extraível	mg Zn kg ⁻¹	0,5
Ferro extraível	mg Fe kg ⁻¹	29
Manganês extraível	mg Mn kg ⁻¹	74
Complexo de troca		
Cálcio	cmol _c kg ⁻¹	1,7
Magnésio	cmol _c kg ⁻¹	1,0
Potássio	cmol _c kg ⁻¹	0,2
Sódio	cmol _c kg ⁻¹	1,5
Alumínio	cmol _c kg ⁻¹	0,7
Capacidade de troca catiónica	cmol _c kg ⁻¹	5,3
Grau de saturação em bases	%	84,9
Areia	g kg ⁻¹	687
Limo	g kg ⁻¹	278
Argila	g kg ⁻¹	35

3.2 Delineamento experimental

A experiência, iniciada em janeiro de 2018 após um ano de contrassafrá, foi delineada em blocos casualizados com quatro linhas, uma para cada regime, dentro de cada linha foram analisadas 9 plantas que estavam divididas em e blocos de 3 plantas. Antes da experiência, o pomar era podado a cada 4 anos, com um regime de poda moderado a severo, em que se removia 50% a 70% da folhagem. No ano do estabelecimento do ensaio, as árvores não eram podadas há 4 anos e previa-se que fossem podadas novamente nesse ano, de acordo com o ciclo de poda quadrienal em que foram conduzidas. Tendo em atenção as práticas mais comuns na região, foram instalados os seguintes tratamentos: i) poda severa, com remoção de ~ 70% a 75% da folhagem e realizada a cada 4 anos, tal como vinha sendo praticado; ii) poda ligeira (de ora em diante designada poda de pormenor), realizada anualmente com múltiplos cortes, com remoção de 20% a 25% da folhagem [recomendado na literatura regional sobre

podas (Lopes *et al.*, 2009)]; iii) poda ligeira (de ora em diante designada poda 3 cortes), realizada anualmente com 3 cortes por árvore de menor poder de seleção, com remoção de 20% a 25% da folhagem; e (iv) não poda, como controlo.

Durante o ensaio o controlo de infestantes foi efetuado com a aplicação, no início de abril, de glifosato (360 g L⁻¹ de substância ativa), na dose de 2 L ha⁻¹. A fertilização, com carácter anual, envolveu a aplicação durante a primeira quinzena de março de um adubo composto NPK, doseando 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, e a aplicação de 2 kg ha⁻¹ de B. Não foram efetuados tratamentos fitossanitários.

3.3 Determinações de campo e de laboratório

As colheitas foram realizadas na primeira quinzena de novembro utilizando vibrador de tronco e apara frutos, tendo-se expressado a produção por árvore. Com os valores da produção foram calculados os índices de alternância da produção, de acordo com Monselise e Goldschmidt (1982).

A madeira de poda correspondente aos eventos de poda de janeiro de 2018, 2019 e 2020 foi pesada em fresco com o objetivo de avaliar a quantidade de parte aérea removida. Em cada amostragem foi retirada uma amostra para determinar o teor de matéria seca e posterior expressão do peso da lenha de poda na forma de matéria seca.

Nas datas de poda e no verão, na lenhificação do caroço, uma amostra de folhas por árvore foi colhida para análise elementar, de forma a avaliar o estado nutricional das árvores.

No momento da colheita, os frutos foram colhidos e pesados, por bloco. Subamostras aleatórias de 100 frutos por bloco foram pesadas em fresco (com e sem caroço) para avaliação do peso dos frutos, comprimento longitudinal e equatorial, relação polpa/caroço e teor de matéria seca nos frutos e na polpa, após secagem em estufa. A partir do comprimento longitudinal e equatorial foi calculado o volume dos frutos a partir da expressão $V = (\text{comprimento longitudinal} \times \text{comprimento equatorial}^2 \times \pi) / 6$.

O índice de maturação dos frutos foi determinado de acordo com o método proposto pelo Instituto Nacional de Investigação Agronómica de Espanha (Hermoso, 1991), baseado na cor da epiderme e do mesocarpo. O índice varia de 0 (azeitonas com epiderme verde intenso) a 7 (azeitonas com epiderme preta e polpa inteiramente roxa). O teor de gordura nas azeitonas foi determinado na campanha de 2019 por espectroscopia de infravermelho próximo, segundo a metodologia em uso no Laboratório Colaborativo Montanhas de Investigação (Bragança).

A extração do azeite da campanha de 2019 foi efetuada até 24 horas após a colheita da azeitona, tendo-se processado 20 kg de frutos sãos, sem qualquer tipo de infecção ou dano físico, utilizando um equipamento OLIOMIO 50 (Toscana Enologica Mori, Tavarnelle Val di Pesa, Itália). A pasta foi malaxada a cerca de 25 °C, durante 30 minutos, e o azeite recolhido foi colocado em frascos de vidro escuro e mantido a 4 °C, até posterior análise. Os parâmetros de qualidade do azeite (acidez, expressa em % de ácido oleico, índice de peróxido e absorvâncias no ultravioleta) foram determinados de acordo com o regulamento da Comunidade Europeia EEC / 2568/91 (Regulamento, 1991).

A análise elementar foi realizada de acordo com as metodologias em uso no Laboratório de Solos do Instituto Politécnico de Bragança. Após secas e trituras, as análises de folhas foram realizadas pelos métodos Kjeldahl (N), colorimetria (B e P), espectrometria de emissão de chama (K) e espectrofotometria de absorção atômica (Ca, Mg, Cu, Fe, Zn e Mn) (Walinga et al., 1997).

A atividade fisiológica das árvores foi avaliada em 5 datas através de medições das trocas gasosas (CO₂ e vapor de água) com um analisador de gases por radiação infravermelha (LCpro+, ADC, Hoddesdon, Inglaterra), funcionando em modo diferencial e em circuito aberto. Em cada tratamento e unidade experimental foram avaliadas folhas (2 por árvore) bem expostas à radiação e em condições de luz saturante para a fotossíntese (densidade de fluxo fotónico fotossinteticamente ativo - PPFD - superior a 1000 $\mu\text{mol fotões m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Em agosto de 2020, e apenas nos 2 tratamentos mais contrastantes (não poda e poda severa), foram ainda avaliadas as trocas gasosas em folhas (2 por árvore) do interior da copa submetidas a 2 níveis de PPFD (150 e 800 $\mu\text{mol fotões m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Os cálculos da taxa de fotossíntese líquida (A), da condutância estomática para o vapor de água (g_s) e da razão entre a concentração intercelular de CO₂ (C_i) e a concentração de CO₂ na atmosfera (C_a) foram efetuados de acordo com von Caemmerer e Farquhar (1981). Procedeu-se ainda ao cálculo da razão A/g_s para se obter a eficiência intrínseca do uso da água. As taxas foram expressas por unidade de área foliar projetada (a área de apenas uma das superfícies foliares).

3.4 Análise estatística

A análise estatística foi efetuada com recurso ao programa estatístico JMP 14. Depois de verificadas a homogeneidade de variâncias com o teste de Levene e a normalidade com o teste de Kolmogorov-Smirnov, efetuou-se a análise de variância (ANOVA) a 1 fator ou

a 2 fatores no caso das trocas gasosas em folhas do interior da copa submetidas a 2 níveis de PPFD. Quando se registaram diferenças significativas, as médias foram separadas pelo teste de comparação múltipla de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Capítulo IV- Resultados e discussão

Como se pode constatar no Quadro 2, o regime de poda afetou significativamente a produção de azeitona, com destaque negativo para o regime de poda severa, a modalidade que apresentou os menores valores, embora apenas com carácter significativo no ano 1 do ensaio (colheita de 2018) e no total acumulado. De realçar ainda a maior produção acumulada das plantas não podadas, apesar de não diferir significativamente das produções obtidas nos regimes de poda anual. Resultados similares foram reportados em outros estudos desenvolvidos em Portugal, Espanha e Itália (García-Ortiz *et al.*, 2008; Tombesi, 2013; Rodrigues *et al.*, 2017).

