



Instituto Politécnico de Beja
Escola Superior Agrária
Mestrado em Agronomia

**Avaliação da rega em olival em sebe com base em sondas de
capacitância e imagens de satélite NDVI**

Miguel Filipe Canolas Pratas Palma

Beja

2021



Instituto Politécnico de Beja
Escola Superior Agrária
Mestrado em Agronomia

**Avaliação da rega em olival em sebe com base em sondas de
capacitância e imagens de satélite NDVI**

Dissertação de Mestrado apresentado na Escola Superior Agrária do Instituto
Politécnico de Beja

Elaborado por:

Miguel Filipe Canolas Pratas Palma

Orientado por:

Professora Doutora Alexandra Telo da Costa Trincalhetas Tomaz

Professor Doutor José Manuel Açucena Ferro Palma

Beja

2021

Agradecimentos

Ao longo da realização da presente tese de mestrado, contei com diversos apoios e incentivos, sem os quais não teria sido possível findar a mesma.

Em primeiro lugar agradecer aos meus orientadores, Professora Doutora Alexandra Tomaz e ao Professor Doutor José Ferro Palma, por toda a disponibilidade que tiveram ao longo deste período e ajuda na realização da presente tese.

Também quero agradecer à empresa agrícola alvo do presente estudo, concretamente ao Engenheiro Pedro Carapinha e ao Engenheiro António Mateus, por todos os dados disponibilizados e ferramentas essenciais à realização da mesma e ainda toda a disponibilidade e prontidão.

Sem poder esquecer todos os professores, colegas, amigos, família e namorada que me acompanharam ao longo deste percurso académico. Por fim, um agradecimento especial aos meus pais e irmã que sempre me motivaram para nunca desistir da realização da mesma, bem como a Professora Doutora Alexandra Tomaz que mostrou sempre uma grande disponibilidade para ajudar, facilitando todo o desenvolvimento da mesma com uma ajuda fundamental na superação de obstáculos que foram surgindo.

Resumo

O presente estudo teve como objetivo realizar uma análise à gestão da rega num olival em sebe, através da comparação da condução de rega utilizada nos anos de 2019 e 2020, tendo por base a informação fornecida por sondas de capacitância e imagens NDVI obtidas por satélite, e da produção obtida nestes dois anos

Procedeu-se, numa fase inicial, à descrição da área de estudo, da cultura nela existente, do tipo de solos e da forma como esta se encontra repartida no que se refere à rega. A utilização de dados de uma estação meteorológica automática próxima da área de estudo, de sondas de humidade do solo em diferentes parcelas e de imagens de NDVI, permitiu um acompanhamento mais preciso sobre o modo como a rega deve ser conduzida e sobre o estado vegetativo da cultura ao longo do ciclo. Para além disso, foi possível efetuar a comparação da produção e produtividade da água com diferentes estratégias de rega implementadas nos anos em estudo.

Os resultados mostraram que no ano de 2019 a produção e a produtividade apresentaram valores mais elevados em comparação com o ano de 2020, sendo estes justificados em parte pelo efeito de safra e contra safra. Em 2019, os valores de rendimento, produtividade da água utilizada pela cultura e da água de rega aplicada apresentaram valores significativamente superiores em ambas as variedades.

Palavras-chave: rega, olival, agricultura de precisão, sensores de humidade do solo, NDVI, produtividade

Abstract

This study aimed to carry out an analysis of irrigation management in an intensive olive grove, by comparing the irrigation scheduling used in the years 2019 and 2020, based on information provided by capacitance probes and NDVI images obtained by satellite, and the production obtained in these two years

At an initial stage, a description of the study area, the existing crop, the type of soil and the way it is distributed with regard to irrigation was carried out. The use of data from an automatic meteorological station close to the study area, soil moisture probes in different plots and NDVI images, allowed a more precise monitoring of how irrigation should be conducted and about the vegetative status of the crop throughout the cycle. In addition, it was possible to compare the production and productivity of water with different irrigation strategies implemented in the years under study.

The results showed that in the year 2019 production and productivity were evaluated higher values compared to the year 2020, these being justified in part by the harvest and against the harvest. In 2019, the yield values, the productivity of the water used by the crop and the irrigation water applied above high in both varieties.

Key-words: irrigation, olive grove, precision agriculture, soil water sensors, NDVI, productivity

Índice

Índice de tabelas	VII
Lista de abreviaturas e siglas	VIII
1. Introdução.....	1
2. Pesquisa bibliográfica.....	3
2.1. A Oliveira.....	3
2.1.1. Sistema radicular.....	3
2.1.2. Folhas	4
2.1.3. Flores.....	4
2.1.4. Fruto	4
2.1.5. Crescimento e desenvolvimento da oliveira	5
2.1.6. Exigências edafoclimáticas da oliveira	6
2.1.7. Sistemas de produção.....	7
2.2. Necessidades hídricas do olival.....	9
2.3. Equipamentos de monitorização do teor e do potencial de humidade no solo.....	11
2.3.1. Tensiómetros	13
2.4. Detecção remota com NDVI.....	14
2.5. Aplicações do NDVI na Agricultura	14
3. Materiais e métodos	17
3.1. Caracterização geral da área de estudo	17
3.2. Clima	19
3.3. Solos	20
3.4. Cultura e variedades	24
3.4.1. Variedade Arbequina	24
3.4.2. Variedade Oliana	25
3.5. Poda	26
3.6. Sistema de Rega	27
3.7. Tratamentos fitossanitários realizados ao longo do ano de 2020	28
3.8. Monitorização do teor de humidade no solo	31
3.9. Detecção remota com índice de vegetação NDVI.....	33
3.10. Indicadores de eficiência do uso da água.....	34
3.11. Análise estatística	34
4. Resultados e discussão	36
4.1. Mapas NDVI e registo de teor de humidade	36
4.2. Uso da água e produtividade	48
5. Considerações Finais.....	52

6. Bibliografia.....	53
7. Anexos.....	57

Índice de Figuras

Figura 1- Representação esquemática dos períodos de crescimento ativo da oliveira (C) e de suspensão do crescimento (P).....	5
Figura 2- Representação esquemática do ciclo reprodutivo bienal da oliveira.....	6
Figura 3- Olival em sebe	9
Figura 4- Herdade do Outeiro (área a verde da imagem).....	17
Figura 5- Mapa Topográfico da Herdade	18
Figura 6- Valores diários de precipitação e temperatura média do ar no ano de 2019	19
Figura 7- Valores diários de precipitação e temperatura média do ar no ano de 2020	20
Figura 8- Carta de solos, Herdade do Outeiro	21
Figura 9- Variedade Arbequina	25
Figura 10- Variedade Oliana	26
Figura 11- Mapa com os turnos de rega.....	28
Figura 12- Estação	31
Figura 13- Sonda colocada no solo.....	31
Figura 14- Localização das Sondas na Herdade	32
Figura 15- Registo NDVI referente a 15 de março de 2020.....	37
Figura 16- Registo NDVI referente a 19 de abril de 2020	38
Figura 17- Registo NDVI referente a 24 de abril de 2020	38
Figura 18- Registo de teor de humidade do solo na sonda dos setores 1 e 17, no período de 18 a 25 de abril de 2020.....	39
Figura 19- Registo da sonda do setor 1 e 17, no período de 18 a 25 de abril de 2020.....	39
Figura 20- Registo NDVI referente a 29 de maio de 2020.....	40
Figura 21- Registo NDVI referente a 13 de junho de 2020.....	41
Figura 22- Registo NDVI referente a 23 de junho de 2020.....	41
Figura 23- Registo da sonda do 41, no período de 13 a 22 de junho de 2020	42
Figura 24- Registo do teor de humidade do solo na sonda do setor 41, no período de 13 a 22 de junho de 2020	42
Figura 25- Registo NDVI referente a 28 de julho de 2020	42
Figura 26- Registo NDVI referente a 17 de agosto de 2020	43
Figura 27- Registo NDVI referente a 22 de agosto de 2020	43
Figura 28- Registo das sondas dos setores 1 e 17, no período de 17 a 22 de agosto de 2020	44
Figura 29- Registo das sondas dos setores 1 e 17, no período de 17 a 22 de agosto	44
Figura 30- Registo NDVI referente a 11 de setembro de 2020	45
Figura 31- Registo NDVI referente a 16 de setembro de 2020	46
Figura 32- Registo NDVI referente a 21 de setembro de 2020	46
Figura 33- Registo das sondas dos setores de 1 a 17, no período 11 a 21 de setembro de 2020	47
Figura 34- Registo das sondas dos setores 1 e 17, no período de 11 a 21 de setembro de 2020,	47
Figura 35- Registo NDVI referente a 20 de novembro de 2020.....	48
Figura 36- Rendimento médio e desvio padrão das variedades Arbequina (AB) e Oliana (OL) nos anos 2019-2020	50
Figura 37- Produtividade média da água e desvio padrão das variedades Arbequina (AB) e Oliana (OL) nos anos de 2019-2020.....	50
Figura 38- Produtividade média da água de rega e desvio padrão das variedades Arbequina (AB) e Oliana (OL) nos anos de 2019-2020	51

Índice de tabelas

Tabela 1 – Efeitos do stress hídrico nos processos de crescimento e produção da oliveira	11
Tabela 2- Unidades totais de fertilizantes aplicado no ano de 2020 através da fertirrega.....	28
Tabela 3- Tratamentos fitossanitários do ano de 2020, Variedade Oliana	29
Tabela 4- Tratamentos fitossanitários do ano de 2020, Variedade Arbequina	30
Tabela 5- Análise de variância para o efeito do ano, da variedade e da interação ano x variedade sobre o rendimento (R), a produtividade da água (WP) e a produtividade da água de rega (IWP)	49
Tabela 6A- Produção e rega 2019.....	57
Tabela 7A-Produção e rega 2020.....	58
Tabela 8A- Precipitação efetiva no ano de 2019	59
Tabela 9A- Precipitação efetiva no ano de 2020	59

Lista de abreviaturas e siglas

ETc – Evapotranspiração cultural (mm);

I-Rega aplicada (m^3/ha);

IWP- Eficiência do uso da água de rega ou produtividade da água de rega (kg/m^3);

NDVI- Índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

P_{ivp}- Reflectância no infravermelho próximo;

P_{ef} – Precipitação efetiva (mm ou m^3/ha);

P_v- Reflectância no infravermelho;

R- Rendimento da cultura (kg/ha);

TDR- Time Domain Reflectometry;

WP – Eficiência de uso da água ou produtividade da água (kg/m^3).

1. Introdução

No decorrer dos últimos anos tem-se registado uma grande evolução no que diz respeito à tecnologia, bem como à consciência ecológica e ao aproveitamento eficiente de fatores de produção. No que se refere à agricultura, também esta tem sofrido uma grande evolução ao longo dos últimos anos, surgindo novas formas de atuação que possibilitam menores custos unitários de produção. Com o decorrer desta evolução, a agricultura deixou de ser vista como uma atividade empírica e de subsistência e passou a ser encarada de uma forma mais económica, sustentada no uso de novas tecnologias.

Tendo a agricultura, mais concretamente a olivicultura, um grande impacto no nosso país, cada vez mais se torna fundamental a implementação de práticas culturais sustentáveis, como a fertilização e a regas diferenciadas, em função das necessidades específicas das culturas e da variação espacial e temporal dessas necessidades.

O conceito de agricultura de precisão encontra-se associado à monitorização e avaliação da variabilidade espacial, com o objetivo de efetuar uma gestão agronómica inteligente, visando uma redução de custos de produção acompanhada de um aumento de produtividade. Para a realização de uma agricultura de precisão torna-se necessário recorrer a tecnologias como o uso de sensores de proximidade, por exemplo sondas de capacitância, e de técnicas de deteção remota, caso das imagens de satélite associadas a índices de vegetação.

Perante toda a evolução que temos assistido, bem como a importância da agricultura e do olival, mais concretamente na nossa região, torna-se cada vez mais importante desenvolver estudos que relacionem as duas variantes, uma vez que com a plantação de um olival, tal como em qualquer atividade agrícola, pretende-se atingir o maior benefício, através do maior rendimento, atingindo a máxima produção com qualidade, com o mínimo possível de gastos e tendo sempre em conta a sustentabilidade ambiental. Tal depende da otimização do uso dos meios de produção, tais como o solo, o clima, a intensidade luminosa e ainda a disponibilidade de água.

É nesse sentido que surge a necessidade e importância de desenvolver o estudo aqui apresentado, o qual tem como objetivo principal avaliar a produção num olival em sebe, tendo por base a gestão inteligente da rega. Recorreu-se à análise integrada de diferentes variáveis e indicadores durante a campanha de 2020, nomeadamente, humidade do solo, registada em sondas de capacitância, imagens NDVI de satélite, registos de rega,

dados meteorológicos e informação de solos. Comparou-se também o rendimento e a produtividade da água consumida pela cultura e a água usada nas regas, tendo por base a informação dos anos 2019 e 2020. Para o estudo dos rendimentos e produtividade da água, considerou-se a área de estudo dividida em grupos de colheita, uma vez que assim nos foi permitido ter valores em zonas mais ou menos homogéneas.

Desta forma, a dissertação foi estruturada numa primeira parte na realização de uma pesquisa bibliográfica, na qual se caracterizou, de forma geral, a cultura em estudo, os equipamentos de monotorização do teor e do potencial de humidade no solo e deteção remota com NDVI, entre outros assuntos pertinentes ao estudo. Caracterizou-se também o local em estudo, a Herdade do Monte do Outeiro, o clima da região, o tipo de solos existentes, as culturas e as variedades, bem como as podas realizadas na mesma.

Numa segunda parte, apresentou-se os materiais e métodos utilizados no desenvolvimento do estudo e por fim os resultados obtidos.

2. Pesquisa bibliográfica

2.1. A Oliveira

A oliveira (*Olea europea L.*), é uma planta pertencente à família das oleáceas, que teve origem na costa da Síria e Israel, Palestina, até ao Norte do Iraque e Irão. Trata-se de uma árvore de folha permanente, que pode atingir alturas que variam entre 2,5 metros a 8 metros. Esta é composta por flores hermafroditas ou unissexuais, que surgem na primavera (abril-junho), sendo a sua polinização anemófila, por isso é recomendável as cultivares ficarem próximas umas das outras. Quanto ao fruto, este é conhecido como azeitona, é uma drupa de cor verde ou negra e de forma ovoide a elipsoide (Rau, 2020).

É uma planta que apresenta um longo período de vida, existindo árvores em Portugal com mais de 1000 anos e mais de 30 variedades. Trata-se de uma espécie polimórfica, tem duas fases de desenvolvimento, juvenil e adulta. Na fase juvenil, a árvore não forma flores e tem uma grande capacidade de enraizamento, tendo também folhas e entrenós mais curtos. Contrariamente, na fase adulta, em que a planta adquire a capacidade de se reproduzir, formando flores e frutos, a capacidade de enraizamento diminui. A transição de uma fase para a outra ocorre em média entre os 5 a 8 anos, mas não depende apenas do tempo, é também espacial, as zonas mais interiores e mais perto do solo são as mais jovens (Rapoport *et al.*, 2010).

2.1.1. Sistema radicular

O sistema radicular tem tendência a variar consoante a origem da árvore e também consoante as condições do solo em causa. Quando se trata de plantas que são provenientes de sementes o seu sistema radicular é dominado por uma raiz principal central durante os primeiros anos. Por outro lado, quando são plantas propagadas vegetativamente o sistema radicular é composto por várias raízes adventícias a partir do colo, que se comportam como raízes principais. A textura, o arejamento, a água disponível e a espessura efetiva do solo influenciam a distribuição das raízes. Quando se encontram em solos bem arejados podem atingir 7 metros de profundidade, enquanto em solos pouco arejados o sistema radicular é muito estendido e superficial (Fernández *et al.*, 1991).

2.1.2. Folhas

Trata-se de uma árvore de folha persistente, permanecendo as folhas na árvore 2 a 3 anos, em média. Estas são geralmente lanceoladas e de bordo liso, em média têm cerca de 3 a 9 cm de comprimento e 1 a 1,8 cm de largura na parte média. Apresenta um pecíolo muito curto, apresentando no máximo 0,5 cm de comprimento. A página superior apresenta uma cor verde-escura e brilhante, enquanto que a inferior é acinzentada e baça. Em cada um dos nós, estão dispostas duas folhas opostas, originando um ângulo de 90° entre elas (Rapoport *et al.*, 2010).

2.1.3. Flores

A flores são pequenas e actinomórficas, apresentam simetria regular, de forma paniculada e desenvolvem-se nas axilas foliares dos ramos provenientes do ano anterior. São constituídas por quatro pétalas brancas e quatro sépalas verdes, em ambos os casos, fundidas na base. Cada flor apresenta dois estames e o ovário tem dois carpelos com dois óvulos cada. Estão agrupadas em inflorescências, podendo cada uma conter entre 10 e 40 flores, formando uma panícula. Nas inflorescências encontram-se flores hermafroditas ou bissexuais, com estames e pistilo bem desenvolvidos, e flores estaminíferas ou masculinas, com um ovário rudimentar ou inexistente, de tal forma que não se conseguem formar frutos a partir destas. Numa só oliveira podemos encontrar 500000 flores em cada ano, mas dessas apenas 1 a 2% é que conseguem originar fruto (Cuevas , 2005).

