

Análise do dimensionamento dos sistemas de rega de um olival
Intensivo e de um Superintensivo

**FREDERICO DE HERÉDIA DE LANCASTRE FREITAS FRAGOSO DE
BARAHONA**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Agronómica

Orientador: Doutor Gonçalo Pereira Fernandes Caleia Rodrigues

Júri: Presidente: Doutora Maria do Rosário da Conceição Cameira, Professora associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

Vogais: Doutora Isabel Maria Cerqueira Lopes Alves, Professora associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

Doutor Gonçalo Pereira Fernandes Caleia Rodrigues, Professor auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, orientador.

*Dedicado com gratidão
à Mãe e Rainha
Três Vezes Admirável
de Schoenstatt*

AGRADECIMENTOS

Na execução deste trabalho, estiveram envolvidas muitas pessoas às quais não posso deixar de mostrar o apreço e gratidão.

Ao Professor Doutor Gonçalo Pereira Fernandes Caleia Rodrigues, pelo incansável trabalho na orientação desta tese e pela disponibilidade inigualável que mostrou. O seu profissionalismo, amizade e dedicação têm o meu mais profundo agradecimento.

À mãe Ana e ao pai Bernardo, pelo apoio incondicional, pela paciência constante e por serem os pilares da minha vida. Aos manos Concha, Mafa e Gagui, por serem os meus companheiros de sempre.

A todo o pessoal da Hidro Ibérica principalmente ao tutor deste trabalho, o Engenheiro Alexandre Castilho, pela preocupação constante em me ajudar e motivar na elaboração da tese, pelo tempo investido na minha formação e pela prontidão em me prestar auxílio sempre que foi preciso. Ao Engenheiro Jorge Salgueiro por me ter deixado fazer parte da equipa da empresa Hidro Ibérica onde sempre fui bem recebido, e ao Ricardo Pereira pela formação e disponibilização da informação essencial na elaboração deste trabalho.

Ao Sr. Virgulino Neves pela boa disposição que sempre mostrou nas minhas visitas aos olivais, por me ter aberto as portas da sua casa e por ter tornado possível a elaboração deste trabalho.

A toda a minha família pela preocupação e ajuda mostrada, em especial ao avô Pico, avó Gégé, tios e primos Foreros, tios e primos Colaço, ao avô Paulo, avó Fata, tios Sameiro de Sousa e aos meus padrinhos, o tio Gonçalo e a tia Nô.

A todos os meus amigos com quem diariamente aprendo e cresço, pelo apoio, amizade e por estarem lá sempre que preciso, agradeço em especial ao “Leme da Fé”, “QSA e cenas”, “Family night”, e ao meu primo Tico.

A todos os professores que ao longo da minha vida contribuíram para a minha formação académica e a todos aqueles que de alguma forma estiveram presentes no meu percurso de vida, principalmente à professora Rosário Cameira pela ajuda no avanço inicial deste trabalho.

Muito obrigado

Resumo

A intensificação sustentável na agricultura rege-se por duas premissas: o aumento da qualidade e da quantidade das produções, trazendo maiores retornos económicos, e a gradual redução de fatores de produção sem que isso afete o produto final.

A implementação de novos sistemas produtivos intensificados em culturas perenes veio destacar-se dos restantes métodos de produção pelo facto de as condições edafoclimáticas exigirem a administração artificial de água mediante a rega. Sem rega, a viabilidade produtiva e até de sobrevivência da cultura são impensáveis.

Este trabalho foi realizado no Alentejo (Avis) ao longo do ano de 2020, com a parceria da empresa Hidro Ibérica e da empresa Vineves, em dois olivais modernos em sistema intensivo e superintensivo. Nesta região, conhecida pelas altas temperaturas estivais, a utilização de água aporta algumas restrições económicas e ambientais. Como tal, é importante que a gestão deste recurso tenha o maior grau de rigor possível e que os desperdícios sejam mínimos. A rega localizada é o método mais recorrente neste tipo de cultura por apresentar os melhores resultados de eficiências de rega. Nestes sistemas, a água é fornecida às plantas nas exatas quantidades consumidas e apenas na região de desenvolvimento radicular.

O presente estudo pretende avaliar a sustentabilidade agronómica e ambiental dos sistemas de rega implementados e estudar a exequibilidade de utilização de um software de desenho e dimensionamento hidráulico em futuros projetos.

Os resultados deste trabalho demonstram que ambos os sistemas de rega estão capacitados para fazer frente às necessidades hídricas da cultura. No entanto, em última análise, existem alguns componentes que podem, a prazo, trazer problemas ao desenvolvimento normal do sistema de rega. Para esses casos, foram feitas propostas de melhoria ou alteração.

Palavras chave:

Rega localizada; Olival intensivo; Olival superintensivo; Dimensionamento de rega;

Abstract

Sustainable intensification of agriculture is based on two premises: increasing of crop productions, both in quantity and in quality, which brings larger economic returns; and the progressive decrease of the production inputs without affecting the final product.

New intensified productive methods in perennial crops stands out among other productive methods due to the fact that the soil and climate conditions require irrigation, especially in Mediterranean type climate regions. Without irrigation, productive and even survival viability of those crops would be unthinkable.

This study took place in Alentejo (Avis) throughout the year of 2020, in association with the companies Hidro Ibérica and Vineves. The project was made in two modern olive groves, one is an intensive olive crop system and the second one is a superintensive olive crop system. In this region, well known for its high summer temperatures, the use of water in irrigation has some economic and environmental restrictions. As such, it is crucial to manage the water in a rigorous manner and produce minimum waste. Drip irrigation is the most common method used on these crops, due to its greater efficiency. In this irrigation systems water is provided to crops in the exact same amount as it is needed and limited to the root zone.

This study aims to evaluate the environmental sustainability of two implemented irrigation systems and to study the feasibility of a hydraulic design and configuration software in future projects.

The obtained results show that both systems are capable of provides the crops water requirements. There are however some components that need to be adapted and, in the long term, may ultimately bring problems to the overall regular watering system. In such cases, changes were proposed, and improvement options were given.

Key Words:

Trickle irrigation; Intensive olive crops; Superintensive olive crops; Irrigation system design

Índice de Texto

Capítulo 1. Introdução	1
1. 1. Contextualização	1
1.2 Objetivos.....	3
1.3 . Estrutura da dissertação.....	3
Capítulo 2. Revisão Bibliográfica	5
2.1 A importância da Olivicultura no mundo	5
2.1.1 Origem	5
2.1.2 Importância económica	5
2.2 Características da Oliveira	7
2.2.1. O ciclo cultural da oliveira	7
2.2.2 Necessidades edafoclimáticas.....	8
2.2.3 Necessidades hídricas e nutritivas do Olival.....	8
2.3 Sistemas de condução do Olival e a sua relação com a rega.....	9
2.3.1 Sistema tradicional.....	10
2.3.2 Sistema Intensivo.....	11
2.3.3 Sistema Superintensivo	12
2.4 Os sistemas de rega localizada por gota-a-gota	13
2.4.1 Características	13
2.4.2 Constituição e equipamentos.....	14
2.5. O projeto de rega gota-a-gota para olivais intensivos e superintensivos	15
2.5.1 Necessidades de rega de projeto	15
2.5.2. Dimensionamento agronómico	17
2.5.3 Dimensionamento hidráulico.....	18
Capítulo 3. Materiais e métodos	19
3.1 Introdução aos materiais	19
3.2. Caracterização da empresa Hidro Ibérica	19
3.3 Sistema de rega do Olival Superintensivo.....	20
3.4 Sistema de rega do Olival Intensivo	23
3.5 Estudo climático	26
3.6 Estudo agronómico.....	27
3.7 Estudo hidráulico	28
3.7.1 Turnos de rega.....	28
3.7.2 Perdas de pressão nas condutas.....	29
Capítulo 4. Resultados	34

4.1 Necessidades de rega.....	34
4.2 Dimensionamento agronómico.....	37
4.3 Dimensionamento hidráulico.....	39
4.3.1 Número de turnos de rega.....	39
4.3.2 Dimensionamento hidráulico no olival superintensivo.....	41
4.3.3 Cálculo das condutas no olival intensivo.....	47
Capítulo 5. Discussão de resultados.....	53
5.1 Cálculo das necessidades hídricas.....	53
5.2 Características agronómicas das parcelas.....	54
5.3 Intensificação do olival intensivo.....	55
5.4 Análise do dimensionamento hidráulico proposto pelo Irricad para o olival em sebe...	56
5.5 Análise do dimensionamento hidráulico proposto pelo Irricad para o olival intensivo...	58
5.6. Análise ao sistema de filtração.....	58
5.7 Comentário ao programa Irricad.....	58
5.8 Comentário final.....	59
Capítulo 6. Conclusões.....	60
Bibliografia:.....	62
Anexos.....	67