Quadro 2- Valores médios ($\pm$ erro padrão) da produção de azeitona (kg árvore^{-1}) nas campanhas de 2018, 2019 e 2020 e produção acumulada nas três campanhas. Letras diferentes nas colunas indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Tratamento	Produção 2018	Produção 2019	Produção 2020	Produção acumulada
Não Poda	20,8 $\pm$ 0,06 a	13,1 $\pm$ 1,60	27,6 $\pm$ 2,45	61,5 $\pm$ 3,92 a
Poda 3 cortes	17,4 $\pm$ 3,36 a	12,5 $\pm$ 2,04	21,8 $\pm$ 3,16	51,7 $\pm$ 4,81 ab
Poda de pormenor	14,0 $\pm$ 1,47 ab	16,4 $\pm$ 1,05	25,0 $\pm$ 2,98	55,3 $\pm$ 3,44 a
Poda severa	6,7 $\pm$ 1,49 b	10,6 $\pm$ 1,92	19,4 $\pm$ 0,93	36,8 $\pm$ 3,97 b
ANOVA (P)	0,005	0,195	0,198	0,014

Com os resultados apresentados no Quadro 2 foram calculados os índices de alternância da produção durante os 3 anos do ensaio, sendo possível constatar que os regimes de poda ligeira com periodicidade anual apresentaram menores valores. Com efeito, o valor mais baixo foi obtido no regime de poda de pormenor (0,14), seguido do regime poda 3 cortes (0,22), ao passo que os regimes de poda severa e não poda atingiram valores de 0,26 e 0,29, respetivamente. Os índices obtidos no presente trabalho são muito menores do que os

encontrados por Haberman *et al.* (2019) que variaram entre 0,52 e 0,72, bem como os observados por Conde-Innamorato *et al.* (2019) em 6 cultivares Espanholas e Italianas. Tendo em atenção a elevada importância do fenómeno de contrassafra nesta espécie, os presentes resultados realçam a vantagem da realização de poda com carácter anual para a obtenção de menor variabilidade interanual da produção, um objetivo importante para a estabilidade dos rendimentos dos olivicultores.

Os níveis de produção obtidos condicionaram fortemente as características biométricas dos frutos (Quadro 3). Nos 2 anos de maior produção, 2018 e 2020, mas com particular realce em 2018, salientaram-se os frutos das árvores submetidas a poda severa que apresentaram maiores valores médios de peso fresco, volume, peso seco e relação polpa/caroço de que os outros tratamentos. São ainda de destacar nesses 2 anos os menores valores da relação polpa/caroço dos frutos das árvores não podadas, especialmente em relação ao tratamento de poda de pormenor, bem como na colheita de 2020 foi verificado comportamento similar entre aqueles tratamentos nas variações do peso fresco e volume dos frutos. Em 2020 os frutos provenientes das árvores sujeitas as podas severas apresentaram maior teor de matéria seca relativamente aos frutos dos tratamentos de poda anual. Por outro lado, no ano de 2019, de menor produção, os valores de PF, V, MS e RPC foram maiores do que nas restantes colheitas, não se tendo verificado qualquer influência dos tratamentos nas características biométricas das azeitonas. A variação interanual do peso dos frutos entre tratamentos, expressa pelo respetivo índice de alternância, variou entre 0,07 no tratamento de poda severa e 0,24 nas árvores não podadas, com valores intermédios de 0,21 e 0,13 nos tratamentos poda 3 cortes e poda de pormenor, respetivamente.

Quadro 3 – Valores médios ($\pm$ erro padrão) do peso fresco (PF), volume (V), teor de matéria seca (MS), peso seco (PS) e relação polpa/caroço (RPC) nas campanhas de 2018, 2019 e 2020. Letras diferentes nas colunas indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Tratamento	Ano	PF (g)	V (cm ³)	MS (%)	PS (g)	RPC
Não Poda	2018	2,60 $\pm$ 0,06 b	2,18 $\pm$ 0,05 b	43,6 $\pm$ 0,6	1,13 $\pm$ 0,03 b	3,05 $\pm$ 0,05 c
Poda 3 cortes		2,75 $\pm$ 0,10 b	2,31 $\pm$ 0,08 b	44,0 $\pm$ 1,2	1,21 $\pm$ 0,05 b	3,24 $\pm$ 0,10 bc
Poda pormenor		2,97 $\pm$ 0,14 b	2,54 $\pm$ 0,13 b	44,6 $\pm$ 0,5	1,33 $\pm$ 0,07 b	3,46 $\pm$ 0,10 b
Poda severa		3,87 $\pm$ 0,14 a	3,30 $\pm$ 0,12 a	45,4 $\pm$ 0,7	1,75 $\pm$ 0,06 a	3,96 $\pm$ 0,08 a
P		<0,001	<0,001	0,406	<0,001	<0,001
Não Poda	2019	4,49 $\pm$ 0,17	3,78 $\pm$ 0,15	42,2 $\pm$ 1,0	1,87 $\pm$ 0,05	4,15 $\pm$ 0,12
Poda 3 cortes		4,54 $\pm$ 0,13	3,92 $\pm$ 0,12	41,8 $\pm$ 0,5	1,89 $\pm$ 0,05	4,12 $\pm$ 0,11
Poda pormenor		4,22 $\pm$ 0,13	3,62 $\pm$ 0,12	43,1 $\pm$ 0,5	1,82 $\pm$ 0,06	3,96 $\pm$ 0,08
Poda severa		4,06 $\pm$ 0,14	3,48 $\pm$ 0,12	42,4 $\pm$ 0,5	1,72 $\pm$ 0,06	3,99 $\pm$ 0,12
P		0,052	0,077	0,527	0,131	0,550
Não Poda	2020	2,97 $\pm$ 0,08 b	2,50 $\pm$ 0,07 c	44,0 $\pm$ 0,7 ab	1,33 $\pm$ 0,04 b	2,99 $\pm$ 0,06 c
Poda 3 cortes		3,21 $\pm$ 0,08 ab	2,75 $\pm$ 0,08 bc	42,9 $\pm$ 0,4 b	1,38 $\pm$ 0,04 b	3,27 $\pm$ 0,08 b
Poda pormenor		3,30 $\pm$ 0,08 a	2,89 $\pm$ 0,08 ab	43,2 $\pm$ 0,4 b	1,42 $\pm$ 0,04 b	3,46 $\pm$ 0,04 ab
Poda severa		3,50 $\pm$ 0,09 a	3,07 $\pm$ 0,09 a	45,3 $\pm$ 0,5 a	1,59 $\pm$ 0,05 a	3,57 $\pm$ 0,05 a
P		<0,001	<0,001	0,005	<0,001	<0,001

Com os valores da produção e do peso médio dos frutos obtidos nas amostragens para análise biométrica, foram estimados os números de frutos árvore⁻¹ nas 3 colheitas (Quadro 4). Não obstante o aumento do peso dos frutos, torna-se evidente que a menor produção verificada em 2018 e a menor produção acumulada no regime de poda severa, em relação ao tratamento não poda, foi o resultado de uma diminuição considerável do número de frutos. Merece ainda realce, mais uma vez, o comportamento do tratamento não poda que apresentou o maior valor do índice de alternância do número de frutos (0,49), contra 0,41, 0,28 e 0,19 nos tratamentos poda 3 cortes, poda severa e poda de pormenor, respetivamente.

Quadro 4 - Valores médios ($\pm$ erro padrão) do número de frutos árvore⁻¹ nas campanhas de 2018, 2019 e 2020 e número de frutos árvore⁻¹ nas três campanhas. Letras diferentes nas colunas indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Tratamento	Nº frutos 2018	Nº frutos 2019	Nº frutos 2020	Nº frutos 3 campanhas
Não Poda	8005 $\pm$ 8 a	2942 $\pm$ 579	9372 $\pm$ 916	20319 $\pm$ 1488 a
Poda 3 cortes	6299 $\pm$ 1147 a	2764 $\pm$ 498	6823 $\pm$ 1096	15886 $\pm$ 1883 ab
Poda pormenor	4786 $\pm$ 748 ab	4066 $\pm$ 412	7578 $\pm$ 767	16412 $\pm$ 1133 ab
Poda severa	1766 $\pm$ 479 b	2636 $\pm$ 684	5540 $\pm$ 399	9980 $\pm$ 1375 b
ANOVA (P)	0,002	0,310	0,065	0,008

A variação de produtividade entre tratamentos verificada no presente estudo repercutiu-se fortemente no índice de maturação (IM) das azeitonas. De facto, na colheita de 2018, as azeitonas provenientes das árvores sujeitas a poda severa, as menos produtivas, apresentaram maior IM (Quadro 5), à semelhança do descrito por Morales *et al.* (2014) com a cultivar “Coratina” no Chile. Por outro lado, nas colheitas de 2019 e 2020 não se verificou qualquer influência do regime de poda no índice de maturação.

Na colheita de 2019, amostras de pasta de azeitona foram submetidas a espectroscopia de infravermelho próximo para avaliação do teor de gordura, bem como laboradas em lagar Oliomio para caracterização química dos azeites obtidos. À semelhança do verificado para os respetivos IM, não se verificou qualquer efeito significativo dos tratamentos no teor de gordura (Quadro 6), nem na acidez, índice de peróxidos e índices espectrofotométricos na região do ultravioleta (Quadro 7). Resultados similares do efeito do regime de poda nos parâmetros de qualidade do azeite foram reportados no estudo de Morales e colaboradores (2014). De acordo com o Regulamento da Comissão Europeia nº 2568 de 11 de Julho de 1991, os valores apresentados no Quadro 7 permitem classificar todos os azeites como Virgem Extra, significando que os azeites não apresentam degradação de ácidos gordos, nem formação relevante de dienos e trienos conjugados devido à formação de produtos primários e secundários de oxidação.