2.1.4. Fruto

A azeitona é uma drupa de forma elipsoidal e globosa, tem cerca de 1 cm de comprimento e entre 0,6 a 2 cm de diâmetro. É constituído por um caroço duro (endocarpo) que se encontra envolvido por uma polpa mole (mesocarpo), que representa 70% a 85% do peso total do fruto, local onde se dá a acumulação de azeite. Quando se encontra maduro apresenta uma cor negra, violácea ou avermelhada (Rapoport *et al.*, 2017).

2.1.5. Crescimento e desenvolvimento da oliveira

O ciclo vegetativo engloba todos os crescimentos que são visíveis na parte aérea da planta. O crescimento dos novos ramos ocorre a partir dos gomos terminais de ramos do ano anterior, sendo que alguns gomos que se encontram próximo da extremidade podem abrolhar e crescer.

Este ciclo encontra-se dividido em quatro fases, ocorrendo duas de crescimento, uma na primavera (C1) e outra no outono (C2), e duas de paragem de crescimento, uma no verão (P1) e outra no inverno (P2), tal como podemos verificar na Figura 1. O início do ciclo ocorre na primavera, com o abrolhamento dos gomos, verificando-se um período de crescimento intenso e duradouro até ao aparecimento das temperaturas elevadas do verão que levam à sua paragem. No outono, com temperaturas mais amenas e o aumento da pluviosidade, os ramos retomam o crescimento até ao inverno, altura em que as baixas temperaturas voltam a interromper o mesmo. Para além da precipitação e da temperatura, o crescimento das oliveiras também é afetado pela fertilidade do solo, fertilização, rega e a quantidade de frutos (Cordeiro, 2014).

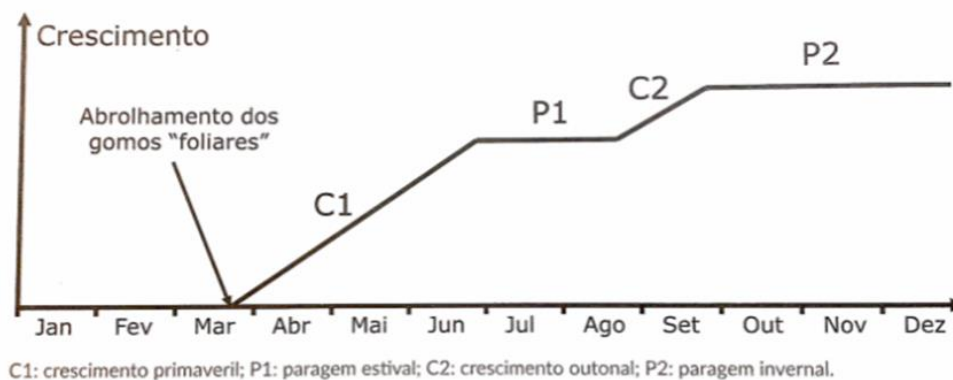


Figura 1- Representação esquemática dos períodos de crescimento ativo da oliveira (C) e de suspensão do crescimento (P)

(Cordeiro, 2014)

O ciclo reprodutivo da oliveira é bienal, uma vez que produz frutos nos ramos que se desenvolveram no ano anterior (Figura 2). O ciclo tem início no verão, aquando do aparecimento das flores, altura em que os gomos axilares sofrem alterações químico/fisiológicas passando a gomos florais, prolongando-se esta transformação pelo outono. Durante o inverno, os gomos encontram-se em dormência até à primavera, em

que ocorre a diferenciação floral, iniciando-se o desenvolvimento das inflorescências. Já em plena floração, ocorre por volta do mês de maio a polinização, seguindo-se o vingamento dos frutos. Numa fase inicial, o fruto apresenta um crescimento rápido devido à expansão e divisão celular. De seguida, no mês de julho, ocorre o endurecimento do caroço/ endocarpo momento a partir do qual se inicia a acumulação de gordura e o crescimento do fruto reduz, podendo mesmo até parar. Após esta fase, a taxa de crescimento volta a aumentar até que se dá a maturação, no outono/inverno e o ciclo termina com a colheita (Cordeiro, 2014).



Figura 2- Representação esquemática do ciclo reprodutivo bienal da oliveira

(Cordeiro, 2014)

2.1.6. Exigências edafoclimáticas da oliveira

2.1.6.1. Exigências climáticas

No que diz respeito a temperaturas, as ótimas variam entre 15-25°C, a mínima é -9°C, de tal modo que abaixo desta a árvore interrompe o seu desenvolvimento. Quanto à temperatura máxima, a mesma pode rondar os 35°C (Rau, 2020).

A oliveira, regula a sua temperatura através do fecho de estomas, de tal forma que ao longo do seu ciclo possam ocorrer paragens no desenvolvimento, tal como mencionado anteriormente. Deste modo, durante o outono e o inverno, o desenvolvimento da oliveira para devido à existência de condições ambientais desfavoráveis, que impendem o crescimento. Nesta árvore o frio é um fator promotor da indução floral, processo durante o qual os gomos experimentam mudanças fisiológicas que conduzem à formação de gomos florais. Caso existam temperaturas superiores a 30°C depois do repouso invernal, podem afetar a diferenciação morfológica dos gomos florais no abrolhamento (Cordeiro, 2014).

2.1.6.2. Exigências edáficas

A oliveira é uma espécie rústica, de tal modo que se adapta a qualquer tipo de solo, apresentando ainda assim preferência por solos de textura mediana, ou seja, solos de textura franca, franco-limosa, franco-argilo-arenosa e franco-argilo-limosa. Este tipo de solos permite um arejamento adequado ao crescimento e desenvolvimento radical. O solo não se deve encontrar compacto nem conter camadas impermeáveis, devendo preferencialmente apresentar uma profundidade útil superior aos 80cm (Martins, 2014).

2.1.7. Sistemas de produção

O olival tradicional, apresenta compassos largos, geralmente mais de 7 x 7 m, podendo conter desde 20 a 400 árvores/ha, podendo estas serem mantidas em sequeiro ou regadio (Navarro *et al.*, 2017). Neste tipo de olival não é possível tirar maior rendimento devido às baixas e variáveis produtividades, com a alternância de anos de safra e contra-safra e colheitas reduzidas. Os custos são elevados devido à impossibilidade de mecanizar a maioria das operações, tornando-o assim muitas vezes economicamente inviável. A sua entrada em produção pode demorar entre 15 a 20 anos, sendo que se conhecem olivais produtivos com mais de um século (Vasconcelos, 2008).

Quanto ao olival em copa ou intensivos, definem-se por compassos mais apertados do que o tradicional, levando assim a um aumento da densidade de árvores/ha, que podem ser considerados de baixa densidade, apresentando cerca de 200 a 400 árvores/ha, compassos de 6 x 4 m a 7 x 7 m, ou então de alta densidade com cerca de 400 a 800 árvores/ha, compassos desde 6 x 2 a 7 x 3,5m (Navarro *et al.*, 2017).

Com a implantação do regadio, utilização de cultivares mais produtivas, mais precoces e menos alternantes, com recurso à fertirrega, bom controlo fitossanitário garantindo a sanidade das plantas, tornou-se possível o aumento da produtividade média da cultura. A tecnologia moderna permite que estes olivais se tornem produtivos mais cedo, ao 3º ou 4º ano, alcançando a entrada em plena produção entre o 7º e o 8º ano (Fontanazza, 1996).

Num olival em sebe utilizam-se compassos que variam entre 3 a 4 m na entrelinha e de 1 a 1,5 m entre plantas na linha. Isto implica uma densidade de mais de 1600

plantas/ha. Esta escolha é realizada tendo em conta as características agroclimáticas da área em questão e os objetivos de produção, sendo também fundamental a correta escolha da variedade para que a cultura tenha sucesso.

No que diz respeito à produção, num olival em sebe as oliveiras, ao fim de 3 anos, atingem produções que rondam as 3 a 4 t/ha, sendo que é possível atingir valores de produção que rondem as 8 a 12 t/ha. Quando se trata de plantações em áreas quentes e com uma gestão agronómica adequada no que respeita à rega, adubação, controlo fitossanitário, torna-se possível obter rendimentos que rondam as 16 t/ha (Agromillora, 2020).

Nos olivais em sebe (Figura 3), a colheita é realizada de forma mecânica com recurso a máquinas cavalgantes, de tal forma que se consegue reduzir muito a mão-de-obra, podendo em plena produção o custo da colheita ser cerca de 10 vezes inferior ao custo da colheita do olival em copa. Para além disso, este tipo de olival permite uma maior rapidez de colheita, o que por sua vez faz com que a azeitona seja toda colhida no momento ótimo de maturação do fruto para produzir azeites virgem extra de elevadíssima qualidade (Todolivo, 2020).

Neste tipo de olivais, a poda é conduzida em eixo ou em crescimento livre, podendo ser quase toda realizada mecanicamente, o que permite reduzir, de forma significativa, os custos em relação ao olival em copa e ao olival tradicional. Na atualidade, a grande maioria dos agricultores opta por olival em sebe, que embora tenha custos mais elevados aquando da plantação e aparentemente um menor tempo de vida produtiva, apresenta uma maior precocidade na entrada em produção, de tal modo que o retorno do investimento se torna mais rápido bem como menor o custo no que se refere aos gastos em mão de obra.



Figura 3- Olival em sebe

Fonte: (Agromillora, 2020)

2.2. Necessidades hídricas do olival

A oliveira, como as plantas em geral, responde sob a forma de transpiração ao poder mais ou menos evaporativo da atmosfera, através dos estomas das folhas, absorvendo mais ou menos o dióxido de carbono (CO_2) e, conseqüentemente, produzindo mais ou menos foto assimilados, o que no final se repercute, na mesma proporção, na produção final. Caso existam fatores limitativos, como a falta de água no solo, é obrigada a uma readaptação, uma vez que não consegue responder, em termos de transpiração à exigência do meio atmosférico que a rodeia. Nestas situações, a oliveira fecha os estomas, reduzindo a transpiração e, conseqüentemente, a absorção de CO_2 , o que vai ter uma influência negativa na produção final. Deste modo, as necessidades hídricas reduzem-se, deixando de ser comandadas pelo meio atmosférico que a rodeia, passando,

essencialmente, a ser condicionadas pelo teor de água que se encontra presente no solo (Mendes *et al.*, 2014).

Para que seja efetuada uma programação e também uma gestão da rega eficientes, é essencial focar nas necessidades hídricas da cultura, ou seja, na evapotranspiração da cultura (ET_c), e também no conhecimento da influência da fase do seu crescimento vegetativo e reprodutivo. No caso da oliveira, trata-se de uma espécie que apresenta uma boa adaptação à secura, apresentando mecanismos que mantêm o estado hídrico interno e a atividade metabólica em situações de stress hídrico e térmico. A oliveira é capaz de retardar o início do stress pelo controle estomático da transpiração e pela absorção de água por um sistema radicular com capacidade de explorar grandes volumes de solo, tornando possível adequar esta cultura a estratégias de rega deficitárias (Connor, 2005).

Devem identificar-se as fases em que a cultura se encontra mais sensível à carência hídrica. Importa também ter em conta que o crescimento vegetativo da oliveira se completa num ano, mas o ciclo reprodutivo leva dois anos para se completar, pelo que a produção se encontra diretamente dependente do crescimento vegetativo do ano anterior. Sendo o desenvolvimento vegetativo sensível ao stress hídrico, é fundamental ter em conta a forma como a carga e o estado hídrico interagem, determinando o crescimento e, por fim, a produção do ano seguinte (Mendes *et al.*, 2014).

Pode considerar-se que existem períodos distintos no que respeita à sensibilidade ao défice hídrico (Tabela 1). O primeiro decorre desde as últimas fases do desenvolvimento floral à plena floração. Neste período, o conforto hídrico favorece a fecundação, que ocorre entre abril e maio, numa altura em que, geralmente, o teor de humidade do solo ainda é alto, de tal modo que na maioria das situações não se torna necessário regar. O segundo período ocorre no fim da primeira fase de desenvolvimento do fruto, mais ou menos, 6 a 10 semanas após a cultura entrar em plena floração. Nesta fase, ocorre uma ativa divisão celular, de tal modo que a existência de stress hídrico pode reduzir o tamanho dos frutos devido ao menor número de células. Ocorre ainda, nesta fase, a indução dos botões florais. Em anos de elevada produção, pode-se verificar a existência de competição pelos foto assimilados entre o fruto em desenvolvimento e o crescimento vegetativo, podendo o crescimento vegetativo ser mais reduzido, o que pode vir a favorecer a alternância da produção. No terceiro período, que apresenta uma duração de cerca de 3 semanas, ocorre antes da maturação (setembro), quando se inicia uma forte acumulação de óleo nos frutos (Mendes *et al.*, 2014).

Tabela 1 – Efeitos do stress hídrico nos processos de crescimento e produção da oliveira

Período do ciclo	Duração	Efeito do défice hídrico
Crescimento vegetativo	Todo o ano	Redução dos crescimentos e do número de flores do ano seguinte
Desenvolvimento dos gomos florais	fevereiro-abril	Redução do número de flores. Aborto ovário
Floração	maio	Redução da fecundação
Formação dos frutos	maio-junho	Aumento da alternância
Crescimento inicial do fruto	junho-julho	Diminuição do tamanho do fruto (menor número de células por fruto)
Crescimento posterior do fruto	agosto-colheita	Diminuição do tamanho do fruto (menor número de células por fruto)
Acumulação de azeite	julho-novembro	Diminuição do conteúdo de azeite no fruto

(Adaptado de (Beede & Goldhamer, 1994), citados por Mendes et al., 2014)

2.3. Equipamentos de monitorização do teor e do potencial de humidade no solo

Os métodos de monitorização do teor de humidade do solo fornecem informação sobre a quantidade de água que se deve aplicar, o momento certo de rega e ainda ajudam a diagnosticar o nível de stress. Estes métodos recorrem a diferentes tipos de equipamentos, que podem ser instalados ao nível do solo ou então na planta. Trata-se de equipamentos muito úteis para a condução da rega e, conseqüentemente, para otimizar a gestão da água de rega, bem como dos nutrientes aplicados através da fertirrega. Os métodos de monitorização e registo da água no solo permitem definir quando regar, quanto regar, qual a profundidade atingida pela água aplicada através da rega, padrão de extração da água do solo pelas raízes e ainda a evolução temporal da água no solo.

Os métodos e equipamentos disponíveis podem-se dividir em dois grupos: métodos de medição do teor de humidade do solo e métodos de medição do potencial de humidade do solo. No primeiro grupo incluem-se sondas de neutrões e sensores dielétricos, enquanto no segundo grupo se podem referir os tensiómetros e os sensores de resistência elétrica. As sondas de neutrões são constituídas por uma fonte emissora de neutrões rápidos, um detetor de neutrões lentos, unidade de contagem de neutrões lentos e tubos de acesso. No que diz respeito ao seu princípio de funcionamento, os neutrões rápidos, emitidos pela sonda, ao colidirem com núcleos de hidrogénio, perdem energia e

velocidade, tornando-se assim lentos. A razão entre neutrões lentos detetados e neutrões rápidos emitidos depende da concentração de hidrogénio do solo (do teor de água do solo). A utilização deste tipo de sondas está praticamente restrita a trabalhos de investigação (Tomaz *et al.*, 2019).

Os sensores dielétricos TDR (*Time Domain Reflectometry*) realizam o cálculo do tempo que um sinal eletromagnético leva, viajando através de uma linha de transmissão, constituída por duas ou três hastes metálicas que se encontram enterradas no solo, a ser refletido de volta ao sensor. A velocidade de propagação do sinal no solo é função da sua constante dielétrica K_a , que depende do teor de água do solo:

$$K_a \text{ do ar} = 1 (20^\circ\text{C}); K_a \text{ da água} = 80 (20^\circ\text{C})$$

Com um aumento da quantidade de água no solo a constante dielétrica aumenta, aumentando o tempo de propagação do sinal eletromagnético (Tomaz *et al.*, 2019).

O método de medição do teor de humidade do solo com sensores dielétricos FDR (*Frequency Domain Reflectometry*) tem por base a medição da capacitância do solo, daí que os equipamentos constituídos por estes sensores sejam frequentemente referidos como sondas de capacitância ou sondas capacitivas. A capacitância do solo está relacionada com as propriedades dielétricas do solo. Os sensores geram no solo um campo elétrico de alta frequência de modo a detetar alterações nas propriedades dielétricas que, por sua vez, estão relacionadas com a humidade do solo. A variação do campo capacitivo altera a frequência entre o sinal emitido e refletido por cada sensor. Quanto maior a humidade do solo, maior será K_a (constante dielétrica) e, conseqüentemente, menor será esta frequência.