Índice de Figuras

Figura 1- Médio Oriente (adap. ATLAS geográfico escolar).....	5
Figura 2- Produção e Consumo Mundial de Azeite (1990-2015) (Fonte: COI).....	6
Figura 3- Ciclo bienal da oliveira (Rallo, 1994).....	7
Figura 4. Modos de condução do olival: a) tradicional; b) intensivo; c) superintensivo (Fonte: A Planície, 2019).....	11
Figura 5- Azeitona arbosana (esq.) e arbequina (dir.).....	12
Figura 6- Esquema de um sistema de rega localizada.....	14
Figura 7- a) Charca forrada com membrana de polietileno (Vineves, Ervedal) ; b) furo de água (fonte: Noticias do Sorraia).....	15
Figura 8- Fotografias do olival da Vineves em modo superintensivo (captadas a 17/3/2020).....	20
Figura 9- Localização do Olival Superintensivo em Ervedal (fonte: "Google Earth Pro" 2006).....	20
Figura 10- Tubo gotejador "AmnonDrip" com pormenor dos gotejadores (esquerda) e respetivo rolo (direita) (Adaptado de NaanDanJain, 2018).....	21
Figura 11- Ficha técnica do modelo "AmnonDrip" (esq.) e perdas de carga em metros associadas por comprimento de tubo (dir.) (Fonte: NaanDanJain, 2018).....	22
Figura 12- Electroválvula Bermad (esq.) e as perdas de pressão associadas em função do caudal (dir.) (Fonte: Bermad 2017).....	22

Figura 13- Filtro de malha automático (FMA), STF 1006-E (Fonte: STF Filtros- <i>Water Filtration Systems</i>)	23
Figura 14- Fotografia do olival da Vineves em modo intensivo (Fonte: https://azeiteportugale.pt/).....	23
Figura 15- Olival intensivo (fonte: Google Earth Pro).....	24
Figura 16- Valores indicativos dos teores de humidade por classes texturais à saturação (θ_{sat}), capacidade de campo (θ_{FC}), coeficiente de emurchecimento (θ_{WP}) e reserva utilizável (TAW) (Fonte: <i>Pereira, 2004</i>).....	27
Figura 17- Faixa de solo humedecido por uma linha de rega gota-a-gota, para o olival Superintensivo.	37
Figura 18- Faixa de solo humedecido por uma linha de rega gota-a-gota, para o olival Intensivo.	38
Figura 19- Emissores mais desfavoráveis de cada setor estudado para o OSI.....	41
Figura 20- Subdivisão de condutas principais e secundárias respeitantes ao 1º turno de rega do olival superintensivo (fotografia parcial do Anexo 4).....	44
Figura 21- Subdivisão de condutas principais e secundárias respeitantes ao 2º turno de rega do olival superintensivo (mapa parcial do Anexo 4).....	45
Figura 22- Emissores mais desfavoráveis de cada setor estudado para o OI.....	47
Figura 23- Subdivisão de condutas principais do olival intensivo (mapa parcial do Anexo 5).....	51

Índice de Quadros

Quadro 1- Dados históricos para o mês de Julho da estação meteorológica de Évora, 1959-1988	34
Quadro 2- Parâmetros para o cálculo do coeficiente de redução de coberto (k_r)	35
Quadro 3- Necessidades de reposição de água diárias nos olivais da Vineves, para os meses de Julho.....	35
Quadro 4- Determinação das Necessidade de Rega de projeto (NRpr).....	36
Quadro 5- Determinação das dotações efetivas e do volume de água por planta para os dois olivais	37
Quadro 6- Determinação do I_r max para os dois olivais e respetivo ajustamento das dotações	38
Quadro 7- Divisão dos setores do olival superintensivo em turnos de rega.....	39
Quadro 8- Divisão dos setores do olival intensivo em turnos de rega	40
Quadro 9- Variação de pressão permitida no setor.....	41
Quadro 10- Variação de pressões ocorrida nas rampas dos setores em estudo assumindo um comprimento uniforme dos laterais para o olival em sebe.....	42
Quadro 11- Verificação da condição das velocidades e cálculo das perdas de carga totais no porta-rampas.	42
Quadro 12- Determinação das velocidades à entrada da rampa e do setor.	43
Quadro 13- Determinação da pressão à entrada do porta-rampas	44
Quadro 14- Comprimentos dos troços que compõem a conduta principal e velocidades de escoamento.....	45
Quadro 15- Altura manométrica total (Hmt) para os turnos de rega em estudo do olival superintensivo.....	46

Quadro 16- Perda de pressão causada pelas electroválvulas e Hmt dos setores.	46
Quadro 17- Variação de pressão permitida no setor.	48
Quadro 18- Variação de pressões ocorrida nas rampas dos setores em estudo assumindo um comprimento uniforme dos laterais para o olival intensivo.	48
Quadro 19- Verificação da condição inicial das velocidades no porta-rampas.	49
Quadro 20- Cálculo das velocidades reais e das perdas de carga totais associadas aos porta-rampas	49
Quadro 21- Determinação da pressão à entrada do porta-rampas- <i>hEPR</i>	50
Quadro 22- Comprimento dos troços que compõem a conduta principal e velocidades de escoamento	51
Quadro 23- Perdas de carga totais e altura manométrica total (Hmt) para os turnos em estudo.	51
Quadro 24- Pressão exercida pelas electroválvulas	52
Quadro 25- Cálculo do caudal de projeto para todos os setores que integram o olival em sebe.	54
Quadro 26- Cálculo do caudal de projeto para todos os setores que integram o olival intensivo	55
Quadro 27- Velocidade de escoamento nos porta-rampas	56
Quadro 28- velocidade de escoamento nas condutas principais e secundárias	57

Listagem de Abreviaturas

Abreviatura	Definição	Unidade
Δh	Varição de pressão	m
ΔH	Perdas de carga em escoamento sob pressão	m
Δh_s	Varição de pressão permitida no setor	m
ΔN	Desnível	m
Φ	Diâmetro interno da tubagem	mm
A hum	Área de solo humedecida	m ²
A troço	Área da secção do tubo	m ²
a'b'	Área disponível por árvore	m ²
De	Dotação efetiva	mm
Du max	Dotação útil máxima	mm
ε	Eficiência de rega	%
ETo	Evapotranspiração de referência	mm/dia
Etc	Evapotranspiração cultural	mm/dia
g	Aceleração da gravidade	m/s
h_a	Pressão de funcionamento do emissor	m
h_{ER}	Pressão à entrada das rampas	m
h_{EPR}	Pressão à entrada do porta-rampas	m
h_{min}	Pressão mínima	m
h_{med}	Pressão média	m
Σh_s	Perdas de carga singulares	m
Hmt	Altura manométrica tota	m
$I_{r_{max}}$	Intervalo de regas máximo	dias
j	Perdas de carga unitárias	m/m
J	Perda de carga contínua	m
L	Comprimento da tubagem	m
NRpr	Necessidade de rega de projeto	mm/dia
Qpr	Caudal de projeto	m ³ /s
Q	Caudal	m ³ /s
Qe	Caudal do emissor	m ³ /s
q_{min}	Caudal mínimo	m ³ /s
q_{med}	Caudal médio	m ³ /s
R	Precipitação	mm
Sc	Fração de solo coberto	%

T _{med}	Temperatura média	°C
T _r	Tempo de rega	horas
v _{ER}	Velocidade à entrada da rampa	m/s
v _{EPR}	Velocidade à entrada do porta-rampas	m/s
V _p	Volume de água por planta	L

Listagem de Siglas:

Abreviatura	Definição	Unidade
C_{HW}	Coeficiente de Hazen -Williams	
CC	Capacidade de Campo	
CE	Coeficiente de Emurchecimento	
CV	Coeficiente de variação	
F	Coeficiente de redução de Christiansen	
Fsh	Fração de solo humedecido	
HR	Humidade Relativa	%
Kc	Coeficiente cultural	
MAD	Depleção máxima permitida	%, mm
Ne	Número de emissores	
p	Probabilidade de Horton	
PR	Período de retorno	
RU	Reserva Úti	mm
SAU	Superfície Agrícola Útil	
UD	Uniformidade de descarga	
UE	Uniformidade de emissão	

Capítulo 1. Introdução

1. 1. Contextualização

Entre as antigas culturas da bacia mediterrânica, a oliveira (*Olea europaea europaea* ssp L) é a espécie mais emblemática pela sua importância ecológica, económica e cultural, e é considerada um dos melhores indicadores biológicos do clima (Vilar *et al.*, 2019).

Em 2019 foram produzidas mais de 18 milhões de toneladas de azeitona em todo o mundo, 97% da produção encontra-se na bacia do mediterrâneo (COI, 2019). Este fenómeno é explicado pelas características climáticas destes países, que apresentam invernos suaves convenientes para a indução floral (formação de gomos florais) e verões longos, quentes e secos com temperaturas ideais para o desenvolvimento vegetativo (10 a 30 °C).

A maioria da azeitona produzida mundialmente (aproximadamente 90 %) destina-se à produção de azeite. Portugal produz 3,78 % do azeite mundial em 332 mil hectares (COI, 2019). O Alentejo é a principal região olivícola, com 49 % da área de olivais, seguido de Trás-os-Montes (22 %) e Beira Interior (14 %) (INE, 2011 cit. por Barros, 2011).

