



Comportamento da variedade Negrinha de Freixo (*Olea europaea* L.) em diferentes regimes hídricos

Ângela Marina Alves Monteiro

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do
Grau de Mestre em Agroecologia*

Orientada por

Prof. Dr. António Castro Ribeiro

MSc. David Santos Barreales

Bragança

2021

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pelo “Grupo Operacional Olivicultura e Azeite: SustentOlive - melhoria das práticas de rega e fertilização do olival nas explorações olivícolas em Trás-Montes para a sustentabilidade do olival, por isso agradeço a oportunidade de ter podido participar neste projeto.

Agradeço ao Professor Doutor António Castro Ribeiro, pela orientação tanto no trabalho que a seguir se apresenta, como no projeto do qual foi possível a realização deste estudo experimental.

Deixo também um obrigado, a todos os colegas que colaboraram nos trabalhos de campo, foi também com a ajuda deles que foi possível a realização do ensaio experimental.

Por último, agradeço á minha família e amigos, por me ouvirem sempre que reclamei de tudo e por me ajudarem em tudo que lhes foi possível.

RESUMO

Apesar da oliveira (*Olea europaea* L.) ser uma cultura resistente à seca, a escassez de água no solo durante períodos prolongados, pode afetar a produção e a qualidade das azeitonas e posteriormente os produtos que delas provêm. Para colmatar esta problemática, surge a necessidade de implementar sistemas de rega, que resolvam o problema seca-stresse hídrico de forma sustentável.

O objetivo deste trabalho consistiu em avaliar a resposta da cultura e a produtividade da água a duas estratégias de rega (rega deficitária e rega plena). O estudo foi realizado num olival adulto (cv. Negrinha de Freixo), com uma densidade de plantação de 400 árvores/ha, situado em Vilarelhos (lat. 41°21'N; long. 7°02'W, alt. 250m). Foi implementado um delineamento experimental em blocos com dois tratamentos de rega (100%ETc) e (60%ETc), utilizando gotejadores com caudais de 1,5 e 4 L/h e intervalos de 1, 3 e 7 dias, e uma testemunha não regada (NR). Ao longo do ciclo vegetativo foram avaliados diferentes parâmetros fisiológicos (estado hídrico, trocas gasosas) e agronómicos (fenologia, crescimento, peso, diâmetro longitudinal e transversal da azeitona e produtividade).

Os resultados mostraram uma melhoria significativa no estado hídrico das árvores regadas que se traduziu num melhor desempenho fisiológico nos tratamentos de rega plena a 100 % da ETc. Não foram observadas diferenças significativas na produtividade entre os tratamentos de rega.

Os resultados relativos aos parâmetros da qualidade mostraram que nos tratamentos de rega plena (100 % da ETc.), as azeitonas apresentaram maior calibre e maior relação polpa caroço, na análise da textura, apresentaram também melhores resultados na Firmeza da pele, elasticidade e dureza.

Nos tratamentos regados a produtividade da água foi superior no tratamento de rega deficitária.

Palavras chave: rega deficitária, azeitona de mesa, Trás-os-Montes, parâmetros da rega

ABSTRACT

Although the olive tree (*Olea europaea* L.) is a drought-resistant crop, the scarcity of water in the soil for prolonged periods can affect the production and quality of the olives and subsequently the products that come from them. To overcome this problem, there is a need to implement irrigation systems that solve the water stress-drought problem in a sustainable way.

The objective of this work was to evaluate the response of the crop and the productivity of the water to two irrigation strategies (deficient irrigation and full irrigation). The study was carried out in an adult olive grove (cv. Negrinha de Freixo), with a planting density of 400 trees / ha, located in Vilarelhos (lat. 41 ° 21'N; long. 7 ° 02'W, alt. 250m). An experimental block design was implemented with two irrigation treatments (100% ETc) and (60% ETc), using drippers with flow rates of 1.5 and 4 L / h and intervals of 1, 3 and 7 days, and not irrigated treatment (NR). Throughout the vegetative cycle, different physiological parameters (water status, gas exchange) and agronomic parameters (phenology, growth, weight, longitudinal and transversal diameter of the olive and productivity) were evaluated.

The results showed a significant improvement in the water status of the irrigated trees, which resulted in a better physiological performance in the treatments of full irrigation at 100% of the ETc. There were no significant differences in productivity between irrigation treatments.

The results related to the quality parameters showed that in the treatments of full irrigation (100% of the ETc.), the olives presented greater caliber and a higher pulp-stone ratio, in the analysis of the texture, they also presented better results in the skin's firmness, elasticity and hardness.

In irrigated treatments, the water productivity was higher in deficient irrigation treatment.

Keywords: deficient irrigation, table olives, Trás-os-Montes, irrigation parameters

Lista de Abreviaturas

ETc – Evapotranspiração da cultura

WP - Produtividade da água

Ya - Rendimento real obtido pela cultura

BBCH - Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und CHEmische Industrie

NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

IRGA - Analisador de gás por radiação infravermelha

Anet - Taxa fotossintética

E - Taxa de transpiração

gs - Condutância estomática

WUE - Eficiência intrínseca do uso de água

DOP – Denominação de Origem Protegida

Ψ_b – Potencial hídrico de base

ÍNDICE GERAL

1. Introdução	- 1 -
2. Produção de azeitona de mesa.....	- 3 -
2.1. A nível Mundial	- 3 -
2.2. Produção de azeitona em Portugal	- 4 -
3. Gestão da rega no olival	- 6 -
3.1 Efeito do stresse hídrico na oliveira	- 6 -
3.2 Efeito da rega no olival	- 8 -
3.3 Indicadores de sustentabilidade e estratégias de gestão da rega no olival	- 15 -
4. Material e métodos	- 20 -
4.1 Localização e caracterização climática.....	- 20 -
4.2 Caracterização do olival	- 21 -
4.3. Delineamento experimental	- 21 -
4.4 Rega	- 22 -
4.5. Observações fenológicas	- 23 -
4.6 Medições fisiológicas	- 24 -
4.6.1 Potencial hídrico.....	- 24 -
4.6.2 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)	- 24 -
4.6.3 Trocas gasosas	- 24 -
4.7 Colheita	- 24 -
4.8 Parâmetros de qualidade	- 25 -
4.8.1 Biometria.....	- 25 -
4.8.2 Textura.....	- 25 -
5. Resultados e discussão.....	- 27 -
5.1 Condições meteorológicas durante o período do ensaio	- 27 -
5.2. Água Aplicada	- 29 -
5.3. Fenologia	- 29 -
5.4. Potencial hídrico foliar.....	- 31 -
5.5. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)	- 32 -
5.6. Trocas gasosas	- 33 -
5.7. Produção	- 37 -
5.8. Produtividade da água	- 39 -
5.9. Parâmetros de qualidade	- 40 -

5.9.1 Biometria.....	- 40 -
5.9.2 Textura.....	- 41 -
6. Conclusões	- 44 -
Referências Bibliográficas	- 45 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Dados estatísticos, produção a nível mundial de azeitona de mesa, médias das colheitas de 2014 a 2018 (ASEMESA,2019)	3 -
Figura 2- Local e esquema do estudo experimental e esquema com os diferentes tratamentos	20 -
Figura 3 - Fotografias da evolução dos estados fenológicos, na imagem da esquerda ainda não existe inflorescências, imagem do meio já se vêem as inflorescências, na imagem da direita podem ver-se azeitonas em 3 diferentes estados de maturação.....	23 -
Figura 4 - Mostra o procedimento da biometria, tabuleiro onde se colocam as azeitonas numeradas, paquímetro e balança analítica.	25 -
Figura 5 – Texturómetro, TA.XT. Textura plus (Stable Microsystems, Godalming, Reino Unido), realização da análise da textura em uma azeitona.....	26 -
Figura 6 - Média mensal das temperaturas máxima e mínima e precipitação mensal acumulada, em 2019, no local do ensaio.	27 -
Figura 7- Média mensal das temperaturas máxima e mínima e precipitação mensal acumulada, para Mirandela (1970-2000).....	28 -
Figura 8- Potencial hídrico de base, medido em dias diferentes (08 de julho e 05 de setembro de 2019). Letras diferentes nas barras, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).	31 -
Figura 9- Representa graficamente o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, medido em duas datas diferentes, 16 de agosto e 05 de setembro de 2019. Letras diferentes nas barras, indicam diferenças significativas entre os tratamentos. (p-value <0,05) .-	32 -
Figura 10- Produção por volume de copa (kg/m ³), de cada tratamento. Letras diferentes nas barras mostram diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05). -	38 -
Figura 11- Produtividade da água (kg/m ³), de cada tratamento. Letras diferentes nas barras mostram diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).....	39 -

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Dados estatísticos, produção de azeitona em Portugal (INE,2019)	- 4 -
Tabela 2 - Códigos dos tratamentos e respetiva descrição.	- 22 -
Tabela 3 - Água aplicada através da rega (rega plena 100% e rega deficitária 60%), precipitação anual, precipitação ao longo do ciclo vegetativo e total de água recebida durante o ano do ensaio, 2019.	- 29 -
Tabela 4 - Principais estados fenológicos, ocorridos durante o ciclo vegetativo, de acordo com a escala BBCH.	- 30 -
Tabela 5- Valores climáticos e estado hídrico das plantas, nos dias em que se efetuaram as medições das trocas gasosas (25 de julho e 05 de setembro de 2019).	- 34 -
Tabela 6 - Taxa de transpiração (E) e condutância estomática (gs), medidas a 25 de julho de 2019, pelas 11h00. Letras diferentes na tabela, mostram diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).	- 35 -
Tabela 7 - Taxa de transpiração e condutância estomática, medidas a 05 de setembro de 2019, pelas 11h00 e 15h00. Letras diferentes na tabela, mostram diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).	- 36 -
Tabela 8- Produtividade (kg/ha), de cada tratamento. Letras diferentes na tabela, mostram diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).	- 37 -
Tabela 9- Biometria realizada nas azeitonas, após colheita, peso (g), comprimento (mm), largura (mm) e relação polpa caroço. Letras diferentes na tabela, mostram diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).	- 40 -
Tabela 10- Textura: Rotura da pele (N), Elasticidade (mm) e Dureza (N.sec.), medidas nas azeitonas cruas. Letras diferentes na tabela, representam diferenças significativas entre os tratamentos.	- 41 -
Tabela 11- Textura: Rotura da pele (N), Elasticidade (mm) e Dureza (N.sec.), medidas nas azeitonas curadas. Letras diferentes na tabela, representam diferenças significativas entre os tratamentos.	- 42 -

1. Introdução

Muitas das regiões olivícolas do mundo estão localizadas em áreas com clima do tipo mediterrânico, caracterizadas por condições climáticas adversas para o crescimento das plantas durante o verão. Estas condições, onde a escassez de água é notória e tem vindo a ser reforçada pelas alterações climáticas, causam stresse hídrico severo para as oliveiras que, apesar de estarem bem adaptadas a condições adversas de secura, têm já mostrado alterações geradas por impactos diretos das alterações climáticas na olivicultura, relacionados com alterações dos estados fenológicos, deslocamento de áreas de cultivo, mudanças no abastecimento de água e gestão da rega, efeitos diretos do aumento dos níveis de CO₂ no crescimento. As alterações climáticas têm gerado também alguns efeitos indiretos que surgem como resultado de efeitos diretos que podem ter ainda mais impactos na produção. Por exemplo, o aumento de pragas, doenças, espécies invasoras e condições extremas, como ventos muito fortes, tempestades de granizo, calor intenso e geadas (Egea, et al., 2017).

Prevê-se que o aquecimento vai aumentar muito à escala global, com uma grande redução da precipitação e um aumento na variabilidade inter-anual, combinadas com temperaturas mais altas, ondas de calor mais frequentes, mais longas e secas extremas (IPCC, 2012). Estes impactos climáticos podem levar a impactos sociais relacionados aos meios de subsistência ligados ao setor, influenciam o preço, quantidade e qualidade das azeitonas, sobretudo com destino a azeitona de mesa. Pode gerar graves prejuízos económicos e até levar ao desaparecimento desta cultura em muitas áreas (Lorite et al., 2018).

Para controlar estes impactos negativos, principalmente o stresse hídrico relacionado com a falta de água, os olivicultores, têm tido a ajuda do regadio que providência grandes benefícios. Em Portugal, os olivais em regadio, representam apenas ¼ da área total da cultura (INE, 2018). Muitos estudos comprovam que a rega deficitária, tem proporcionado benefícios na produção e qualidade das azeitonas de mesa, entre eles, está o de Cano-Lamadrid et al., (2015) que verificou nas azeitonas, maior peso, tamanho, dureza da pele e teor de ácido linoleico, maiores intensidades de salinidade, amargura, nota de azeitona verde, sabor e crocância, com a aplicação de rega deficitária moderada.

O presente estudo tem como objetivo avaliar a resposta da oliveira, a nível fisiológico, agronómico e qualidade da azeitona de mesa cv. *Negrinha de Freixo*, a diferentes regimes hídricos.

2. Produção de azeitona de mesa

2.1. A nível Mundial

A produção de azeitona de mesa no mundo está concentrada principalmente na região do Mediterrâneo. A nível mundial, existem cerca de 10 milhões de hectares de olival. Destes 10 milhões de hectares, mais de um milhão é dedicado à produção de azeitona de mesa (ASEMESA, 2019).

O maior produtor de azeitona de mesa no mundo é Espanha. Outros países, como Egípto, Turquia, Argélia, Grécia, Marrocos, Síria e Argentina também produzem percentagens significativas de azeitona de mesa, tal como se pode observar na Figura 1. Tendo em conta as campanhas de 2014 a 2019, a produção média mundial ascende as 2 805 000 toneladas, sendo que 567 000 são produzidas em Espanha, o que corresponde a 20,2% da produção mundial. (ASEMESA, 2019)

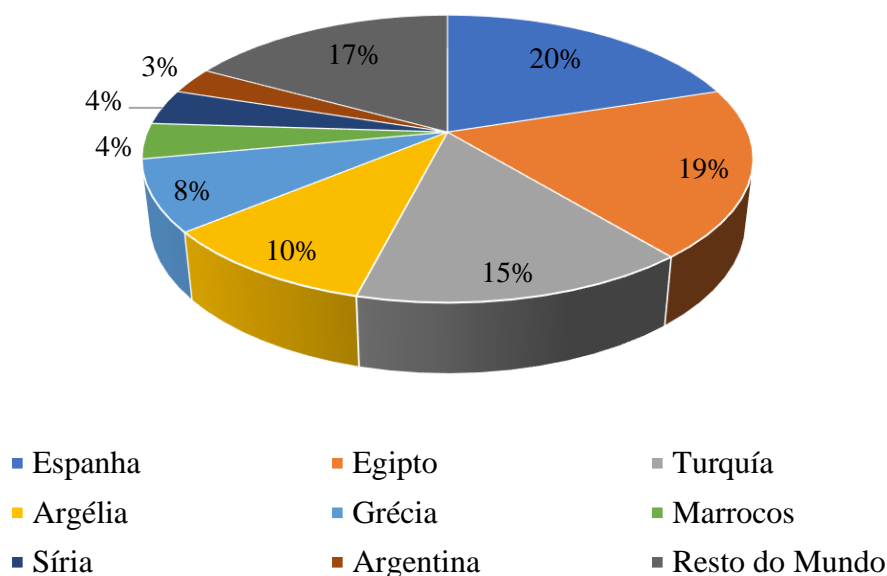


Figura 1 - Dados estatísticos, produção a nível mundial de azeitona de mesa, médias das colheitas de 2014 a 2018 (ASEMESA,2019)

Segundo dados do COI (Conselho Internacional do Azeite), o consumo médio das últimas cinco temporadas é de 2 684 700 toneladas e os maiores consumidores são, o Egípto, Turquia, Argélia, Estados Unidos e Espanha.