Estes tipos de equipamentos podem ser de registo pontual ou em contínuo. Os de registo pontual são portáteis, são constituídos por um *datalogger* e uma sonda portátil. As medições do teor de humidade do solo são efetuadas com intervalos geralmente regulares de 10cm ao longo do perfil de solo onde se encontram colocados tubos de acesso. No entanto, os sistemas que realizam um registo de forma contínua da quantidade de água existente no solo são atualmente os mais utilizados para a gestão da rega. Estes tipos de sondas são constituídas por uma unidade central que se encontra ligada a sensores colocados a diferentes profundidades, consoante a profundidade das raízes do olival. Todos estes sistemas funcionam dentro de um tubo de PVC que é instalado previamente no solo (Mendes *et al.*, 2014).

2.3.1. Tensiómetros

Os tensiómetros fornecem uma medida da disponibilidade de água para a cultura. Estes comportam-se como a raiz de uma planta artificial e consistem num tubo com uma cápsula de cerâmica porosa numa extremidade e um manómetro na outra, estando o tubo cheio de água entre o manómetro e a cápsula e fechado com uma tampa. A água movimenta-se livremente para dentro e para fora da cápsula porosa. Enquanto o solo seca, a água move-se da cápsula para o solo de forma a criar um vácuo no tubo que será registado no manómetro. Quanto mais seco o solo se torna maior é a leitura registada no manómetro, indicando assim que é mais difícil para a planta conseguir extrair a água que se encontra no solo. Aquando da existência de água no solo, a água move-se para a cápsula, diminuindo assim a leitura no manómetro (Tomaz & Fernandes, 2019).

Os blocos de resistência elétrica são constituídos por dois elétrodos inseridos numa matriz de gesso ou material granular de fibra de vidro (é o caso, por exemplo, dos sensores *watermark*) que simula a porosidade do solo. Esta matriz encontra-se envolvida por uma membrana sintética que se destina a proteger os elétrodos da sua deterioração. (Tomaz & Fernandes, 2019). A resistência elétrica entre os elétrodos e o solo é inversamente proporcional ao teor de humidade no solo. À medida que o solo seca, o bloco perde água e a resistência elétrica aumenta, logo, variações de resistência elétrica dentro do bloco podem ser interpretadas em termos de variação do teor de humidade no solo. Quando existe registo de valores elevados significa que o solo se encontra muito seco, portanto, maior a tensão. A resistência elétrica é medida em kOms e convertida em potencial de água no solo (em cb - centibares) através de uma curva de calibração interna (Tomaz & Fernandes, 2019).

2.4. Detecção remota com NDVI

NDVI é a abreviatura da expressão em inglês para *Normalized Difference Vegetation Index*, em português, Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, que é obtido através da razão entre a diferença e a soma das refletâncias no infravermelho próximo e no vermelho. A equação geral do NDVI é representada por:

$$NDVI = \frac{(P_{ivp} - P_v)}{(P_{ivp} + P_v)}$$

Onde NDVI é o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, P_{ivp} , a refletância no infravermelho próximo e, P_v a refletância no vermelho. Os valores do NDVI podem variar entre -1 e 1, sendo positivos quando os alvos são rochas, solos descobertos e vegetação. Solos descobertos e rochas refletem o vermelho e o infravermelho próximo quase na mesma intensidade, logo o seu NDVI aproxima-se de zero. Quando se trata de valores superiores de NDVI, significa que este se encontra associado a maiores densidades de vegetação saudável. Alvos que refletem com mais intensidade o comprimento de onda do vermelho em comparação com o infravermelho próximo (nuvens, corpos de água ou de neve), os valores de NDVI são negativos (Fontana, *et al.*, 2017).

2.5. Aplicações do NDVI na Agricultura

O NDVI serve para analisar as condições em que se encontra a vegetação natural ou agrícola através das imagens obtidas pelos sensores remotos, sendo este frequentemente utilizado para medir a intensidade da atividade clorofilina, permitindo realizar comparações entre distintos períodos. Deste modo, permite um melhor controle das plantas e ganhos de produtividade, usando-se para monitorização das culturas, deteção de secas e de pragas, localização de pragas, estimativas de produtividade, mapeamento agrícola e ainda mapeamento hídrico (Force, 2021).

O princípio teórico é que a vegetação, quanto mais ativa se encontrar, maior será a luz solar que absorve na zona da região do vermelho, no processo de trabalho da clorofila nos tecidos vegetais, deixando os valores digitais baixos, da imagem de satélite

no canal vermelho. Da mesma forma, as estruturas celulares das folhas provocam uma forte reflexão da luz solar na região do infravermelho próximo (distribuição angular delas e o fator de refletância bidirecional e outros fatores externos), deixando os valores digitais altos da imagem de satélite no canal infravermelho (EngeSat, 2021).

De acordo com Braga (2009), citado por (Jesus, 2013), ao nível da agricultura de precisão, para além do NDVI, alguns dos índices de vegetação mais utilizados são:

$$\text{Plance Cell Density PCD} = \frac{\text{INFRAVERMELHO}}{\text{VERMELHO}}$$

$$\text{Plant Vigour Ratio PVR} = \frac{\text{VERDE}}{\text{VERMELHO}}$$

$$\text{Plant Pigment Ratio PPR} = \frac{\text{VERDE}}{\text{AZUL}}$$

Através da utilização do NDVI conseguimos obter a quantificação da parte do solo que se encontra coberta por vegetação (Coelho e Silva, 2009, citado por (Jesus, 2013).

As bandas do vermelho e do infravermelho próximo fornecem o maior contraste entre a vegetação e o solo. As plantas verdes, para realização da fotossíntese, absorvem a radiação solar, a qual utilizam como fonte de energia no processo de fotossíntese, estando assim a razão NDVI relacionada com a vegetação. Quando a vegetação se encontra num estado saudável, esta reflete muito bem na parte infravermelha do espectro eletromagnético. As folhas verdes têm uma refletância de 20% ou menos na gama de micron 0,5-0,7 (verde a vermelho) e cerca de 60% na gama de 0,7-1,3 micron (infravermelho próximo). Estas refletâncias espectrais são elas mesmas, índices do refletido sobre a radiação em cada banda espectral individualmente, assumindo assim valores entre 0,0 e 1,0. Deste modo podemos concluir que os valores de NDVI variam entre -1,0 e 1,0. Quando se trata de valores negativos de NDVI (próximos de -1) correspondem a águas profundas, valores próximos de zero (-0,1 a 0,1), geralmente correspondem a áreas estéreis de rocha, areia ou neve. Baixos valores positivos representam arbustivas e pastagens (aproximadamente 0,2 a 0,4), enquanto os valores elevados indicam florestas temperadas e tropicais (valores que se aproximam 1). Dentro de uma parcela de cultura, os valores de NDVI entre -0,1 e 0,1 indicam zonas de solo que

se encontram descobertas ou rocha, enquanto os valores até 0,55 correspondem a zonas de copa das oliveiras (Jesus, 2013).

3. Materiais e métodos

3.1. Caracterização geral da área de estudo

Trata-se de uma exploração agrícola – Herdade do Outeiro - localizada no Baixo Alentejo, próxima da aldeia de Santa Vitória, a qual se dedica à olivicultura em modo superintensivo (Figura 4). O olival em causa é composto por duas variedades, Arbequina e Oliana, tendo as árvores sido plantadas em 2015. Da variedade Arbequina, a exploração conta com uma área de 201,35 ha, sendo esta dividida em 33 setores de rega, agrupados em 5 grupos de colheita diferentes. No que se refere à variedade Oliana, a exploração conta com 112,49 ha, que se encontram divididos em 12 setores de rega, sendo estes divididos por 3 grupos de colheita. Quanto aos grupos de colheita, são agrupamentos de setores que têm a mesma variedade e que se localizam todos juntos, ou seja, numa mancha de solo geralmente uniforme, sendo usados como áreas de controlo da produção. O objetivo é, aquando da colheita, a azeitona ser colhida por grupo de colheita, de forma que se consigam obter valores de rendimentos e pesagens, por grupo de colheita e não só de uma forma geral.



Figura 4- Herdade do Outeiro (área a verde da imagem)

(Fonte: Google Maps, 2021)

Por forma a explicar melhor os resultados obtidos torna-se necessário ter em conta o mapa topográfico da herdade (Figura 5). Neste podemos analisar as curvas de nível existentes, a localização das barragens e também as linhas de água. No que se refere às cotas e declives, pode-se verificar que estes expressam um valor mais acentuado nas zonas que circundam as linhas de água. Por outro lado, existem também zonas bastante planas, que dificultam a drenagem dos terrenos. Aquando da preparação do terreno para a implantação do olival, a barragem de maior extensão, foi tapada na quase totalidade.

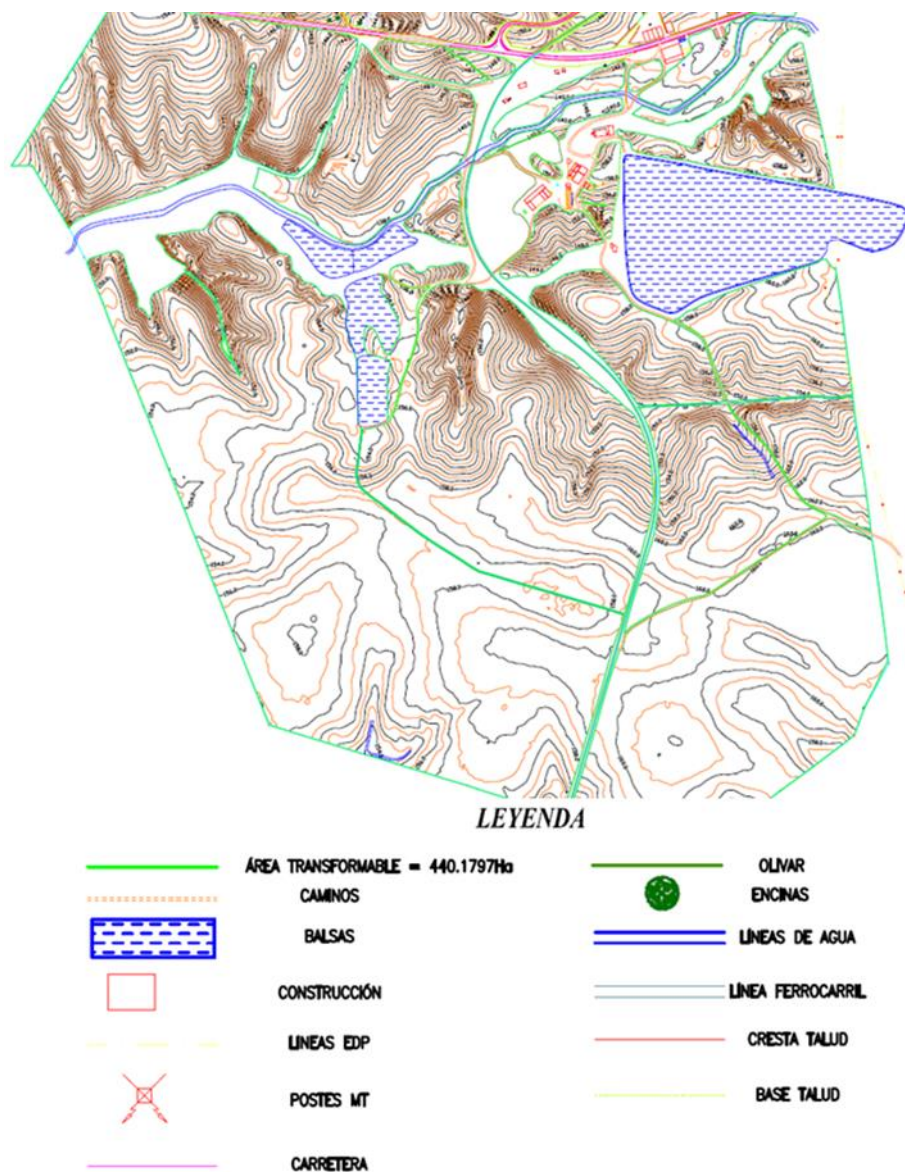


Figura 5- Mapa Topográfico da Herdade

Fonte: (Javier, 2020)

3.2. Clima

No que se refere ao clima, a região do Baixo Alentejo, onde se situa a área de estudo, é uma região de clima mediterrânico, apresentando uma temperatura média anual elevada, que oscila entre os 15°C e os 17,5°C, registando-se valores superiores na margem esquerda do Guadiana. Na região mais interior, as amplitudes térmicas variam entre 13°C e os 15°C, sendo ainda que os dias com temperatura máxima superior a 25°C representam mais de um terço do ano. No que diz respeito à precipitação anual, esta é mal distribuída, de tal modo que verificamos, geralmente, um excesso de água no outono e inverno e uma elevada carência no verão (CIMBAL, 2020). Os valores de precipitação anual e temperatura média (normais climatológicas 1981-2010) do local são, respetivamente, 558 mm e 16,9°C (IPMA, 2021). Os valores diários de temperatura média do ar (°C) e de precipitação (mm) dos anos 2019 e 2020 encontram-se representados nas figuras 6 e 7.

No que se refere ao ano de 2019 (Figura 6), analisando os valores diários de precipitação e da temperatura média do ar concluímos desde logo que se tratou de um ano quente e seco. No que se refere à precipitação, totalizou 347mm, registando-se a maioria desta precipitação entre novembro e dezembro e ainda nos meses de fevereiro, março, abril e maio, embora mais distribuída e em menor quantidade. Quanto à temperatura média do ar, esta apresentou um valor médio de 17,2 °C.

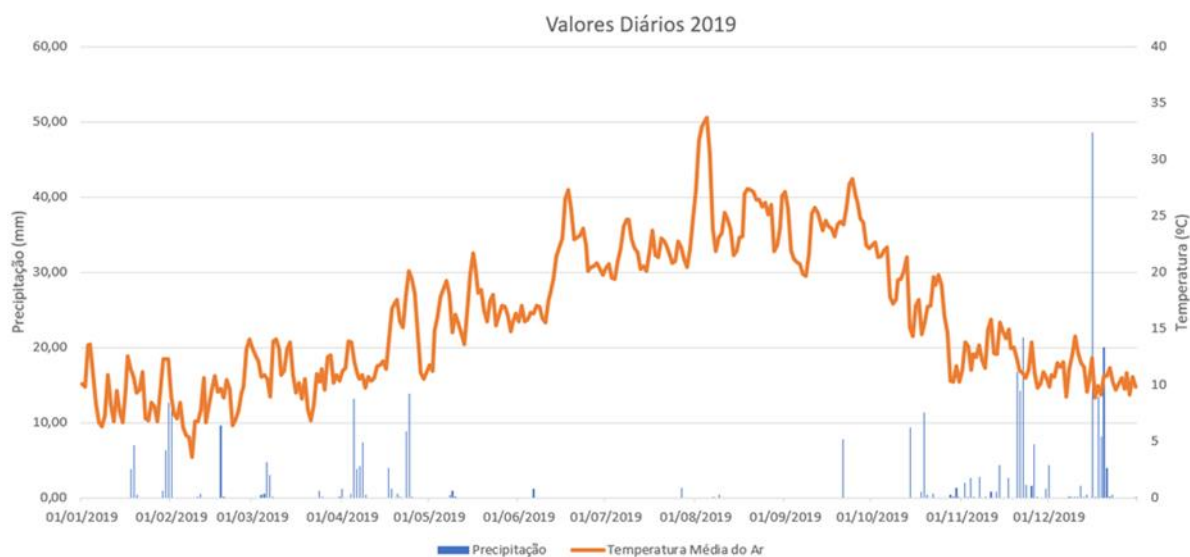


Figura 6- Valores diários de precipitação e temperatura média do ar no ano de 2019

Através da análise da figura 7, com os registos de precipitação e temperatura média do ar no ano de 2020, podemos verificar que este foi um ano muito quente e seco,

tratando-se, de acordo com o IPMA (2021) do 4º ano mais quente registado nos últimos 90 anos em Portugal continental, registando uma temperatura média de 16,2 °C.

No que diz respeito à precipitação, esta teve um valor total de 545,6 mm, sendo que a maioria se registou nos meses de abril, outubro e novembro.