Tradicionalmente, as oliveiras têm sido cultivadas em pomares não intensivos ou de baixa densidade (menos de 200 plantas por hectare), sem recurso a rega (Toscano, 2020). Métodos de plantação mais recentes têm vindo a encurtar os compassos, resultando numa intensificação dos olivais que chegam a ter 800 plantas por hectare (olivais intensivos). Desde há poucos anos, tem-se registado uma intensificação ainda maior, dando origem a olivais em sebe podendo ultrapassar as 1500 plantas por hectare (olivais superintensivos) (Barroso *et al.*, 2013).

Um problema que se apresenta nestes novos compassos é a incapacidade da precipitação satisfazer as necessidades hídricas da cultura, principalmente em regiões onde a precipitação se distribui irregularmente ao longo do ano, com a época de maiores necessidades hídricas (Junho a Setembro) a ser coincidente com a altura de menor precipitação, como é o caso de Portugal. Dessa forma, os olivais intensivos e superintensivos tornaram-se dependentes da rega (Toscano, 2020). Um sistema de rega tem como objetivo fornecer o volume de água necessário para satisfazer as necessidades hídricas das plantas quando a quantidade de água disponibilizada através da precipitação é insuficiente para satisfazer o bom desenvolvimento das culturas (Vicente, 2015).

A rega, sendo parte integrante e decisiva no desenvolvimento das culturas e altamente influenciada pelas condições meteorológicas e do solo, tem vindo a ser alvo de estudos de modo a que possa ser fornecida nas quantidades exatas necessárias à planta. Perdas por escoamento, evaporação direta do solo e percolação profunda são as principais razões de ineficiência dos sistemas de rega, uma vez que ocorre migração da água para locais não explorados pelas raízes. O desenvolvimento de métodos de rega de culturas perenes, como é o caso da rega localizada, têm procurado otimizar a maneira como que a água é fornecida às plantas.

A rega localizada por gota-a-gota tem mostrado ser capaz de mitigar estas perdas, adicionando pequenas quantidades de água, durante longos períodos de tempo apenas na região do solo explorada por raízes (de Sousa & de Lena, 2014). Estes sistemas chegam a atingir eficiências de rega da ordem dos 90 %, enquanto que outros sistemas como aspersão e rega por sulcos atingem eficiências da ordem dos 75 % e 45 %, respetivamente (Antúñez *et al.*, 2010).

Além disso, a rega localizada permite a incorporação de fertilizantes necessários à manutenção das necessidades nutritivas das plantas. É aconselhável a administração frequente de água e nutrientes, em pequenas quantidades de forma a que estejam disponíveis no solo em condições ótimas para serem extraídas pela planta, e a um nível mais ou menos constante e gerido, sem flutuações que possam afetar a produção final (de Sousa & de Lena, 2014).

De modo a garantir que sejam atingidos os benefícios potenciais no uso da água apresentados pelos sistemas de rega localizada, estes devem ser rigorosamente dimensionados e instalados. O dimensionamento e implementação de um sistema de rega localizada por gota-a-gota numa cultura permanente, nomeadamente no olival, contempla várias fases de execução (Toscano, 2020). São elas: 1) Caracterização climática da região e determinação das necessidades hídricas de projeto; 2) Estudo das características do solo de forma a conhecermos a capacidade de retenção de água e a facilidade da disponibilização da mesma às plantas; 3) Dimensionamento do sistema hidráulico com o cálculo dos diâmetros de condutas, da potencia que a bomba deve fornecer ao sistema e do caudal a elevar.

Por fim, embora não seja alvo de estudo neste trabalho, a rentabilidade económica tem de ser garantida pela produção.

Um projeto de rega tem como finalidade proporcionar ao seu utilizador um documento com informação específica adequada aos objetivos pretendidos, adequado à zona de implantação e com as justificações, cálculos e especificações de todas as soluções apresentadas, (Oliveira *et al.*, 2004 cit. por Vicente, 2015).

1.2 Objetivos

No presente trabalho realizou-se o dimensionamento dos sistemas de rega de um olival superintensivo e de um olival intensivo. Ambos os olivais e os seus sistemas de rega foram instalados pela empresa Hidro Ibérica (HI): o superintensivo em 2018 e o intensivo em 2010. Com a realização de um novo projeto, foi possível ter uma base comparativa que permita avaliar o rigor da construção do projeto de rega inicial.

Desta forma, o presente trabalho é composto por dois estudos:

O primeiro tenta perceber se os parâmetros climáticos utilizados para o dimensionamento de rega foram corretamente calculados e se as escolhas agronómicas tomadas estão substanciadas nas características da parcela.

Na segunda parte realizou-se o dimensionamento hidráulico dos sistemas de rega. Desta forma foi possível aferir se o software Irricad, programa recentemente adquirido pela Hidro Ibérica, oferecia uma solução exequível no desenho e dimensionamento de condutas.

1.3 . Estrutura da dissertação

De acordo com o objetivo do trabalho o presente documento está organizado nos seguintes capítulos:

No capítulo 1 é introduzido o problema de estudo com uma contextualização da temática seguida dos objetivos abordados.

No capítulo 2 é feito o enquadramento geral da cultura e dos seus sistemas de condução. Seguidamente é abordada a questão da importância da rega focando nos sistemas de rega localizada por gota-a-gota. Por último são apresentados e descritos os parâmetros essenciais na criação de um projeto de rega.

No capítulo 3 é feita a introdução do local de estudo e as características dos olivais. Em seguida são apresentados detalhadamente, os dois sistemas de rega em questão e os elementos que os compõem. Por fim é apresentada toda a metodologia de cálculo dos parâmetros climáticos, agronómicos e hidráulicos.

No capítulo 4 são apresentados os quadros com os resultados obtidos pela implementação dos métodos mencionados no capítulo anterior.

No capítulo 5 é feita a discussão dos resultados obtidos no capítulo anterior. Com um olhar crítico, são analisados os valores obtidos e é feito um enquadramento com os objetivos iniciais do trabalho. Por último, é feito um comentário geral ao projeto inicial dos dois olivais e aos resultados obtidos pelo programa Irricad.

No capítulo 6 apresentam-se as conclusões finais do trabalho levado a cabo e os aspetos mais importantes a ter em conta quando se projetam sistemas de rega.

Finalmente apresentam-se as referências bibliográficas que serviram de base ao desenvolvimento do trabalho e os vários anexos com informação indispensável para a análise da dissertação.

Capítulo 2. Revisão Bibliográfica

2.1 A importância da Olivicultura no mundo

2.1.1 Origem

A oliveira (*Olea europaea* L.) é uma das espécies mais antigas a ser utilizada pelo homem e é uma das culturas melhor adaptadas às regiões marginais sub-húmidas e semiáridas do mediterrâneo (Tanasijevic *et al.*, 2014). De acordo com Candolle (1883, cit. por Bartolini & Petruccelli, 2002), a origem biológica da oliveira será onde é a atual Síria. Também Newberry (1937) localizou o primeiro centro de cultivo da oliveira nos países orientais do mediterrâneo, entre o Mar Negro e o Golfo Pérsico.



Figura 1- Médio Oriente (adap. ATLAS geográfico escolar)

Segundo Duarte *et al.* (2008) e Graaff *et al.* (2010), a oliveira é uma cultura de grande importância econômica e pode ser considerada uma cultura estratégica nestas regiões devido à sua elevada resistência à seca e capacidade de manter colheitas aceitáveis em regime de sequeiro. O cultivo desta planta é um dos mais antigos, com relatos de cultivos na Palestina de 3 mil a 4 mil anos a.C. (Coutinho *et al.*, 2015; Rapoport, 1997). Contudo, o recente conceito de “olivais regados”, tem vindo a mudar o paradigma desta cultura milenar.

2.1.2 Importância econômica

Segundo Vilar *et al.* (2019), registam-se atualmente um total de 11,5 milhões de hectares dedicados à plantação e cultivo da oliveira em todo o mundo. Da sua produção, 13,83 % destina-se a conserva, enquanto que 86,17 % destina-se à produção de azeite. Para abastecer os dois subsectores, são geradas entre 17 e 22 milhões de toneladas de azeitonas anualmente.

A produção de azeite nos últimos 60 anos triplicou, chegando aos 3,03 milhões de toneladas em 2019, sendo Espanha responsável por 43,51 % da produção nesse ano, seguida pela Itália com 11,95% e pela Grécia com 9,47% (COI, 2019). O consumo de azeite

tem vindo a acompanhar o crescimento da produção (COI 2016 cit. por Avillez, 2016) (Figura 2).

A produtividade média dos olivais entre 2012 e 2014 rondava as 2,6 toneladas por hectare em Espanha, Itália e Grécia, 2,2 ton/ha na Turquia e, na 5ª posição, Portugal, com produtividades médias de 1,6 ton/ha (COI/FAOSTAT cit. por Avillez, 2016).