2.2. Produção de azeitona em Portugal

A colheita da azeitona decorre de forma distinta nas duas principais regiões produtoras do país (Alentejo e Trás-os-Montes), sendo que o Alentejo é a região mais produtora, com 551 380 t seguida de Trás-os-Montes com 109 404 t em 2018 (INE,2019).

A produção de azeitona em Portugal, tem vindo a oscilar nos últimos anos. Em 2015 produziram-se 722 893 toneladas, em 2016 baixou para 476 003, em 2017 subiu para quase o dobro 876 215, e em 2018 voltou a baixar para 725 368 toneladas (FAOSTAT, 2019).

Em anos com precipitação elevada, ventos fortes e temperaturas altas por altura do vingamento e longos períodos quentes e secos na altura do crescimento dos frutos, entre outros fatores a produção de azeitona diminui significativamente. Esta diminuição depende também das variedades, sendo algumas mais sensíveis a determinadas complicações climatéricas do que outras. Os registos do INE comprovam isto mesmo, e explicam a disparidade da produção em diferentes anos. Por exemplo, no documento (Boletim Mensal da Agricultura e Pescas emitido em janeiro de 2020), verifica-se que em Trás-os-Montes, onde os olivais produziram, em 2018, 15% do total da azeitona para azeite, a ocorrência de ventos fortes e ataques intensos de mosca da azeitona provocaram a queda de uma parte considerável dos frutos, que conduziu a uma diminuição da produção nesta região.

Tabela 1 - Dados estatísticos, produção de azeitona em Portugal (INE,2019)

	Produção (toneladas)				
	2014	2015	2016	2017	2018
Azeitona para azeite	438 000	702 000	476 000	858 000	725 000
Azeitona de mesa	17 000	21 000	17 000	18 000	13 000

Azeitona de mesa

No que respeita a azeitona de mesa, de acordo com os dados do Instituto Nacional de Estatística - INE (2018), a produção em Portugal, tem vindo a oscilar, assim como a produção de azeitona para azeite. No período de 2014 a 2018, o ano mais produtivo foi o de 2015, com 21 000 toneladas, em 2018, comparativamente, a produção foi muito baixa com 13 000 toneladas.

Produção de azeitona de mesa cv. *Negrinha de Freixo* em Trás-os-Montes

A Norma Portuguesa NP 3034 (2012) e o COI (2004) definem azeitona de mesa como o produto “preparado a partir de frutos sãos, das variedades cultivadas da oliveira (*Olea europea L.*) que são escolhidas para a produção de azeitonas cujo volume, forma, relação polpa/caroço, características da polpa, gosto, firmeza e facilidade de desprendimento do caroço as tornam particularmente adequadas para processamento”.

Os frutos são submetidos a tratamentos a fim de remover o sabor amargo, causado pela oleuropeína e são preservados por fermentação natural ou por tratamento térmico, com ou sem adição de conservantes. Por último, as azeitonas de mesa podem ser embaladas com ou sem líquido de cobertura (NP 3034, 2012; COI, 2004;)

De acordo com o Anexo II do documento Secretaria de Estado dos mercados agrícolas e qualidade alimentar, do Ministério da Agricultura, apenas os concelhos Foz-Côa, Freixo de Espada à Cinta, Torre de Moncorvo, Alfândega da Fé, Vila Flor, Mirandela e Macedo de Cavaleiros, podem produzir azeitona de conserva "Negrinha de Freixo".

Nesta região os solos são delgados e declivosos o que obriga à frequente construção de socialcos. Uma grande superfície destes olivais, da cv. Negrinha de Freixo, são de regadio, pois é uma região onde a precipitação é muito baixa, os invernos são frios e a estiagem é quente e seca o que obriga à instalação de sistemas de rega com o objetivo de minorar as carências hídricas e produzir um pouco mais e com melhor qualidade. Estas condições climáticas contrariam o desenvolvimento de doenças e pragas pelo que a azeitona negrinha é produzida sem o recurso a pesticidas.

3. Gestão da rega no olival

3.1 Efeito do stresse hídrico na oliveira

A oliveira é uma espécie muito tolerante à seca, com adaptação a condições de deficit hídrico, que lhe confere a capacidade de crescer e obter produções comerciais aceitáveis em condições de sequeiro, em regiões onde a precipitação anual ronda os 500 mm (Fernandes - Silva, 2008).

A oliveira é mais exigente em água, no início do seu ciclo vegetativo, abrolhamento e floração e no fim do ciclo, imediatamente antes do início da maturação dos frutos, quando está no estágio de acumulação de gordura nos frutos. Durante o endurecimento do caroço, embora não seja tão exigente, necessita do mínimo conforto hídrico. Nos meses de agosto e setembro, por altura do crescimento do fruto, poderá sofrer algum stresse hídrico, embora não muito severo. Na última fase do crescimento rápido do fruto, é quando um défice hídrico pode provocar perdas consideráveis de produção (Franganito, 2014).

A oliveira desenvolveu adaptações que permitem atrasar e por vezes, até mesmo impedir, o desenvolvimento de stresse hídrico, como fecho dos estomas, controlo da taxa de transpiração e desenvolvimento de um sistema radicular extenso, que lhes permite tolerar a seca, aguentar um deficit hídrico interno elevado e mesmo assim, manter uma atividade metabólica suficiente de forma a sobreviverem e conseguirem produzir (Silva, 2008).

Os mecanismos de regulação estomática permitem-lhe diminuir o seu potencial hídrico foliar a valores muito baixos (Connor e Fereres, 2005), sendo este um mecanismo de defesa, por fecho estomático, que acarreta consequências, porque é através dos estomas que os mecanismos fisiológicos de fotossíntese, entrada de CO₂, se relacionam com uma boa produção final. Assim quando os estomas se fecham, há uma diminuição fotossintética que resulta em uma redução da produção final (Santos et al., 2007). A temperatura ótima para o processo fotossintético e o crescimento da oliveira situa-se entre os 15°C e os 30°C. Acima dos 35°C começa a ser inibida a fotossíntese, embora a 40°C ainda se alcancem elevadas taxas de fotossíntese (Navarro et al., 2004).

A oliveira dá uso à escassa água existente no solo, fortemente retida e de muito difícil extração, sendo capaz de absorver abaixo do coeficiente de emurchecimento de água no solo, mobilizando-a ao estabelecer enormes gradientes de potencial entre folhas e raízes,

na ordem de -2,5 MPa, sendo que por norma o valor de potencial de retenção de água do solo abaixo do qual as plantas já não conseguem retirar essa água, e entram em emurchecimento, é de -1,5 MPa (Santos et al., 2007).

Todas estas estratégias enumeradas capacitam a oliveira de forma a sobreviver, contudo não lhe dão a capacidade de evitar uma ampla gama de impactos negativos (Arampatzis et al., 2018), como baixa produção de flores e frutos, baixa área foliar, fotossíntese limitada e aborto de flores, com uma tendência geral de ocorrência mais precoce da floração e um conseqüente encurtamento das fases de crescimento da cultura. A floração é a fase crítica para o desenvolvimento da azeitona (Ponti et al., 2014).

As azeitonas requerem um certo período de baixas temperaturas (necessidades de frio) para a floração normal. Num clima mais quente, a floração da azeitona pode avançar quase um mês, enquanto cenários muito mais quentes indicam que não há floração normal em algumas variedades. As mudanças nas datas fenológicas não variam apenas com a temperatura e a disponibilidade de água, mas também com a altitude e a exposição (Tanasijevic et al., 2014).

Um outro fator agravado pelo stress hídrico é a variabilidade interanual, conhecida como safra e contrassafra, isto é, a produção de azeitona é alternada. Um ano produz muito, chamado ano de safra, seguindo-se um ano de pouca produção, ano de contrassafra. Um ano de safra, em que a carga de frutos é grande, há maior produção, o crescimento dos ramos é afetado, pois a planta concentra as suas reservas em produzir frutos, e não fica com reservas que permitam o crescimento de ramos em simultâneo. Assim em anos de grande produção o crescimento vegetativo é reduzido, o que leva à formação de um menor número de gomos para o ano seguinte. O contrário da situação descrita anteriormente acontece no ano seguinte, devido ao menor número de gomos, há uma menor produção de frutos. A planta concentra as reservas no crescimento vegetativo, que por sua vez leva a um maior número de gomos, que resultam, num ano seguinte com grande produção. (Cordeiro, 2014)

Por este e outros motivos já descritos, a rega não só aumenta a produção dos olivais como a torna mais estável ao longo dos anos, contribuindo para uma diminuição na alternância da produção, característica da oliveira. Por isso a implementação de rega nos olivais,

tornou-se muito importante para que os olivicultores consigam assegurar as produções e consequentemente tornem o seu olival rentável.

3.2 Efeito da rega no olival

O olival tem sido cultivado tradicionalmente em sequeiro na grande parte das regiões do mediterrâneo. Contudo, com as alterações climáticas e a escassez de água que se tem vindo a acentuar cada vez mais, com efeitos nefastos no stresse hídrico na cultura, vai verificar-se um aumento da tendência para conversão do olival tradicionalmente de sequeiro em olival de regadio.

A oliveira responde muito favoravelmente à rega, em especial quando esta se faz em momentos críticos ou em anos de baixa precipitação (Morales, et al., 2016). Estudos realizados por Lorite et al., (2018) referem que para as futuras condições climáticas previstas em clima mediterrânico, o rendimento médio da azeitona aumentará ou diminuirá dependendo da disponibilidade de rega.

No contexto de escassez hídrica, a rega deve ser praticada com conta e medida, utilizar a água nos períodos em que a oliveiras mais precisam (entre o início do abrolhamento e a floração, entre o início do crescimento do fruto e o endurecimento do endocarpo (caroço) e durante a maturação da azeitona), e reduzir ou cortar a rega em momentos que a oliveira não mostre necessidade. Fernández et al. (2013); Rosecrance et al. (2015); Marra et al. (2016) e Ahumada-Orellana et al. (2018) são alguns dos autores, que referem que uma redução da aplicação de rega, especialmente entre julho e agosto, fase entre o endurecimento do caroço e antes do pico de acumulação de azeite, fase anterior à maturação, não prejudica consideravelmente a produção de fruto e inclusive, pode contribuir para a melhoria da qualidade do azeite.

A influência da rega na oliveira, atua na planta a diferentes níveis:

Efeito no crescimento vegetativo

Vários estudos têm mostrado resultados diferentes acerca do efeito da rega no crescimento vegetativo da oliveira. No geral, todos eles mostram que em regadio, além de um maior crescimento dos ramos, produz-se um maior número de ramos, pelo que as árvores acabam por ter maior vigor do que em sequeiro, adquirindo maior capacidade

produtiva. Nestes estudos, há 3 tipos de comparações: O estudo de Pastor Muñoz-Cobo (2005), compara árvores em sequeiro, com árvores regadas, e conclui que, as árvores regadas são capazes de produzir maior número de inflorescências e conseqüentemente um maior número de frutos vingados por oliveira, sendo esta a primeira base para explicar a maior produção em regadio. Palese et al. (2010) comparam também árvores em sequeiro, com árvores regadas e verifica uma redução do crescimento dos ramos anuais de 81%, em relação ao mesmo olival em regadio. O mesmo autor verificou que, no ano seguinte em que o olival voltou novamente a ser de sequeiro, a redução no crescimento dos ramos anuais foi apenas 17%. Esta diferença deveu-se ao facto de na primavera e verão desse ano, o solo ter armazenado uma maior quantidade de água. No mesmo estudo foi possível verificar que a evolução do crescimento era distinta entre modalidades. No caso das árvores de sequeiro o crescimento dos ramos terminou quando começou a ocorrer o endurecimento do caroço, enquanto que nas árvores em regadio houve apenas uma interrupção nessa fase voltando a verificar-se um ligeiro crescimento posteriormente.

Gucci et al. (2019) comparou rega deficitária, com rega plena. Concluiu que a rega deficitária, quando comparada com rega plena, desacelera o crescimento vegetativo, o que pode ser muito útil para controlar o tamanho das árvores em olivais de alta densidade, por exemplo. Pierantozzi et al., (2020) compararam a rega deficitária com sequeiro e verificaram efeitos muito relevantes da rega deficitária, quando comparada com sequeiro, nos parâmetros de crescimento vegetativo, maior crescimento do caule apical e maior volume do tronco, quando a poda é aplicada.

Crescimento do fruto

Em relação ao crescimento das azeitonas, existem inúmeros estudos realizados, inclusive avaliando diferentes níveis de rega. As conclusões são diferentes e por vezes até contraditórias, dependendo do clima de cada região, do teor de água do solo e da gestão da rega. Há partida, na presença de água, as azeitonas crescem mais, Pastor Muñoz-Cobo, (2005), refere que no mesmo meio produtivo o mesocarpo (polpa) de frutos de árvores regadas, é maior que o de frutos produzidos em árvores de sequeiro, ou seja, a aplicação de água é capaz de aumentar o tamanho médio da azeitona e por conseguinte a sua produção. Já outros autores referem não ter notado diferenças na influência da rega no crescimento das azeitonas. Palese et al. (2010) não verificaram diferenças significativas

no peso dos frutos entre árvores regadas e não regadas e Correa-Tedesco et al. (2010), que observaram o mesmo em árvores sujeitas a diferentes regimes hídricos, concluíram que as diferenças significativas na produção se deviam ao diferente número de frutos por árvore. Estes resultados diferentes estão relacionados com o estado de humidade do solo e a redução da rega na altura certa, isto é, se o solo estiver bem hidratado, por exemplo tiver ocorrido precipitação na altura de crescimento do fruto, mesmo que o olival esteja regado, não se vão notar diferenças para um que esteja ao lado em sequeiro, pois ambos os solos têm água para a planta poder usufruir e fazer crescer as azeitonas. Estes resultados contraditórios, de que a rega não interfere no crescimento do fruto, também se devem a uma má gestão da rega. Pastor Muñoz-Cobo (2005) explica que deve evitar-se que a oliveira sofra um deficit hídrico, em qualquer momento do seu ciclo vegetativo, por largos períodos de tempo, sendo que o verão, é a altura de maior sensibilidade. Depois do endurecimento do endocarpo pode reduzir-se a dose de rega (aplicar entre 50 - 60% da ETc) sem que a produção seja afetada, mas nunca interromper a rega, a não ser que se possa afirmar que a reserva de água no solo é suficiente para manter um estado hídrico aceitável.