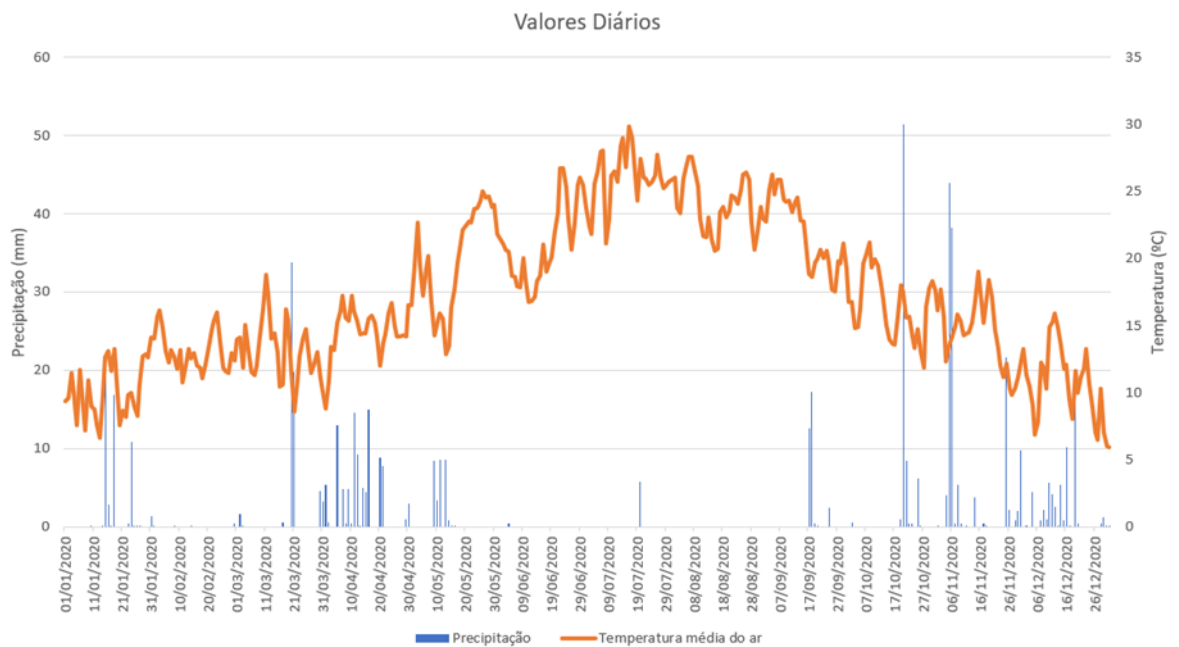


Figura 7- Valores diários de precipitação e temperatura média do ar no ano de 2020

Deste modo, podemos concluir que os dois anos em que se realizou o estudo, 2019 e 2020, foram anos quentes e secos. Pode-se verificar que no ano de 2020 o acumulado de precipitação foi superior ao do ano de 2019, no entanto, no ano de 2020 a precipitação ocorreu de forma mais concentrada.

3.3. Solos

Trata-se de uma cultura típica de regiões de clima mediterrânico. Adapta-se bem a todo o tipo de solos desde que estes sejam bem drenados. Prefere solos férteis e profundos, sendo que os calcários, siliciosos e argilosos ou franco-argilosos, com um pH que pode variar entre 6,5-8,0 são os ideais.

No que diz respeito aos diferentes tipos de solo existentes na herdade, podemos verificar que esta é constituída por cinco tipos de solos diferentes, tal como nos mostra a

Figura 8. Seguindo uma orientação no sentido de Sul para Norte, verificamos que esta é constituída por: Solos Hidromórficos com horizonte eluvial, Planossolos de arenitos ou conglomerados argilosos (Ps); Barros Castanhos-Avermelhados (Bvc); Solos Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos de “ranãs” ou materiais afins (Sr); Solos Calcários Vermelhos (Vc); Aluviossolos modernos de textura mediana (A); solos Mediterrâneos Pardos de xistos ou grauvaques (Px). Podemos também observar na figura a presença da área social da herdade (ASoc) e o local onde passa uma ribeira (A). (DGADR, 2021).

Segue-se uma breve descrição dos solos predominantes na área da Herdade do Outeiro:

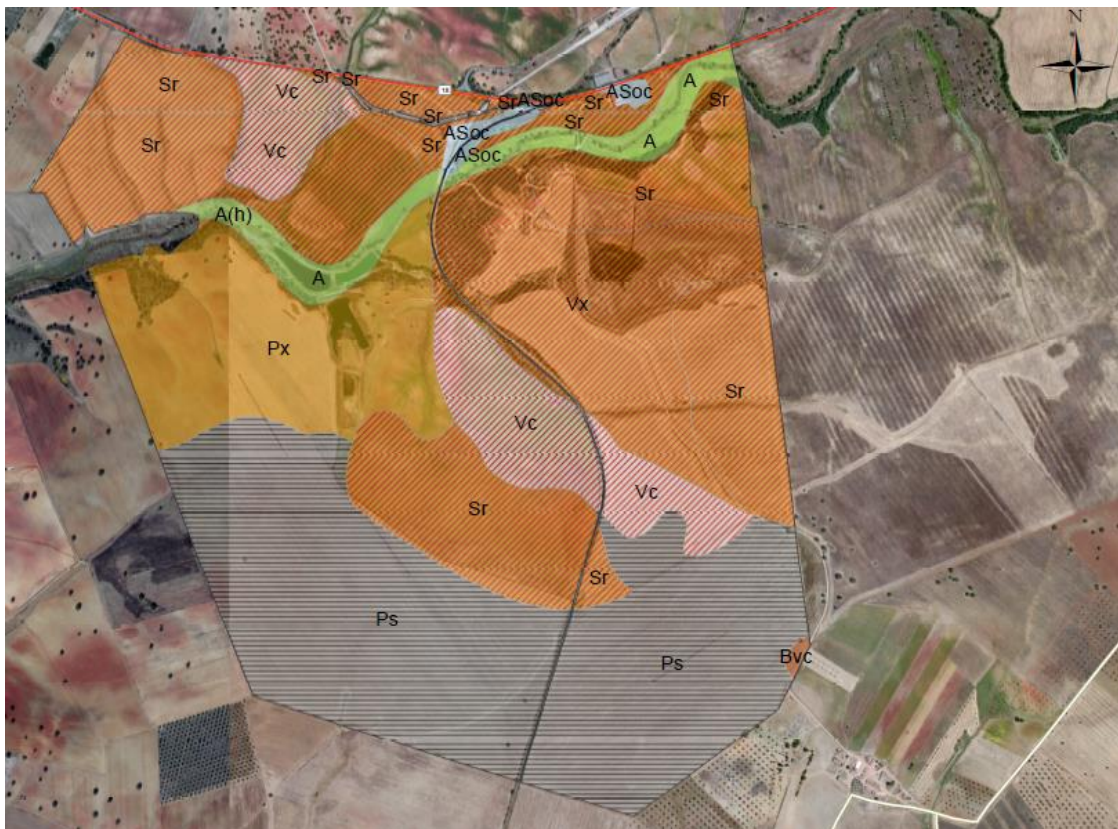


Figura 8- Carta de solos, Herdade do Outeiro

(Fonte: DigitalGlobe, GeoEye)

Barros Castanhos-Avermelhados

Trata-se de um tipo de solos fáceis de trabalhar e em relação aos barros pretos apresentam menos fendilhamento. São solos evoluídos de perfil ABC, argilosos com uma percentagem significativa de coloides, minerais do grupo da montmorilonite, que lhes conferem uma elevada plasticidade e rigidez.

Os fenómenos de contração e expansão, de fendilhamento e de deslizamento, processos bastante comuns neste tipo de solos, bem como a facilidade que apresentam em deslocamento em massa, mesmo quando se trata de declives pouco acentuados, de tal modo que se tornam instáveis, o que faz com que estes por vezes apresentem fendas que chegam a atingir mais de 25cm de largura. O facto de estes apresentarem uma textura argilosa e uma baixa permeabilidade, torna-os muito suscetíveis à erosão. Mesmo na presença de declives muito suaves, os fenómenos erosivos são notórios e acima de 8% os perfis encontram-se frequentemente decapitados. Aquando da presença deste tipo de solos em zonas planas surgem quase sempre problemas de drenagem de difícil resolução. Para além de todas as deficiências apontadas, este tipo de solos apresentam uma boa fertilidade, conseguindo-se obter produções muito elevadas a partir dos mesmos (Aqualogus, 2021).

Solos Mediterrâneos pardos, vermelhos ou amarelos

São solos que pertencem à ordem dos solos Argiluvitados Pouco Insaturados. Os solos Mediterrâneos Pardos apresentam cores pardacentas nos dois horizontes superficiais, enquanto os vermelhos ou amarelos apresentam nos dois primeiros horizontes cores avermelhadas. Desenvolvem-se em relevo normal ou sub-normal, em climas com características mediterrâneas. Evoluem a partir do perfil ABC, que apresentam um horizonte sub-superficial (B) com um elevado teor de argila acumulado, que é proveniente do horizonte superficial (A). Apresentam uma expansibilidade elevada e a permeabilidade é lenta a muito lenta. Nos solos que são cultivados o teor de matéria orgânica é normalmente baixo, podendo atingir valores elevados em terrenos incultos.

Na presença de condições normais estes solos apresentam um uso agrícola aceitável, sendo o tipo de solos mais frequente na área de intervenção, ocorrendo praticamente ao longo de todo o perímetro hidroagrícola (Aqualogus, 2021).

Calcários Vermelhos

Solos que apresentam tons avermelhados, são pouco evoluídos, geralmente de perfil AC, AR ou ABC, formados a partir de rochas de origem calcária, com uma percentagem variável de carbonatos em todo o seu perfil e sem as características próprias dos Barros. Desenvolvendo-se, geralmente, em relevo normal (Aqualogus, 2021).

Mediterrâneos, Vermelhos ou Amarelos

Pertencem à ordem dos solos Argiluiados Pouco Insaturados. Este tipo de solos, desenvolve-se em relevo normal ou sub-normal, em climas que apresentam características mediterrâneas. Nos dois primeiros horizontes, apresentam uma coloração avermelhada. São solos evoluídos de perfil ABC, apresentam um horizonte sub-superficial (B), que contém um alto teor de argila acumulado, que é proveniente do horizonte superficial (A). Apresentam uma expansibilidade elevada, e permeabilidade lenta a muito lenta. Neste tipo de solos, que são cultivados, geralmente o teor de matéria orgânica é reduzido, enquanto que em terrenos incultos pode atingir valores elevados. (Aqualogus, 2021)

Hidromórficos de horizonte eluvial. Planossolos de arenitos ou conglomerados argilosos

Solos sujeitos a encharcamento temporário ou mesmo permanente, cuja formação está sempre relacionada com relevos planos ou côncavos, aparecendo frequentemente em quase todas as formações aluvionares. A presença de água, mais ou menos enriquecida em matéria orgânica, provoca intensos fenômenos de redução, sobretudo dos óxidos de ferro, em todo ou parte do seu perfil. O ferro ferroso, bastante solúvel, movimenta-se ao longo do perfil do solo, podendo mesmo precipitar, sob a forma férrica, onde encontra condições que permitem que ocorra oxidação. A presença de cores praticamente neutras no solo com ou sem manchas de outras cores, são resultado dos fenômenos de redução do ferro, que são características dos chamados horizontes de glei.

Segundo Cardoso (1965), quando este tipo de solos não apresentam um horizonte eluvial, estão quase sempre sujeitos a encharcamento permanente, em todo ou em parte do seu perfil, por ação de uma toalha freática que sofre oscilações mais ou menos profundas com as estações (Aqualogus, 2021).

Aluviosolos Modernos

São solos incipientes não hidromórficos constituídos por depósitos estratificados de aluviões. Os Aluviosolos Modernos de tempos em tempos recebem adição de sedimentos aluvionais. Devido à natureza e características que estes solos possuem, não apresentam geralmente problemas de erosão, uma vez que se encontram em zonas baixas de depósitos de sedimentos. Por outro lado, a variação constante do nível da toalha

freática preconiza solos com uma abundante drenagem interna, se bem que tal drenagem se encontre dependente da textura dos solos. (Aqualogus, 2021)

3.4. Cultura e variedades

3.4.1. Variedade Arbequina

A variedade Arbequina é bastante utilizada neste tipo de olivais uma vez que apresenta reduzido vigor. Adapta-se bem ao frio, apresenta uma entrada em produção muito precoce, elevada produtividade, um bom rendimento e um azeite de excelente qualidade (Barranco, 2017).

Originária da Catalunha, Espanha, trata-se de uma cultivar para azeite, com árvores de vigor reduzido, arborescência média e porte aberto. Apresenta frutos de peso reduzido, com a forma esférica e endocarpo com forma ovoide com o ápice e a base arredondados (Cordeiro, 2014).

Para além disso também apresenta uma alta capacidade de propagação vegetativa por estaca semilenhosa (Cordeiro, 2014).

O fruto é pequeno, com peso inferior a 2 gramas, tem um formato esférico e simétrico, o ápice é arredondado e não apresenta nenhum bico. O diâmetro transversal máximo está ligeiramente desviado para a base. Quando se encontra maduro apresenta uma cor negra (Agromillora, 2020).

Apresenta uma época de maturação média, é muito suscetível à mosca, à verticilliose e também ao olho-de-pavão e apresentando uma boa resistência à gafa (Cordeiro, 2014).



Figura 9- Variedade Arbequina

(Fonte: Google, 2021)

No caso da Herdade do Outeiro, as árvores desta variedade foram plantadas em 2015, com um compasso de 3,75x1,5.

3.4.2. Variedade Oliana

Trata-se de uma variedade também com uma entrada precoce em produção, apresentando, no entanto, um vigor inferior ao da variedade Arbequina. Apresenta elevadas produções, tendo o seu estado de maturação posterior ao da Arbequina, de tal forma que permite fasear a operação de colheita na exploração.

Esta é uma variedade que resulta de um cruzamento entre Arbequina e Arbosana, apresentando menos vigor, uma entrada mais precoce em produção, facilidade na poda de renovação, uma elevada produtividade e ainda uma época de maturação tardia, intermédia entre a das variedades Arbequina e a Arbosana. Apresenta uma elevada tolerância a pragas e doenças, suporta bem as amplitudes térmicas. No que se refere ao azeite, este é doce e balanceado, obtendo em testes de degustação notas médias de 4 no que se refere ao frutado, 2,5 em amargor e 3 em pungência, de tal modo que se pode considerar bem adaptado ao mercado de alto consumo (Butler, 2021).



Figura 10- Variedade Oliana

Fonte: (Agromillora, 2020)

Na Herdade do Outeiro, a variedade Oliana ocupa 313,84 ha, tendo sido plantada em 2015, com um compasso de plantação 3,75x1,5.

3.5. Poda

No que à poda diz respeito, na exploração em estudo tem-se por objetivo direcionar para uma poda mecânica. Este tipo de poda, permite reduzir de forma bastante significativa os custos da mesma uma vez que se consegue reduzir a necessidade em mão-de-obra. Desta forma, a poda é efetuada com uma podadora acoplada ao trator, a qual permite realizar o *toping* (poda na parte superior da árvore), sendo esta efetuada a cerca de 2,5m a 2,7m, desde a parte superior do camalhão até ao topo da árvore. Para além disso ainda nos permite efetuar poda lateral, a qual é realizada com um certo ângulo (cerca de 45°) para que a sebe não seja direita e permita uma melhor penetração da luz solar na copa das oliveiras. Após a realização desta poda lateral torna-se necessário efetuar uma poda manual com recurso a tesourões e motosserra. Esta poda tem por objetivo eliminar ramos mais grossos que não contenham lançamentos, ou seja, ramos que não vão proporcionar material reprodutivo e que apenas adensam a copa da árvore com ramos improdutivo.

Para além dos dois tipos de poda anteriormente mencionados, também se realiza a chamada pré-poda, consistindo esta na remoção de todo o material vegetativo que se encontra a menos de 40 a 50cm da parte superior do camalhão. Este tipo de vegetação produz azeitona que não consegue ser colhida pelas máquinas cavalgantes, pois estas apenas conseguem colher cerca de 50 cm acima do camalhão. Para além disso são ramos

que irão impedir o normal funcionamento da máquina, podendo esta deixar cair azeitona e deste modo estarmos a perder produção. Esta poda é realizada com recurso a corta sebes manuais.

3.6. Sistema de Rega

O sistema de rega que é composto por 46 setores de rega, sendo estes divididos por 4 turnos de rega diferentes (Figura 11). O primeiro turno de rega inclui toda a variedade Oliana e ainda dois sectores da variedade Arbequina que numa fase inicial eram para ser plantados com Oliana. Conta assim com 16 setores que representam um total de 131,06 ha, com um caudal de referência de 582,6 m³/h. O segundo turno, rega um total de 59,05 ha, divididos em 10 setores, com 483 m³/h de caudal de referência, todos eles da variedade Arbequina. O terceiro turno rega um total de 59,92 ha, é composto por 10 setores, com um caudal de referência 490,2 m³/h, sendo composto na sua totalidade por variedade Arbequina. O quarto e último turno, rega uma área total de 63,82 ha, plantados com a variedade Arbequina, divididos em 11 setores e com um caudal de referência de 522,1 m³/h.

Os ramais porta-gotejadores são de PVC de baixa densidade com um diâmetro de 125/6 polegadas. Os gotejadores são autocompensantes, distanciados de 0,60 m na linha, com um débito de 1 litro/hora, no caso dos setores que contém a variedade Oliana e gotejadores distanciados de 0.75m na linha, com um débito de 2,3 litros/hora.

No que se refere à fertirrega, esta é diferenciada entre as duas variedades caso seja necessário. Na casa de rega existem 4 depósitos para armazenar adubo líquido, cada um deles com uma capacidade de 10000 l. Existe ainda um quinto depósito utilizado para outras misturas necessárias (por exemplo, aquando da aplicação de ferro, uma vez que este é sólido e necessita de um depósito onde se realize a mistura do mesmo com a água), tendo este uma capacidade de 1000 l. Os adubos são injetados na rede de rega por uma bomba doseadora.

As regas são definidas com um programador Agronic através do qual se introduz os setores a regar, hora de início e tempo de cada rega, em função da dotação que se pretenda aplicar.