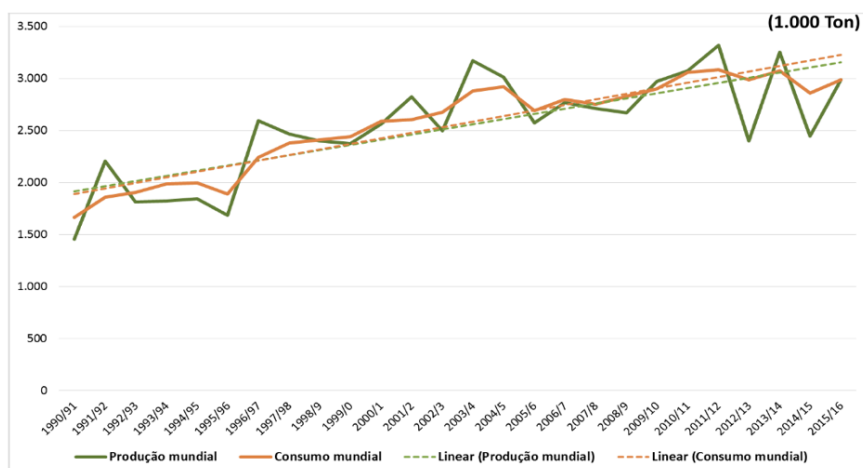


Figura 2- Produção e Consumo Mundial de Azeite (1990-2015) (Fonte: COI)

Segundo Avillez (2016) a evolução do mercado do azeite em Portugal, nas últimas décadas caracterizou-se, essencialmente, pelos seguintes fatores: i) por uma duplicação da produção em consequência dos significativos ganhos de produtividade alcançados com a instalação dos novos olivais de regadio na Região do Alentejo; ii) pela melhoria das tecnologias de produção e o aumento da capacidade de transformação e concentração dos lagares industriais; iii) por políticas de apoio ao investimento e à produção bastante favoráveis; iv) por uma evolução positiva dos preços do azeite dado o crescente reconhecimento nacional e internacional da qualidade do azeite português; v) pelo aumento dos consumos internos per capita e total e a duplicação das exportações; vi) pela crescente importância económica do sector.

A área de olival em Portugal manteve-se nos 350 mil hectares, no entanto as produções de azeitona passaram de 300.000 toneladas em 1990 para 700 000 ton em 2015. Isto deve-se ao aumento da produtividade alcançado pelos novos olivais, que registavam produções de 600 kg/ha no ano de 2000 e atualmente registam os já referidos 1600 kg/ha. Os preços, embora com algumas oscilações, têm também registado aumentos progressivos, passando dos 179 € por hectolitro de azeite para 300 €/hl (preços nominais no produtor) (INE cit. por Avillez, 2016).

Até 2013, Portugal registou sempre um saldo negativo da balança comercial, a partir de 2014 conseguiu passar a ser autossuficiente, com um grau de autoaprovisionamento em azeite na ordem dos 118,7 % (INE cit. por Avillez, 2016).

Os resultados económicos da indústria do azeite registam um valor acrescentado bruto de 36 milhões de euros (1,8% da indústria alimentar) e um volume de negócios de 383 milhões de euros (3,1 % da indústria alimentar) (INE cit. por Avillez, 2016).

2.2 Características da Oliveira

2.2.1. O ciclo cultural da oliveira

A oliveira é uma árvore dicotiledónea (classe *Magnoliopsida*) pertencente à família *Oleacea*, sendo a única espécie do género *Olea* com boa adaptação a países de clima mediterrâneo (Cronquist, 1981, cit. por Bartolini & Petruccelli, 2002). A oliveira é a única espécie da família *Oleaceae* que produz fruto comestível. No decurso de vida desta espécie existem duas fases: a juvenil e a adulta, que são temporalmente coincidentes. A produção de azeitona depende de processos de crescimento vegetativo onde a planta vai emitindo folhas e lançamentos novos, também denominada como *fase juvenil*. Simultaneamente, os processos fisiológicos associados à reprodução conhecem-se como *fase adulta*. Estes acontecimentos têm lugar ao longo de um ciclo bienal, como podemos ver na Figura 3 (Barros, 2011; Rallo, 1994).

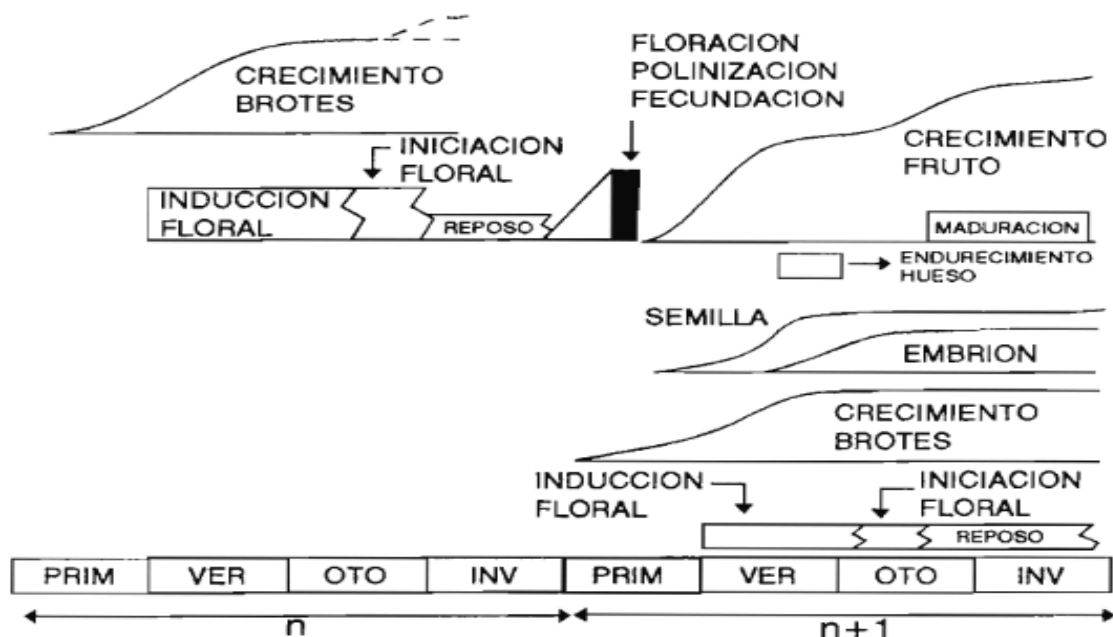


Figura 3- Ciclo bienal da oliveira (Rallo, 1994).

Entre Junho e Outubro, consoante os estímulos que sejam dados pela planta e pelo clima, os gomos adquirem potencial de se transformar em ramos novos (crescimento vegetativo) ou em gomos florais (indução floral) (Rallo, 1994). Em seguida entram em repouso vegetativo até à primavera seguinte. A segunda fase dos gomos de crescimento vegetativo inicia-se com a quebra do repouso (final do Inverno).

A simultaneidade de processos como a presença de frutos e de ramos em crescimento, origina fenómenos de competição de assimilados elaborados na fotossíntese e de inibição. Num ano sem produção origina-se uma elevada indução floral. No ano seguinte n+1, a indução floral é bastante menor por efeito da presença de frutos (Rallo & Cuevas, 1997), vulgarmente conhecidos como “safra” e “contra-safra”.

2.2.2 Necessidades edafoclimáticas

A oliveira está bem adaptada a climas secos áridos e semiáridos quentes, assim como, a climas temperados de verão seco e quente, também conhecidos como climas mediterrânicos de verão quente. Este tipo de clima caracteriza-se por invernos suaves e verões longos, quentes e secos com intensidades elevadas de radiação, essenciais para que ocorra a diferenciação floral e o desenvolvimento dos novos lançamentos. As temperaturas mínimas no outono e no inverno garantem o padrão normal de floração das espécies (COI, 1996). Já no verão as plantas estão sujeitas a elevadas temperaturas e intensidades de radiação solar e baixa humidade relativa, condições indutoras de crescimento e de produtividade, mas também de condições de défice e stress hídricos (Santos, 2013). As temperaturas ótimas para o desenvolvimento vegetativo estão compreendidas entre os 10°C e os 30 °C, e acima dos 35 °C a árvore regula a sua temperatura fechando os estomas (Loussert e Brousse, 1980; citado por Barros, 2011).

Dada a sua rusticidade, a oliveira adapta-se a todos os tipos de solo (COI, 1996; Jordão *et al.*, 2014). Os solos devem apresentar uma boa drenagem para evitar a asfixia radicular (Seabra, 2018).

2.2.3 Necessidades hídricas e nutritivas do Olival

A conceção do olival como um sistema de sequeiro extensivo é, sem dúvida, a causa da sua baixa produtividade. Quando ocorre défice hídrico em determinadas fases do ciclo, a fotossíntese é limitada, afetando negativamente alguns processos de crescimento vegetativo e do ciclo reprodutivo. A resposta da oliveira à rega evidencia como a falta de água pode ser um fator limitante para o vigor e para a produtividade das árvores (Rallo & Cuevas, 1997).