Entrando em consideração com os valores de produção da colheita de 2019 e com os valores dos teores de gordura obtidos nas amostras, e assumindo um rendimento similar na

extração comercial de azeite, a produção de azeite atingiu nesse ano o valor máximo de 591 kg de azeite ha⁻¹ no tratamento de poda de pormenor, contra 481, 476 e 361 kg de azeite ha⁻¹ nos tratamentos poda 3 cortes, não poda e poda severa, respetivamente. Entretanto, se considerarmos a produtividade média anual durante os 3 anos que variou entre 2496 e 4182 kg de azeitona ha⁻¹ nos tratamentos de poda severa e não poda, respetivamente, e assumindo um rendimento em gordura idêntico ao rendimento médio de 2019 para todos os tratamentos, chegaríamos a produção máxima de azeite nos 3 anos do ensaio de 2227 kg de azeite ha⁻¹ no tratamento de não poda, contra 2006, 1764 e 1329 kg de azeite ha⁻¹ nos tratamentos de poda de pormenor, poda 3 cortes, e poda severa, respetivamente. Este conjunto de resultados ilustra claramente que a prática de poda severa deverá ser uma técnica a evitar.

Quadro 5- Valores médios ($\pm$ erro padrão) do índice de maturação das azeitonas (IM) nas campanhas de 2018, 2019 e 2020. Letras diferentes nas colunas indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Tratamento	IM 2018	IM 2019	IM 2020
Não Poda	2,97 $\pm$ 0,16 b	3,40 $\pm$ 0,10	3,70 $\pm$ 0,08
Poda 3 cortes	2,93 $\pm$ 0,06 b	3,67 $\pm$ 0,14	3,53 $\pm$ 0,10
Poda pormenor	3,03 $\pm$ 0,07 b	3,27 $\pm$ 0,15	3,57 $\pm$ 0,09
Poda severa	3,53 $\pm$ 0,09 a	3,20 $\pm$ 0,19	3,67 $\pm$ 0,07
ANOVA (P)	0,015	0,225	0,798

Quadro 6 – Valores médios ($\pm$ erro padrão) do teor de gordura (%) nas azeitonas (colheita de 2019).

Tratamento	% gordura (peso seco)	% gordura (peso fresco)
Não Poda	43,4 $\pm$ 1,4	19,4 $\pm$ 0,8
Poda 3 cortes	44,2 $\pm$ 2,2	20,4 $\pm$ 1,1
Poda pormenor	43,3 $\pm$ 2,1	19,3 $\pm$ 0,7
Poda severa	40,8 $\pm$ 2,0	18,4 $\pm$ 0,8
ANOVA (P)	0,664	0,498

Quadro 7 – Valores médios ($\pm$ erro padrão) de acidez (% de ácido oleico), índice de peróxidos (IP, mEq.O₂ kg⁻¹) e índices espectrofotométricos na região do ultravioleta (K₂₃₂, K₂₇₀ e ΔK) dos azeites obtidos em 2019.

Tratamento	Acidez	IP	K ₂₃₂	K ₂₇₀	ΔK
Não Poda	0,280 $\pm$ 0,024	1,32 $\pm$ 0,13	1,22 $\pm$ 0,37	0,201 $\pm$ 0,006	0,0037 $\pm$ 0,0000
Poda 3 cortes	0,214 $\pm$ 0,014	1,56 $\pm$ 0,29	1,62 $\pm$ 0,02	0,217 $\pm$ 0,005	0,0040 $\pm$ 0,0000
Poda pormenor	0,214 $\pm$ 0,027	1,33 $\pm$ 0,05	1,63 $\pm$ 0,01	0,227 $\pm$ 0,006	0,0016 $\pm$ 0,0052
Poda severa	0,201 $\pm$ 0,023	1,23 $\pm$ 0,13	1,56 $\pm$ 0,04	0,210 $\pm$ 0,006	0,0063 $\pm$ 0,0000
ANOVA (P)	0,133	0,582	0,409	0,081	0,441

A composição mineral da polpa de azeitona relativa à colheita de 2019 é apresentada nos Quadros 8 e 9. Como se constata, o regime de poda não afetou significativamente as concentrações dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg (Quadro 8). Por sua vez, verificaram-se alterações significativas nas concentrações de Fe e Mn, enquanto as concentrações de B, Zn e Cu não diferiram significativamente entre os tratamentos (Quadro 9). O tratamento de poda severa apresentou maior concentração de Fe que os restantes tratamentos, bem como maior concentração de Mn que os tratamentos de poda anual. Tendo em atenção que apenas 2 (Fe e Mn) dos 10 minerais estudados sofreram alterações significativas, com aumento das respetivas concentrações no tratamento de poda severa, essas respostas não deverão estar relacionadas com o efeito de concentração (menor expansão vegetativa e tendência, ainda que não significativa, para menor produção de frutos nesse tratamento), mas antes com seletividade na absorção e/ou realocação de minerais entre órgãos. De acordo com Sáinz et al. (2019), durante o amadurecimento da fruta, um fenómeno oxidativo, ocorrem alterações ao nível das membranas que conduzem ao amolecimento da fruta e que pode terminar num processo de morte celular programada. Sabendo que o Fe e o Mn são componentes estruturais da superóxido dismutase (SOD), uma enzima chave no processo de destoxificação contra espécies reativas de oxigénio, e que foi demonstrada a presença de quatro isoenzimas de SOD em azeitonas, principalmente Fe-SOD, mais Mn-SOD e duas Cu, Zn-SOD (Lopez-Huertas e del Río, 2014), é provável que a cultivar Cobrançosa, no tratamento de poda severa, faça um investimento especial nas formas Fe-SOD e Mn-SOD nas azeitonas, de forma a compensar a maior exposição dos frutos à radiação solar, incluindo radiação UV-B, o que pode traduzir-se numa maior capacidade antioxidante. Entretanto, a maior concentração de Fe e Mn na polpa

das azeitonas provenientes das árvores submetidas a poda severa não apresenta qualquer associação com a respetiva concentração nas folhas como se pode atestar pelo Quadro 10, pelo que se pode admitir que não houve, entre tratamentos, retranslocação diferencial daqueles elementos das folhas para os frutos. Aliás, no caso do Mn, verificou-se mesmo uma tendência ($P = 0,069$) para o aumento da sua concentração nas folhas das árvores submetidas a poda severa, o que reforça a hipótese colocada anteriormente. Da análise do Quadro 10 pode ainda constatar-se que o regime de poda não afetou significativamente a concentração foliar dos outros micronutrientes estudados, o mesmo acontecendo com as concentrações foliares dos macronutrientes P, Ca e Mg (Quadro 11). O único elemento apresentado no Quadro 11 que apresentou diferenças entre tratamentos foi o potássio, sendo visível maior concentração de K nas folhas das plantas sujeitas a poda 3 cortes. Em todas as outras datas de amostragem, 5 no total (resultados não apresentados), não se verificou qualquer efeito dos tratamentos sobre a concentração foliar de macronutrientes, exceto para o azoto, e de micronutrientes.

Quadro 8 – Valores médios ($\pm$ erro padrão) das concentrações dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg (g kg^{-1}) na polpa da azeitona (colheita de 2019).

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg
Não Poda	6,40 $\pm$ 0,76	0,99 $\pm$ 0,12	17,9 $\pm$ 0,7	0,78 $\pm$ 0,15	0,52 $\pm$ 0,06
Poda 3 cortes	5,56 $\pm$ 0,44	1,23 $\pm$ 0,05	20,0 $\pm$ 1,2	0,68 $\pm$ 0,06	0,51 $\pm$ 0,06
Poda pormenor	6,43 $\pm$ 0,82	1,14 $\pm$ 0,08	18,2 $\pm$ 0,4	0,68 $\pm$ 0,09	0,52 $\pm$ 0,02
Poda severa	5,83 $\pm$ 0,35	1,16 $\pm$ 0,05	20,6 $\pm$ 0,9	0,63 $\pm$ 0,07	0,52 $\pm$ 0,06
ANOVA (P)	0,708	0,355	0,153	0,777	1,000

Quadro 9 – Valores médios ($\pm$ erro padrão) das concentrações dos micronutrientes B, Fe, Mn, Zn e Cu (mg kg^{-1}) na polpa da azeitona (colheita de 2019). Letras diferentes nas colunas indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Tratamento	B	Fe	Mn	Zn	Cu
Não Poda	9,0 $\pm$ 0,7	20,2 $\pm$ 1,5 b	19,6 $\pm$ 2,4 ab	6,1 $\pm$ 1,1	10,8 $\pm$ 0,7
Poda 3 cortes	11,4 $\pm$ 0,5	20,9 $\pm$ 1,0 b	11,7 $\pm$ 1,0 c	7,6 $\pm$ 0,5	11,2 $\pm$ 1,0
Poda pormenor	11,8 $\pm$ 0,7	23,1 $\pm$ 0,8 b	14,8 $\pm$ 0,9 bc	8,4 $\pm$ 0,6	12,2 $\pm$ 1,2
Poda severa	11,0 $\pm$ 0,7	36,1 $\pm$ 3,4 a	22,0 $\pm$ 0,6 a	8,4 $\pm$ 1,2	13,1 $\pm$ 1,1
ANOVA (P)	0,059	0,001	0,003	0,301	0,429

Quadro 10 – Valores médios ($\pm$ erro padrão) das concentrações dos micronutrientes B, Fe, Mn, Zn e Cu (mg kg^{-1}) nas folhas (novembro de 2019).