Acumulação de azeite

O efeito da disponibilidade de água (proveniente de rega ou da chuva) na quantidade de azeite produzido por árvore está relacionado, com a hidratação da oliveira, no período de acumulação de azeite. Os olivais tradicionais de sequeiro, em clima mediterrânico, passam por um período estival muito seco na fase de maior acumulação de azeite. Nesta fase a água é essencial, é um momento muito crítico para a oliveira, em que as necessidades de água são máximas (Pastor Muñoz-Cobo, 2005) e quando não há água disponível, a acumulação de azeite é muito menor.

Se a árvore usufruir da rega na maior fase de acumulação de azeite, podem obter-se resultados muito positivos e o mesmo pode acontecer quando chove nessa fase (em olival de sequeiro) pois a árvore apesar de não ser regada, tem proveito da água da chuva, na fase mais importante de acumulação de azeite e daí a diversidade de resultados obtidos. Como referem Gucci et al. (2019), o momento da imposição de stresse hídrico, faz toda a diferença.

Iniesta et al. (2009) verificaram que maiores volumes de rega induziram azeitonas com menor rendimento em azeite, uma rega que mantenha a planta em conforto hídrico, embora faça crescer a azeitona, esse crescimento deve-se á presença da água e não á acumulação de azeite, o que se reflete no rendimento. Gómez-Rico et al. (2007) não encontraram diferenças significativas de rendimento em árvores regadas quando comparadas com árvores de sequeiro. Não sendo conhecido o estado de humidade em que se encontrava o solo das plantas em sequeiro, esta indiferença poderá estar relacionada com alguma humidade existente no solo de sequeiro, que salvou as plantas, de um stress hídrico que as impediria de sintetizarem azeite, na mesma quantidade que as de regadio.

Segundo Ramos et al. (2010), o índice de maturação tende a diminuir com o aumento da aplicação de água, ou seja, as azeitonas provenientes de sequeiro, não tendo água disponível no solo, amadurecem mais cedo, tendo menos tempo e a imposição de stress hídrico, que faz com que acumulem menos azeite. As de regadio tem um amadurecimento mais tardio, mas a grande disponibilidade de água, faz com que a acumulação de azeite seja lenta e por vezes como o teor de água é muito elevado, o rendimento em azeite, vai ser menor, assim a rega deficitária tende a ser o regime hídrico que melhor resultados tem na maturação e acumulação de azeite, em simultâneo.

Qualidade

Muitos estudos provam que a rega influencia a qualidade dos frutos e também do azeite, sobretudo a rega deficitária e a rega deficitária controlada. Lipan & Andreu (2019) relacionam vários benefícios na composição do azeite, como a melhoria do teor de compostos fenólicos, ácidos gordos, entre outros, com a rega deficitária de olivais. Cano-Lamadrid et al. (2015) comprovaram que a rega deficitária controlada moderada (as azeitonas sofrem apenas estresse hídrico durante o endurecimento do caroço) teve efeitos positivos na qualidade e no grau de satisfação do consumidor relativamente a azeitonas de mesa. As azeitonas de mesa em causa apresentaram maior peso, tamanho, dureza da pele e teor de ácido linoleico; apresentaram também maiores intensidades de salinidade, amargura, nota de azeitona verde, sabor e dureza e, finalmente, obtiveram os mais altos valores de grau de satisfação para sabor típico de azeitonas frescas de mesa, crocância e aceitação global, concluindo que é possível economizar água usando estratégias de rega deficitária sem comprometer a qualidade das azeitonas de mesa.

Gucci et al., (2019) mostraram que um nível moderado de déficit hídrico no início do verão, antes do endurecimento do caroço, induziu uma maior concentração de biofenóis nas azeitonas e no azeite, do que o mesmo stresse aplicado após o endurecimento do caroço (os dois regimes de rega deficitária foram equivalentes em termos de água fornecida, mas o momento da imposição de stresse determinou resultados diferentes na qualidade do azeite).

Lipan & Andreu (2019) realizaram um estudo (o primeiro) que investiga parâmetros funcionais de azeitonas cruas e de mesa (processo de estilo espanhol) sob o efeito de rega deficitária, aplicada imediatamente antes da colheita e sem período de reidratação, mas as diferenças devido aos tratamentos de rega deficitária foram reduzidas. No geral, a qualidade dos parâmetros morfológicos das azeitonas, foram mantidas (tamanho reduzido, mas mantida a proporção da polpa), já a atividade antioxidante e o conteúdo fenólico total aumentaram devido á rega deficitária. Em síntese, Lipan & Andreu, (2019) concluíram que reduzir o abastecimento de água bem abaixo da rega total é comercialmente viável em olivais, independentemente do sistema e densidade de plantio.

Um tema muito interessante e importante, são os hematomas nas azeitonas de mesa. Jiménez et al., (2017) concluíram que um déficit moderado de água (-1,2 MPa) antes do endurecimento do caroço e retido até -2,5 MPa (4 semanas antes da colheita sem recuperação) acarreta uma redução de 50% da água de rega, sem afetar os parâmetros de qualidade do fruto, como peso, volume ou polpa e produz frutos menos suscetíveis a hematomas, evidenciado pelo menor índice de hematomas e menor área externa e interna danificada.

Produtividade

A alternância de produção, tem forte incidência na oliveira, há anos em que a produção é elevada e o crescimento vegetativo é reduzido (ano de safra), e anos em que a produção é muito baixa e o crescimento vegetativo é elevado (ano de contrassafra), como já vimos anteriormente, as condições climáticas, e sobretudo a falta de água, são os fatos que mais influenciam esta alternância. Moriana et al. (2007) e Ramos et al. (2010) referem que olivais de baixa densidade, considerados tradicionais, estas diferenças de produção podem ser bastante significativas, entre 50% a 90%.

Recentemente, a aplicação de água nos olivais tradicionais regados, tem levado a aumentos na quantidade da produção e na qualidade do azeite. Reduz a problemática da alternância de produção, tornando-a mais estável entre os anos, melhora também a produtividade da água. A rega deficitária, permite que a água seja aplicada apenas em períodos críticos do ciclo de produção, com o intuito de aumentar a eficiência do uso da água. Esta prática permite diminuir a quantidade total de água aplicada, não reduzindo a produção (Nacional et al., 2007).

Há estudos que mostram que a alternância da produção pode ser contornada, através da rega. Patumi et al. (2002) efetuou um estudo em que foi avaliada a produção em árvores da cultivar “Kalamata” e concluíram que a produção foi beneficiada pela rega, sendo que volumes de rega deficitária, na ordem dos 66% da ETc mostraram um aumento significativo da produção, quando comparados com volumes de 0 e 33% da ETc. Verificou também que, ao aplicar 100% da ETc, o olival em causa apresentou valores de produção equivalentes aos obtidos para 66% da ETc e só reagiu à aplicação de 33% da ETc em anos muito secos. Um outro estudo num olival tradicional da cultivar “Cornicabra” realizado em Ciudad Real, por Gómez-Rico et al. (2007) revelou que a produção de árvores em sequeiro foi 35% inferior à de árvores em diferentes regimes de regadio (rega deficitária, 100% da ETc e 125% da ETc), entre os quais não se encontrou diferenças significativas.

Pierantozzi et al. (2020) relacionaram, muito recentemente, tratamentos de rega deficitária (25, 50 e 75 % da ETc). Refere que, em relação aos parâmetros produtivos, os dados de cada tratamento deficitário de rega, indicaram que a produtividade de frutos aumentou significativamente ao longo dos três anos considerados, permitiu concluir que as árvores foram capazes de sustentar o potencial de produção mesmo nas condições mais stressantes.

Fisiologia

Ao contrário da rega deficitária, a rega deficitária controlada tem um foco mais fisiológico. Consiste em aplicar água em quantidades abaixo das necessárias para satisfazer a ETc durante certos períodos do ciclo vegetativo, quando a produção e a qualidade da colheita são pouco afetadas. A Rega Deficitária Controlada é normalmente aplicada durante as etapas do ciclo quando o crescimento reprodutivo é relativamente

lento e quando crescimento vegetativo e outros processos vegetativos não são afetados, esses efeitos são frequentemente traduzidos numa melhor qualidade da fruta (Domingo & Castel, 2010), é uma técnica que reduz o uso de água e já foi testada em oliveais.

São aceites, como indicadores de boa disponibilidade de água no solo, valores entre -0,5 e -0,8 MPa de potencial hídrico de base. Abaixo destes valores, resulta um défice hídrico e deve então aplicar-se a rega, para que seja evitado stresse hídrico nas oliveiras. (Santos, 2013)

É por meio dos estomas, que se dão as trocas gasosas entre as folhas e a atmosfera. A condutância estomática, avalia a abertura estomática, sendo esta um indicador indireto do estado hídrico da folha, maiores aberturas associadas a aumentos de turgidez nas células-guarda dos estomas e menores aberturas associadas à falta de água nas mesmas. Os estomas reduzem a sua atividade a potenciais hídricos foliares (base) inferiores a -0,90 MPa, o que resulta numa condutância estomática e taxa fotossintética decrescentes. A rega permite controlar a disponibilidade de água no solo e na planta, e por isso valores mais estáveis da condutância estomática e taxa fotossintética (Santos, 2013). A rega só interfere na humidade que podemos proporcionar à planta, através do solo, variações diurnas da radiação fotossinteticamente ativa absorvida pelas árvores, défice de pressão de vapor, temperatura da folha e condutividade hidráulica no interior da planta, não dependem da rega, mas sim de fatores externos. Sendo a transpiração da oliveira controlada pela condutância estomática, qualquer flutuação na abertura estomática, leva a uma grande variação da transpiração e, conseqüentemente, da fotossíntese (Orgaz & Fereres, 2008).

Vários autores comprovam a eficácia da Rega Deficitária Controlada em vários aspetos agronómicos e fisiológicos das plantas. Iniesta, et al. (2009) aplicaram Rega Deficitária Controlada em olival e concluíram que a estratégia de rega recomendada deve ser sempre a que mantém melhor a hidratação nas árvores durante toda a estação, dependendo do teor de água no solo no início e da disponibilidade de água, nas condições do seu estudo, observaram que a rega deficitária, quando aplicada devidamente, pode reduzir a evapotranspiração sazonal e permitir à planta uma maior eficiência de uso da radiação.

Gonçalves et al., (2019), avaliaram 3 tratamentos de rega, 100%, 80% e 27,5 % da ET_c , compararam-nos também, com a rega praticada pelo agricultor, 21,2% da ET_c . Concluíram que os sistemas de rega aplicados melhoraram o desempenho da planta em relação ao sistema adotado pelo agricultor, incluindo o estado da água e a taxa fotossintética líquida. No final do verão, em geral, apresentaram alterações no metabolismo secundário, com maior acumulação de compostos fenólicos, respostas que potencializam a resistência à seca.

3.3 Indicadores de sustentabilidade e estratégias de gestão da rega no olival

A aplicação de rega a culturas historicamente de sequeiro, em Portugal, ameaça a sustentabilidade dos recursos hídricos e traz custos económicos, ambientais e sociais adicionais. Na Região da Terra Quente Transmontana, que por sinal é a 2º região com mais importância na produção de azeite em Portugal, deverão ser implementadas prioritariamente estratégias de rega deficitária (Macías et al., 2014).

A aplicação correta da Rega deficitária requer um conhecimento completo das respostas da árvore a défices hídricos e do impacto económico das reduções no valor da colheita. O aumento da eficiência no uso da água, a redução nos custos de rega e produção, o custo de oportunidade da água, são os grandes benefícios da Rega deficitária. (Domingo & Castel, 2010).

Uma conclusão de Fereres & Rabanales (2018) é que o nível de suprimento de rega deve ser relativamente alto na maioria dos casos, isso permite atingir de 60 a 100% da evapotranspiração total. Vários casos sobre o uso bem-sucedido de rega deficitária em árvores frutíferas, mostra que não apenas aumenta a produtividade da água como também os lucros dos agricultores.

Na agricultura, o significado comumente aceite de sustentabilidade é o de conservar a quantidade de recursos naturais a longo prazo para manter um determinado nível de produção indefinidamente. Embora, mais recentemente, a definição de agricultura sustentável tenha incluído estilos de gestão viáveis do ponto de vista económico e aceitáveis do ponto de vista social (Alexandra et al., 2010), a gestão correta e eficaz da

rega vai passar por maximizar a produção por unidade de água consumida, ou seja, a produtividade da água. Para lidar com a escassez de água, a rega deficitária, é uma ferramenta importante para atingir o objetivo de reduzir a quantidade de água para rega (Fererres & Rabanales, 2018).

A rega sustentável não está ainda claramente definida. Contudo, considera-se rega sustentável quando o ciclo hidrológico e os sistemas ecológicos não são danificados. Uma definição mais precisa já incluiu conceitos como quantidade e qualidade dos recursos hídricos a longo prazo. O objetivo de melhorar a sustentabilidade da rega numa área agrícola, associada ao aumento da produtividade da água (Corell, et al., 2019). Espécies resistentes à seca, como oliveiras, podem melhorar a sustentabilidade da água, se uma gestão precisa de rega for aplicada. No entanto, a rega deficitária, mesmo para essas espécies, não está definitivamente ligada a uma gestão sustentável. Isto porque muitos agricultores não sabem ainda adaptar a rega deficitária correta às necessidades da cultura, e muitas vezes não sabem exatamente quando regar.