O fecho estomático controla a taxa de transferência de água e de dióxido de carbono (CO₂) entre a planta e a atmosfera. É umas das defesas da oliveira para controlar e diminuir as perdas de água por transpiração, mantendo alguma hidratação interna. Uma condutância estomática elevada tende a favorecer uma elevada taxa de transpiração e de fotossíntese e consequentemente, numa diminuição do conteúdo de água no solo. A rega permite a manutenção da condutância estomática elevada ao longo do tempo.

As necessidades hídricas da oliveira variam ao longo das fases do seu ciclo anual. Na primavera, onde o crescimento vegetativo é mais acentuado, é interessante haver um controlo do crescimento de novos ramos. Desta forma, reduz-se as doses de água fornecidas abaixo das necessidades das árvores, tendo sempre atenção para que a planta não sofra um stress hídrico exagerado que possa pôr em causa a floração e a queda de frutos. Durante o verão, devido à paragem vegetativa, é possível promover um stress moderado uma vez que as plantas são pouco sensíveis ao défice hídrico e que o crescimento das azeitonas pode ser recuperado nos meses seguintes sem que isso comprometa a produção final. Na última fase do ciclo, que compreende os meses entre setembro e a colheita, o crescimento vegetativo e a maturação do fruto voltam a estar ativos pelo que é essencial que todas as necessidades hídricas sejam respondidas pela rega. No mês antecedente à colheita, pode-se provocar um stress ligeiro de modo a reduzir a quantidade de água na azeitona aumentando o conteúdo de gorduras (Rodríguez *et al.* 2014).

Os resultados obtidos por Cuevas *et al.* (1995) permitem concluir que a limitação de nutrição não tem relação direta na redução da percentagem de abscisão prematura de pistilos, parecendo ser uma parte inerente da biologia reprodutiva da oliveira. No entanto, num estudo efetuado por Rodrigues & Arrobas (2010), foi possível relacionar linearmente a produtividade da oliveira (kg/árvore) com a concentração de azoto presente nas folhas (g/kg de folha) em olivais de sequeiro, permitindo-nos concluir que as árvores em melhor estado nutritivo apresentam produções mais elevadas.

O leque vasto de condições em que a cultura se desenvolve tornam-na versátil, possibilitando diferentes formas de produção.

2.3 Sistemas de condução do Olival e a sua relação com a rega

A olivicultura necessita de espaço suficiente para as árvores atingirem o seu potencial máximo e de modo a assegurar a utilização de maquinaria, para diminuir os custos de cultivo e gerar lucros (COI, 1996). Os sistemas de produção de olival (Figura 4) distinguem-se pela densidade de plantação, a existência (ou não) de rega, a produtividade, a possibilidade de mecanização, a intensidade de aplicação de fatores de produção, as variedades de oliveira e a idade média das árvores. No entanto, destes fatores os mais relevantes para a distinção dos sistemas são a densidade de plantação e a existência de rega (Reis *et al.* 2015 citado por Seabra, 2018). A renovação da copa na oliveira apresenta-se como uma condição indispensável à manutenção da sua boa produção dado que produz azeitonas apenas em jovens ramos de um ano de idade. No entanto, a sua elevada rusticidade e a facilidade de cicatrização da sua madeira permitem muitas e diversas estratégias de gestão da copa, que são em geral consequência de outros fatores de condução da cultura (Barroso *et al.*, 2013).

2.3.1 Sistema tradicional

A olivicultura tradicional (Figura 4- fotografia a) implica uma estrutura produtiva que, por razões agronómicas (cultivares mal adaptadas, sistemas de cultivo, práticas culturais, idade dos olivais, entre outras), não permite que as plantas deem o seu máximo rendimento, ou torna impossível mecanizar muitas das operações de cultivo. Isto leva a resultados económicos desfavoráveis (COI, 1996). O cultivo é extensivo, com reduzida intensidade de aplicação de adubos e produtos fitofarmacêuticos e, geralmente, a rega é inexistente, sendo as necessidades hídricas supridas com o armazenamento de água no solo resultante das precipitações que ocorrem do outono à primavera. A produtividade típica deste olival varia entre 500 a 1500 kg de azeitona por hectare e a sua extrema irregularidade e alternância são a sua imagem de marca (Barroso *et al.*, 2013). Este panorama está ainda associado a um contexto de produtores envelhecidos com baixos níveis de formação, parcelas de pequena dimensão e falta de cooperação ou associação (Reis, 2014). Com uma densidade inferior a 120 árvores por hectare, este olival representa ainda hoje quase 50% de todo o olival mediterrânico. Está também fortemente ameaçado na sua viabilidade económica pelo facto da sua conta de cultura não resistir à concorrência dos sistemas mais intensivos (Barroso *et al.*, 2013).

O olival tradicional, que no início era de sequeiro, sofreu uma conversão pontual ao regadio com a instalação de sistemas de rega gota-a-gota com efeitos positivos na produtividade (Mota-Barroso *et al.*, 2013). Contudo, devido à baixa densidade de árvores, a rentabilização desses sistemas é baixa, sendo que a produção não ultrapassa os 3000 kg/ha nos anos mais favoráveis (Toscano, 2020).





Figura 4. Modos de condução do olival: a) tradicional; b) intensivo; c) superintensivo (Fonte: A Planície, 2019).

2.3.2 Sistema Intensivo

A questão de como aumentar a produtividade e manter baixos os custos de produção surgiu no final dos anos 50, nos países olivícolas da Europa, onde ocorreu uma diminuição da disponibilidade de mão-de-obra agrícola e aumento dos salários dos mesmos (COI, 1996). Os novos sistemas intensivos regados (Figura 4- fotografia b) procuram tirar o máximo partido da área ocupada com a cultura – maximizar a produtividade por área – pelo que uma incorreta condução das práticas agrícolas tem um risco potencial associado muito superior aos olivais tradicionais (Mota-Barroso *et al.*, 2013). É assim necessária e essencial uma gestão muito mais cuidada das operações realizadas, devendo estas ser feitas por operadores formados e consciencializados dos riscos potenciais e inerentes às más práticas agrícolas. Quer isto dizer que o acréscimo de produção associado à intensificação dos olivais requer e obriga a um aumento do conhecimento e das tecnologias envolvidas na gestão do olival.

A intensificação do olival teve como objetivos a precocidade na entrada em produção, o aumento da produtividade e a mecanização das operações culturais, em especial da colheita. Estes olivais atingem a produção máxima aos 8 – 10 anos, sendo que dão rendimento a partir dos 4 – 6 anos (Rallo, 2007 citado por Seabra, 2018).

Barroso *et al.* (2013) define sistema intensivo como todo aquele que tenha entre 200 e 800 árvores por hectare podendo as produtividades atingir as 7 a 9 ton/ha. Existe neste

sistema a preocupação de otimização de dois fatores essenciais para a produtividade da oliveira: a exposição dos ramos à luz e a disponibilidade de água ao longo do ciclo.

As podas podem ser anuais e constituídas por intervenções mais racionais em que os objetivos são a eliminação dos ramos ladrões e madeira velha improdutivo, mantendo sempre uma copa bem preenchida de jovens ramos produtivos. Neste sistema de condução de olival intensivo a rega localizada do tipo gota-a-gota foi fator preponderante para o aumento da produtividade, que pode facilmente atingir as 7 a 9 toneladas por hectare, ou superior, quando se conjugam outros fatores como a fertilização e o controlo de pragas e doenças (Toscano, 2020).

2.3.3 Sistema Superintensivo

Por último, o sistema de condução superintensivo ou em sebe (Figura 4- fotografia c), representou a grande revolução na cultura do olival, dado que permitiu obter em 10 anos de cultura a mesma produção acumulada de um olival tradicional de sequeiro em 70 anos (Barroso *et al.*, 2013). Os olivais superintensivos têm densidades de plantação entre 1500 – 2000 árvores por hectare. A maior diferença dos restantes sistemas de olival é o facto de as árvores seguirem uma condução em sebe para permitir a colheita com máquinas cavalgantes, que são uma adaptação das máquinas de vindimar (Rallo, 2007 cit. por Seabra, 2018). Este sistema permite ainda uma entrada em produção precoce, logo ao terceiro ano, porque combina o reduzido período de juventude característico das variedades pouco vigorosas, com a elevada densidade e proximidade entre sistemas radiculares (Barroso *et al.*, 2013), como por exemplo a Arbosana e a Arbequina - Figura 5.



Figura 5- Azeitona arbosana (esq.) e arbequina (dir.)

As condições de condução e adensamento de árvores tornam quase impossível que a precipitação só por si consiga dar resposta às perdas de água do solo e das plantas. As culturas ficam expostas a fatores de seca extrema que são facilmente visíveis nas estações quentes onde a queda de precipitação é quase nula.

A rega é assim, um dos fatores chave na intensificação dos olivais nas zonas mediterrânicas. No entanto, para que os sistemas de rega apresentem sustentabilidade económica e boas eficiência de rega, devem ser cuidadosamente dimensionados por realização de um projeto de rega. Para além disso, é fundamental que os sistemas sejam mantidos e conduzidos mesmo após a instalação em campo.