Tratamento	B	Fe	Mn	Zn	Cu
Não Poda	17,1 $\pm$ 0,5	67,0 $\pm$ 3,2	110,0 $\pm$ 5,9	8,7 $\pm$ 0,8	6,8 $\pm$ 0,1
Poda 3 cortes	16,9 $\pm$ 0,1	67,3 $\pm$ 1,6	107,1 $\pm$ 0,08	10,1 $\pm$ 0,5	7,3 $\pm$ 0,2
Poda pormenor	16,8 $\pm$ 0,7	66,0 $\pm$ 3,3	107,2 $\pm$ 13,9	10,0 $\pm$ 0,8	8,0 $\pm$ 0,5
Poda severa	16,0 $\pm$ 0,7	62,6 $\pm$ 3,2	140,0 $\pm$ 8,6	8,7 $\pm$ 0,4	7,3 $\pm$ 0,2
ANOVA (P)	0,511	0,665	0,069	0,331	0,081

Quadro 11 – Valores médios ($\pm$ erro padrão) das concentrações dos macronutrientes P, K, Ca e Mg (g kg^{-1}) nas folhas (novembro de 2019). Letras diferentes nas colunas indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Tratamento	P	K	Ca	Mg
Não Poda	1,22 $\pm$ 0,03	7,65 $\pm$ 0,09 b	4,41 $\pm$ 0,17	1,64 $\pm$ 0,44
Poda 3 cortes	1,03 $\pm$ 0,10	8,41 $\pm$ 0,07 a	5,42 $\pm$ 0,53	1,36 $\pm$ 0,03
Poda pormenor	1,21 $\pm$ 0,03	7,74 $\pm$ 0,19 b	5,43 $\pm$ 0,46	1,48 $\pm$ 0,06
Poda severa	1,19 $\pm$ 0,06	7,52 $\pm$ 0,16 b	5,97 $\pm$ 0,44	1,35 $\pm$ 0,07
ANOVA (P)	0,180	0,008	0,145	0,790

O elemento essencial que mais sofreu a influência do regime de poda foi o N. A evolução do teor de N nas folhas ao longo do período experimental (Fig. 7) demonstra que nas 2 últimas amostragens foliares se verificou que as árvores que receberam poda severa apresentaram maior teor de N que as árvores não podadas, não havendo mais diferenças entre tratamentos. Considerando que a concentração de N nos tecidos foliares é um dos fatores mais limitantes à produção vegetal, desde logo porque o N é usualmente o elemento encontrado em maior concentração, podemos inferir que o seu aumento nas plantas com poda severa é um fenómeno de concentração do nutriente em consequência de menor área foliar (Rodrigues *et al.*, 2017), e que poderá ajudar a recuperar a capacidade fotossintética dessas plantas, atendendo ao papel relevante do N no metabolismo do carbono e na dimensão da área foliar. Em oposição, o menor valor nas plantas não podadas, por efeito de diluição, é um indicador de pior estado nutricional e que estas plantas poderão começar a exibir sinais de problemas na atividade fotossintética.

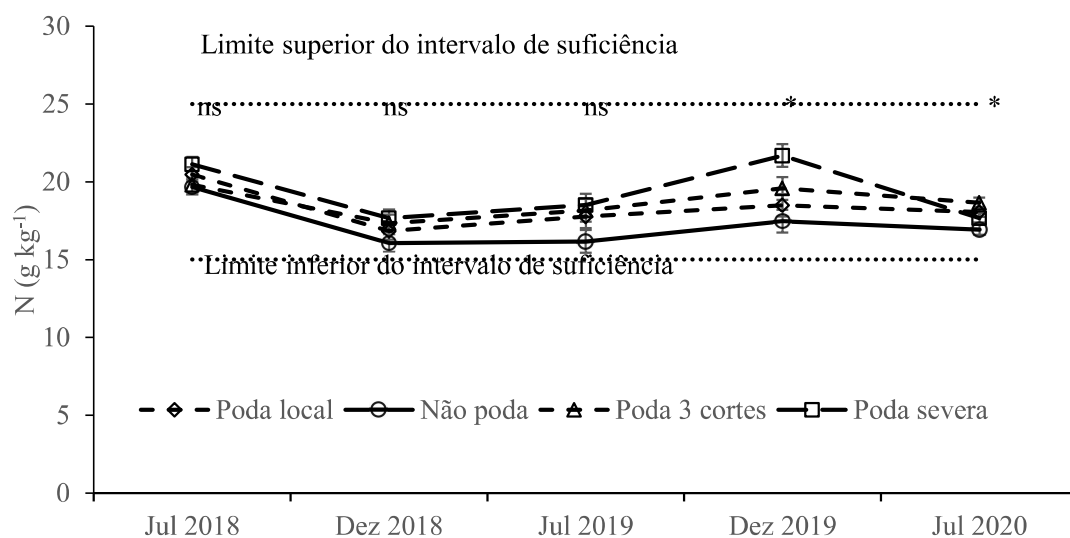


Figura 7 – Evolução da concentração de azoto nas folhas ao longo do período experimental. As barras verticais representam o erro padrão. O símbolo * representa diferenças significativas ($P < 0,05$).

Tendo em atenção a produtividade média durante os 3 anos, a concentração de minerais na polpa em 2019, a concentração de minerais no caroço em 2019 (resultados não apresentados), bem como a % de matéria seca no fruto e a proporção de polpa e caroço em 2019, em função do peso seco, e assumindo idênticos valores para as outras 2 colheitas, estimamos a exportação média anual dos macronutrientes N, P e K nos frutos. Assim, os valores mais elevados foram obtidos no tratamento não poda com remoção de 11,1, 1,7 e 23,5 kg ha⁻¹ de N, P e K, respetivamente, e os valores mais baixos foram obtidos no tratamento poda severa com remoção de 5,1, 1,0 e 15,4 kg ha⁻¹ de N, P e K, respetivamente. Com valores intermédios, o tratamento poda de pormenor e poda 3 cortes apresentaram exportações médias de 8,5 e 7,1 kg N ha⁻¹, 21,0 e 20,7 kg K ha⁻¹, respetivamente, e idêntica remoção de 1,5 kg P ha⁻¹. As exportações apresentadas são superiores às reportadas por Rodrigues *et al.* (2012), especialmente a remoção de K. Contudo, para além de condições edafoclimáticas diferentes, naquele estudo os autores consideraram como referência a produtividade de 2500 kg de azeitona por hectare, valor diferente do registado no presente trabalho. Em oposição, as exportações do presente estudo são bastante inferiores às descritas por Zipori *et al.* (2020) para oliveiras intensivas, com produtividade média superior a 5000 kg ha⁻¹, onde foram removidos, em média, 40,4 kg N ha⁻¹, 4,4 kg P ha⁻¹ e 78,1 kg K ha⁻¹. Atendendo a que o K é o

elemento mais exportado nos frutos, calculamos a exportação de K por tonelada de azeitona produzida, tendo os valores sido de 5,6 kg K ton⁻¹ nos tratamentos não poda e poda de pormenor e 6,2 kg K ton⁻¹ nos outros 2 tratamentos.