Ultimamente o conceito de produtividade da água tem vindo a ser cada vez mais abordado, principalmente sempre que se fala em sustentabilidade da rega. A produtividade da água é definida como o rendimento ou o lucro líquido por unidade de água utilizada na evapotranspiração, Geerts & Raes, (2009) definem a produtividade da água (WP) na cultura, mais explicitamente, como a razão entre o rendimento real (Y_a) obtido pela cultura e o volume de água consumida pela cultura (ET_c):

$$WP \text{ (kg m}^{-3}\text{)} = Y_a / ET_c.$$

A evapotranspiração da cultura, ET_c , dá a indicação da água que a cultura perde por evaporação de água do solo (E) e por transpiração (T). Uma cultura está em conforto hídrico quando lhe é fornecida a totalidade da água que perde, ou seja 100% da ET_c , o que nem sempre é necessário, daí a rega deficitária e a rega deficitária controlada, serem tão importantes (Orgaz Rósua et al., 2005).

Corell et al., (2019) referem aspetos importantes que se mostram estratégias significativas, no aumento da sustentabilidade da rega, como por exemplo a origem da água de rega, o recurso à água reutilizada (de usos urbanos) ou água dessalinizada, o que permite poupar água dos recursos hídricos habituais e será consumida menos água

subterrânea, ou o recurso á utilização de estruturas para armazenar água proveniente de chuvas e a utilização desta água na rega é uma boa estratégia, e já muito utilizada em Portugal.

A gestão do solo pode reduzir a evaporação e o escoamento em olivais, melhorando o balanço hidrológico. Conhecer o comportamento do solo é fundamental para um uso eficiente da água. A textura, porosidade, matéria orgânica, entre outros, são fatores que influenciam esse comportamento. Para calcular as necessidades reais de rega para determinada cultura instalada, intervêm fatores edáficos, climáticos, culturais e fisiológicos, entre outros. Uma vez compreendidos o comportamento da água no solo e as necessidades de rega da cultura, estão lançadas as bases para o delineamento de uma estratégia de rega deficitária, no sentido de manter ou melhorar a produção e a respetiva qualidade (Corell et al., 2019).

Regar com muito ou pouco caudal, para adaptarmos o fluxo correto, é necessário ter em conta, a distribuição das raízes das oliveiras, em olivais regados, ocorre na superfície e perto da fonte de água, de modo que as captações máximas de água são medidas nos primeiros 60 cm (Cano-Lamadrid et al., 2015). A quantidade de volume de solo húmido afeta as relações hídricas das oliveiras, portanto, o número de pontos de água no olival é muito importante para a gestão da água de rega. De acordo com Corell et al., (2019) um baixo número de gotejadores por árvore aumenta o tempo de rega e pode até impedir a aplicação das taxas máximas durante o período de recuperação. Para avaliar esses indicadores, deve-se considerar um mínimo de superfície húmida do solo em torno de 35 a 40% na superfície.

Rega com muita ou pouca frequência, é também uma questão a associar à sustentabilidade. Corell et al., (2019) defende que regar um dia ou todos os dias da semana, depende do estado hídrico da cultura, do tipo de rega aplicada e da disponibilidade de água. Uma rega ajustada às necessidades do olival traz sempre bons resultados, sendo que para esse ajuste ser otimizado é necessário ter em conta todos os temas já abordados acima.

Da sustentabilidade da rega, podem provir produtos sustentáveis. Noguera-artiaga, et al., (2016) sugeriu a definição de "produtos hidrossustentáveis" como frutas e vegetais

cultivados sob rega deficitária controlada. Estes autores relataram que os consumidores espanhóis estavam dispostos a pagar uma quantia extra de € 1,0 kg⁻¹ por pistache, com esse nome comercial. Isto implica que, se for possível obter um aumento de preço em todos os produtos hidrossustentáveis, seja qual for a cultura, as mudanças na gestão da água serão facilmente promovidas.

A pergunta seguinte é, como é que esse esforço de melhorar a sustentabilidade da rega ao nível de um olival pode ser avaliado? Corell et al., (2019) aborda opções para avaliar a gestão da água ao nível de um pomar, por exemplo, a viticultura sustentável na Nova Zelândia apresenta um protocolo em que o tópico da rega considera apenas algumas opções de gestão (programação da rega, produtividade da água e quantidade de água aplicada), estas opções quando bem geridas e aplicadas na altura certa, fazem com que as plantas, sejam olival, vinha ou outra cultura, aproveitem toda a água que lhes é dada, ao invés de haver desperdícios quando não se têm em conta estes métodos.

Corell et al. (2018) refere que entre as estratégias de rega que podem ser aplicadas para economizar água, o uso de rega deficitária aprimorada, inovadora e precisa, e uma gestão correta da rega, são capazes de minimizar o impacto no rendimento e na qualidade das culturas. Além disso, para contribuir com a economia de água, a olivicultura deve ser direcionada ao uso de materiais vegetais com menos necessidade de água ou que sejam capazes de suportar a rega deficitária com um impacto mínimo no rendimento e na qualidade.

A pegada hídrica é uma abordagem que considera todo o processo de produção até o produto chegar ao consumidor final. Reduzir a pegada hídrica, passa por definir bem, qual é o tipo de rega que melhor se adapta às necessidades de uma cultura num determinado local. Todos os sistemas de rega podem ser eficientes num olival, se for aplicada uma gestão precisa. No entanto, a rega por gotejamento e microaspersão proporciona mais uniformidade na distribuição da água e um melhor controlo da água aplicada. Além disso, a redução da humidade no nível da copa melhora a saúde das culturas. Portanto, por si só, estes dois tipos de rega são uma boa escolha segundo Corell et al., (2019).

O sistema de rega mais utilizado no olival é o sistema de rega localizada por gota-a-gota. Pode ser subterrâneo ou estar instalado à superfície. Os sistemas subterrâneos apresentam

uma maior eficiência, por não ocorrerem perdas de água por evaporação, com o inconveniente de a sua manutenção e gestão ser mais complexa, por ter de se desenterrar caso haja alguma complicação. Orgaz Rósua et al. (2005) mostraram que com o sistema de rega gota-a-gota se aplicou menos 55% de água em comparação com o sistema por aspersão e se conseguiu um aumento de produção de 8%.

4. Material e métodos

4.1 Localização e caracterização climática

O trabalho experimental desenvolveu-se no ano de 2019 num olival tradicional adulto, da variedade *Negrinha de freixo* situado em Vilarelhos (Lat. 41°21'31.7"N; Long. 7°02'22.2"W, Altitude 250m), concelho de Alfândega da Fé.



Figura 2- Local e esquema do estudo experimental e esquema com os diferentes tratamentos

Em termos climáticos, Trás-os-Montes divide-se em Terra Quente e Terra Fria. Vilarelhos, está inserido no Vale da Vilarça, Terra Quente, cuja temperatura média anual é superior a 14-15°C, a precipitação anual varia entre os 400 a 600 mm. Por norma na Terra Quente, não existem geadas consideráveis, desde abril até meados de novembro, contudo em anos mais severos, fenómenos de inversão térmica muito rápidos, podem levar à ocorrência de geadas, fora de tempo (geadas tardias), em zonas localizadas no fundo do vale (Fernandes-Silva, 2008). No Vale da Vilarça, é comum a formação de nevoeiros nos meses de Inverno, que podem atingir espessuras de 300m, mantendo-se muitas vezes, por vários dias, diminuindo de forma drástica a temperatura máxima do ar. No que diz respeito aos solos, são comumente Leptosolos, grande parte dos solos abrangidos pela olivicultura, são pouco profundos (< 50cm), com pH ácido, pobres em matéria orgânica, com textura média e apresentando uma pedregosidade elevada (de Figueiredo *et al.*, 2002).

4.2 Caracterização do olival

A parcela do campo experimental é de 1 ha e o compasso de plantação deste olival é de 5 x 5 m, as plantas têm aproximadamente 14 anos, e o sistema de condução é em vaso. Trata-se de um olival de variedade “Negrinha de Freixo”.

A gestão do solo foi mediante uma aplicação de herbicida no início da primavera e destrocados os restos de poda e vegetação infestante. A fertilização, foi feita anualmente ao solo no início da primavera com a quantidade de 45 kg de N, 35 kg de P₂O₅ e 35 kg K₂O por hectare.

A variedade Negrinha é produzida maioritariamente na Região de Trás-os-Montes, pode ser utilizada para a produção de azeites, mas tem características extraordinariamente boas para azeitona de mesa. Têm, por isso, servido para o desenvolvimento da Azeitona de Conserva *Negrinha de Freixo* Denominação de origem protegida (DOP). Relativamente à azeitona, de acordo com o Caderno de especificações do Ministério da Agricultura, a Azeitona de Conserva *Negrinha de Freixo* DOP é um fruto de pequena dimensão, que varia de cor verde amarelada a negra violácea, de acordo com o grau de maturação. Possui forma arredondada, lisa, terminando em ligeiro bico e de consistência firme. O caroço é pequeno e destaca-se facilmente da polpa, que constitui cerca de 83% do fruto. Como características morfológicas, apresenta forma esférica, terminando em um ligeiro bico, o seu peso varia entre 3 e 5 gramas e o volume entre 3 e 5 cm³. A *Negrinha de Freixo* DOP, quando madura, apresenta uma cor preta intensa. O seu rendimento em Gordura varia entre 12 e 15 %.

As azeitonas utilizadas na produção desta azeitona de mesa poderão ser de tipo verde, negras tratadas ou azeitonas maduras, em salmoura, sofrendo diferentes tipos de preparação.

4.3. Delineamento experimental

O ensaio consistiu em 11 tratamentos: o controlo, não regado (NR), e 10 tratamentos regados, 100% da ETc e 60% da ETc. No ensaio avaliaram-se também, a frequência de

rega e a rega com gotejadores de 2 caudais diferentes (1,5 L/h e 4,0 L/h) e com 3 intervalos de rega (7 dias por semana, 3 dias por semana e aplicada toda num só dia da semana).

Tabela 2 - Códigos dos tratamentos e respetiva descrição.

Código	Rega (%)	Caudal (l/h)	Frequência (Dias / Semana)	
7D100-1.5	100	1.5	7	Todos os dias
7D100-4.0	100	4.0	7	Todos os dias
3D100-1.5	100	1.5	3	3 Vezes
7D100-4.0	100	4.0	3	3 Vezes
1D100-1.5	100	1.5	1	Uma vez
7D60-1.5	60	1.5	7	Todos os dias
7D60-4.0	60	4.0	7	Todos os dias
3D60-1.5	60	1.5	3	3 Vezes
3D60-4.0	60	4.0	3	3 Vezes
1D60-1.5	60	1.5	1	Uma vez
NR	-	-	-	-

4.4 Rega

O cálculo referente às doses de água a aplicar semanalmente, determinou-se com base na evapotranspiração diária da cultura (ET_c) calculada a partir da evapotranspiração de referência (ET_o), utilizando a equação de FAO-Penman-Monteith, do coeficiente cultural (K_c) e do coeficiente de redução da evapotranspiração (K_r) de acordo com a seguinte equação (Allen et al. 1996):

$$ET_c = K_c ET_o K_r$$

O coeficiente de redução da evapotranspiração foi calculado de acordo com a equação:

$$K_r = -0.00012 C^2 + 0.0226 C$$

em que C representa a percentagem de área coberta, calculada através da seguinte expressão:

$$C = \frac{\pi D^2 N}{400} (\%)$$

onde D é o diâmetro médio da copa e N o número de plantas por hectare.

Os dados meteorológicos para a determinação da ETo foram obtidos de uma estação meteorológica automática localizada próximo do olival. O coeficiente cultural para o período de rega foi de 0,55.

4.5. Observações fenológicas

Os estados fenológicos foram registados semanalmente, desde o dia 28 de fevereiro de 2019 (período de quebra de repouso vegetativo), até á data de colheita, dia 24 de outubro de 2019. As observações foram feitas em 3 árvores por tratamento utilizando a escala BBCH seguindo o método de Sanz-Cortés (2002).



Figura 3 - Fotografias da evolução dos estados fenológicos, na imagem da esquerda ainda não existe inflorescências, imagem do meio já se vêm as inflorescências, na imagem da direita podem ver-se azeitonas em 3 diferentes estados de maturação.

4.6 Medições fisiológicas

4.6.1 Potencial hídrico

O potencial hídrico foliar foi determinado com uma câmara de pressão de (Modelo 1000, PMS Instrument Company, Albany, USA). Foram efetuadas determinações do potencial hídrico de base utilizando seis raminhos por tratamento.

4.6.2 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

O índice de vegetação (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index), que foi medido com o equipamento Fieldscout Cm 1000®NDVI, Spectrum Technologies, Plainfield, Illinois, USA, compara, por detecção remota, a luz emitida sobre uma folha e refletida, em dois comprimentos de onda, 660 nm (em que a clorofila absorve) e 840 nm (em que a clorofila não absorve). Esta medição foi feita pela manhã (10h00), em 6 folhas por árvore, de cada 6 árvores por tratamento.

4.6.3 Trocas gasosas

A fotossíntese e transpiração foram medidas com um analisador de gás por radiação infravermelha, IRGA, modelo LCA-4 (Analytical Development Co.Ltd.). Estas medições foram efetuadas de manhã entre as 10 e as 11 horas) e à tarde no período entre as 14 e as 15 horas), em 8 folhas de diferentes árvores, por tratamento.

4.7 Colheita

A colheita realizou-se no dia 24 de outubro de 2019, com vibrador de tronco e com o auxílio de ripagem manual. Sob a copa das árvores, estenderam-se malhas, para as quais caíram as azeitonas, posteriormente recolhidas para caixas, nas quais se fez a pesagem da produção por árvore, em 6 árvores por tratamento.

4.8 Parâmetros de qualidade

4.8.1 Biometria

As características biométricas foram realizadas em laboratório, aproximadamente de 15 em 15 dias, em 30 azeitonas por tratamento. Com um paquímetro de precisão ± 0.01 mm (Powerfix Profi+, OWIM GmbH&Co.KG, Neckarsulm, Germany), mediram-se 2 diâmetros (comprimento e largura), e com uma balança analítica (Kern, ACJ 220-4M, Germany), pesaram-se as azeitonas individualmente.