Nos últimos anos, o método mais adotado na rega de culturas perenes intensivas tais como o olival é a rega localizada.

2.4 Os sistemas de rega localizada por gota-a-gota

2.4.1 Características

Os sistemas de rega localizada permitem a aplicação de pequenas quantidades de água em somente um volume de solo correspondente à zona radicular de uma planta ou de um grupo de plantas. Procura-se aplicar a quantidade de água exata extraída pela evapotranspiração. Consequentemente, características do solo como a condutividade hidráulica e a capacidade de retenção deixam de ser limitativas (Evans *et al.*, 2013 & Pedras, 2003).

A água é aplicada lentamente ao solo por meio de gotejadores instalados a intervalos regulares em tubos a pressões reduzidas (0,15 a 3 bar). Estas tubagens, habitualmente designadas por rampas, são geralmente em polietileno e colocadas à superfície do terreno. (Oliveira, 1993). A água sai das tubagens pelos emissores/gotejadores que, por incorporarem um dispositivo de perda de pressão ou carga, aplicam a água em gotas (Toscano, 2020). É um sistema que permite potencialmente atingir uma alta eficiência de rega, da ordem dos 85-95%, pelo que pode ser preferencialmente recomendado em zonas de elevada escassez de água (Oliveira, 1993).

As vantagens da rega gota-a-gota, para além da poupança de água comparativamente a outros sistemas (Rosa, 1995 cit. por Toscano, 2020), incluem a fácil instalação, inspeção, substituição e limpeza dos gotejadores. Possibilita ainda o controle dos padrões de humedecimento da superfície e de medição individual dos caudais (Keller e Bliesner, 1990 cit. por Pedras, 2003). Por outro lado, as desvantagens consistem essencialmente no elevado custo de instalação e a necessidade de um elevado conhecimento técnico. Também, a vigilância e manutenção uma vez que o uso incorreto pode originar danos irreparáveis ou um prejuízo avultado na substituição de determinados componentes (Rosa, 1995; Welch e Shock, 2013 cit. por Toscano, 2020)

2.4.2 Constituição e equipamentos

Um sistema completo de rega localizada é altamente complexo, e pode dividir-se em fonte de abastecimento de água, cabeçal de rega que inclui uma central de bombagem, filtragem e componentes de automatização e, por fim, condutas. As condutas dividem-se em principais, secundárias, porta-rampas, rampas e acessórios de ligação (Liotta, 2015; Rosa, 1995; de Sousa e de Lena, 2014 cit. por Toscano, 2020). A Figura 6 apresenta um esquema tipo de um sistema de rega localizada.

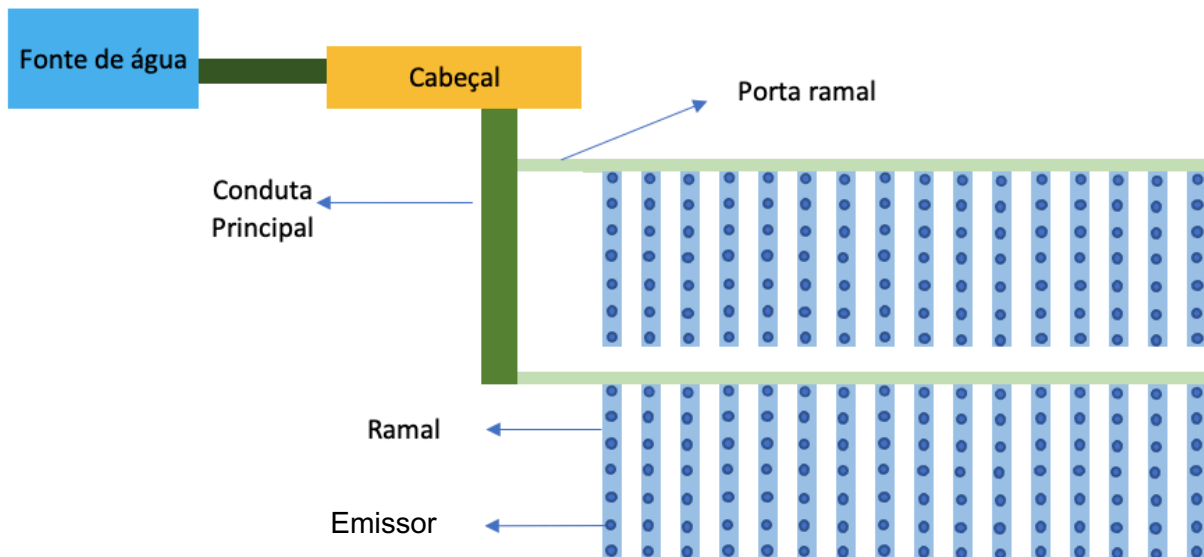


Figura 6- Esquema de um sistema de rega localizada

A fonte de abastecimento consiste num reservatório de água (Liotta, 2015). Este pode ser alimentado por reservatórios de água (Figura 7a), hidrantes, rios, furos (Figura 7b) ou diretamente pela precipitação no caso de escoamento superficial.

O cabeçal de rega é o conjunto de elementos que dominam toda a instalação e serve para fornecer pressão e caudal ao sistema, filtrar a água, injetar fertilizantes, medir volumes e pressões e controlar de forma manual ou automática o funcionamento do conjunto (Liotta, 2015). É composto pela bomba, depósitos de injeção de fertilizantes onde são feitas as caldas de fertirrega, electroválvulas de controlo e, um dos componentes mais importantes, o sistema de filtragem (Serrano *et al.*, 2005 cit. por Toscano, 2020).

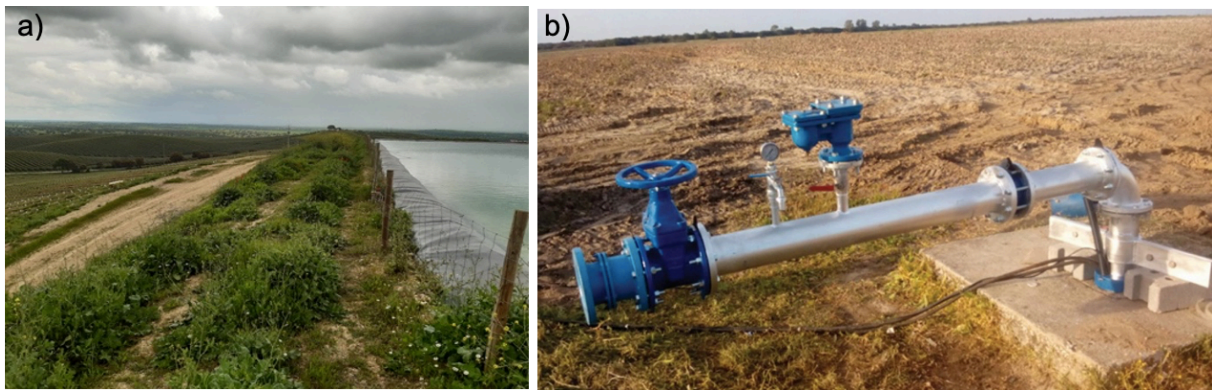


Figura 7- a) Charca forrada com membrana de polietileno (Vineves, Ervedal) ; b) furo de água (fonte: Notícias do Sorraia).

A rede de distribuição de água é composta por condutas principais e secundárias que fazem o transporte de água da fonte de abastecimento até à entrada dos setores, pelas rampas, onde estão os gotejadores que debitam água para o solo, e pelos porta-rampas, que ligam as condutas principais às rampas. A ligação entre a tubagem principal ou secundária e o porta-rampas é feita mediante uma electroválvula que mede o caudal e a pressão total verificada no setor, resultante dos gotejadores, das perdas de carga nos tubos e do desnível geométrico.

Para as condutas principais e secundárias utiliza-se normalmente policloreto de vinilo (PVC), um material bastante rígido, mas pouco resistente à radiação solar direta pelo que se costuma enterrar a uma profundidade mínima de segurança de 1 metro. Desta forma asseguramos, também, a sua proteção contra cargas acidentais, lavouras e ataque de animais roedores.

As condutas dentro do setor podem ser em polietileno de baixa densidade (PEBD), um material leve, maleável e inerte pelo que não precisa de estar enterrado. Costumam-se enterrar as tubagens dos porta-rampas e deixar as rampas à superfície (Liotta, 2015; Oliveira, 1993).

2.5. O projeto de rega gota-a-gota para olivais intensivos e superintensivos

2.5.1 Necessidades de rega de projeto

O projeto é elaborado para o período de maiores necessidades de rega. No entanto, o volume de água a fornecer neste período pode variar de ano para ano em função das condições climáticas. Assim, e para se ter em consideração as flutuações mensais e anuais, é essencial proceder-se ao estudo das frequências de distribuição das necessidades de rega, assim como conhecer os valores para diferentes graus de probabilidade (Oliveira, 1993b). Devem então utilizar-se séries de dados climáticos com pelo menos 30 anos, fornecidos pelas estações meteorológicas, a partir das quais resulta uma série de valores de evapotranspiração

de referência (ET_o). Após o cálculo da evapotranspiração cultural (ET_c) e do balanço hídrico obtém-se a série 30 anos de necessidades de rega com o valor a utilizar para o projeto. Este será aquele que apresente a probabilidade de não excedência escolhida, que geralmente toma o valor de 80% para as culturas anuais e 90% para as culturas perenes, por serem instalações de elevado investimento (Oliveira, 1993b).