A diminuição de produtividade no regime de poda severa esteve associada a desperdício de recursos das plantas. Com efeito, a poda severa conduziu a uma perda substancial de área assimiladora como se demonstra na Figura 8 (não obstante a fotografia ter sido 2,5 anos depois do evento de poda). Foram 1993 kg ha⁻¹ de matéria seca (Quadro 12) que foram removidos, dos quais cerca de 420 kg ha⁻¹ correspondentes a folhas. Tendo em consideração o teor de N, P e K nas folhas e nos ramos (resultados não apresentados), foram removidos na lenha de poda 11,7 kg N ha⁻¹, 1,0 kg P ha⁻¹ e 7,1 kg K ha⁻¹, dos quais 7,4 kg N ha⁻¹, 0,43 kg P ha⁻¹ e 3,2 kg K ha⁻¹ são respeitantes às folhas removidas. Estes resultados, ligeiramente inferiores aos obtidos por Rodrigues *et al.* (2017) em condições agroclimatológicas similares, demonstram que a poda severa é uma prática com perda efetiva para as árvores, o que confirma os pensamentos anteriores de Sibbett (2005) e Vossen (2007a). Assumindo um valor médio de massa por unidade de área foliar igual a 220 gm⁻², estimamos que a poda severa poderá ter removido cerca de 1909 m² de superfície foliar por hectare, resultado que suporta a ideia que esta prática deverá, tanto quanto possível, ser abandonada. No Quadro 12 pode constatar-se que as práticas de poda ligeira, com carácter anual, são muito menos agressivas para as árvores e, assim, para o seu potencial produtivo. Com efeito, durante os 3 eventos de poda, o regime de poda de pormenor removeu 82,4% (33% no primeiro ano) e a poda 3 cortes removeu apenas 56,6% (27,4% no primeiro ano) da lenha de poda removida pela poda severa.



Figura 8 - Aspeto geral do ensaio, com realce para árvore submetida a poda severa (à esquerda) e para árvore não podada (à direita). Fotografia própria (2,5 anos após o evento de poda).

Quadro 12- Valores médios ($\pm$ erro padrão) do peso de lenha de poda (kg árvore^{-1} ; expresso em matéria seca) nos anos de 2018, 2019 e 2020. Letras diferentes nas colunas indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Tratamento	Lenha de poda 2018	Lenha de poda 2019	Lenha de poda 2020
Não Poda	-	-	-
Poda 3 cortes	$2,68 \pm 0,26$ b	$1,41 \pm 0,20$ b	$1,44 \pm 0,09$ b
Poda pormenor	$3,22 \pm 0,35$ b	$2,72 \pm 0,23$ a	$2,11 \pm 0,19$ a
Poda severa	$9,77 \pm 0,89$ a	-	-
ANOVA (P)	<0,001	0,003	0,045

A evolução das trocas gasosas foliares em folhas bem expostas à radiação solar e em dias de céu limpo (intensidade de radiação acima do ponto de saturação) apresenta-se na Figura 9. Como se pode constatar, verificou-se que, em geral, o regime de poda afetou significativamente a taxa de assimilação líquida de CO_2 (A) nos períodos mais críticos do ano do ponto de vista hídrico (julho e agosto). Nesses momentos ocorreram, em geral, os menores valores absolutos de A e de condutância estomática (g_s), tendo sobressaído, pela negativa, a taxa de fotossíntese das plantas não podadas que se mostrou permanentemente mais baixa que as taxas dos outros tratamentos (ainda que nem sempre de forma significativa), sobretudo em

consequência de limitações estomáticas, a julgar pelas variações conjuntas de g_s , A/g_s e C_i/C_a . O decréscimo de g_s neste tratamento é um claro indicador de alguns problemas hídricos relacionados com a maior expansão vegetativa das árvores. Contudo, o estado hídrico não pode ser considerado problemático do ponto de vista funcional, atendendo à magnitude dos valores de A , g_s e A/g_s . Bem pelo contrário, plantas da cultivar Cobrançosa em situação de stresse mais severo apresentam usualmente valores bem inferiores de A e g_s e valores muito superiores de eficiência intrínseca do uso da água (Brito *et al.*, 2018, 2019, 2020, 2021). A ausência de diferenças significativas nos indicadores de estado hídrico e de esclerofilia (Quadro 13) referentes ao dia em que se obtiveram os valores mais baixos de taxa de fotossíntese (11-7-2019) e a magnitude dos números confirmam que as plantas não sofreram eventos de stresse de grande intensidade. Com efeito, os valores do conteúdo relativo em água, teor de água com a folha saturada e suculência são relativamente elevados, e os de massa por unidade de área e densidade foliar são relativamente baixos em oliveiras, quando comparados com os obtidos noutros estudos efetuados na região de Trás-os-Montes (Bacelar *et al.*, 2006, 2007; Brito *et al.*, 2021).

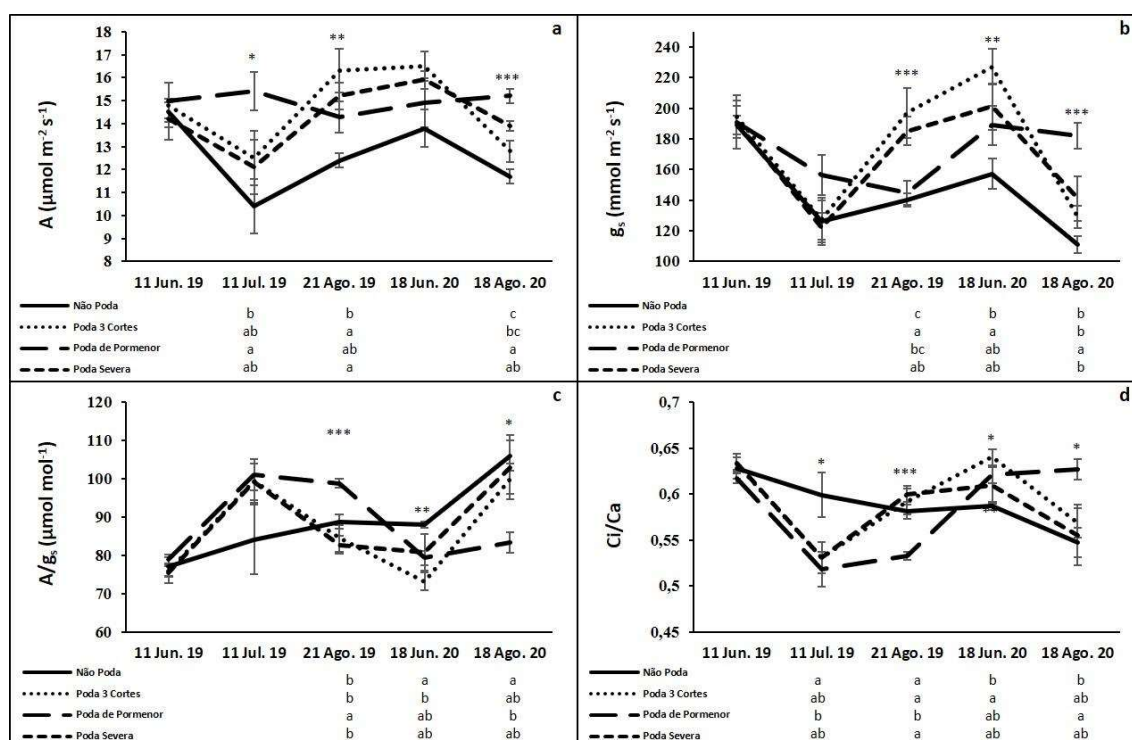


Figura 9- Valores médios ($\pm$ erro padrão) da taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (g_s), eficiência intrínseca do uso de água (A/g_s) e razão entre a concentração de CO_2 nos espaços intercelulares e na atmosfera (C_i/C_a). Letras diferentes no painel inferior indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Quadro 13 - Valores médios ($\pm$ erro padrão) do conteúdo relativo em água (RWC, %), conteúdo em água com a folha saturada (H_2O sat, $g\ H_2O\ g^{-1}$ peso seco), suculência ($mg\ H_2O\ cm^{-2}$), massa por unidade de área (LMA, $g\ m^{-2}$) e densidade das folhas ($g\ kg^{-1}$).