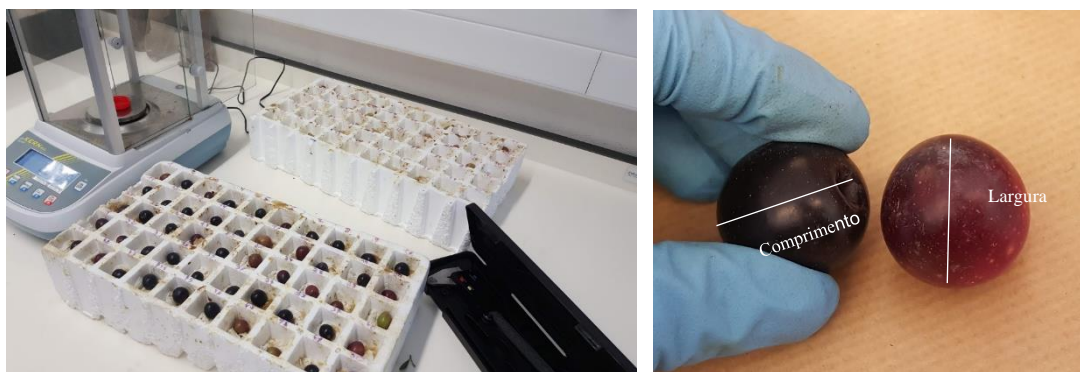


Figura 4 - Mostra o procedimento da biometria, tabuleiro onde se colocam as azeitonas numeradas, paquímetro e balança analítica.

4.8.2 Textura

Para a medição da textura, foi utilizado um texturómetro TA.XT. Textura plus (Stable Microsystems, Godalming, Reino Unido) (Figura 5) aplicando o teste de punção a partir da metodologia descrita por Cano-Lamadrid (2015) com ligeiras alterações. Assim foram determinadas a força de rotura da pele (N), a distância em que ocorre (elasticidade) (mm) e a dureza (N.sec). Foi usada uma sonda de 2 mm e uma velocidade de teste de 1,0 mm/s. Após a colheita, as azeitonas foram fermentadas ao natural, em salmoura a 6%, durante 6 meses. Estes parâmetros foram determinados logo após a colheita e no fim do processo de salmoura, em 3 tratamentos (3D100-4.0; 3D60-4.0 e NR) e em 25 azeitonas por cada tratamento.



Figura 5 – Texturómetro, TA.XT. Textura plus (Stable Microsystems, Godalming, Reino Unido), realização da análise da textura em uma azeitona.

5. Resultados e discussão

5.1 Condições meteorológicas durante o período do ensaio

A temperatura máxima, mínima e precipitação, foram, durante o ano de 2019, registadas através de uma estação meteorológica automática, localizada nas proximidades do local do ensaio experimental (Figura 6). Observa-se que a precipitação anual foi muito inferior, a um ano médio considerando os valores da Normal climatológica (1970-2000) de Mirandela (Figura 7). A temperatura máxima registada em julho foi mais alta, ambas comparadas com as médias de Mirandela nos últimos anos. Em relação á humidade relativa do ar, em média, foi mais baixa em julho, e o mês em que foi mais elevada foi em novembro.

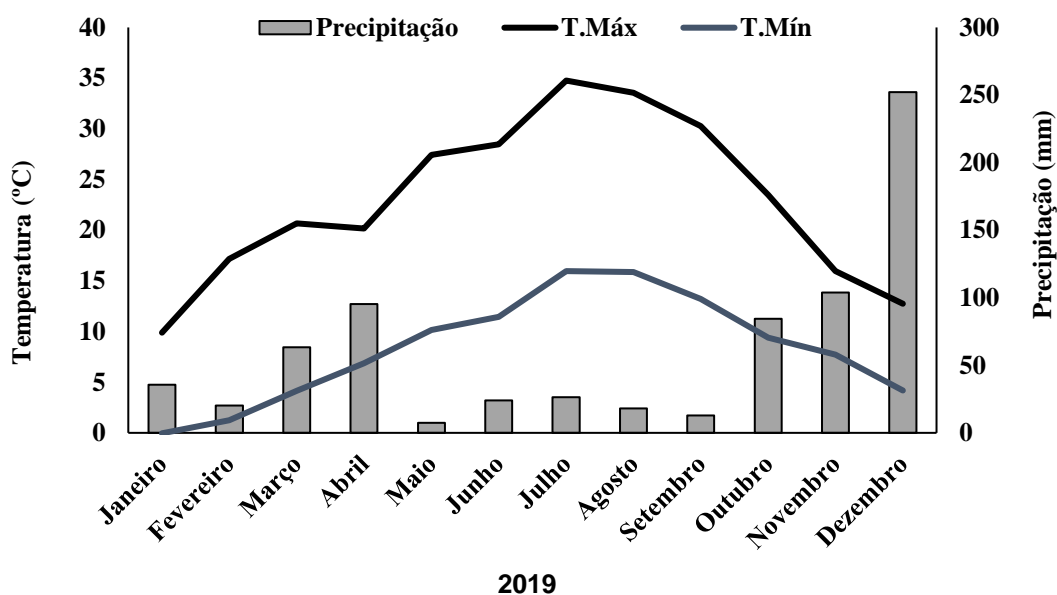


Figura 6 - Média mensal das temperaturas máxima e mínima e precipitação mensal acumulada, em 2019, no local do ensaio.

Segundo o IPMA (2019), em março, os valores de temperatura máxima do ar, foram muito acima do normal durante vários dias consecutivos. Entre 20 e 31 de março ocorreu uma onda de calor que abrangeu grande parte da região Norte, onde se inclui o local do ensaio, e prolongou-se até aos primeiros dias de abril.

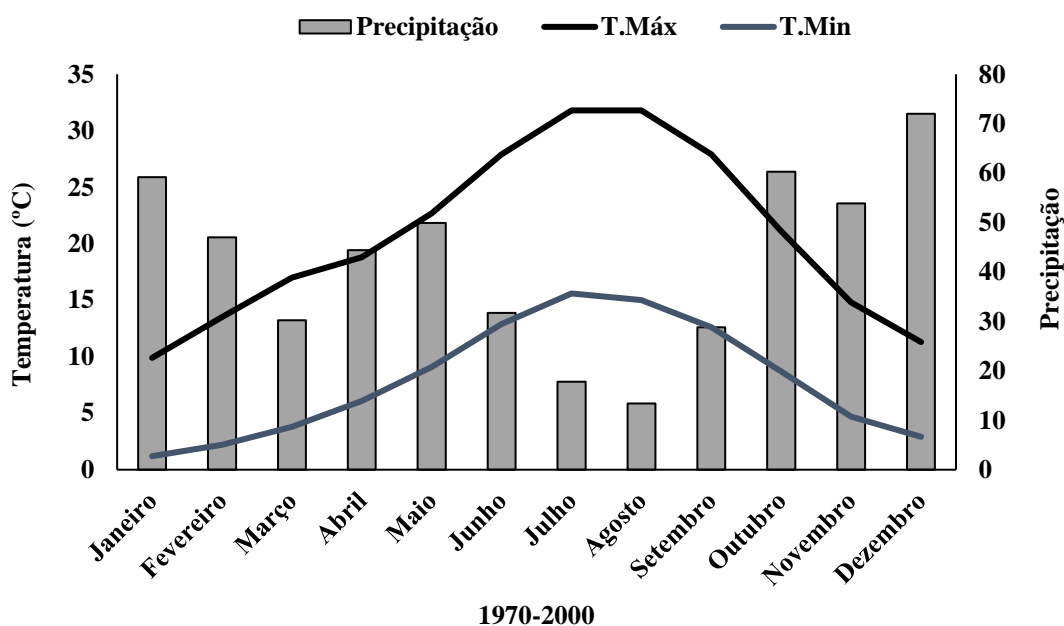


Figura 7- Média mensal das temperaturas máxima e mínima e precipitação mensal acumulada, para Mirandela (1970-2000).

O verão de 2019 (junho, julho, agosto), foi ligeiramente mais quente e seco do que o ano médio. O valor da temperatura máxima do ar, 27,81 °C, foi superior ao normal em 0,18°C, enquanto o valor médio da temperatura mínima do ar, 14,13 °C, foi inferior ao normal em 0,74 °C, sendo o valor mais baixo dos últimos 40 anos. Em relação à precipitação, o total registado neste verão 45,9 mm, foi inferior ao normal e corresponde a 77% do valor normal mensal. De destacar que no verão de 2019: foi o junho mais frio desde 2000; seca meteorológica em todo o território durante os 3 meses de verão; no final de agosto 35 % do território estava nas classes de seca severa e extrema. Em julho registou-se um aumento da área afetada por seca moderada nas regiões do Norte e Centro. No final de julho todo o território estava em seca meteorológica, sendo que 38 % estava nas classes de seca severa e extrema; em agosto registou-se um ligeiro desagravamento em alguns locais das regiões do Norte e Centro (IPMA, 2019).

5.2. Água Aplicada

De acordo com os dados climatológicos, registados na estação próxima do local do ensaio, calculou-se a rega a aplicar nos tratamentos, rega plena (100%) e rega deficitária (60%), o tratamento de sequeiro, apenas recebeu água da precipitação ocorrida. A tabela (3), contem os volumes de água aplicada aos tratamentos e o volume de água que receberam através da precipitação, diferenciando a precipitação anual, da precipitação que ocorreu ao longo do ciclo vegetativo (a mais importante, por ser a usada pela cultura, sendo que a restante ocorreu quando as plantas se encontravam em repouso vegetativo).

Tabela 3 - Água aplicada através da rega (rega plena 100% e rega deficitária 60%), precipitação anual, precipitação ao longo do ciclo vegetativo e total de água recebida durante o ano do ensaio, 2019.

Rega %	Precipitação anual (m³/ha)	Precipitação Durante o Ciclo Vegetativo (m³/ha)	Água aplicada (rega) (m³/ha)	Total Água (m³/ha)
60	743,8	332	860	1192
100	743,8	332	1433.3	1765.3
NR	743,8	332	0	332

5.3. Fenologia

A fenologia da oliveira ocorre num ciclo anual. Este ciclo inclui a formação de botões durante o verão anterior, a entrada em dormência durante o período frio (Inverno), o florescimento no final do inverno (embora a iniciação floral ocorra em novembro, o processo de desenvolvimento das partes visíveis da flor não começa até março), e desenvolvimento da estrutura da flor desde o início da primavera, até á plena floração, meados da primavera (Maillard, 1975). Por norma a diferenciação floral, ocorre no final de fevereiro e floresce em maio, quando a formação de cada parte da flor ocorre na inflorescência. O desenvolvimento das fases reprodutivas na oliveira está concentrado num período de 5 a 6 semanas, do final de abril ao final de maio. O

desenvolvimento do botão floral e a maturação do fruto da azeitona são frequentemente acompanhados por alguns processos bioquímicos únicos (Viola & Caracciolo, 2013).

Ao longo do ciclo foram registados, semanalmente, os estados fenológicos da oliveira. Na Tabela 4, estão as datas referentes, aos estados principais. Os botões florais começaram a distinguir-se muito bem no início de março, a meados de março já se observava o racimo floral bem desenvolvido, a plena floração ocorreu a meio maio, enquanto isso ocorria a fecundação dos ovários, e no final de maio, deu-se a queda das pétalas e dos ovários não fecundados.

Os frutos foram crescendo, assim como o caroço, e o endurecimento foi registado a meio junho. A partir do endurecimento do caroço, os frutos foram crescendo, e a mudança de cor deu-se no início de outubro, e de acordo com o avanço da maturação, a cor foi alterando de amarelada para violácea, no final de outubro.

Tabela 4 - Principais estados fenológicos, ocorridos durante o ciclo vegetativo, de acordo com a escala BBCH.

Data de ocorrência	Escala BBCH	Estado fenológico
28/02/2019	11	As primeiras folhas separam-se na totalidade, apresentam uma cor, cinza esverdeada.
04/03/2019	37	Os botões florais, alcançam 70% do seu tamanho final.
19/03/2019	52	As gemas florais abrem, começa o desenvolvimento do racimo floral.
07/05/2019	60	Abertura das primeiras flores.
13/05/2019	65	Plena floração, pelo menos 50% das flores estão abertas.
20/05/2020	69	Fim da floração, vingamento dos frutos e caída dos ovários não fecundados.
17/06/2019	75	Tamanho dos frutos alcançam 50 % do seu tamanho final, endurecimento do caroço.
23/09/2019	79	Tamanho dos frutos alcançam 90 % do seu tamanho final, aptos para azeitona de mesa.
07/10/2019	81	Início do aparecimento de cor nos frutos.

5.4. Potencial hídrico foliar

Tendo em conta que o potencial hídrico varia ao longo do dia e em função da reserva hídrica que existe no solo, a medição do potencial de base foi feita, antes do nascer do sol, porque é considerado um bom indicador da disponibilidade hídrica, pois é a altura em que os potenciais de água nas folhas e no solo estão mais equilibrados.

No geral, observando a Figura 8, relativamente às datas, podemos observar que em julho as plantas sofriam um stress hídrico menor do que em setembro.

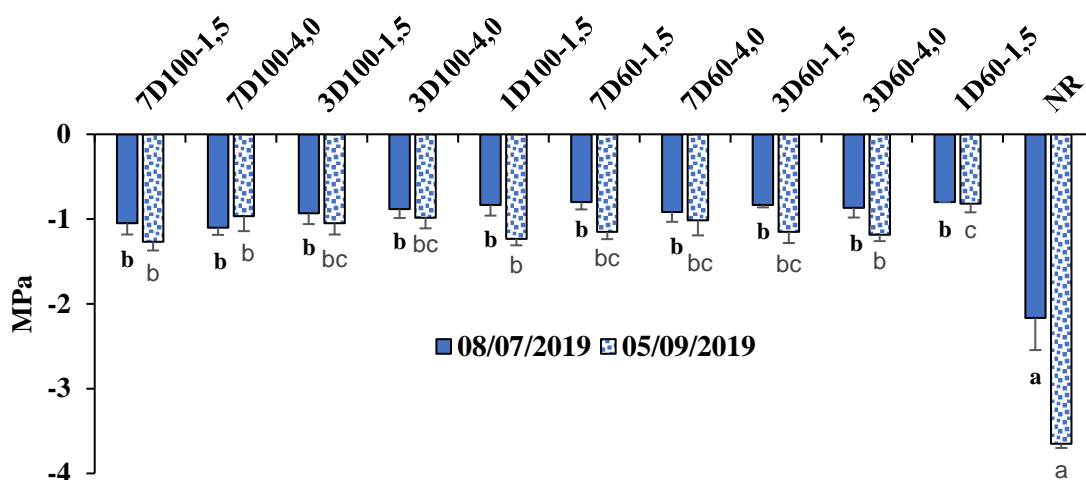


Figura 8- Potencial hídrico de base, medido em dias diferentes (08 de julho e 05 de setembro de 2019). Letras diferentes nas barras, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).