Evapotranspiração de referência (ET_o)

Num plano de rega, a quantidade de água disponível tem de igualar ou superar a quantidade de água retirada do solo por evaporação direta e por transpiração das plantas presentes. Nos meses mais críticos (Julho e Agosto), em Portugal Continental, a precipitação efetiva é quase nula (Vicente, 2015). Como tal, considerou-se o mês de Julho como sendo o mês de ponta que regista os maiores valores de evapotranspiração e os menores valores de precipitação. A ET_o será a soma da quantidade diária de água perdida para a atmosfera por evaporação e da quantidade diária de água transpirada pela cultura, é nos dada em mm/dia.

A *Food and Agriculture Organization* (FAO) é uma agência especializada das Nações Unidas que publicou em 1998 um documento detalhado dos procedimentos de cálculo das evapotranspirações de referência e cultural- *FAO Irrigation and Drainage Paper N° 56*.

No documento, os peritos da FAO confirmam que o método combinado FAO Penman-Monteith, originalmente elaborado por Penman-Monteith, é um modelo global padrão para estimativa da evapotranspiração da cultura de referência (Allen *et al.*, 1998). Como tal, procedeu-se à determinação da ET_o com base neste método.

Coefficiente cultural (K_c)

As características que distinguem a cultura da cultura de referência, serão explicadas pelo coeficiente cultural (K_c) (Allen *et al.*, 1998). K_c é um valor adimensional que relaciona os diferentes aspetos da cultura como a espécie, a arquitetura do coberto e a profundidade radicular. Diferenças na anatomia da folha, características dos estomas, propriedades aerodinâmicas e até o albedo, levam a diferenças entre a evapotranspiração da cultura de referência e da cultura em estudo (Allen *et al.*, 1998).

K_c expressa a relação entre a evapotranspiração real e a de referência, e deve ser determinado experimentalmente. Por outro lado, os métodos experimentais são mais dispendiosos e requerem maior oportunidade na escolha da altura correta para realizar as medições. Assim, segundo Shalhevet *et al.* (1979), é essencial existir uma margem de adequação dos coeficientes culturais a outros locais, que não os que lhes deram origem. Neste trabalho, decidiu-se utilizar os valores padronizados por Allen e Pereira (2009), tendo em conta a percentagem de solo coberto. Como sabemos, a rega localizada utiliza-se em culturas em linha onde apenas uma parte da superfície está ocupada pelas plantas. Desta

forma é necessário adequar o coeficiente cultural de forma a que não se contemplem as perdas de água que não estão diretamente associadas às árvores tais como a transpiração ocorrida pelas plantas existentes na entrelinha.

Para tal, utilizamos uma percentagem de superfície coberta (S_c) que expressa a fração de solo ocupado pela cultura em projeção sobre um plano horizontal, considerando que as copas das árvores apresentam a forma esférica (Cobo, 2005; Rodrigues *et al.*, 2014).

Evapotranspiração cultural (ET_c)

A evapotranspiração cultural diária (ET_c) é nos dada pelo produto entre ET₀, o coeficiente cultural (K_c) e o coeficiente de coberto (K_r).

$$ET_c = ET_0 * K_c \quad (1)$$

Necessidades de rega (N_r)

As necessidades de rega de projeto para cada um dos 30 meses de Julho são estimadas através do balanço hídrico do solo cultivado (Pereira, 2004), tendo em consideração outras possíveis entradas de água no reservatório do solo, para além da rega. Para tal, retiramos à evapotranspiração cultural a precipitação efetiva média diária registada pelas estações meteorológicas.

2.5.2. Dimensionamento agronómico

O dimensionamento agronómico diz respeito ao cálculo da quantidade de água que a instalação deve suportar no período de ponta da rega, sendo por isso a parte fulcral de um projeto de rega, pois os erros de cálculo no dimensionamento agronómico irão repercutir-se no dimensionamento hidráulico.

A Reserva Utilizável (RU) representa a quantidade de água disponível no solo para aproveitamento das plantas e é limitado pela capacidade de campo (CC), indicador da quantidade de água retida no solo após o excesso de água ter sido drenado e a sua taxa de movimento ter praticamente cessado (Veihmeyer & Hendrickson, 1931), e pelo coeficiente de emurchecimento (CE), que é o teor de humidade a baixo do qual o solo deixa de conseguir disponibilizar água à plantas, *i.e.*, a quantidade de água abaixo da qual o potencial de retenção do solo é superior ao potencial da planta de a conseguir extrair (Bufon, 2005; Mello *et al.* 2002).

Por se pretender compensar diariamente as perdas de água no solo, criou-se um valor umbral (limite inferior) para a quantidade de água no solo denominado depleção máxima permitida (MAD) (Cobo, 2005). Desta forma, é-nos permitido manter o armazenamento de

água no solo próximo da CC evitando grandes oscilações no seu teor de humidade. Nestas condições, enquanto o volume de água utilizável do solo se mantiver acima do referido limiar, a produção não se ressent e a evapotranspiração real iguala a evapotranspiração cultural ou máxima (ETc). A rega deve ser desencadeada no dia em que aquele limite é atingido e o seu volume deve ser tal que reponha, no solo, o volume máximo armazenável (Doorenbos & Pruitt, 1977; Teixeira, 1989).

O fluxo de água máximo para o qual um sistema de rega tem de estar preparado denomina-se caudal de projeto e requer o conhecimento da necessidade máxima (de ponta) da rega. Esta tem como base a evapotranspiração cultural e o volume armazenado no solo (Fernandez Gomez, 2010 cit. por Toscano, 2020).

2.5.3 Dimensionamento hidráulico

O dimensionamento hidráulico consiste na determinação e verificação dos diâmetros, pressões, caudais e componentes necessários para que todo o volume de água necessário ao sistema de rega seja transportado de forma adequada a todos os emissores (Fernandez Gomez, 2010 cit. por Toscano, 2020). Este dimensionamento deve garantir uma pressão de trabalho suficiente, capaz de superar todas as perdas de carga e desníveis do sistema desde a origem da água até aos gotejadores, de forma a que a pressão de chegada aos emissores seja adequada ao seu funcionamento.

A energia fornecida pela bomba à água é normalmente referida como um aumento de carga, expressa em metros de coluna de água, altura manométrica total (Hmt). Pela equação simplificada de Bernoulli, aferimos que Hmt é igual à soma da diferença de cotas entre as duas secções (desnível geométrico), das perdas de carga (continua e localizadas) que se verificam ao longo da conduta. A potência requerida para elevar a água será função de dois parâmetros: a altura de elevação e o caudal a elevar (Oliveira, 1993a). O caudal, calculado no dimensionamento agronómico, será a base de entrada no cálculo das perdas de carga nas tubagens e nos restantes componentes do sistema de rega.

Capítulo 3. Materiais e métodos

3.1 Introdução aos materiais

O presente trabalho foi desenvolvido em dois olivais com compassos de plantação distintos, pertencentes à empresa Vineves. Os olivais localizam-se na zona de Sousel/Cano assim como o lagar, construído em 2014, onde se realiza toda a receção e transformação da azeitona da empresa.

A Vineves, fundada em 1988 pelo Sr. Virgulino Neves, veio potenciar o negócio de família que há já duas gerações se dedicava à produção olivícola. Com um intuito de exportação e presença em mercado internacionais, as suas marcas “Portucale” e “D. Joaquim” já estão presentes em 22 países tais como Brasil, Canada e EUA.

A implementação do lagar permitiu um acompanhamento direto de todos os processos de fabrico do azeite, consolidando ainda mais a qualidade do azeite. A azeitona é colhida e processada num curto espaço de tempo e assim todas as propriedades da azeitona são asseguradas, garantindo um azeite Extra Virgem, de qualidade superior, sempre fresco e frutado.

3.2. Caracterização da empresa Hidro Ibérica

A Hidro Ibérica- Estudo e montagem de regas, Lda. (HI) é uma empresa com mais de 30 anos de experiência e presta serviços de consultoria nas áreas da hidráulica, rega e drenagem. A sua atividade abrange todos os aspetos inerentes à elaboração de projetos, execução, montagem e assistência de todas as instalações. Exerce a sua atividade de comercialização, montagem e assistência de sistemas de rega desde 1988 em Portugal e 1981 em Espanha. A sua forte posição no mercado ibérico e mundial de rega, bem como o seu vasto historial, são representativos da experiência em soluções para a agricultura de regadio.

A implementação integral de sistemas de rega por profissionais qualificados, aliado à ideologia de projeto chave-na-mão, capta a atenção de muitos agricultores, que procuram uma instalação rápida e a preços acessíveis, mas que garanta um bom funcionamento, boa rentabilidade do olival e boas eficiências hídricas e energéticas.