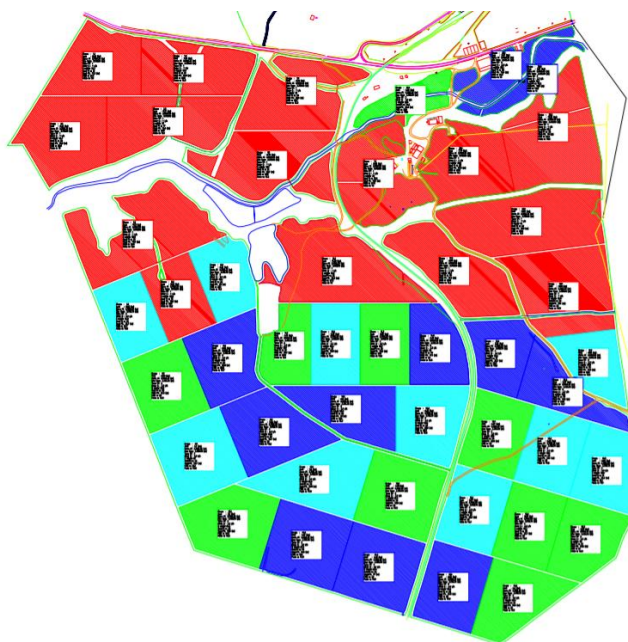


Figura 11- Mapa com os turnos de rega

Vermelho- turno 1; verde- turno 2; azul-claro- turno 3; azul-escuro- turno 4

Ao longo do decorrer da campanha de rega, no que ao adubo aplicado diz respeito, na tabela 2 pode-se ver as unidades de fertilizante aplicadas.

Tabela 2- Unidades totais de fertilizantes aplicado no ano de 2020 através da fertirrega

	N	P	K
<i>Total</i>	396,88 UF	101,15 UF	379,85 UF

3.7. Tratamentos fitossanitários realizados ao longo do ano de 2020

No que diz respeito aos tratamentos fitossanitários (Tabelas 3 e 4), podemos verificar que em alguns dos tratamentos, os produtos aplicados não foram os mesmo em ambas as variedades. Também se pode verificar que foram realizados cinco tratamentos em ambas as variedades. O primeiro no início do ciclo vegetativo, depois na floração, vingamento, pré-colheita e pós-colheita, apresentando todos eles um débito de 852l/ha.

Tabela 3- Tratamentos fitossanitários do ano de 2020, Variedade Oliana

OLIANA	Água		Substâncias ativas			
Tratamento: Início Vegetativo			Curenox (Oxicloreto de cobre)	Terra Sorb Complex (Aminoácidos da Hidrólise Enzimática)	Lignomix (Microelementos de cobre, manganésio e zinco)	Boro
iniciar a 9 de Março	852,00	0,00	2,56	2,13	2,13	4,26
Tratamento: Floração			Cuprital SC (Oxicloreto de cobre)	Terra Sorb Complex (Aminoácidos da Hidrólise Enzimática)	Judo (Lambda-cialotrina 9,7%)	Olivo Power (Magnésio, boro e enxofre)
início de Maio	852,00	0,00	1,28	2,13	0,09	4,26
Tratamento: Vingamento		Sinerjet-CU (Cobre)	Dimistar (Dimetoato)	Orsilik (Silício)	Fertimicro (Boro, cobre, ferro, magnésio, molibdénio e zinco)	
início a 8 de Junho	852,00	4,26	1,28	1,70	2,13	0,00
Tratamento: Pré-colheita		Sinerjet-CU (Cobre)	Decis expert (Deltametrina)	Orsilik (Silício)	Fertimicro (Boro, cobre, ferro, magnésio, molibdénio e zinco)	Cultineutral K (Potássio)
início em Setembro	852,00	4,26	0,09	1,70	2,13	2,13
Tratamento: Pós-colheita		Orius (Tebuconazol)	Flow Brix (Oxicloreto de cobre)	Super Fifty (Extrato de algas)	Lignomix (Cobre, manganésio e zinco)	Fortik Solid (Magnésio e potássio)
iniciar em Outubro/Novembro	852,00	0,52	2,56	1,52	2,53	2,59

(valores por hectar)

Tabela 4- Tratamentos fitossanitários do ano de 2020, Variedade Arbequina

ARBEQUINA	Água	Substâncias ativas				
Tratamento: Início Vegetativo		Lousal (Tebuconazol 25,5%)	Curenox (Oxicloreto de cobre)	Terra Sorb Complex (Aminoácidos da Hidrólise Enzimática)	Lignomix (Microelementos de cobre, manganésio e zinco)	Boro
iniciar a 9 de Março	852,00	0,51	2,56	2,13	2,13	4,26
Tratamento: Floração		Lousal (Tebuconazol 25,5%)	Cuprital SC (Oxicloreto de cobre)	Terra Sorb Complex (Aminoácidos da Hidrólise Enzimática)	Judo (Lambda- cialotrina 9,7%)	Olivo Power (Magnésio, boro e enxofre)
início de Maio	852,00	0,51	0,85	2,13	0,09	4,26
Tratamento: Vingamento		Sinerjet-CU (Cobre)	Dimistar (Dimetoato)	Orsilik (Silício)	Fertimicro (Boro, cobre, ferro, magnésio, molibdénio e zinco)	
iniciar a 8 de Junho	852,00	4,26	1,28	1,70	2,13	0,00
Tratamento: Pré-colheita		Sinerjet-CU (Cobre)	Decis expert (Deltametrina)	Orsilik (Silício)	Fertimicro (Boro, cobre, ferro, magnésio, molibdénio e zinco)	Cultineutral K (Potássio)
iniciar em Setembro	852,00	4,26	0,09	1,70	2,13	2,13
Tratamento: Pós-colheita		Orius (Tebuconazol)	Flow Brix (Oxicloreto de cobre)	Super Fifty (Extrato de algas)	Lignomix (Cobre, manganésio e zinco)	Fortik Solid (Magnésio e potássio)
iniciar em Outubro/Novembro	852,00	0,52	2,56	1,52	2,53	2,59

(valores por hectar)

3.8. Monitorização do teor de humidade no solo

Ao longo dos últimos anos a rega realizada na herdade tem sido efetuada de forma deficitária, ou seja, esta é conduzida de forma a reduzir as dotações em períodos específicos do ciclo em que as necessidades hídricas sejam menores e o défice hídrico não afete a produtividade final, permitindo uma redução de custos e do consumo de água. Para a ajuda na condução deste tipo de rega a herdade recorre a sondas de capacitância de registo contínuo (Figuras 12 e 13), sendo que duas encontram-se colocadas em dois setores distintos da variedade Arbequina e duas na variedade Oliana, também em dois setores distintos.



Figura 12- Estação



Figura 13- Sonda colocada no solo

A colocação destas, em diferentes zonas dentro da mesma variedade, tem como objetivo a escolha de solos com características diferentes, de forma a recolher informação sobre a dinâmica da água nos diferentes tipos de solo (Figura 14). Quanto às duas sondas existentes na variedade Oliana, uma encontra-se colocada numa zona composta por solos mediterrâneos e outra em solos calcários. Na variedade Arbequina, que contém igualmente duas sondas, uma encontra-se numa zona de solos mediterrâneos e outra numa zona composta por planissolos. A utilização deste tipo de equipamentos, permite realizar uma leitura do teor de humidade a diferentes profundidades do solo, de 10 em 10cm.

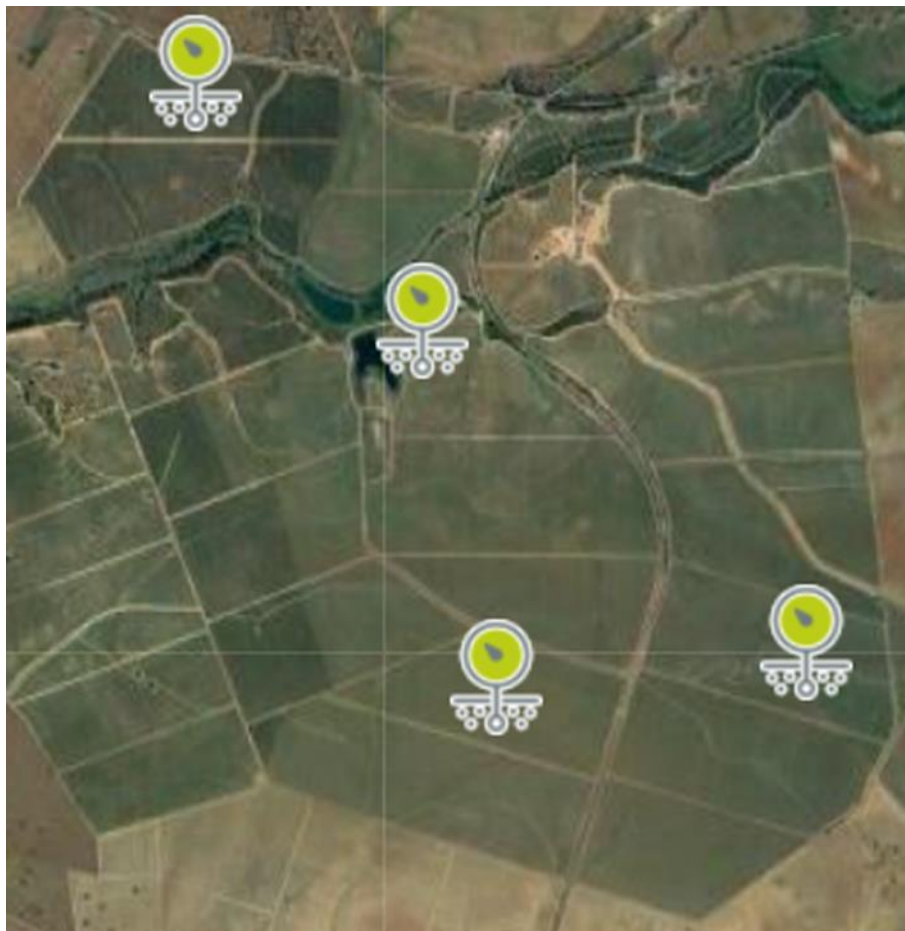


Figura 14- Localização das Sondas na Herdade

Fonte: (Irristrat , 2020)

Os dados das sondas são armazenados e comunicados a uma plataforma on-line onde a informação é processada pelo software Irristrat™ e disponibilizada ao cliente para apoio à gestão da rega. Com a utilização da plataforma Irristrat™ é possível efetuar uma leitura diária sobre a humidade existente no solo a diferentes profundidades, desde os 10 cm até aos 60 cm. Os teores de humidade no solo obtidos por estas sondas não são valores absolutos uma vez que as sondas não estão calibradas para o tipo de solo, sendo a sua

análise efetuada com base nas tendências das curvas de humidade registadas. Contudo, é possível, com base nestas tendências, conhecer a capacidade de campo e início do stress hídrico. Também nos é permitido analisar os registos da evapotranspiração, da precipitação, planos de rega e ainda os registos reais de rega. Toda esta informação é essencial para compreender o comportamento das regas em diferentes tipo de solos e variedades, de forma a ajustar as regas às necessidades temporais e espaciais da cultura, permitindo assim uma rega de precisão.

3.9. Detecção remota com índice de vegetação NDVI

Na atualidade, a utilização de tecnologia de ponta, torna-se fundamental para otimizar as boas práticas agrícolas e consequentemente obter melhores rendimentos, garantindo melhor conservação da água, do solo e de todos os recursos naturais e ainda uma redução de custos.

Uma vez que nesta exploração são utilizadas sondas, que nos permitem controlar o teor de humidade presente no solo, com o recurso adicional à utilização de imagens NDVI é possível uma integração de diferentes indicadores do estado da cultura para melhorar a sua gestão agronómica. Como é objetivo neste estudo, o cruzamento de dados obtidos através dos registos das sondas e das imagens NDVI, permite detetar diversos problemas no olival. Este tipo de imagens, permite-nos identificar o estado sanitário da cultura, o seu vigor e atividade fotossintética, ou seja, identificar zonas de solos de maior ou menor potencial produtivo que se refletem no desenvolvimento da cultura, zonas em que a rega pode estar a ser demasiado deficitária e não consegue satisfazer as necessidades da cultura, zonas em que a rega possa ser excessiva, áreas de deficiência de nutrientes ou ainda a presença de pragas e doenças que comprometem o normal desenvolvimento da cultura.

No que diz respeito à legenda das figuras com imagens NDVI, cada cor corresponde a um intervalo de valores de NDVI, nomeadamente: 0-0,02, castanho, extremamente baixo; 0,02-0,2, vermelho, muito baixo; 0,2-0,3, laranja, baixo; 0,3-0,6, verde, médio; 0,6-0,9, azul-claro, alto; 0,9-1,0, azul-escuro, muito alto.

3.10. Indicadores de eficiência do uso da água

Para avaliar a eficiência produtiva da água consumida pelas variedades Arbequina e Oliana, quando adotada uma estratégia de rega diferente, deficitária ao longo de toda a campanha de rega, tendo esta terminado no dia 13 de outubro 2020. Realizou-se o cálculo de indicadores de eficiência do uso da água ou produtividade da água e eficiência do uso da água de rega ou produtividade da água de rega de acordo com (Fernandes *et al.*, 2020).

A produtividade da água (WP) corresponde ao quociente entre o rendimento da cultura (R, expresso em Kg/ha) e a água total utilizada pela cultura durante o seu ciclo que se considerou ser a soma da precipitação efetiva (Pe, em m³/ha) e de rega aplicada (I, em m³/ha):

$$WP = \frac{R}{Pe + I}$$

A produtividade da água de rega (IWP) corresponde ao quociente entre o rendimento da cultura (R) expresso em kg/ha e o volume de água usado na rega (I, em m³/ha):

$$IWP = \frac{R}{I}$$

A precipitação efetiva (Pef) calculou-se segundo o método da FAO (Smith,1992) que corresponde à aplicação das seguintes fórmulas empíricas:

$$P_{ef} = 0 \quad \text{se } P_{mensal} < 10\text{mm}$$

$$P_{ef} = 0,6 \cdot P - 10 \quad \text{se } 10 < P_{mensal} \leq 70\text{mm}$$

$$P_{ef} = 0,8 \cdot P - 24 \quad \text{se } P_{mensal} > 70\text{mm}$$

3.11. Análise estatística

Para a análise estatística dos dados utilizou-se o software Statistica 7 (StartSoft, Inc., 2004) e realizou-se análise de variância ANOVA a dois fatores para avaliar o efeito do ano e da variedade sobre o rendimento, a WP e a IWP, considerando os turnos como

unidade estatística. Diferenças entre médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). A representação gráfica dos resultados realizou-se com recurso a folha de cálculo EXCEL.

4. Resultados e discussão

Com a realização deste estudo, conseguiu-se apurar os resultados e conclusões que de seguida se apresentam.

4.1. Mapas NDVI e registo de teor de humidade

Ao longo do estudo foi realizado um cruzamento de dados referentes ao ano de 2020. Aquando da análise de imagens NDVI, em diferentes estados fenológicos da cultura, sempre que se detetou um registo que continha valores que não correspondiam ao estado ideal da cultura, realizou-se um cruzamento das mesmas com os registos de teor de humidade das sondas, eventuais fatores climatológicos adversos e práticas culturais realizadas, como é o caso da adubação. Nos períodos em que se verificaram anomalias foram analisadas uma a duas imagens de forma a encontrar uma data na qual os valores voltaram a estar dentro do esperado. A estas imagens anexaram-se dois gráficos, um que nos dá o registo do teor de humidade em todo o perfil de solo e outro que nos permite consultar a evapotranspiração, precipitação e regas no período considerado. Para realização da análise também se teve em conta o tipo de solo e as suas condições de drenagem.

No mês de março, período no qual a cultura se encontrava numa fase de desenvolvimento dos gomos florais, os valores de NDVI foram próximos do muito alto, rondando 0,9 a 1,0. Deste modo podemos verificar que a cultura apresenta um bom estado de vegetativo (Figura 15).

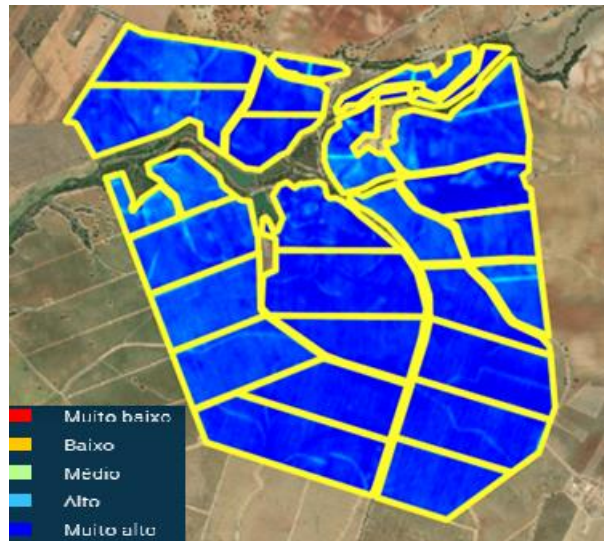


Figura 15- Registo NDVI referente a 15 de março de 2020.