Tratamento	RWC	H_2O sat	Suculência	LMA	Densidade
Não Poda	90,8 $\pm$ 0,3	1,23 $\pm$ 0,01	24,3 $\pm$ 0,4	217,1 $\pm$ 4,4	472,2 $\pm$ 2,7
Poda 3 cortes	91,1 $\pm$ 0,1	1,21 $\pm$ 0,02	24,4 $\pm$ 0,6	220,9 $\pm$ 5,4	474,9 $\pm$ 3,0
Poda pormenor	92,1 $\pm$ 0,3	1,24 $\pm$ 0,03	25,8 $\pm$ 0,9	225,2 $\pm$ 3,3	466,1 $\pm$ 5,8
Poda severa	91,2 $\pm$ 1,3	1,23 $\pm$ 0,02	24,4 $\pm$ 0,5	218,3 $\pm$ 3,6	471,9 $\pm$ 4,6
ANOVA (P)	0,581	0,742	0,314	0,640	0,505

Para compreender se a resposta fotossintética das plantas não podadas teria sido unicamente influenciada por aspetos estomáticos, bem como para perceber potenciais problemas no metabolismo do carbono derivados da baixa intensidade de radiação solar no interior da copa, efetuamos a avaliação das trocas gasosas em folhas da zona interior, submetendo-as a 2 intensidades de radiação fotossinteticamente ativa (150 e 800 $\mu mol\ fot\ \mu m^{-2}s^{-1}$), tomando como tratamento comparativo as plantas submetidas a poda severa que recebem mais radiação e terão disponível mais água por unidade de área foliar. Os resultados apresentados no Quadro 14 demonstram que as plantas não podadas apresentaram menores valores de A, g_s e C_i/C_a e maior A/g_s , e que A, g_s e A/g_s reagiram positivamente ao aumento de PPFD, enquanto C_i/C_a diminuiu com o aumento de intensidade de radiação. Verificaram-se ainda significativas interações tratamento x radiação em A, A/g_s e C_i/C_a , permitindo concluir que a menor A nas plantas não podadas aconteceu unicamente sob elevada PPFD, e que a maior A/g_s e a menor razão C_i/C_a se verificaram unicamente sob baixa intensidade luminosa. Sobre outra perspetiva, os aumentos de A e A/g_s e a diminuição de C_i/C_a em resposta ao aumento de radiação ocorreram com menor relevância nas plantas não sujeitas a poda. Este conjunto de resultados ilustra claramente que as folhas do interior da copa das plantas não podadas apresentam uma reduzida capacidade de assimilação de dióxido de carbono, ainda que para os níveis de radiação estudados o balanço entre a taxa de fotossíntese e a taxa de

respiração seja positivo. Contudo, para níveis mais baixos de radiação o balanço tenderá a diminuir e tornar-se mesmo negativo para valores de PPFD inferiores ao ponto de compensação luminoso. As razões para esta fraca capacidade fotossintética estão relacionadas com características de folhas de sombra, como menor condutância estomática, confirmada no presente trabalho, menor espessura das folhas e menores investimentos no equipamento fotossintético, especialmente na atividade da ATPase e nos teores de RubisCO e de outras proteínas solúveis envolvidas na fixação de carbono (Niinemets 2007; Martins *et al.*, 2013; Mathur *et al.*, 2018; Martin *et al.*, 2020). As folhas com características de sombra apresentam ainda riscos acrescidos de fotoinibição e danos severos sob intensa PPFD (Way and Pearcy, 2012; Martins *et al.*, 2013), por exemplo em situações de *sunflecks* e quando ocorrer remoção de parte da copa nos próximos eventos de poda. Pelo exposto, reveste-se de enorme interesse fisiológico e agronómico que uma maior proporção de folhas possa receber níveis superiores de radiação solar para potenciar a atividade fotossintética e a capacidade para tolerar stresses bióticos e abióticos. Por outro lado, para baixa PPFD, não obstante a menor g_s , as plantas não podadas apresentaram similar A e maior A/g_s , devido a maior eficiência na captação de radiação solar e a menores taxas de fotorrespiração e respiração, em associação com a menor espessura das folhas, como referido em Mathur *et al.* (2018).

Quadro 14- Valores médios ($\pm$ erro padrão) da taxa de fotossíntese líquida (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência intrínseca do uso de água (A/g_s , $\mu\text{mol mol}^{-1}$) e razão entre a concentração de CO_2 nos espaços intercelulares e na atmosfera (C_i/C_a) em folhas do interior da copa submetidas a duas intensidades de radiação fotossinteticamente ativa (PPFD, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Tratamento	PPFD	A	g_s	A/g_s	C_i/C_a
Não Poda	150	3,5 $\pm$ 0,2	40,5 $\pm$ 2,8	89,2 $\pm$ 11,4	0,633 $\pm$ 0,045
	800	8,1 $\pm$ 0,8	71,4 $\pm$ 8,7	116,0 $\pm$ 5,8	0,513 $\pm$ 0,023
Poda Severa	150	4,0 $\pm$ 0,3	77,7 $\pm$ 6,2	51,1 $\pm$ 1,8	0,787 $\pm$ 0,007
	800	13,2 $\pm$ 0,2	117,4 $\pm$ 8,0	111,5 $\pm$ 5,8	0,502 $\pm$ 0,023
ANOVA					
Tratamento (T)		<0,001	<0,001	0,012	0,018
Radiação (R)		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
R x T		<0,001	0,534	0,017	0,008

Capítulo V – Conclusões

Com o desenvolvimento deste trabalho verificou-se que a poda teve um papel importante na fisiologia e produção da oliveira. Em concreto, foi claro que uma poda anual e equilibrada promoveu bons resultados tanto a nível fisiológico como a nível produtivo.

As plantas submetidas a regime de poda “severa”, apesar de apresentarem boa capacidade fotossintética por unidade de área foliar devido à menor expansão vegetativa que disponibiliza mais recursos hídricos por unidade de área foliar e mais recursos nutritivos por efeito de concentração, acabam por sofrer uma grande perda de nutrientes através da lenha de poda. Por outro lado, a menor superfície assimiladora acaba por condicionar negativamente a capacidade produtiva acumulada ao longo dos anos, pelo que deverá ser uma prática a evitar.

O regime de “não poda”, contrariamente à opinião maioritária, é, no tempo em que decorreu o estudo (3 anos), aparentemente bom, com muita área foliar, muita produção e poucas perdas de nutrientes através da lenha de poda. Contudo, este regime deverá apresentar problemas a médio e longo prazo, particularmente o agravamento do fenómeno de alternância de produção, particularmente devido à diminuição da capacidade fotossintética das folhas do interior da copa, como já evidenciado pelos resultados apresentados, à perda de área foliar pela ocorrência de necrotização de rebentos mais interior e basais e a perturbações fitossanitárias. Por outro lado, potencia seriamente o risco da ocorrência de problemas hídricos em anos secos, bem como afeta algumas operações culturais, entre as quais a colheita mecânica.

A poda de pormenor é uma poda localizada e retocada que se executa com uma frequência anual. Este regime de poda registou perdas de lenha de poda na ordem de 2.7 kg de matéria seca por planta, o que remete para pequenas perdas de nutrientes. Ao nível da produção, verificou-se que a produção foi equilibrada, assegurando bom controlo da alternância e bons níveis de produção anual, assegurados por uma adequada e controlada atividade fisiológica.

Podemos concluir que a dimensão da área foliar é determinante para a capacidade produtiva da oliveira. Não podar é uma opção pouco viável, pois conduzirá no médio e longo prazo a danos graves na planta, potenciando a alternância ao nível da produção. Deverá procurar-se um regime de poda que se aproxime de não podar, mas recorrendo sempre a uma poda ligeira de forma a controlar a área foliar e a garantir atividade fisiológica elevada. Entretanto, procurou-se testar também uma variante de poda anual, uma poda fácil, eficaz e prática, a “poda a 3 cortes”. Os resultados demonstraram que é uma opção viável, porque sendo uma poda mais simples e rápida permite reduzir os custos desta operação cultural.

Este trabalho realçou a importância da poda na oliveira e não da “limpa” da oliveira, pelo que uma poda ligeira com carácter anual deverá ser a prática a seguir, aspeto que poderá contribuir para aumentar a capacidade produtiva e, assim, a sustentabilidade dos olivais tradicionais.

Referência Bibliográficas

Alves, M. L.V., 2007. Caracterização e Estrutura Genética da Cultivar de Oliveira” Cobrançosa” e a sua Relação com o Zambujeiro. Mestrado em Biologia Celular e Biotecnologia. Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciência Departamento de Biologia Vegetal. Lisboa. 9 e 10.

Amnon, H., Amnon, D., Nerva, S., Isaac, Z., Ran, E., Alon Bem-Gal e Uri Y., 2019. Long- Term Impacto f Potassium Fertilization on Soil na productivity. *In Intensive Olive Cultivation*. Agronomy 2019, 9, 525.

Angerosa F, Servili M, Selvaggini R, Taticchi A, Esposto S, Montedoro GF. 2004. Volatile compounds in virgin olive oil: occurrence and their relationship with the quality. *J. Chromatogr. A* 1054, 17-31.

Anten, N. P. R., Ackely, D. D., 2001. Canopy-level photosynthetic con-pensation after defoliation in a tropical understory palm. *Functional Ecology* 15:252-262.

Anten, N. P. R., Ackely, D. D., Martinez-Ramos, M., 2003. Defoliation and growth in an understory Palm-quantifying the contributions of Compensatory responses *Ecology* 84: 2905-2918.

Aparicio, R., Roda, L., Albi, M., e Gutierrez, F. 1999. Effect of various compounds on virgin olive oil stability measured by rancimat. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 47, 4150–4155.

Arquero, O., 20013. Exigencias medioambientales, in Arquero, O.,(ed), Manual del cultivo del Almendro. Sevilla Espanã, Junta de Andalucia, consejaria de agricultura, Pesca y Desrrolo Rural.