Em julho não houve diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos regados. A precipitação ocorrida em julho pode ter sido responsável pela recuperação do stress imposto pela rega deficitária controlada. Inês (2011) verificou algo parecido no estudo que realizou (embora em uma cultura diferente, no caso concreto, pessegueiro), a ocorrência de chuva manteve teores de humidade elevados no solo, o que impediu que se verificasse os efeitos relevantes da rega deficitária durante a fase de endurecimento do caroço. Verificou-se, contudo uma diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos regados e sequeiro. Resultados idênticos foram observados por Casanova et al. (2019) em que o potencial hídrico foi semelhante nos quatro tratamentos de rega que

aplicaram, antes do endurecimento do caroço, e mesmo depois do endurecimento do caroço, apesar de o potencial hídrico ter diminuído, diminui em todos os tratamentos sem diferenças significativas. Apenas obtiveram diferenças estatisticamente significativas nos diferentes tratamentos, no início do período de recuperação.

Em setembro, já se observam diferenças significativas entre os tratamentos, sendo o tratamento com rega deficitária e regado apenas 1 dia por semana (1D60-1,5) o que apresenta maior conforto hídrico e no geral, os tratamentos de rega deficitária 60% ET_c, apresentam um maior conforto hídrico, do que os tratamentos de rega plena 100% ET_c (quando comparados nas mesmas condições, nº dias de rega e caudais).

5.5. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

As folhas verdes vivas absorvem a radiação solar na região espectral da radiação fotossinteticamente ativa (PAR), que usam como fonte de energia no processo de fotossíntese. Folhas saudáveis, têm baixa refletância de luz vermelha e alta refletância no infravermelho próximo que produzem valores altos de NDVI.

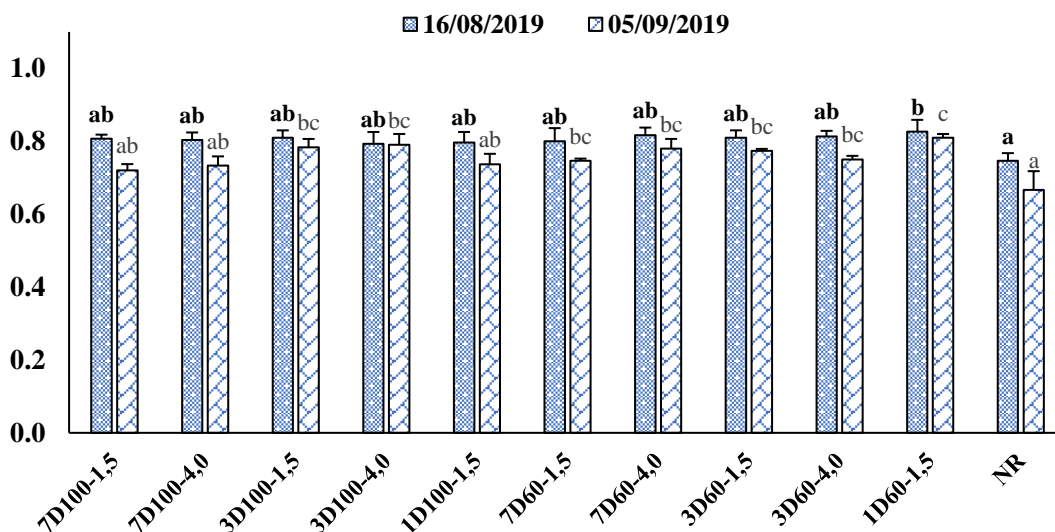


Figura 9- Representa graficamente o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, medido em duas datas diferentes, 16 de agosto e 05 de setembro de 2019. Letras diferentes nas barras, indicam diferenças significativas entre os tratamentos. (p-value <0,05)

A quantidade crescente de valores positivos de NDVI indica o aumento nas quantidades de verde “vivo” nas folhas. Os valores de NDVI próximos de zero e valores negativos decrescentes indicam folhas, ou parte de folhas mortas. (Arabameri & Pourghasemi, 2019). Resumidamente, quando o grau de senescência das folhas aumenta, o NDVI diminui.

Na Figura 9 observam-se diferenças significativas entre os tratamentos. Em relação ao período de medição, observamos que o NDVI em setembro é menor que em agosto, quer isto dizer que o grau de senescência das folhas, em setembro é maior do que em agosto, o que era de esperar, as folhas vão secando ao longo do verão, devido às condições climáticas impostas. A diferença mais significativa, encontra-se no tratamento de sequeiro, em ambas as datas o NDVI é sempre menor, quando comparado com os restantes tratamentos, o que é normal, porque não tinha o mesmo acesso à água, o que por sua vez se reflete na senescência precoce e mais elevada das folhas.

5.6. Trocas gasosas

Os estomas são o principal mecanismo de controlo que as plantas têm para reduzir as perdas de água. As oliveiras têm uma capacidade enorme de controlar as perdas de água, são muito rápidas na resposta aos fatores climáticos extremos, fechando logo os estomas para se protegerem, sendo este um dos principais efeitos fisiológicos, nas oliveiras, para combater situações de stresse hídrico. De acordo com Santos et al., (2007), este sistema protetor trás consequências para as trocas gasosas, diminuindo a taxa fotossintética.

O potencial hídrico a condutância estomática, taxa de transpiração e fotossíntese líquida, são parâmetros correlacionados, que mostram o nível de stresse da planta em função do deficit hídrico do solo. Na Tabela 5 estão representados os valores das principais variáveis climáticas dos dias em que foram efetuadas as medições das trocas gasosas.

Tabela 5- Valores climáticos e estado hídrico das plantas, nos dias em que se efetuaram as medições das trocas gasosas (25 de julho e 05 de setembro de 2019).

Data	25 – Julho – 2019	05 – Setembro – 2019
Temperatura mínima °C	15,29	16,56
Temperatura média °C	24,32	23,42
Temperatura máxima °C	34,14	30,04
Humidade Relativa (%)	53,29	36,14
Radiação Solar média (W/m ²)	278	292
ET ₀ (mm/d)	5	4,9

A medição das trocas gasosas ao nível dos estomas foi utilizada como forma de avaliar a atividade fotossintética e a transpiração das oliveiras. A atividade fotossintética é influenciada pela quantidade de água disponível na planta. Quando a quantidade de água disponível na planta permite uma boa atividade fotossintética, o crescimento vegetativo aumenta, assim como a acumulação e síntese de azeite nas azeitonas. Para a oliveira, a temperatura ótima para o processo fotossintético varia entre os 15°C e os 30°C, embora a 40°C ainda se alcancem elevadas taxas de fotossíntese (Navarro et al., 2004).

Na Tabela 6 observam-se diferenças significativas entre os tratamentos, em ambos os parâmetros medidos (E - Taxa de Transpiração e g_s - Condutância Estomática). A condutância estomática nos tratamentos regados a 100 % da ET_c é superior, à dos tratamentos de rega deficitária (60% da ET_c), ou seja, os tratamentos de rega plena, têm maior conforto hídrico, não tem tanta necessidade de reter água, como os tratamentos de rega deficitária.

O mesmo acontece com a taxa de transpiração, o conforto hídrico dos tratamentos de rega plena, apresentando as plantas uma taxa de transpiração mais elevada. O stresse hídrico imposto às plantas nos tratamentos de rega deficitária (60% da ET_c), traduziu-se numa menor taxa de transpiração. As oliveiras em sequeiro apresentaram taxas de transpiração e e condutâncias estomáticas inferiores às dos tratamentos regados.

Tabela 6 - Taxa de transpiração (E) e condutância estomática (gs), medidas a 25 de julho de 2019, pelas 11h00. Letras diferentes na tabela, mostram diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).

Tratamento	E (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)	gs (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)
7D100-1,5	6,22 ± 0,76 ^e	104,76 ± 17,14 ^c
7D100-4,0	4,47 ± 0,30 ^{bc}	95,72 ± 11,06 ^c
3D100-1,5	4,98 ± 0,25 ^{bcd}	106,94 ± 11,12 ^c
3D100-4,0	5,39 ± 0,80 ^{cde}	103,32 ± 18,71 ^c
1D100-1,5	6,17 ± 0,20 ^e	109,60 ± 5,62 ^c
7D60-1,5	3,01 ± 0,28 ^a	53,89 ± 5,62 ^{ab}
7D60-4,0	5,35 ± 0,25 ^{bcd}	84,99 ± 3,43 ^{bc}
3D60-1,5	4,14 ± 0,35 ^b	95,75 ± 9,35 ^c
3D60-4,0	4,27 ± 0,36 ^{bc}	82,95 ± 12,96 ^{bc}
1D60-1,5	5,53 ± 0,42 ^{de}	101,17 ± 5,80 ^c
NR	2,75 ± 0,19 ^a	40,44 ± 2,31 ^a

Na medição realizada a 05 de setembro são evidentes as diferenças significativas entre os tratamentos, em todos os parâmetros analisados (Tabela 7). Observa-se em geral, que a taxa fotossintética tende a ser maior na medição da manhã. Na medição da tarde, observamos o contrário, as plantas têm imposto stresse hídrico, por consequência há uma diminuição da condutância estomática e a taxa fotossintética diminui.

Quando comparados os tratamentos de rega plena 100% da ET_c, com os tratamentos de rega deficitária 60% da ET_c, na medição da manhã, a gs (condutância estomática) apresenta valores mais elevados nos tratamentos de rega deficitária, assim como a transpiração apresenta também valores superiores nos tratamentos de rega deficitária.

Na medição da tarde, apesar de haver diferenças significativas entre os tratamentos, não se observam tendências, há um equilíbrio entre os tratamentos de rega plena e rega deficitária. Com a exceção do tratamento de sequeiro, que devido ao stresse hídrico imposto, apresenta valores muito baixos em todos os parâmetros, quando comparado com os restantes tratamentos.

Tabela 7 - Taxa de transpiração e condutância estomática, medidas a 05 de setembro de 2019, pelas 11h00 e 15h00. Letras diferentes na tabela, mostram diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).

	Tratamento	E (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	gs (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	A (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	WUE (μmol CO ₂ mmol ⁻¹ H ₂ O)
10h00 Manhã	7D100-1,5	2,51 ± 0,61 ^a	72,86 ± 29,27 ^{ab}	13,39 ± 1,83 ^{ab}	202,33 ± 69,48 ^{ab}
	7D100-4,0	3,73 ± 0,64 ^b	95,65 ± 21,91 ^{bcd}	14,72 ± 1,85 ^{bc}	156,55 ± 18,54 ^{ab}
	3D100-1,5	3,70 ± 0,38 ^b	97,72 ± 15,58 ^{bcd}	15,82 ± 2,80 ^{bc}	161,55 ± 6,60 ^{ab}
	3D100-4,0	4,33 ± 0,28 ^b	120,60 ± 11,16 ^d	15,81 ± 0,87 ^{bc}	131,65 ± 11,59 ^{ab}
	1D100-1,5	4,48 ± 0,46 ^b	121,24 ± 17,33 ^d	14,04 ± 3,74 ^{abc}	115,93 ± 26,97 ^a
	7D60-1,5	4,06 ± 0,94 ^b	101,98 ± 29,97 ^{bcd}	20,29 ± 11,78 ^c	207,52 ± 135,51 ^b
	7D60-4,0	4,24 ± 0,82 ^b	105,88 ± 23,60 ^{cd}	19,43 ± 2,62 ^{bc}	186,79 ± 25,09 ^{ab}
	3D60-1,5	4,01 ± 0,18 ^b	100,76 ± 9,85 ^{bcd}	15,13 ± 0,36 ^{bc}	151,11 ± 1450 ^{ab}
	3D60-4,0	3,73 ± 0,64 ^b	87,03 ± 18,38 ^{bc}	14,88 ± 2,19 ^{bc}	172,99 ± 16,23 ^{ab}
	1D60-1,5	4,52 ± 0,30 ^b	114,04 ± 10,65 ^{cd}	18,63 ± 1,21 ^{bc}	163,68 ± 7,31 ^{ab}
	NR	2,21 ± 0,4 ^a	43,84 ± 9,06 ^a	8,48 ± 1,14 ^a	202,43 ± 67,18 ^b
15h00 Tarde	7D100-1,5	4,27 ± 1,12 ^{bc}	94,99 ± 28,83 ^{cd}	14,97 ± 2,53 ^{bc}	163,30 ± 28,31 ^{abc}
	7D100-4,0	4,46 ± 0,20 ^{bcd}	97,94 ± 7,52 ^{cd}	13,14 ± 1,83 ^{bc}	135,45 ± 28,28 ^{ab}
	3D100-1,5	5,12 ± 0,66 ^{cde}	117,22 ± 27,99 ^d	16,00 ± 2,62 ^c	139,33 ± 23,22 ^{ab}
	3D100-4,0	5,12 ± 0,53 ^{cde}	106,56 ± 13,27 ^{cd}	14,82 ± 0,55 ^{bc}	140,51 ± 17,35 ^{ab}
	1D100-1,5	4,63 ± 0,44 ^{bcd}	86,88 ± 10,10 ^{bc}	12,54 ± 1,88 ^{bc}	146,26 ± 33,05 ^{ab}
	7D60-1,5	3,54 ± 0,31 ^b	59,09 ± 6,67 ^{ab}	10,76 ± 1,57 ^{ab}	182,34 ± 21,11 ^{bc}
	7D60-4,0	4,85 ± 0,35 ^{cde}	84,21 ± 6,90 ^{bc}	14,08 ± 3,66 ^{bc}	169,91 ± 56,42 ^{abc}
	3D60-1,5	5,50 ± 0,82 ^{de}	99,24 ± 20,64 ^{cd}	10,79 ± 2,93 ^{ab}	108,21 ± 11,44 ^a
	3D60-4,0	5,61 ± 1,02 ^e	101,03 ± 24,86 ^{cd}	13,04 ± 3,00 ^{bc}	129,52 ± 3,48 ^{ab}
	1D60-1,5	5,46 ± 0,75 ^{de}	100,78 ± 18,18 ^{cd}	14,03 ± 0,67 ^{bc}	142,74 ± 29,73 ^{ab}
	NR	2,30 ± 0,43 ^a	33,52 ± 6,55 ^a	7,36 ± 4,41 ^a	206,43 ± 102,36 ^c

5.7. Produção

A rega teve um efeito significativo no aumento da produtividade. A diferença entre o tratamento de sequeiro e os tratamentos regados foi estatisticamente significativa. O tratamento mais produtivo foi o tratamento regado 1 dia por semana a 60% da ET_c e caudal de 1.5 L/h (1D60 – 1,5), cuja produtividade foi de 12311 kg/ha, a seguir vem o tratamento regado 7 dias por semana, a 60% também, com caudal de 4.0 L/h (7D60 – 4,0), por último o 3º mais produtivo, já se encontra nos tratamentos de rega plena 100% ET_c, foi o tratamento regado 1 dia por semana, a 100% e com caudal de 1.5 L/h (1D100 – 1,5). (Tabela 8) Os restantes tratamentos, rondam os 7000 kg/ha, exceto o tratamento de sequeiro, que foi o menos produtivo, 5309 kg/ha, apresentando mesmo assim uma produtividade aceitável, isto porque apesar das azeitonas serem pequenas, as árvores produziram muita azeitona, e a precipitação ocorrida permitiu alguma recuperação no tamanho destas azeitonas.