0-0.02, 0.02-0.2, NDVI muito baixo;

0.2-0.3, NDVI baixo;

0.3-0.6, NDVI médio;

0.6-0.9, NDVI alto;

0.9-1,0, NDVI muito alto.

No que se refere ao mês de abril, detetou-se que no dia 19 (Figura 16) se verificaram zonas com anomalias, mas no dia 24 (Figura 17) a cultura já registava valores muito elevados. Uma vez que existe uma sonda situada numa das zonas que apresentam valores que rondam o baixo e muito baixo, recorreu-se à análise do registo das sondas, tipo de solos, adubação, de forma a averiguar sobre o sucedido.

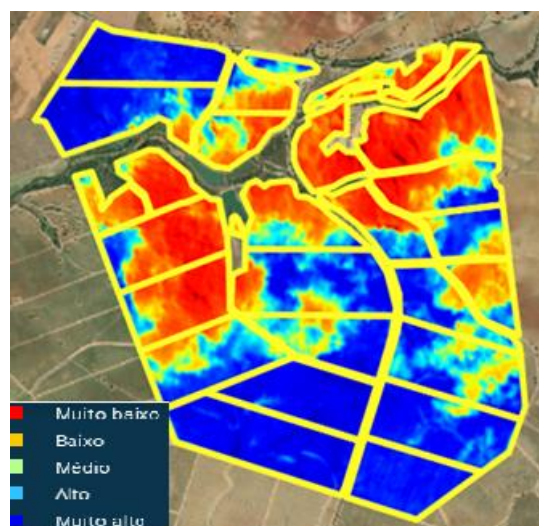


Figura 16- Registo NDVI referente a 19 de abril de 2020

0-0.02, 0.02-0.2, NDVI muito baixo;

0.2-0.3, NDVI baixo;

0.3-0.6, NDVI médio;

0.6-0.9, NDVI alto;

0.9-1,0, NDVI muito alto

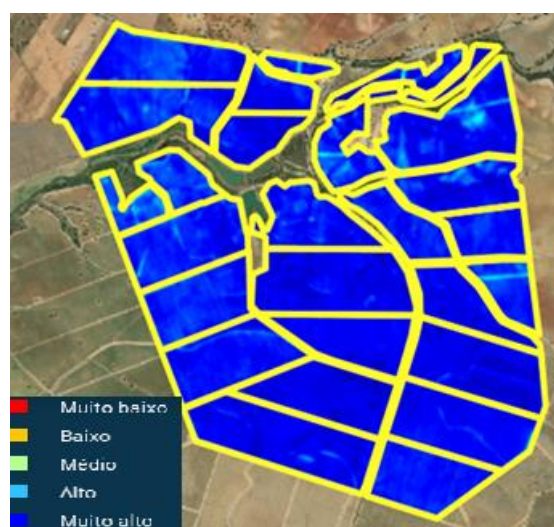


Figura 17- Registo NDVI referente a 24 de abril de 2020

0-0.02, 0.02-0.2, NDVI muito baixo;

0.2-0.3, NDVI baixo;

0.3-0.6, NDVI médio;

0.6-0.9, NDVI alto;

0.9-1,0, NDVI muito alto.

Nos gráficos das figuras 18 e 19, referentes ao período que inclui as duas datas, podemos verificar que ocorreu um período em que o solo apresentou teores de humidade

muito elevados, perto da saturação, provavelmente resultantes da precipitação ocorrida, podendo ser um motivo para o baixo nível de NDVI.



Figura 18- Registo de teor de humidade do solo na sonda dos setores 1 e 17, no período de 18 a 25 de abril de 2020

Zona a verde-claro representa a reserva facilmente utilizável;

Zona a verde-escuro indica excesso de água no solo;

Zona a rosa indica défice hídrico.

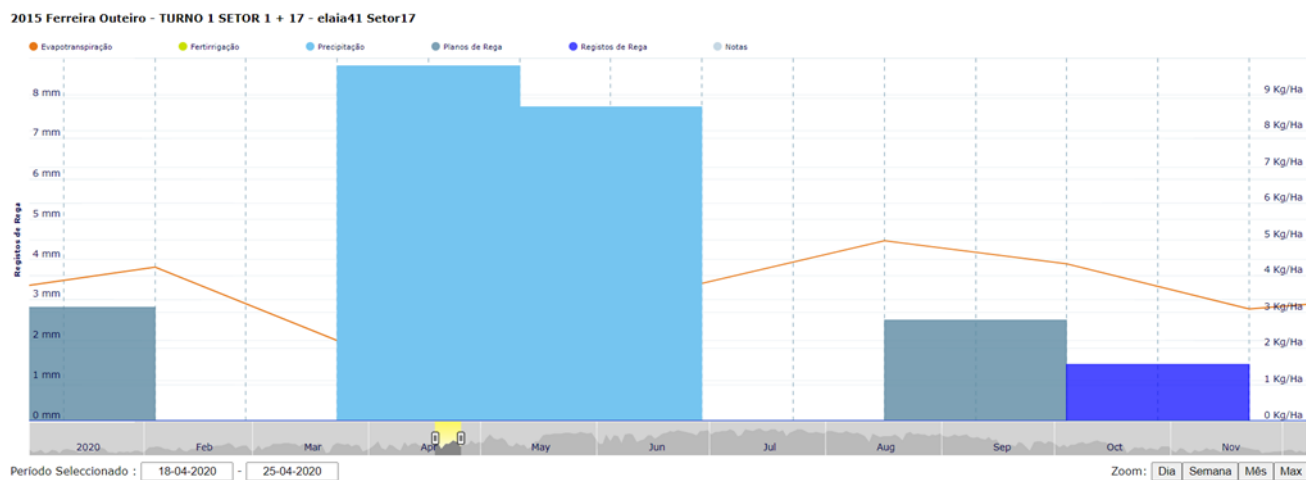


Figura 19- Registo da sonda do setor 1 e 17, no período de 18 a 25 de abril de 2020

Após esta data e até finais de maio seguiu-se um período com valores de NDVI na gama do alto a muito alto (Figura 20).

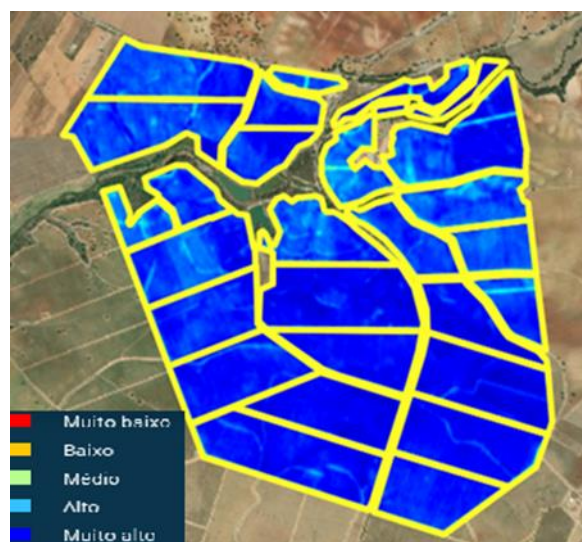


Figura 20- Registo NDVI referente a 29 de maio de 2020

0-0.02, 0.02-0.2, NDVI muito baixo;

0.2-0.3, NDVI baixo;

0.3-0.6, NDVI médio;

0.6-0.9, NDVI alto;

0.9-1,0, NDVI muito alto

No dia 13 de junho notou-se a presença de valores NDVI muito baixos (Figura 21). Aquando da análise do registo da sonda, no intervalo de tempo compreendido entre o dia que se registou os valores baixos até esta voltar a apresentar valores altos, podemos concluir que a sonda não nos fornece nenhum registo anormal uma vez que neste período as regas efetuadas estiveram de acordo com o previsto nesta fase, registando-se assim um teor de humidade do solo compreendido nos valores da reserva facilmente utilizável, nunca se aproximando da zona de stress hídrico nem a zona de encharcamento (Figuras 23 e 24). Após uma análise aos registos de adubação, verifica-se que na semana de 8 a 13 de junho, não foram realizadas adubações, de tal modo que este registo se pode dever à existência de uma carência de nutrientes, uma vez que se trata de solos de menor fertilidade.

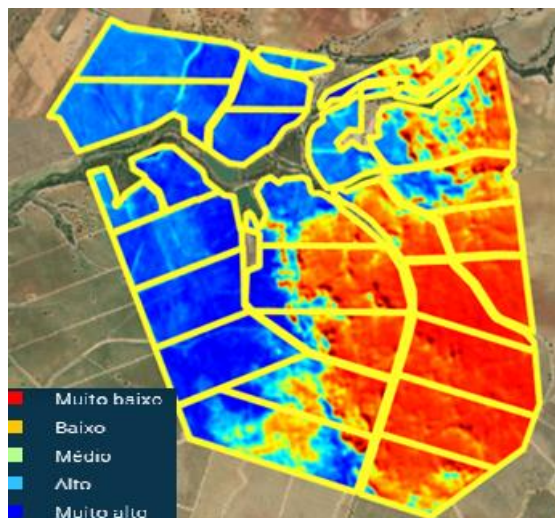


Figura 21- Registo NDVI referente a 13 de junho de 2020

0-0.02, 0.02-0.2, NDVI muito baixo;

0.2-0.3, NDVI baixo;

0.3-0.6, NDVI médio;

0.6-0.9, NDVI alto;

0.9-1,0, NDVI muito alto

De seguida, até ao dia 23 de junho, as imagens NDVI mostram que a cultura se apresentava em bom estado vegetativo em toda a área de estudo (Figura 22).



Figura 22- Registo NDVI referente a 23 de junho de 2020

0-0.02, 0.02-0.2, NDVI muito baixo;

0.2-0.3, NDVI baixo;

0.3-0.6, NDVI médio;

0.6-0.9, NDVI alto;

0.9-1,0, NDVI muito alto

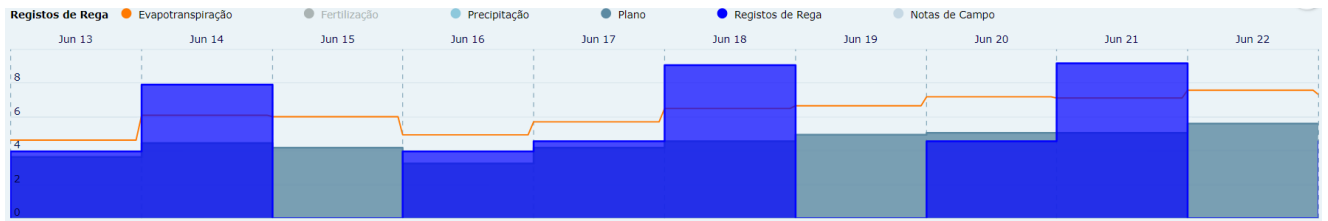


Figura 23- Registo da sonda do 41, no período de 13 a 22 de junho de 2020

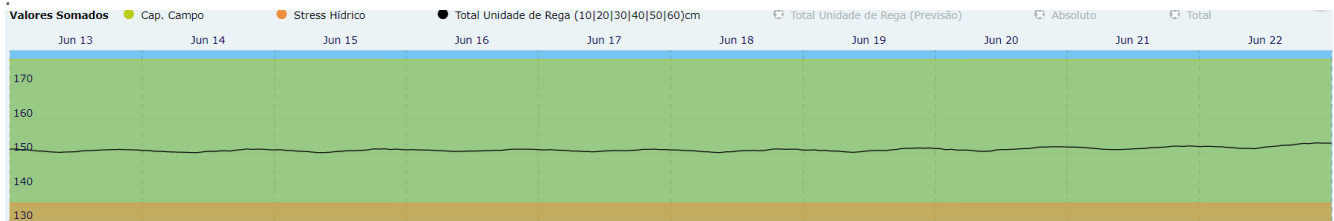


Figura 24- Registo do teor de humidade do solo na sonda do setor 41, no período de 13 a 22 de junho de 2020

Zona a verde-claro representa a reserva facilmente utilizável;

zona a verde-escuro indica excesso de água no solo;

zona a rosa indica défice hídrico.

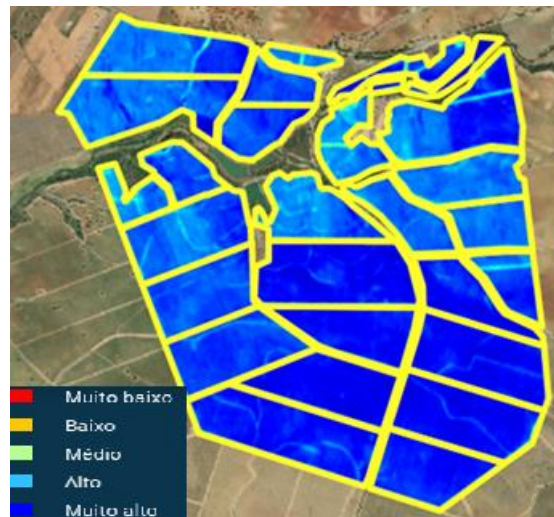


Figura 25- Registo NDVI referente a 28 de julho de 2020

0-0,02, 0,02-0,2, NDVI muito baixo;

0,2-0,3, NDVI baixo;

0,3-0,6, NDVI médio;

0,6-0,9, NDVI alto;

0,9-1,0, NDVI muito alto

No mês de agosto, quando o fruto se encontra em crescimento, denotamos a existência de duas manchas com valores mais baixos de NDVI, concretamente, no dia 17 de agosto (Figura 26), sendo que no dia 22 de agosto (Figura 27) já se registavam valores nas classes alto a muito alto.

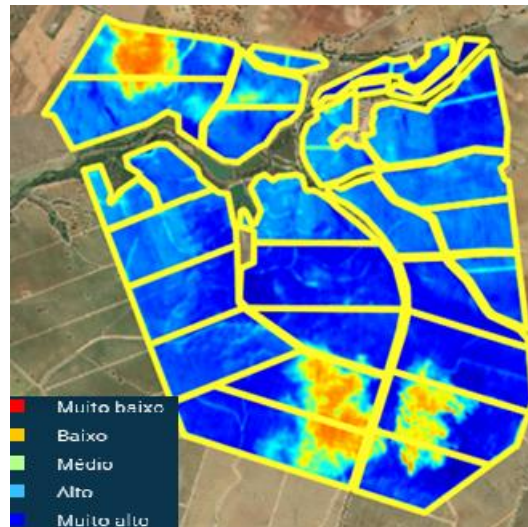


Figura 26- Registo NDVI referente a 17 de agosto de 2020

0-0.02, 0.02-0.2, NDVI muito baixo;

0.2-0.3, NDVI baixo;

0.3-0.6, NDVI médio;

0.6-0.9, NDVI alto;

0.9-1,0, NDVI muito alto



Figura 27- Registo NDVI referente a 22 de agosto de 2020

0-0.02, 0.02-0.2, NDVI muito baixo;

0.2-0.3, NDVI baixo;

0.3-0.6, NDVI médio;

0.6-0.9, NDVI alto;

0.9-1,0, NDVI muito alto

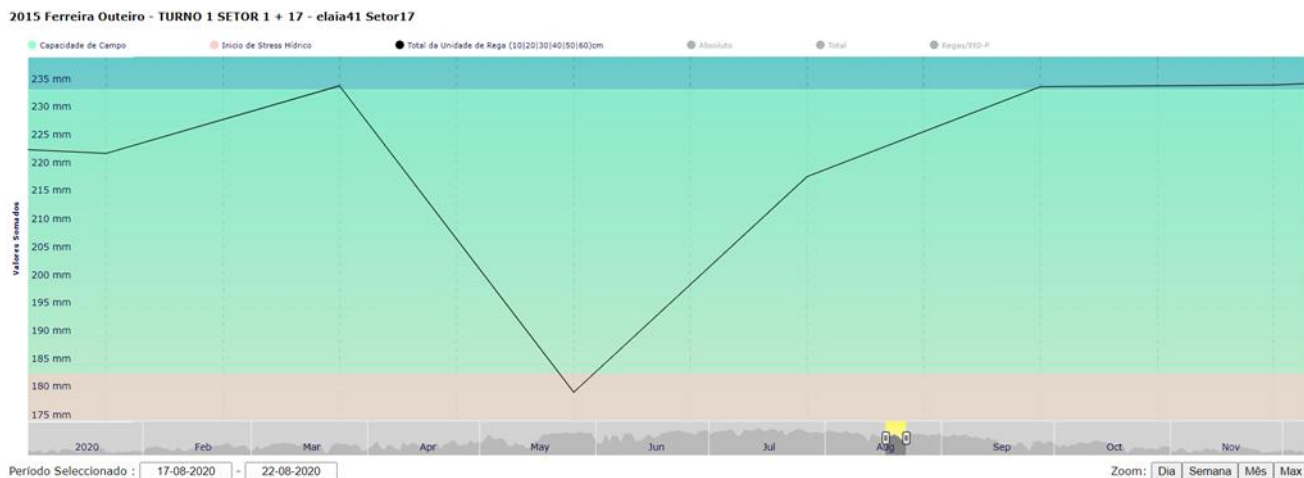


Figura 28- Registo das sondas dos setores 1 e 17, no período de 17 a 22 de agosto de 2020

Zona a verde-claro representa a reserva facilmente utilizável;