Bacelar, E. A., Santos, D. L., Moutinho-Pereira, J., Gonçalves, B., Ferreira, H. e Correia, C. M., 2006. Immediate responses and adptatives strategies of three olive cultivars under contrasting water availability regimes: Changes on structure and chemical composition of foliage and oxidantive damage. *Plant Science* 170. 1-12.

Bacelar, E. A., Santos, D. L., Moutinho-Pereira, J., Gonçalves, B., Ferreira, T. C. e Correia, C. M., 2007. Physiological behaviour, oxidative damage and antioxidative protection of olive trees grown under diferente irrigation regimes. *Plant and soil* 292(2). 1-12.

Bacelar, E., Gonçalves, B., Moutinho Pereira, J., & Correia, C., 2009. Botânica e Morfologia da Oliveira. *Manual da Safra e Contrassafra do Olival*. Bragança. Instituto Politécnico de Bragança. ISBN 978-972-745-103-6,13-14.

Bento, A., Rodrigues, M. Â. e Pereira, J. A. 2017 Amendoeira: Estado da Produção. *Sistemas de condução e poda*. Aguiar, C., Pereira, J. A., Arrobas, M., Almeida, A., Bento, A., Cortés, I. L., Rodrigues, N., Ribeiro, A. C., Santos, S. A.P., Gouveia, M. E., Coelho, V. e Moura, L. Centro Nacional de Competências dos Frutos Secos. pp. 275 – 290.

Brito, C., Dinis, L. T., Ferreira, H., Rocha, L., Pavia, I., Moutinho-Pereira, J. e Correia, C. M., 2018. Kaolin particle film modulates morphological, physiological and biochemical olive tree responses to drought and rewatering. *Plant Physiology Biochemistry* 133. 29-39.

Brito, C., Dinis, L. T., Pereira, J. M., Correia, C. M., 2019a. Drought Stress Effects and Olive Tree Acclimation under a Changing Climate. Centre for the Research and Technology of Agro-Environmental and Biological Sciences, University of Trás-os-Montes and Alto Douro, 500-801 Vila Real, Portugal. 2 – 20.

Brito, C., Dinis, L. T., Luzio, A., Silva, E., Gonçalves, E., Mejion, M., Escandon, M., Arrobas, M., Rodrigues, M. A., Moutinho- Pereira, J. e Correia, C. M., 2019b. Kaolin and salicylic acid alleviate summer stress in rainfed olive orchards by modulation of distinct physiological and biochemical responses. *Scientia Horticulturae* 246. 201- 211.

Brito, C., Dinis, L. T., Ferreira, H., Moutinho-Pereira, J. e Correia, C. M., 2020 . Foliar pre treatment with abscisic acid enhances olive tree drought adaptability. *Plants* 9(3), 341.

Brito, C., Gonçalves, A., Silva, E., Martins, S., Pinto, L., Rocha, L., Arrobas, M., Rodrigues, M. A., Moutinho- Pereira, J. e Correia, C. M. 2021. Kaolin foliar spray improves olive tree preformasse and yield under sustained deficiente irrigation. *Scientia Horticulturae* 277.

Casa do Azeite, 2020. Disponível em: <http://www.casadoazeite.pt/> (Consultado a: 20 de fevereiro de 2020).

Coelho, I.S., 2014. Olival tradicional: da protocultura à multifuncionalidade. In *Olival tradicional: contextos, realidades e sustentabilidade*.

Connor, D. J. e Fereres, E. 2005. The Physiology of Adaptation Yield Expression in Olive. *Horticultural Reviews* Ed Darnell, R., Ferguson, I. B. e Hokanson, S. C. Wiley, J. e Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 169 e170.

Conde- Innamorato, P., Arias- Sibillote, M., Villamil, J. J., Bruzzone, J., Bernaschina, Y., Ferrari, V., Zoppolo, R. e Leoni, C., 2019. Is it Feasible to Produce Olive Oil . In *Temperate Humid Climate Regions*. Front Plants.

Cordeiro, S., Martins, V., Detmann, C. K., Vieira dos Reis, J., Pereira, F. L., Sanglard, P. V. M. L., Rogalski, M. e DaMatta, F. M., 2013. Photosynthetic induction and activity of enzymes related to carbon metabolism: Rates os coffe sun and shades leaves. *Theor Exp. Plants Physiol.* 25. 62-69.

Cordeiro, A.M., Inês, C., Morais, N., 2014. Boas Práticas no Olival e no Lagar. Principais Cultivares de Oliveira Existentes em Portugal. 1ª Edição. INIAV, I.P.

Cordeiro, A. M. & França, C. I. S. 2016. Recursos genéticos da oliveira e a sua preservação no contexto das alterações climáticas. *Dossier Técnico do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária*. Disponível em: http://www.inia.pt/fotos/editor2/recursos_geneticos_da_oliveira.pdf.

Cuevas, J. e Rallo, L., 1990. Response to cross-pollination in olive tree with diferente levels of flowering. 1-8.

Escobar, R. F., Zamora, M. A. S., Novelo, J. M. G. e Soria, C. M. 2015. Nutrient Removal from Olive Trees by Fruit Yield and Pruning. *HortScience* 50(3).474 – 477.

Escobar, R. F., 2019. Olive Nutritional Status and Tolerance to Biotic and Abiotic Stresses. *Journal Frontiers in Plant Science*. Section Crop and Product Physiology. 1 -7.

Figueiredo, T., Almeida, A. e Araújo, J. 2002. Edaphic Characteristics of Olive-Tree Areas in the Trás-os-Montes Region (Portugal): A Map-Based Approach. Eds. Vitagliano, C. e Martelli, G., P. pp. 151 – 153.

Fournier, J. M., Roldán, A. M., Sánchez, C., Alexandre, G., and Benlloch, M. 2005. K⁺ starvation increases water uptake in whole sunflower plants. *Plant Sci*. 168, 823–829.

Freire, C. M. (2014). Clima e olivicultura. Potencialidades locais na região de Alvega. *Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)*, 5. Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, 117-142. ISSN 2182-1267.

Gaue, O. G., Sack, L., Tickin, T., 2011. Human impacts on leaf economics in heterogeneous landscape: The effect of Harvesting non-timber forest Products from African mahogany across habitats and climates, *Journal of Applied Ecology*, 48: 844-852.

Giorgio, F., Lionello, P., 2008. Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change* 63, 90–104.

Greven, M., Neal, S., Green, S., Dichio, B., Clothier, B., 2009. The effects of drought on the water use, fruit development and oil yield from young olive trees. *Agr Water Manage*. 96, 1525–1531.

Goubanova, K., Li, L., 2007. Extremes in temperature and precipitation around the Mediterranean basin in an ensemble of future climate scenario simulations. *Global and Planetary Change*. 57. 27–42.

Gouveia, J.M. B.; Saldanha, J. L. P.; Martins, A. S.; Sobral, V. 2002. O Azeite em Portugal. Lisboa: Edições Inapa.

GPP, 2020. Disponível em: [Gpp-/https://www.gpp.pt/index.php/siaz/siaz-campanha-2016-2017](https://www.gpp.pt/index.php/siaz/siaz-campanha-2016-2017) (consultado a 17 de fevereiro de 2020).

Gracia- Ortiz, A., Humanes, J., Pastor, M., Morales, J. e Fernandez, A. 2008. Poda. *In El cultivo del Olivo*. Editors Barranco, D., Fernandez- Escobar, R. e Rallo, L. Madrid, Spain, Coedición junta de Andalucía. (Consejería de Agricultura y Pesca) & Prensa, 389-433.

Haberman, J. S., 2019. Measures of Agreement Versus Measures of Prediction Accuracy. Consultant, Jerusalem, Israel, 1-15.

Harwood, J. L., e Aparicio, R., 2000. Handbook of Olive Oil: Analysis and properties. Gaithersburg, MD: Aspen Publishers.

Hermoso, M., Uceda, M., Garcia, A., Morales, B., Frias, M. L. e Fernandez, A. 1991. Elaboración de aceite de calidad. *Série apuntes 5/92*. Consijeria de Agricultura e Pesca, Sevilla.

Hsiao, T. C., and Läuchli, A. 1986. Advances in plant nutrition. *Role of potassium in plant-water relation*. vol. 2. Eds. B. Tinker and A. Läuchli (New York: Praeger Scientific), 281-312.

Kiritsakis A. 1998. Flavor Components of Olive Oil. A Review. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 75, 673-681.

Lavee, S. 1996. Biology and Physiology of the Olive. IOOC (Eds.), *World Olive Encyclopaedia*. Madrid COI. International Olive Oil Council, 59-110.

Lopes, J. I., Pinto, J. e Rodrigues, M. Â., 2009. Condução e Poda. In *Manual da safra e contrassafra do Olival*. Editors, Rodrigues, M. Â., Correia, C. M., 1st ed. Bragança Portugal : Instituto Politénico de Bragança, pp 8-78.