Tabela 8- Produtividade (kg/ha), de cada tratamento. Letras diferentes na tabela, mostram diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).

Tratamento	Produtividade (Kg/ha)
7D100-1,5	6805,33 ± 844,53 ^{ab}
7D100-4,0	7574,67 ± 1300,97 ^{bc}
3D100-1,5	6898,67 ± 2976,67 ^{bc}
3D100-4,0	8824,00 ± 1854,34 ^{cd}
1D100-1,5	10345,33 ± 1645,53 ^{df}
7D60-1,5	8084,00 ± 1545,81 ^{bc}
7D60-4,0	11009,33 ± 1387,68 ^f
3D60-1,5	8808,00 ± 1772,37 ^{cd}
3D60-4,0	6873,33 ± 1915,62 ^{bc}
1D60-1,5	12310,67 ± 1909,39 ^f
NR	5309,33 ± 1528,98 ^a

A Figura 10 apresenta os valores da produção por volume de copa onde se pode observar diferenças significativas entre os tratamentos. Na produção por volume de copa, tal como na produtividade, os dois tratamentos mais produtivos, encontram-se entre os tratamentos de rega deficitária 60% ET_c , observou-se que o tratamento mais produtivo foi o tratamento regado 1 dia por semana, a 60% e caudal de 1.5 L/h (1D60 – 1,5), mas o 2º tratamento mais produtivo difere da produtividade por hectare, é o tratamento regado 3 dias por semana, também a 60%, e com caudal de 1.5 L/h (3D60 – 1,5). O 3º mais produtivo encontra-se também nos tratamentos de rega plena 100% ET_c , assim como na produção por hectare, mas não é o mesmo, é o tratamento regado a 100%, 3 dias por semana, mas com caudal de 4.0 L/h (3D100 – 4,0). A menor produção, expressa em kg por volume de copa, foi observada no tratamento de sequeiro.

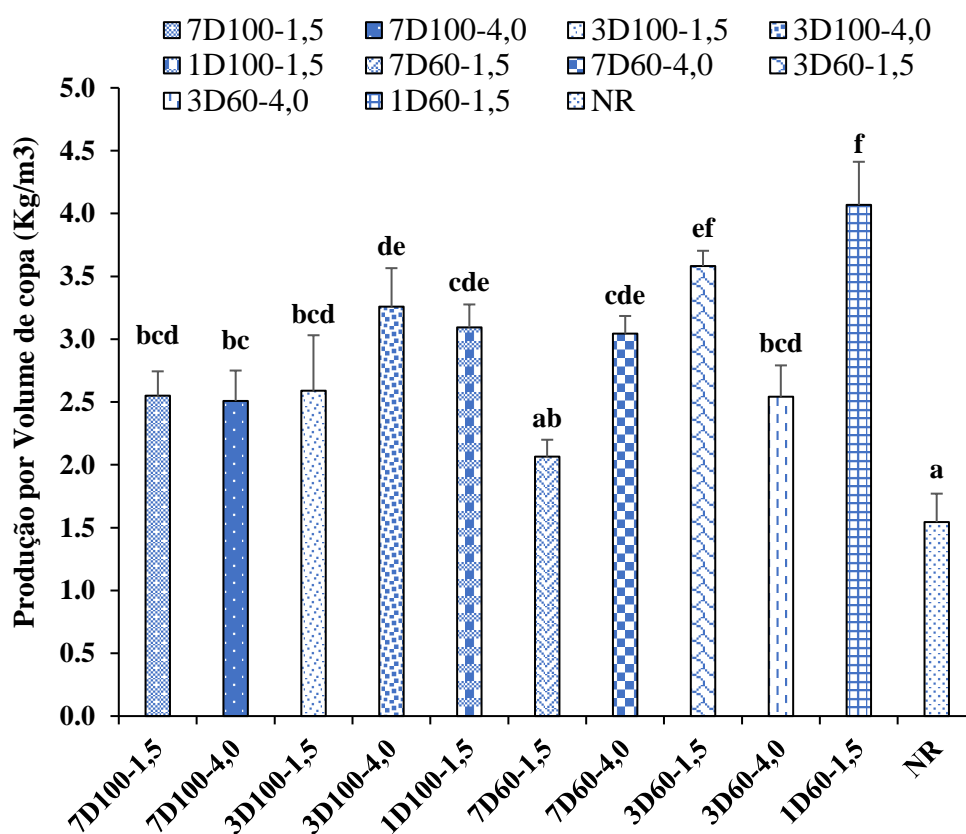


Figura 10- Produção por volume de copa (kg/m³), de cada tratamento. Letras diferentes nas barras mostram diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).

5.8. Produtividade da água

Atualmente, com a escassez de água, tem vindo a crescer a importância que se dá á sustentabilidade do regadio. A produtividade da água é vista como um parâmetro de sustentabilidade da rega e define-se como o rendimento, lucro líquido por unidade de água utilizada na evapotranspiração (Geerts & Raes, 2009). Quanto mais se produzir, e menos água se utilizar significa uma maior eficiência do uso da água.

De entre os tratamentos regados, os que apresentam melhores resultados de produtividade da água, são os tratamentos de rega deficitária (60% da ETc), (Figura 11). Em geral têm uma produtividade da água mais elevada que os tratamentos de rega plena (100% da ETc). O tratamento não regado, é aquele que mais se destaca, neste caso concreto, pela positiva, isto porque tudo aquilo que produziu, foi sem gasto algum de água, a não ser da precipitação que ocorreu durante a estação.

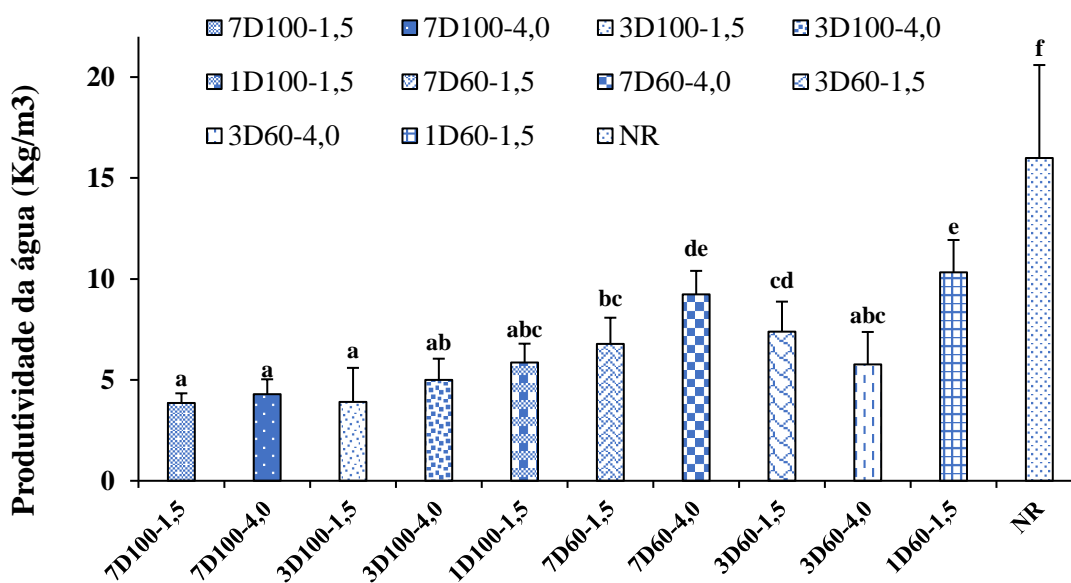


Figura 11- Produtividade da água (kg/m³), de cada tratamento. Letras diferentes nas barras mostram diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).

5.9. Parâmetros de qualidade

5.9.1 Biometria

As medições biométricas apresentadas na Tabela 9, realizadas nas azeitonas no dia seguinte à colheita, mostram diferenças significativas entre os tratamentos, em todos os parâmetros medidos. No geral, observa-se uma tendência para maior peso e dimensão das azeitonas dos tratamentos de rega plena 100% da ETc, destacando-se o tratamento regado 7 dias por semana, a 100%, com caudal 1.5 L/h (7D100 – 1,5).

Tabela 9- Biometria realizada nas azeitonas, após colheita, peso (g), comprimento (mm), largura (mm) e relação polpa caroço. Letras diferentes na tabela, mostram diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).

Tratamento	Peso (g)	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Relação Polpa Caroço
7D100-1,5	4,46 ± 0,86 ^f	21,45 ± 1,33 ^e	18,99 ± 1,32 ^g	6,71 ± 0,95 ^{def}
7D100-4,0	4,19 ± 0,90 ^{def}	20,61 ± 1,70 ^d	17,98 ± 1,50 ^{cde}	6,55 ± 1,16 ^{de}
3D100-1,5	4,25 ± 0,72 ^{ef}	20,38 ± 1,67 ^{bcd}	18,24 ± 1,12 ^{def}	7,13 ± 0,84 ^{fg}
3D100-4,0	4,19 ± 0,75 ^{de}	20,43 ± 1,50 ^{cd}	18,59 ± 1,23 ^{fg}	7,02 ± 0,96 ^{efg}
1D100-1,5	4,11 ± 1,19 ^{cde}	20,56 ± 1,66 ^{cd}	17,60 ± 1,79 ^{bc}	5,79 ± 1,60 ^c
7D60-1,5	3,53 ± 0,68 ^b	20,42 ± 1,34 ^{bcd}	17,31 ± 1,36 ^b	5,08 ± 1,00 ^b
7D60-4,0	3,87 ± 0,97 ^c	20,50 ± 1,75 ^{cd}	17,78 ± 1,67 ^c	5,93 ± 1,00 ^c
3D60-1,5	4,11 ± 0,80 ^{cde}	20,09 ± 1,58 ^{bc}	17,97 ± 1,18 ^{cde}	6,86 ± 1,21 ^g
3D60-4,0	3,96 ± 0,71 ^{cd}	19,93 ± 1,48 ^b	17,87 ± 1,12 ^{cd}	6,28 ± 0,87 ^{cd}
1D60-1,5	4,17 ± 0,87 ^{de}	21,49 ± 1,77 ^e	18,38 ± 1,38 ^{ef}	5,81 ± 2,25 ^c
NR	2,24 ± 0,38 ^a	16,46 ± 1,03 ^a	14,69 ± 0,95 ^a	4,15 ± 0,58 ^a

Os tratamentos de rega plena 100% da ETc, tendem a apresentar uma relação polpa caroço maior que os tratamentos de rega deficitária 60% da ETc. O tratamento regado 3 dias por semana, a 100%, com um caudal de 1.5 L/h (3D100 – 1,5), é o que apresenta maior relação polpa caroço.

O tratamento não regado foi o que apresentou em média, azeitonas de menor dimensão e com menor relação polpa caroço.

Iniesta et al., (2009), obtiveram resultados semelhantes, diferenças semelhantes no crescimento dos frutos entre os tratamentos, os tratamentos de rega deficitária reduziram o crescimento dos frutos durante a estação seca, mas após o reinício da rega e as chuvas, a sua taxa de crescimento aumentou. No entanto, o volume final das azeitonas foi menor nos tratamentos de rega deficitária.

Casanova et al. (2019) verificaram também que os tratamentos de rega deficitária não alteraram significativamente o peso médio das azeitonas.

5.9.2 Textura

A textura é um parâmetro de qualidade muito importante em azeitona de mesa que tem grande influência na aceitação do consumidor. O texturómetro é um equipamento utilizado para medir força/trabalho de compressão em alimentos, sendo um equipamento que possui a possibilidade de exercer uma força constante, obtendo um registo gráfico da força empregada ao longo do perfil da amostra, o que permite caracterizar fisicamente alimentos. Por isso torna-se preferível utilizar estes equipamentos de avaliação de textura em vez dos métodos sensoriais, porque podem ser conduzidos sob condições controladas, permitindo obter medições precisas, sem interferência de aspetos subjetivos inerentes à análise sensorial humana.

Tabela 10- Textura: Rotura da pele (N), Elasticidade (mm) e Dureza (N.sec.), medidas nas azeitonas cruas. Letras diferentes na tabela, representam diferenças significativas entre os tratamentos.

Tratamento	Rotura da pele N	Elasticidade (mm)	Dureza (N.sec)
3D100-4.0	3,93 ± 0,64 ^b	2,63 ± 0,33 ^c	12,69 ± 2,63 ^b
3D60-4.0	4,03 ± 0,66 ^b	2,43 ± 0,32 ^b	12,33 ± 2,31 ^b
NR	3,21 ± 0,65 ^a	2,21 ± 0,32 ^a	9,26 ± 2,44 ^a

A análise dos parâmetros da textura foi efetuada em azeitonas de 3 tratamentos com diferentes percentagens de rega: tratamento de rega plena 100 % da ETc, de rega deficitária 60% da ETc e o tratamento de sequeiro.

Os resultados obtidos para azeitonas cruas, no dia seguinte á colheita apresentam-se na Tabela 10. Em todos os parâmetros medidos, o tratamento de sequeiro é o que apresenta valores inferiores em todos os parâmetros (rotura da pele, elasticidade e dureza) relativamente aos tratamentos regados.

Após a colheita, as azeitonas foram fermentadas ao natural, em salmoura a 6%, durante 6 meses. A Tabela 11 contem os resultados da textura medida nas azeitonas curadas. Existem diferenças significativas entre os tratamentos, sendo o tratamento de rega plena 100% da ETc, o que apresenta maior firmeza na pele, maior elasticidade na polpa e maior dureza, que se traduz em maior crocância. Segue-se o tratamento de rega deficitária 60% da ETc, e por último o tratamento de sequeiro.

Tabela 11- Textura: Rotura da pele (N), Elasticidade (mm) e Dureza (N.sec.), medidas nas azeitonas curadas. Letras diferentes na tabela, representam diferenças significativas entre os tratamentos.