Zona a verde-escuro indica excesso de água no solo;

Zona a rosa indica déficit hídrico

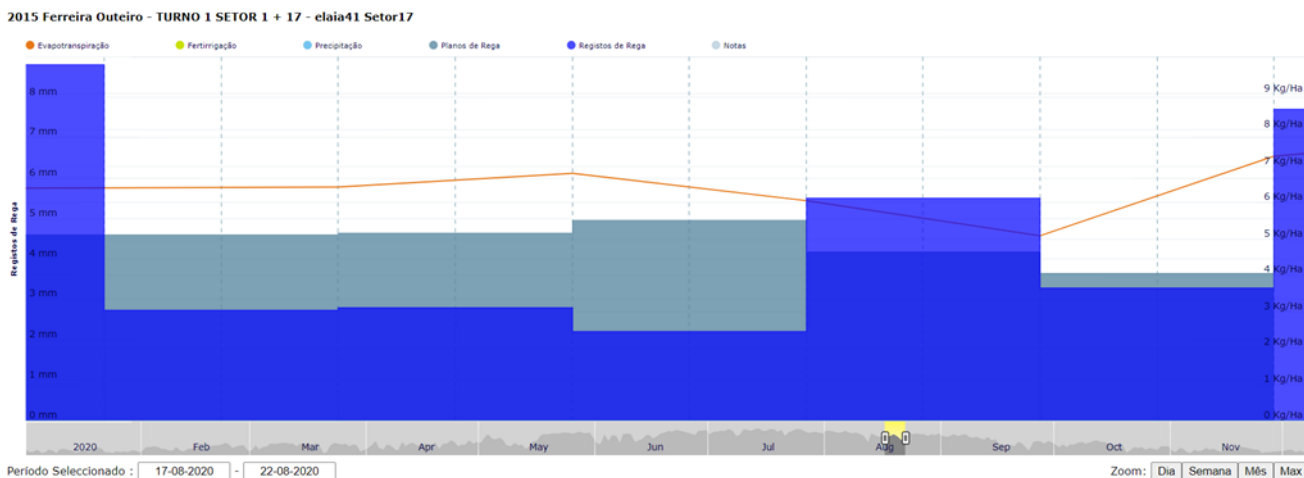


Figura 29- Registo das sondas dos setores 1 e 17, no período de 17 a 22 de agosto

Após a análise das figuras 28 e 29, podemos verificar que no dia 17 de agosto se registou uma rega com valores superiores aos que estavam previstos, sendo esta uma das causas que pode ter levado à redução de valores de NDVI. No que se refere à fertirrigação, na semana em causa também se registaram valores de adubação dentro da normalidade, excluindo deste modo a hipótese de se poder tratar de uma carência de nutrientes.

No mês de setembro selecionaram-se três imagens distintas. No dia 11 de setembro verificou-se a existência de uma zona com valores baixos, próxima da sonda

do setor 1, onde os solos predominantes são hidromórficos com horizonte eluvial (Ps), solos estes suscetíveis ao encharcamento (Figura 30). Na restante área, os valores de NDVI captados pelo satélite foram médios a altos. Posteriormente, no dia 16 de setembro, toda a área se encontra com valores bastante baixos, previamente a um período de dois dias com uma pluviosidade de cerca de 30 mm, voltando depois à normalidade no dia 21 de setembro (figuras 31 e 32).

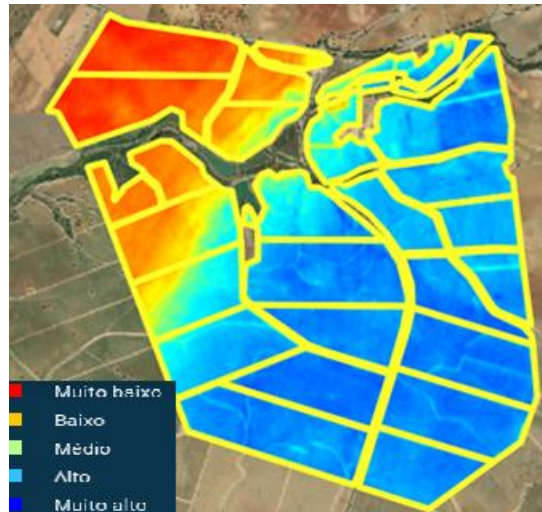


Figura 30- Registo NDVI referente a 11 de setembro de 2020

0-0.02, 0.02-0.2, NDVI muito baixo;

0.2-0.3, NDVI baixo;

0.3-0.6, NDVI médio;

0.6-0.9, NDVI alto;

0.9-1,0, NDVI muito alto

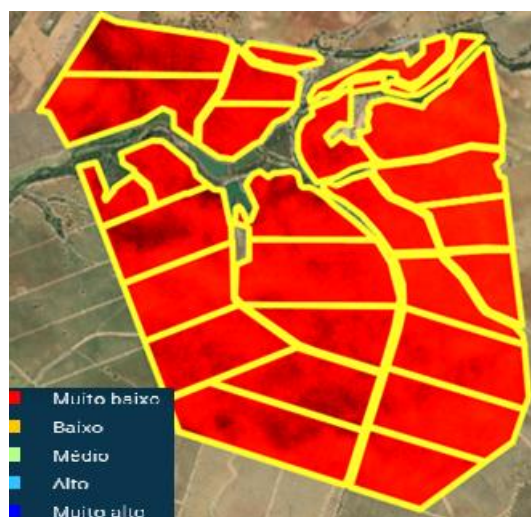


Figura 31- Registro NDVI referente a 16 de setembro de 2020

0-0.02, 0.02-0.2, NDVI muito baixo;

0.2-0.3, NDVI baixo;

0.3-0.6, NDVI médio;

0.6-0.9, NDVI alto;

0.9-1,0, NDVI muito alto



Figura 32- Registro NDVI referente a 21 de setembro de 2020

0-0.02, 0.02-0.2, NDVI muito baixo;

0.2-0.3, NDVI baixo;

0.3-0.6, NDVI médio;

0.6-0.9, NDVI alto;

0.9-1,0, NDVI muito alto

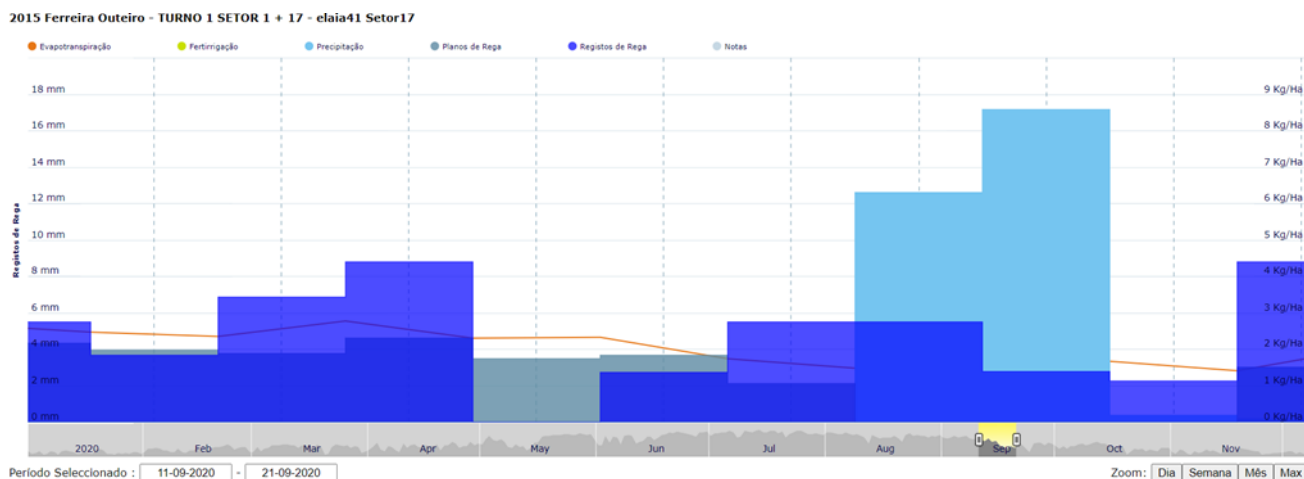


Figura 33- Registo das sondas dos setores de 1 a 17, no período 11 a 21 de setembro de 2020



Figura 34- Registo das sondas dos setores 1 e 17, no período de 11 a 21 de setembro de 2020,

Zona a verde-claro representa a reserva facilmente utilizável;

zona a verde-escuro indica excesso de água no solo;

Zona a rosa indica défice hídrico

Quanto aos resultados de dia 16 de setembro, podemos concluir que se devem à presença de nuvens, uma vez que dia 17 e 18 ocorreu precipitação (Figura 33). Aquando destes fenómenos, os satélites não conseguem realizar a leitura, podendo levar a este tipo de registos. Deste modo não se podem tirar conclusões em relação ao estado em que se encontrava a cultura.

No dia 20 de novembro (Figura 35), período no qual já não se realizaram regas, sendo por isso esta a última imagem do estudo no que se refere a imagens NDVI, pode-

se verificar que em toda a área se observam valores muito altos de NDVI, correspondentes a um excelente estado vegetativo.

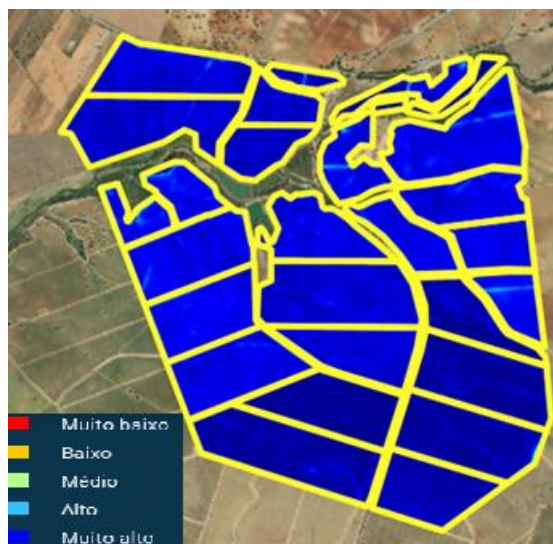


Figura 35- Registo NDVI referente a 20 de novembro de 2020

0-0.02, 0.02-0.2, NDVI muito baixo;

0.2-0.3, NDVI baixo;

0.3-0.6, NDVI médio;

0.6-0.9, NDVI alto;

0.9-1,0, NDVI muito alto

4.2. Uso da água e produtividade

No decorrer do presente estudo, realizou-se uma comparação entre as produções obtidas no ano de 2019 e o ano de 2020, tendo em conta que nestes dois anos as estratégias de rega adotadas diferiram. No que se refere tanto ao rendimento obtido como aos indicadores de produtividade da água, os valores referentes a 2019 foram significativamente superiores aos que se registaram em 2020, (tabela 5). O objetivo de alterar a estratégia de rega, deveu-se ao facto de a empresa considerar ser fundamental reduzir os gastos de água e de adubo, não só de um ponto de vista económico, mas também de um ponto de vista ecológico. Por outro lado, a precipitação distribuiu-se de forma diferente nos dois anos. No ano de 2019 a precipitação efetiva durante o período de rega (abril-novembro) foi de 565 m³/ha (tabela 6A - anexos) enquanto no ano de 2020 os valores registados são próximo do dobro, 926 m³/ha (tabela 7A – anexos). No entanto, verifica-se que existe uma evolução oposta na produção, uma vez que os valores de produção do ano de 2020 são significativamente inferiores ao ano de 2019.

Tabela 5- Análise de variância para o efeito do ano, da variedade e da interação ano x variedade sobre o rendimento (R), a produtividade da água (WP) e a produtividade da água de rega (IWP)

Fatores	R (kg/ha)	WP (kg/m³)	IWP (kg/m³)
Ano	*	*	*
2019	12.631 a	3,66 a	4,38 a
2020	8.858 b	2,48 b	3,35 b
Variedade	*	*	*
Oliana (OL)	12.812 a	3,62 a	4,55 a
Arbequina (AB)	9.504 b	2,75 b	3,46 b

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas, para $p < 0.05$, entre os níveis de cada fator de estudo, de acordo com o teste de Tuckey; * – significativo para $p < 0.05$; N.S. – não significativo para $p < 0.05$.

Verifica-se também efeito da variedade sobre o rendimento e indicadores de produtividade da água consumida e da água de rega, com valores significativamente superiores na variedade Oliana. Observou-se ainda interação significativa entre os fatores ano e variedade nas variáveis de produtividade analisadas (Figuras 36 a 37). Através da leitura da figura 36, podemos observar que em 2019 o rendimento foi superior a 2020 em ambas as variedades. No que à Arbequina (AB) diz respeito, em 2019 esta apresentou um rendimento de 12000 Kg/ha e em 2020 de 7000Kg/ha, descendo assim o rendimento para metade. Quanto à Oliana (OL), em 2019 esta apresentou um rendimento de cerca de 13500Kg/ha, descendo também em 2020 para 12000Kg/ha, registando assim ambas uma descida de rendimento, sendo esta mais acentuada no caso da variedade Arbequina, refletindo a interação ano x variedade referida.

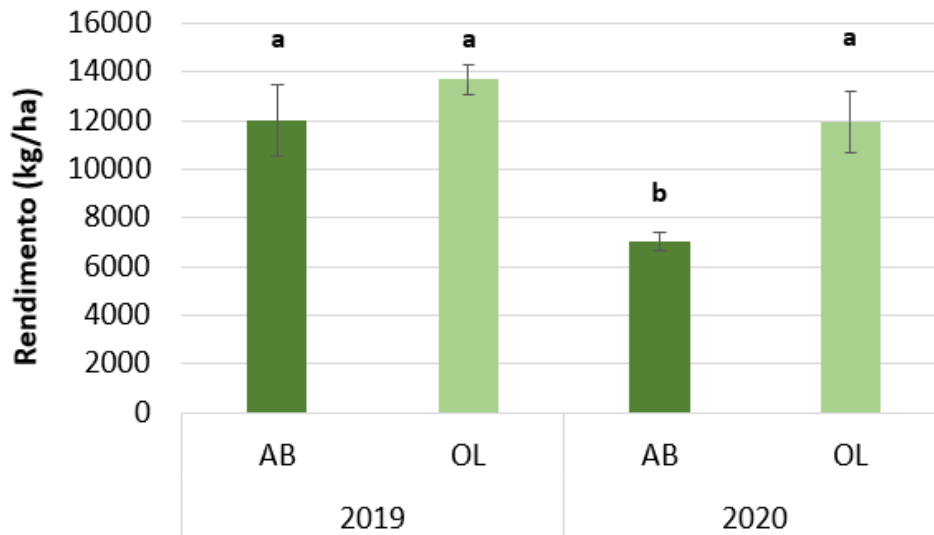


Figura 36- Rendimento médio e desvio padrão das variedades Arbequina (AB) e Oliana (OL) nos anos 2019-2020

Também a produtividade da água (Figura 37) foi mais baixa no ano de 2019 comparando com 2020. Quanto à variedade Arbequina (AB), esta sofreu um decréscimo de cerca de 3,5 Kg/m³ para 2,0 Kg/m³, enquanto a variedade Oliana (OL) passou de 4,0 Kg/m³ para cerca de 3,2 Kg/m³.

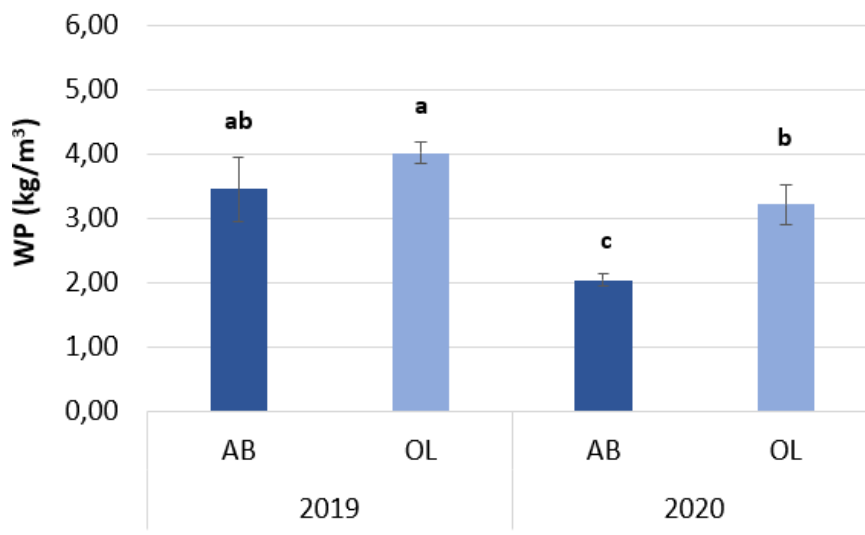


Figura 37- Produtividade média da água e desvio padrão das variedades Arbequina (AB) e Oliana (OL) nos anos de 2019-2020

Em conjunto com os decréscimos registados no rendimento e na produtividade da água, também a produtividade da água da rega (Figura 38) reduziu-se nas duas variedades do ano 2019 para o ano de 2020. Em 2019 a Arbequina (AB) apresentava valores que rondavam os 4,2 Kg/m³ descendo para cerca de 2,8 Kg/m³, no caso da Oliana (OL) esta sofreu uma descida de cerca de 4,8 para 4,4 Kg/m³.