Lopez- Huetas, Eduardo del Rio e Luis Afonso. Characterization of antioxidant enzymes and peroxisomes of olive (*Olea europaea* L.) fruits. *Free Radical Biology and Medicine Volume 75, suplemente1*. 39.

Martin GC 1990. *Olive flower and fruit population dynamics*. Acta Hort 286: 141-153.

Martin, R. E., Asner, G. P., Bentley L. P., Shenkrin, A., Salinas, N., Huavpar, K. Q., Pillco, M. M., Enquist, B. J., Diaz, e Malhi, Y., 2020. Covariance of Sun and Shade Leaf Traits Along a Tropical Florest Elevation Gradient. *Front Plant Sci.* 10.1810.

Mathur, S., Jain, L. e Jajoo 2018. Photosynthetic efficiency in sun and shade plants. *Photosynthetica* 56(1). 354-365.

Melo, J. P. A., Maia, P. B., Vasconcelos, P., Ribeiro, A. C., Barba, N.W.G., Barros, F., Cordeiro, A.M. e Neves, A. 2012. Qualidade do azeite e sua relação com a cultivar e o clima em Portugal. VI Simpósio Nacional de Olivicultura, Livro de resumos. pp. 151.

Moiselise, S. P. e Goldschmidt, E. E., 1982. Alternate bearing. In *fruit trees, Hortic. Rev.* 1982, 4, 128-173.

Morales, A., Hurtado, M. L. e Fichet, T. 2014. Influence of Prunning Intensity of Olive Trees on the Oil Characteristics (Coratina). *Acta Horticulturae* 1057, 717-723.

Navarro, C. e Parra, M. A. 2004. Plantacion. *El Cultivo del Olivo*. Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. -5ª edición, revisada y ampliada. Ediciones Mundi-Prensa. Junta da Andalucía.

Njinem, U., Photosynthesis and resource distribution through plant canopies. *Plant Cell Environ* 30.

Oliveira M. C., Neto, J. V., Oliveira, R. S., Pio, R., Oliveira, N. C. e Ramos, J. D., 2010. Enraizamento de estacas de duas cultivares de oliveira submetidas à aplicação de diferentes fertilizantes. Doutorado em Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, UFLA. Departamento de Agricultura, Caixa Postal 37, 37200-000 Lavras. 1-12

Pereira, C. D.F.Á., 2017. *Caracterização da Fenologia de 5 Cultivares de Oliveiras Tradicionais Portuguesas*. Mestrado em Agricultura Sustentável, Escola superior Agrária Elvas. 13 a 15.

Pérez, L., A., R., Epalza, C., P., Mancera, ., M., Cobos, B., L., Clavero, F., C., Gordillo, T., M. e Rodríguez, M., Á., M., 2002. Planeamento del estudio. *El Olivar Andaluz*. Empresa publica desarrollo agrario y pesca e consejería de agricultura y pesca, Espanha. 4-7

PRODATA. Consulta a 2-06-2020. Quantidade de azeite elaborado desde 1960 a 2019 expresso em toneladas.

Rallo, L., Barranco D. e Escobar R. F. 1998. Botanica y Morfologia in *El Cultivo Del Olivo*. Ed. Mundi-Prensa edición n °6, Madrid .35-143

Rallo, L. 2007. Agricultura familiar en España 2007. *La olivicultura, en un cambio de época*. Unión de Pequeños Agricultores y Ganaderos. 148-154

Rapport, 1998. The physiology of adaptation and yield expression in olive. Horticultur al Rewieus Instituto de Agricultura sustentabel an Universidad. Cordoba, Spain.

Regulamento, C., 1991.(EEC) No.2568/91: on thr characteristics of olive oil ando live pomace oil ando n the relevant methods of analysis. Off .J. Eur. Union L248, 1-82.

Reis, P. 2014. O olival em Portugal Dinâmicas, tecnologias e relação com o desenvolvimento rural. Instituição Nacional de Investigação Agrária e Veterinária. Ed Associação Portuguesa para o Desenvolvimento Local.7-15.

Ribeiro O 1991. *Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico*. Livraria Sá Costa Editora, Lisboa. Richard GF e Paques F (2000). Mini- and microsatellite expansions: the recombination connection. *EMBO Rep*. 1.122-126.

Rodrigues, M. Â., Ferreira, I. Q., Claro, A. M. e Arrobas, M., 2012). Fertilizer recommendations for olive based upon nutrientes removed in crop and pruning. *Scientia Horticulturae* 142. 205-211.

Rodrigues, M. Â., Lopes, J. I., Ferreira, I. Q. e Arrobas, M., 2017. Olive tree response to the severity of punning. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 42:103-113.

Rodrigues, M. A., Caseiro, Pedro, R., Lopes, D. e Ilídio, J. 2014. A poda(limpa) do olival tradicional. *Boletim Técnico N°4*, Rede Temática de Informação e Divulgação da Fileira Olivícola em Trás-os-Montes e Alto Douro.1 – 4

Rodrigues, M. A., Lopes, I. J. e Arrobas, M. 2014a. Kiwi vai ganhando novas cores. *A poda não aumenta a produção da oliveira*. Ed. Gomes, P. M. Voz do Campo, Castelo Branco. 3- 4

Rosa, J.; Herrera, B.; Coletto, F.; Zamorano, F.; caballero, F.; Rodriguez, E. 2006. Agronomía y poda del olivar. Cursos modulares. instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de innovación, Ciencia y Empresa. Consejería de Agricultura y Pesca.

Sáinz, J. A., Garrido, I., Hernández, M., Montañó, A., Llerena, J. L. e Espinosa, F. 2019. Influence of cultivar, irrigation, ripening stage, and annual variability on the oxidant/antioxidant systems of olive as determined. *MDS.PTA, plos ONE* 14(4).

Saueressig, D. 2018. *O desenvolvimento da olivicultura no Rio Grande do Sul: potencialidades e desafios*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

Sibbett, G. S., 2005. Pruning mature bearing olive trees. *In Olive Production Manual 2nd Ed*. Editors Sibbett, G. S., e Ferguson, L. University of California Agriculture and Natural Resources, 3353, 55-59.

Silva, A. A. F., Falco, V., Correia, C. M. e Villalobos, F. J. 2013. Sensory analysis and volatile compounds of olive oil (cv. Cobrançosa) from different irrigation regimes. *Grasas y aceites*. International Journal of Fats and Oil 64 (1): 59 – 65.

Tapia, F., Astorga, M., Ibacache, A., Martinez, L., Sierra, C., Quiroz, C., Larrain, P. e Riveros, F., 2003. Requerimientos de clima y suelo. *Manual del cultivo del olivo*. Ed Salvatierra, A., Quiroz, C. e Ibacache, A. Centro Regional de Investigación do Instituto de Investigación Agropecuária, Ministério de Agricultura. La Serena, Chile. 9 – 12.

Therios, I., 2009. Olives Crop production Science in Horticulture, 18. Cabi internacional oxfordshire, UK.

Tombesi, A., Tombesi, S. 2007. Production Techniques in Olive Growing. *Olive Pruning and Training*. Ed. Tombesi, A., Tombesi, S., d'Andria, R., Lavini, A., Saavedra, M. M. S., Jarak, T. e Escobar, R. F. 17 -81.

Tombesi, A. 2013. Advances in harvesting and pruning of olive trees. *La Rivista di Scienza dell'Alimentazione*. J Food sci Nutr 1, 97-103.

Von Caemmerer S. V. e Farquhar, G. D. 1981. Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas Exchange of leaves. *Planta*, 153(4) ,376-387.

Vossen, P. M., 2007. Site Varieties, and production systems for organic olives. *In Organic Olive Production Manual*. Editors Vossen, P.M., University of California Agriculture and Natural Resources, 3505, 3-12.

Vossen, P.e Devarenne, A. K. 2007. Pruning Olive Trees: How to Minimize Alternate Bearing And Improve Production. *Frist Press Newsletter of Olive Oil Production and Evaluation*. Uiniversity Of California Cooperative Extrension.1 – 4.

Walinga, I., Van Vark, W., Houba, V. J. G. e Van Der Lee, J. J. 1997. Soil and Plant Analysis. *Part 7 plant analysis procedures*. Landbouwuniversiteit Wageningen.

Wrege, M. S., Coutinho, E. F., Pantano, A. P., & Jorge, R. O. 2015. Distribuição Potencial de Oliveiras no Brasil e no Mundo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37(3), 656-666. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-174/14>.

Zipori, I., Erel, R., Yermivahu, U., Alon Ben-Gal e Dag, A. 2020. Sustainable management of olive orchard nutrition. *Agriculture* 2020, 10, 11.