Tratamento	Rotura da pele N	Elasticidade (mm)	Dureza (N.sec)
3D100-4.0	6,37 ± 1.35 ^c	3,70 ± 0.26 ^c	22,67 ± 4.33 ^c
3D60-4.0	5,64 ± 1.21 ^b	3,58 ± 0.39 ^b	19,86 ± 3.97 ^b
NR	5,17 ± 1.55 ^a	2,84 ± 0.31 ^a	14,70 ± 4.67 ^a

Com os resultados obtidos podemos sugerir que a rega melhorou a textura, tanto das azeitonas em cru como depois do processo de salmoura. Isto pode dever-se ao fato de o stresse hídrico severo, provocar a acumulação de algumas enzimas (celulases e/ou poligalacturonases) que debilitam as paredes celulares das células vegetais e reduz estes parâmetros texturais dos frutos. A textura é um parâmetro de qualidade na azeitona de mesa. Assim, Cano-Lamadrid et al.,(2015), analisaram a textura (rotura da pele e dureza) de azeitonas, que não sofreram stresse hídrico e que sofreram diferentes níveis de stresse

hídrico, da cv. “Manzanilla”. Concluíram que as azeitonas de mesa que sofreram stress hídrico moderado, mostraram boa firmeza da pele e dureza e as azeitonas de árvores bem regadas, sem estresse, apresentaram valores mais baixos, mas sem obter resultados conclusivos em comparação com os nossos resultados, pois eles não tinham tratamento de sequeiro.

Foi, portanto, possível, economizar água por meio de estratégias de rega deficitária (60 ETC) sem comprometer a qualidade dos frutos.

6. Conclusões

Os resultados apresentados neste trabalho dizem respeito ao primeiro ano de ensaio e, por isso, as conclusões são de carácter preliminar. Contudo, foi possível extrair conclusões sobre o efeito da rega deficitária no comportamento fisiológico e agronómico da oliveira (cv. Negrinha de Freixo) e nas características da azeitona para consumo em fresco (azeitona de mesa) e em conserva.

O maior conforto hídrico das plantas submetidas ao tratamento de rega plena (100 % da ETc) teve efeitos positivos no seu desempenho fisiológico traduzido numa maior condutância estomática e taxa de fotossintética.

A nível da produtividade observou-se que a rega deficitária foi benéfica para o aumento da produtividade relativamente ao tratamento de sequeiro.

Os tratamentos de rega deficitária 60 % da ETc apresentaram uma produtividade da água mais elevada que os tratamentos de rega plena (100 % da ETc)..

Por último, os resultados relativos a alguns parâmetros de qualidade também mostraram benefícios da rega. Nos tratamentos de rega plena, as azeitonas eram maiores, com maior relação polpa caroço e na textura também apresentaram melhores resultados na Firmeza da pele, elasticidade e dureza.

Os resultados da produtividade e qualidade mostram que a estratégia de rega deficitária é determinante para a sustentabilidade do regadio no olival e em particular para o olival destinado à produção de azeitona de mesa.

Não foi possível extrair conclusões definitivas sobre o efeito da utilização de gotejadores de diferentes caudais, nem sobre o efeito de diferentes intervalos de rega. Serão necessários mais anos de estudo para confirmar algumas tendências observadas neste trabalho sobre esses efeitos para tirar conclusões mais sólidas e robustas.

Referências Bibliográficas

- Ahumada-Orellana LE, Ortega-Farías S, Searles PS. 2018. Olive oil quality response to irrigation cut-off strategies in a super-high-density orchard. *Agricultural Water Management* 202: 81-88.
- Alexandra, A., Marta, V., & Costa, R. (2010). Agricultura sustentável i : conceitos sustainable agriculture i : concepts.
- Allen, RG., Pereira, LS., Raes, D., y Smith, M., (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome.
- Arabameri, A. Pourghasemi, H.(2019). Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences, 13, 299-321
- Arampatzis, G., Hatzigiannakis, E., Pinaras, V., Kourgialas, N., Psarras, G., Kinigopoulou, V., ... Koubouris, G. (2018). Soil water content and olive tree yield responses to soil management , irrigation , and precipitation in a hilly Mediterranean area, 672–678.
- ASEMESA (2020). Asociación De Exportadores e Industriales de Aceitunas de Mesa, <https://asemesa.es/en/>, acessado a 18 de Junho de 2020.
- Beltrán, G.; Uceda, M.; Hermoso, M.; Frias. L. (2008). Maduración. in: El cultivo del olivo. 6ªEdición. Ediciones Mundi-Prensa & Junta da Andalucía, p. 165 - 184.
- Campus, M., Sedda, P., Cauli, E., Piras, F., Comunian, R., Paba, A., & Daga, E. (2015). LWT - Food Science and Technology Evaluation of a single strain starter culture , a selected inoculum enrichment , and natural microflora in the processing of Tonda di Cagliari natural table olives : Impact on chemical , microbiological , sensory and texture quality. *LWT - Food Science and Technology*, 64(2), 671–677.
- Cano-Lamadrid, M., Girón, I. F., Pleite, R., Burló, F., Corell, M., Moriana, A., & Carbonell-Barrachina, A. A. (2015). Quality attributes of table olives as affected by regulated deficit irrigation. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 19–26.

- Casanova, L., Corell, M., Suárez, M. P., Rallo, P., Martín-palomo, M. J., & Morales-sillero, A. (2019). Bruising response in ‘ Manzanilla de Sevilla ’ olives to RDI strategies based on water potential. *Agricultural Water Management*, 222(June), 265–273.
- Connor, D.J. e Fereres, E. 2005. The Physiology of Adaptation and Yield Expression in Olive. In: Horticultural Reviews, 31. Darnell, R., Ferguson, I.B. and Hokanson, S.C.(eds.), John Wiley and Sons, New Jersey, pp. 155-229.
- Cordeiro, A., Mouro, F. 2014. Colheita da azeitona. [autor do livro] P. Jordão. Boas Práticas no Olival e no Lagar. s.l. : Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P., 2014.
- Corell, M., Centeno, A., Galindo, A., Collado-gonzález, J., Gri, I., Girón, I. F., ... Pérez-lópez, D. (2018). Deficit irrigation and emerging fruit crops as a strategy to save water in Mediterranean semiarid agrosystems, 202, 311–324.
- Corell, M., Martín-palomo, M. J., Sánchez-bravo, P., Carrillo, T., & Collado, J. (2019). Scientia Horticulturae Evaluation of growers ’ efforts to improve the sustainability of olive orchards : Development of the hydroSOSustainable index, 257(June).
- de 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. *Acta Horticulturae* 586: 151-154.
- Domingo, R., & Castel, J. R. (2010). Review . Deficit irrigation in fruit trees and vines in Spain, 8.
- Egea, G., Fernández, J. E., & Alcon, F. (2017). Financial assessment of adopting irrigation technology for plant-based regulated deficit irrigation scheduling in super high-density olive orchards. *Agricultural Water Management*, 187, 47–56.
- Fereres, E., & Rabanales, C. U. De. (2018). Deficit irrigation for reducing agricultural water use, 58(2), 147–159.
- Fernandes-Silva, Anabela. (2008). Necessidades Hídricas e Resposta da Oliveira (*olea europaea l.*) ao Deficit Hídrico na Região da Terra Quente.

- Fernández JE, Perez-Martin A, Torres-Ruiz JM, Cuevas MV, Rodriguez-Dominguez CM, Elsayed-Farag S, Morales-Sillero A, García J, Hernandez- Santana V, Diaz-Espejo A. 2013. A regulated deficit irrigation strategy for hedgerow olive orchards with high plant density. *Plant Soil* 372: 279-295.
- Francisco L. Santos. A importância da rega no olival – conceitos e prática. [autor do livro] J. Bohm. *O Grande Livro da Oliveira e do Azeite: Portugal Oleícola. 1ª*. Lisboa : Dinalivro, 2013.
- Franganito, Julia Pereira. 2014. Resposta da cultura da ameixa em rega deficitária. Tese de Mestrado do curso de Agronomia do IP Beja.
- Geerts, S., & Raes, D. (2009). Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas, *96*, 1275–1284.
- Gómez-Rico, A.; Desamparados Salvador, M.; Moriana, A.; Pérez, D.; Olmedilla, N.; Ribas, F.;Fregapane, G. 2007. Influence of different irrigation strategies in a traditional Cornicabra cv. Olive orchard on virgin olive oil composition and quality. *Food chemistry*. 100: 568-578.
- Gonçalves, A., Silva, E., Brito, C., Martins, S., Pinto, L., Dinis, L., ... Correia, C. M. (2019). Olive tree physiology and chemical composition of fruits are modulated by different deficit irrigation strategies, (September).
- Gualdi, S., & Navarra, A. (2005). Scenari climatici nel bacino mediterraneo.
- Gucci, R., Caruso, G., Gennai, C., Esposito, S., Urbani, S., & Servili, M. (2019). Fruit growth , yield and oil quality changes induced by deficit irrigation at different stages of olive fruit development. *Agricultural Water Management*, 212(May 2018), 88–98.
- Hermoso, M.; Uceda, M.; Frías, L.; Beltrán, G. 1997. Maduración. In: *El Cultivo del olivo. 2ª Edición*. D Barranco, Fernández-Escobar e L. Rallo (Eds.) Ediciones Mundi-Prensa & Junta da Andalucía. Madrid.
- Iniesta, F., Testi, L., Orgaz, F., & Villalobos, F. J. (2009). The effects of regulated and continuous deficit irrigation on the water use, growth and yield of olive trees.

European Journal of Agronomy, 30(4), 258–265.

IPMA (2019). Boletim Climatológico Sazonal - Primavera 2019, disponível em <http://www.ipma.pt/>, acessado a 13 de Outubro de 2020.

Jiménez, M. R., Martín-Palomo, M. J., Corell, M., Rallo, P., Casanova, L., & Suárez, M. P. (2017). Bruising susceptibility of Manzanilla de Sevilla table olive cultivar under Regulated Deficit Irrigation. *Agricultural Water Management*, 189, 1–4.

Lipan, L., & Andreu, L. (2019). Effect of regulated deficit irrigation on the quality of raw and table olives, 221(May), 415–421.

Lorite, I. J., Gabaldón-Leal, C., Ruiz-Ramos, M., Belaj, A., de la Rosa, R., León, L., & Santos, C. (2018). Evaluation of olive response and adaptation strategies to climate change under semi-arid conditions. *Agricultural Water Management*, 204(May 2017), 247–261.

Macías, F. (n.d.). Retos y oportunidades en la Ciencia del Suelo.

Marra FP, Marino G, Marchese A, Caruso T. 2016. Effects of different irrigation regimes on a super- high- density olive grove cv. “Arbequina”: vegetative growth, productivity and polyphenol content of the oil. *Irrigation Science* 34: 313-325.

Morales, A., Leffelaar, P. A., Testi, L., Orgaz, F., & Villalobos, F. J. (2016). A dynamic model of potential growth of olive (*Olea europaea* L .) orchards. *European Journal of Agronomy*, 74, 93–102.

Moriana, A., Pérez-López, D., Gómez-Rico, A., Desamparados Salvador, M., Olmedilla, N., Ribas, F., Fregapane, G. (2007). Irrigation scheduling for traditional, low-density olive orchards: Water relations and influence on oil characteristics. *Agriculture Water Management*, 87: 171-179

Nacional, I. I. C., Rural, E., Biof, E., Agr, E., Biof, E., & Chaves, P. (2007). TRADICIONAL CONVERTIDO AO REGADIO Introdução, 1–9.

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

- Noguera-artiaga, L., Lipan, L., & Barber, X. (2016). Opinion of Spanish Consumers on Hydrosustainable Pistachios, *81*(10). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13501>
- Norma Portuguesa (NP) 3034, 1987. Derivados de frutos e de produtos hortícolas. Azeitonas de mesa. Definição, classificação, características, acondicionamento e marcação.
- Orgaz, F. e Fereres, E. 2008. Riego. In: El Cultivo del Olivo. D. Barranco, R. Fernández-Escobar e L. Rallo. (Eds.) Ediciones Mundi-Prensa & Junta de Andalucía, Madrid p. 337-362.
- Orgaz Rósua, F; Villalobos Martin, F.; Testi, L.; Pastor Muñoz-Cobo, M.; Hidalgo Moya, J. C.; Fereres Castiel, E. 2005. Programación de riegos en plantaciones de Olivar. Metodología para el cálculo de las necesidades de agua de riego en el olivar regado por goteo. in: Cultivo del Olivo con Riego Localizado. M. Pastor Muñoz-Cobo. (Ed.) Ediciones Mundi-prensa & Junta da Andalucía. Madrid, p. 63-81.
- Palese, A.; Nuzzo, V.; Favati, F.; Pietrafesa, A.; Celanop, J.; Xiloyannis, C. 2010. Effects of water deficit on the vegetative response, Yield and oil quality of olive trees (*Olea europaea* L., cv. Corantina) grown under intensive cultivation. *Scientia Horticulturae*. 125:222-229.
- Pastor Muñoz-Cobo, M. 2005. Ciclo anual del olivo y sensibilidad al déficit hídrico. In: Pastor Muñoz-Cobo. (Ed.). Cultivo del olivo con riego localizado. Ediciones Mundi-Prensa & Junta da Andalucía. Madrid p. 63-81.
- Patumi, M.; D'Andria, R.; Marsilio, V.; Fontanazza, G.; Morelli, G.; Lanza, B. 2002. Olive and olive oil quality after intensive monocone olive growing (*Olea europaea* L., cv Kalamata) indifferent irrigation regimes. *Food Chemistry*. 77: 27-34.
- Pierantozzi, P., Torres, M., Tivani, M., Contreras, C., Gentili, L., Parera, C., & Maestri, D. (2020). Spring deficit irrigation in olive (cv. Genovesa) growing under arid continental climate: Effects on vegetative growth and productive parameters, *238*(December 2019).
- Ponti, L., Paul, A., Michele, P., & Dell, A. (2014). Fine-scale ecological and economic assessment of climate change on olive in the Mediterranean Basin reveals winners

and losers, *III*(15), 1–6.

Sanz-cortés, B. F., Badenes, M. L., Bleiholder, H., & Hack, H. (2002). Phenological growth stages of olive trees (*Olea europaea*), 151–157.

Sofia, C., & Inês, F. (2011). Rega deficitária (RD) em pessegueiro na Cova da Beira.

Ramos, A F. 2010. Yield and olive oil characteristics of low density orchard subjected to different irrigation regimes. [autor do livro] A F Ramos e F. L. Santos. Agriculture water management. 97: 363-373.

Rosecrance RC, Krueger WH, Milliron L, Bloesed J, Garcia C, Mori B. 2015. Moderate regulated deficit irrigation can increase olive oil yields and decrease tree growth in super high density ‘Arbequina’ olive orchards. *Scientia Horticulturae* 190: 75-82.

Tanasijevic, L., Todorovic, M., Pereira, L. S., Pizzigalli, C., & Lionello, P. (2014). Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region. *Agricultural Water Management*, 144, 54–68.

Viola, F., & Caracciolo, D. (2013). Olive yield and future climate forcings, *19*, 132–138. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2013.06.015>