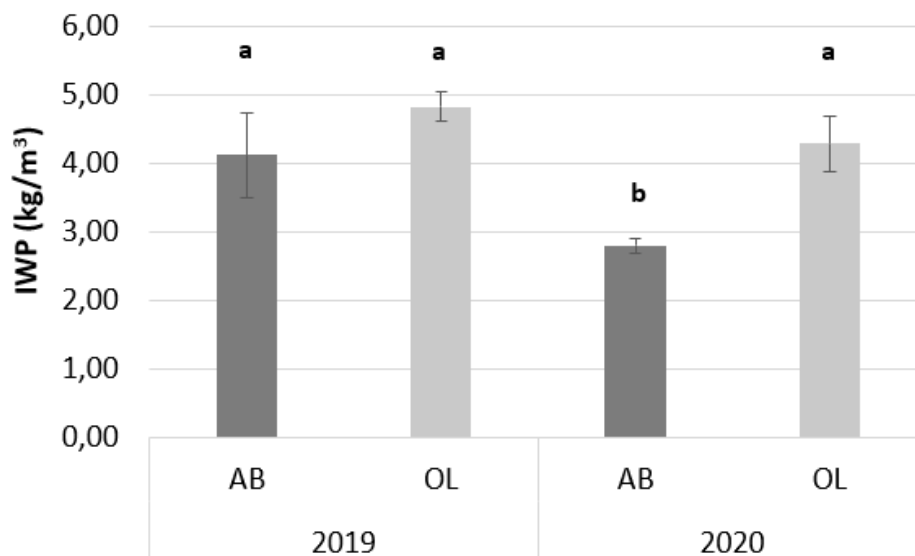


Figura 38- Produtividade média da água de rega e desvio padrão das variedades Arbequina (AB) e Oliana (OL) nos anos de 2019-2020

Assim sendo podemos verificar que dos dois anos em estudo, 2019 foi o ano que apresentou melhores resultados. Para além das alterações registadas na rega realizada, não podemos esquecer todos os outros fatores externos, tais como falta de temperaturas baixas na fase de indução floral, chuvas tardias e ainda um ponto fundamental, que é o fenómeno de safra e contrassafra. Embora as novas variedades permitam atenuar de forma bastante significativa este mecanismo, em relação a outras variedades antigamente mais utilizadas, os resultados indicam que que 2019 se tratou de um ano de safra e 2020 de contrassafra.

5. Considerações Finais

A agricultura de precisão permite obter melhores rendimentos e reduzir custos na medida em que não se trata a cultura de uma forma homogênea, mas sim de forma detalhada e de acordo com as diferentes necessidades espaciais e temporais que a cultura apresenta.

No que se refere à parte do estudo em que se analisam imagens NDVI em diferentes estados de desenvolvimento da cultura podemos verificar que estas devem ser sempre analisadas com muita precaução, uma vez que podem apresentar valores fora do normal devido a uma vasta gama de variantes. Neste caso em concreto, tendo em conta que se trata de uma cultura permanente com enrelvamento natural na entrelinha, devemos ter em conta que o mesmo tem muita influência nas imagens de NDVI, nunca se devendo esquecer a data em que se realiza o destroçamento da entrelinha do olival, uma vez que se esta tarefa for realizada ainda com a entrelinha verde, pode vir a influenciar nos resultados analisados nas imagens NDVI. No presente estudo, apenas se destroçou uma vez, no mês de junho, de tal forma que praticamente toda a entrelinha se encontrava seca. Outro fator a ter em conta é a presença de nuvens uma vez que estas impedem a captação das imagens dos satélites. Para além disso, também é fundamental correlacionar a informação com a informação sobre os solos bem como o declive do terreno, a condução da rega, e também o itinerário técnico, principalmente, a adubação, uma vez que as carências de nutrientes se refletem na biomassa vegetal e seu estado vegetativo.

A comparação das respostas produtivas em dois anos diferentes mostrou o efeito do mecanismo de safra e contra safra na cultura do olival, bem como a influência das estratégias de rega diferentes. No ano de 2019 (safra), os valores de rendimento, produtividade da água utilizada pela cultura e da água de rega aplicada foram significativamente superiores em ambas as variedades, com destaque para a variedade Oliana. A variedade Arbequina foi menos produtiva em ambos os anos, com redução mais acentuada da produção em 2020 (contrassafra). Deste modo, pode-se verificar que os resultados obtidos pelas diferentes estratégias de rega seguidas em cada ano, podem ter sido mascarados pelo mecanismo de safra e contrassafra.

6. Bibliografia

- Agromillora. (2020). *Um documentário sobre a maior revolução agrícola: História do olival em sebe*. Agromillora.
- Aqualogus. (07 de Março de 2021). Estudo de Impacte Ambiental da Estação Elevatória e Circuito Hidráulico do Pedrógão. *Reanálise da Caracterização da Situação de Referência do Descritor Solos*, pp. A1-6, A1-7, A1-8.
- Atmosfera, I. P. (2020). Obtido de IPMA:
<https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/>
- Barranco, R. F.-E. (2017). *El Cultivo del Olivo*. Madrid: Ediciones Mundi- Prensa.
- Beede, R. H., & Goldhamer, D. (1994). Olive irrigation management. Em U. o. California, *Olive Production Manual* (pp. 61-68). Califórnia: University of California.
- Butler, J. (Março de 2021). *Olive Oil Times*. Obtido de
<https://www.oliveoiltimes.com/pt/production/oliana-variety-launched-agromillora/39022>
- Cardoso, J. C. (1974). *A Classificação dos Solos de Portugal - Nova versão*. Boletim de solos do SROA.
- CIMBAL. (26 de Novembro de 2020). *CIMBAL*. Obtido de Comunidade Intermunicipal do Baixo Alentejo: <https://cimbal.pt/pt/menu/598/caraterizacao-do-baixo-alentejo.aspx>
- Connor, D. (2005). *Adaptation of olive (Olea euopaea L.) to water-limited environments*. Obtido de Australian Journal of Agricultural Research:
<https://doi.org/10.1071/AR05169>
- Cordeiro, A. (2014). Aspectos Gerais Da Cultura Da Oliveira. Em I. Pedro Jordão (INIAV, *Boas Práticas no Olival e no Lagar* (pp. 36-55). Lisboa: Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterenária, I.P. (INIAV, I.P.).
- Cordeiro, A. (2014). *Exigências Edafoclimáticas da Oliveira*. Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterenária, I.P. (INIAV,I.P.).
- Cuevas , J. (2005). Incompatibilidad Polen-Pistilo. Em Rallo, *Variedades de Olivo em España* (pp. 301-8). Madrid : Espanha: Ediciones Mundi-Prensa.

- DGADR. (10 de Fevereiro de 2021). *Nota Explicativa da Carta dos Solos de Portugal e da Carta de Capacidade de Uso do Solo*. Obtido de Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural: <https://www.dgadr.gov.pt/nota-explicativa>
- EngeSat. (15 de Fevereiro de 2021). *NDVI: CRIANDO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO NO GLOBAL MAPPER*. Obtido de EngeSat: <http://www.engesat.com.br/software/global-mapper/calculo-do-indice-de-vegetacao-ndvi-no-global-mapper/>
- Fernández , J., Moreno, F., Cabrera, F., Arrue, J., & Martín-Aranda, J. (1991). Drip Irrigation, Soil Characteristics and the Root Distribution and Root Activity of Olive Trees. *Plant and Soil*, 239-251.
- Fontana, D., Melo, R., Shimabukuro, Y., Fior, C., Cordeiro , A., & Berlato, M. (julho a setembro de 2017). *Ciencia Florestal. Regiões Homogêneas de Vegetação Utilizando A variabilidade do NDVI*, p. 884.
- Fontanazza, G. (1996). Aspectos Genéticos e Técnicas de Propagação para o Cultivo Intensivo. Em *Enciclopedia Mundial Del Olivo* (pp. 113-144). Madrid, Espanha: Consejo Oleicola Internacional.
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I. (2020). *Instituto Português do Mar e da Atmosfera*. Obtido de www.ipma.pt: https://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20210122/IUNfXCxCRhziSoCsQPwf/cli_20201201_20201231_pcl_aa_co_pt.pdf
- IPMA. (2021). *Normais climatológicas*. Obtido de Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA): <https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/>
- Irristrat* . (2020). Obtido de <https://www.irriestrat.com/login.php?url=/home.php>
- Javier, J. (2020). Modelo Digital del Terreno con CN a 0,5m. *Topográfico Monte da Vinha y Outeiro*.
- Jesus, A. M. (2013). *Olivicultura de precisão- Avaliação da variabilidade espacial da produtividade e qualidade da azeitona e azeite num olival semi-intensivo*. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia .
- Lepsch, I. (2010). *Formação e Conservação dos Solos*. São Paulo: Oficina de textos.

- Liébana, E. d. (16 de Maio de 2020). *Agroportal* . Obtido de <https://www.agroportal.pt/oliana-a-variedade-do-azeite-biodinamico/>
- Martins, J. C. (2014). Exigências Edafoclimáticas da Oliveira, Edáficas . Em I. Pedro Jordão (INIAV, *Boas Práticas no Olival e no Lagar* (p. 44). Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterenária, I.P. (INIAV, I.P.).
- Mendes, J., Boteta, L., Fabião, M., Santos, M., Varela, M., Brás, P., & Silvestre, J. (2014). Rega. Em J. Mendes, L. Boteta, M. Fabião, M. Santos, M. Varela, P. Brás, & J. Silvestre, *Boas práticas no olival e no lagar* (pp. 139 - 140). Camarate: INIAV,I.P.
- Navarro, C., Hidalgo, J., & Campo, M. (2017). Sistemas de Plantación. Em D. Barranco, R. Fernandez-Escobar, & L. Rallo, *El Cultivo Del Olivo* (pp. 289-334). Madrid, Espanha: Mundi-Prensa.
- O que é NDVI e qual sua aplicação na agricultura.* (Abril de 2021). Obtido de Pix Force: <https://pixforce.com.br/o-que-e-ndvi/>
- Pedro Jordão (INIAV, I. (2014). *Boas práticas no olival e no lagar*. Camarate: Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterenária, I.P. (INIAV,I.P.).
- Rapoport, H., & Moreno-Alías, I. (2017). Botánica Y Morfología. Em D. Barranco , R. Fernandez-Escobar , & L. Rallo, *El Cultivo Del Olivo* (pp. 35-64). Madrid: Espanha: Ediciones Mundi-Prensa.
- Rapoport, H., Moreno-Alías, I., León, L., & De la Rosa, R. (2010). *Olive Seeding First-Flowering Position and Manegement*.
- Rau, P. (2020). *Jardins*. Obtido de Fruteira do mês: azeitona : <https://revistajardins.pt/tudo-sobre-a-oliveira/>
- Rau, P. (25 de Fevereiro de 2020). *Jardins*. Obtido de Fruteira do mês: Azeitona: <https://revistajardins.pt/tudo-sobre-a-oliveira/>
- StartSoft, Inc. (2004). *STATISTICA (data analysis software system)*.
- Todolivo*. (2020). Obtido de <https://www.todolivo.com/pt-pt/olival-em-sebe/principais-vantagens/>

Tomaz, A., & Fernandes, A. (2019). *Condução da rega baseada em indicadores do solo: potencial de humidade do solo*. Gestão da Rega, Instituto Politécnico de Beja.

Tomaz, A., Fernandes, A., & Oliveira e Silva, P. (2019). *Gestão da Rega*. Instituto Politécnico de Beja.

Vasconcelos, M. (2008). *Contribuição para o Estudo da Caracterização dos Sectores Olivícola e Oléica em Portugal Continental*. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia.

7. Anexos

Tabela 6A- Produção e rega 2019

Variedade	Grupo	Área (ha)	Solo Predominante	Rega (m3/ha)	Precipitação efetiva (m3/ha)	Produção (Kg)	Produção Unitária (PU) (Kg/ha)	WP (Kg/m3)	IWP (Kg/m3)
Oliana	1	47,31	Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos (Sr) e Calcários Vermelhos (Vc)	2 935,29	564,80	681 303,00	14 400,82	4,11	4,91
Oliana	2	45,57	Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos (Sr)	2 918,79	564,80	608 866,00	13 361,11	3,84	4,58
Oliana	4	19,61	Mediterrâneos Pardos (Px)	2 675,57	564,80	260 763,00	13 297,45	4,10	4,97
Média Oliana				2 843,22	564,80	516 977,33	13 686,46	4,02	4,82
Desvio padrão OL							619,47	0,16	0,21
Arbequina	3	19,96	Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos (Sr)	2 932,13	564,80	220 241,00	11 034,12	3,16	3,76
Arbequina	5	46,15	Hidromórficos com Horizonte Eluvial (Ps) e	2 770,15	564,80	651 098,00	14 108,30	4,23	5,09
Arbequina	6	33,98	Calcários Vermelhos (Vc) e Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos (Sr)	2 976,53	564,80	349 429,00	10 283,37	2,90	3,45
Arbequina	7	37,44	Hidromórficos com Horizonte Eluvial (Ps)	2 988,73	564,80	468 165,00	12 504,41	3,52	4,18
Arbequina	8	63,82	Hidromórficos com Horizonte Eluvial (Ps) e Calcários Vermelhos (Vc)	2 924,30	564,80	769 411,00	12 055,95	3,46	4,12
Média Arbequina				2 918,37	564,80	491 668,80	11 997,23	3,45	4,12
Desvio padrão AB							1 464,77	0,50	0,62
Média geral				2 890,19	564,80	501 159,50	12 630,69	3,66	4,38

Tabela 7A-Produção e rega 2020

Variedade	Grupo	Área (ha)	Solo Predominante	Rega (m3/ha)	Precipitação efetiva (mm)	Produção (Kg)	Produção Unitária (PU) (Kg/ha)	WP (Kg/m3)	IWP (Kg/m3)
Oliana	1	47,31	Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos (Sr) e Calcários Vermelhos (Vc)	2 770,38	926,23	592 434,00	12 522,38	3,39	4,52
Oliana	2	45,57	Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos (Sr)	2 766,39	926,23	479 198,00	10 515,65	2,85	3,80
Oliana	4	19,61	Mediterrâneos Pardos (Px)	2 826,82	926,23	250 495,00	12 773,84	3,40	4,52
Média Oliana				2 787,86	926,23	440 709,00	11 937,29	3,21	4,28
Desvio padrão OL							1 237,58	0,32	0,41
Arbequina	3	19,96	Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos (Sr)	2 525,39	926,23	140 322,00	7 030,16	2,04	2,78
Arbequina	5	46,15	Hidromórficos com Horizonte Eluvial (Ps) e Calcários Vermelhos (Vc)	2 563,28	926,23	351 948,00	7 626,18	2,19	2,98
Arbequina	6	33,98	e Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos (Sr)	2 487,67	926,23	235 516,00	6 931,02	2,03	2,79
Arbequina	7	37,44	Hidromórficos com Horizonte Eluvial (Ps)	2 485,35	926,23	250 933,00	6 702,27	1,96	2,70
Arbequina	8	63,82	Hidromórficos com Horizonte Eluvial (Ps) e Calcários Vermelhos (Vc)	2 464,04	926,23	431 660,00	6 763,71	2,00	2,74
Média Arbequina				2 505,15	926,23	282 075,80	7 010,67	2,04	2,80
Desvio padrão AB							367,99	0,09	0,11
Média geral				2 611,16	926,23	341 563,25	8 858,15	2,48	3,35

Tabela 8A- Precipitação efetiva no ano de 2019

	P_{mensal} (mm)	P_{ef} (mm)	P_{ef} durante rega (mm)
<i>Jan</i>	31,2	8,7	
<i>Fev</i>	24,8	4,9	
<i>Mar</i>	10,4	0,0	
<i>Abr</i>	59,6	25,8	257,6
<i>Mai</i>	1,6	0,0	0,0
<i>Jun</i>	1,2	0,0	0,0
<i>Jul</i>	1,4	0,0	0,0
<i>Ago</i>	0,6	0,0	0,0
<i>Set</i>	7,8	0,0	0,0
<i>Out</i>	24,8	4,9	48,8
<i>Nov</i>	81,0	40,8	258,4
<i>Dez</i>	102,6	58,1	
Total	347	143	565

Tabela 9A- Precipitação efetiva no ano de 2020

	P_{mensal} (mm)	P_{ef} (mm)	P_{ef} durante rega (mm)
<i>Jan</i>	54,2	22,5	
<i>Fev</i>	1,0	0,0	
<i>Mar</i>	63,8	28,3	
<i>Abr</i>	98,4	54,7	547,2
<i>Mai</i>	30,2	8,1	81,2
<i>Jun</i>	0,4	0,0	0,0
<i>Jul</i>	5,8	0,0	0,0
<i>Ago</i>	0,0	0,0	0,0
<i>Set</i>	32,8	9,7	96,8
<i>Out</i>	68,6	31,2	201,0
<i>Nov</i>	133,6	82,9	
<i>Dez</i>	56,8	24,1	
Total	546	261	926