A instalação dos dois olivais da Vineves e respetivos sistemas de rega foi adjudicada à empresa HI.

3.3 Sistema de rega do Olival Superintensivo

O projeto dos olivais da Vineves foi realizado com algumas premissas exigidas pelo Sr. Virgulino tais como: o compasso de plantação, o espaçamento entre gotejadores e o tipo de gotejador (caudal). A imposição destas características por parte do agricultor deve-se ao seu conhecimento e experiência das respostas desta cultura às limitações da região, como disponibilidade de água, mão de obra e topografia do terreno.



Figura 8- Fotografias do olival da Vineves em modo superintensivo (captadas a 17/3/2020)

O olival superintensivo ou em sebe (Figura 8) foi instalado em Outubro de 2018 numa parcela de 53 hectares recentemente adquirida pela empresa (Figura 9). Situado no Ervedal, este olival novo apresenta uma charca ao meio da parcela, construída a cota mais elevada e alimentada por 7 furos feitos nas extremidades da parcela.



Figura 9- Localização do Olival Superintensivo em Ervedal (fonte: "Google Earth Pro" 2006)

Aquando da instalação em 2018, foram feitas três análises ao solo, como podemos verificar no Anexo 1, Anexo 2 e Anexo 3. São análises com resultados muito heterogéneos, mas assumiu-se uma quantidade de areia de 40%, de argila de 30% e por fim o limo 20%.

Valores semelhantes tinham sido utilizados no dimensionamento original do sistema. É um solo com baixo risco de compactação e com o teor de matéria orgânica (MO) a rondar os 1,8%. Desta forma, podemos classificar o solo como tendo uma textura franca.

Embora seja um olival novo, os cálculos de dimensionamento de rega foram feitos com uma projeção da sua estrutura quando atingir a idade adulta, o potencial máximo de produção e quando as necessidades hídricas forem máximas.

Este olival foi dividido em 17 setores de rega de acordo com a topografia da parcela (bastante irregular) e alguma estradas já existentes na parcela (Anexo 4). Foi instalado com um compasso de 5,5 m por 1,5 m e é na sua totalidade, composto pela variedade Arbosana.

A conduta principal é composta por 2712 metros de tubo PVC com 125 mm de diâmetro externo, 3 mm de espessura e enterrada a cerca de 1 metro de profundidade. Desta forma é possível mitigar os problemas de irregularidade do terreno pelo que o cálculo das perdas de carga é feito considerando um declive relativamente constante (descendente ou ascendente) entre a origem da água e a entrada dos setores.

Os porta-rampas são tubos de PE de baixa densidade da empresa Plasbene e podem ser ter 5 diâmetros distintos (*vd.* Anexo 11). O ajustamento dos diâmetros é essencial para a estabilização da velocidade de circulação da água nos tubos. Temos então tubos com 90, 75, 63, 50 e 25 mm de diâmetro.

As rampas totalizam 100 231 m de tubo “AmnonDrip PC” (autocompensante) com 16 mm de diâmetro, gotejadores com 0,75 m de espaçamento e com um caudal de 2 l/h. Isto significa que cada árvore tem 2 gotejadores (Figura 10).

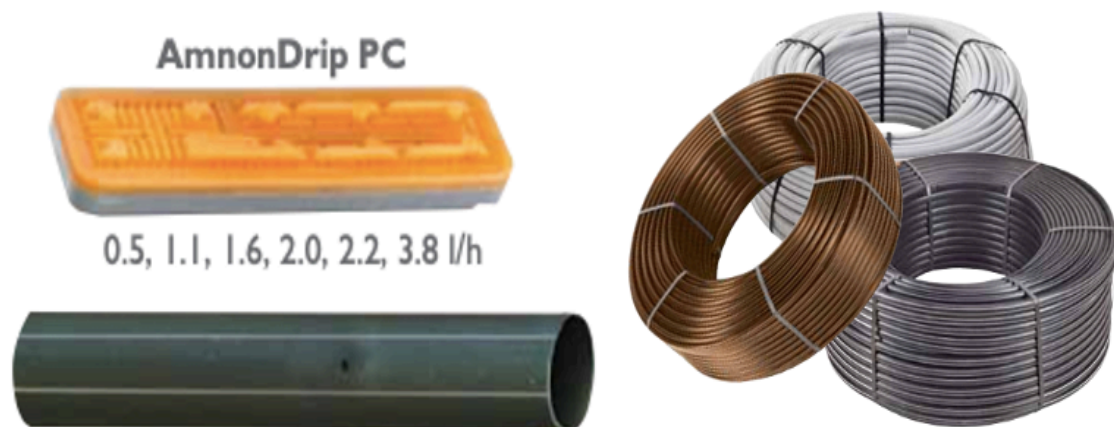


Figura 10- Tubo gotejador “AmnonDrip” com pormenor dos gotejadores (esquerda) e respetivo rolo (direita) (Adaptado de NaanDanJain, 2018).

Os gotejadores exigem uma pressão de 2,5 bar para que o caudal de dotação seja o pretendido (Figura 11- esq). Optou-se pelo modelo “AmnonDrip PC” da empresa NaanDanJain, uma das líderes de mercado, com 80 anos de experiência na área da rega porque, para além do caudal e do espaçamento, o modelo apresenta outras características

técnicas favoráveis ao projeto, tal como ter uma pressão mínima e máxima de funcionamento adequada e possuir um sistema “autocompensante”. É assim, uma solução ideal para rega de terrenos topograficamente irregulares e onde são precisos laterais longos.

As perdas de carga (Figura 11 - dir.) são apresentadas em tabela e variam com o espaçamento entre gotejadores e com o comprimento da linha.

TECHNICAL DATA						AmnonDrip 16, 2.0l/h, W.T 0.9-1.15mm, ID 13.9							
Nominal diameter (mm)	Wall thickness		OD (mm)	ID (mm)	Maximum Pressure (bar)	Dripper spacing (cm)							
	(mm)	(mil)				20	30	40	50	60	70	100	
16	0.63	25	15.16	13.9	2.5	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.90	35	15.70	13.9	3.0	2.5	1	0.5	0.3	0.2	0.2	0.1	
	1.00	39	15.90	13.9	3.5	7.4	2.9	1.6	1	0.7	0.5	0.3	
	1.15	45	16.20	13.9	3.5	16.2	6.4	3.4	2.1	1.4	1	0.5	
						25.8	11.8	6.2	3.8	2.6	1.9	0.9	
						19.3	10.2	6.2	4.2	3	1.5		
						25.6	15.6	9.5	6.4	4.7	2.2		
							22.4	13.7	9.4	6.8	3.2		
							19	12.9	9.3	4.4			
								25.4	17.2	12.5	5.9		
									22.5	16.1	7.5		
										20.6	9.8		
										25.6	12.2		

Figura 11- Ficha técnica do modelo "AmnonDrip" (esq.) e perdas de carga em metros associadas por comprimento de tubo (dir.) (Fonte: NaanDanJain, 2018)

A ligação da conduta principal a cada setor é intermediada por uma electroválvula que permite a automatização da rega e o controlo do caudal de passagem. As electroválvulas Threaded 700 Y *Pettern*, são da Bermad (Figura 12). São de disco liso, têm uma forma em “Y” e são de ligação em rosca.

Dependendo do diâmetro da conduta secundária e do caudal que por aí passa, as electroválvulas podem ser de 1,5; 2; 2,5 ou 3 polegadas. A passagem da água por este sistema de controlo irá originar uma perda de pressão que será tanto maior quanto maior for o caudal.

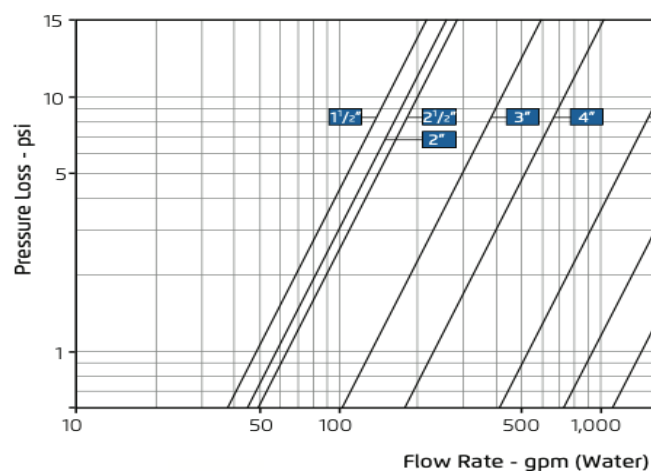


Figura 12- Electroválvula Bermad (esq.) e as perdas de pressão associadas em função do caudal (dir.) (Fonte: Bermad 2017)

O sistema de filtragem é composto por um filtro de malha automático (FMA), STF, 1006E em PVC, Figura 13 (esq). A esta filtração está associada uma perda de pressão que é variável com o caudal de água a filtrar. A Figura 13 (dir.) apresenta estes valores.

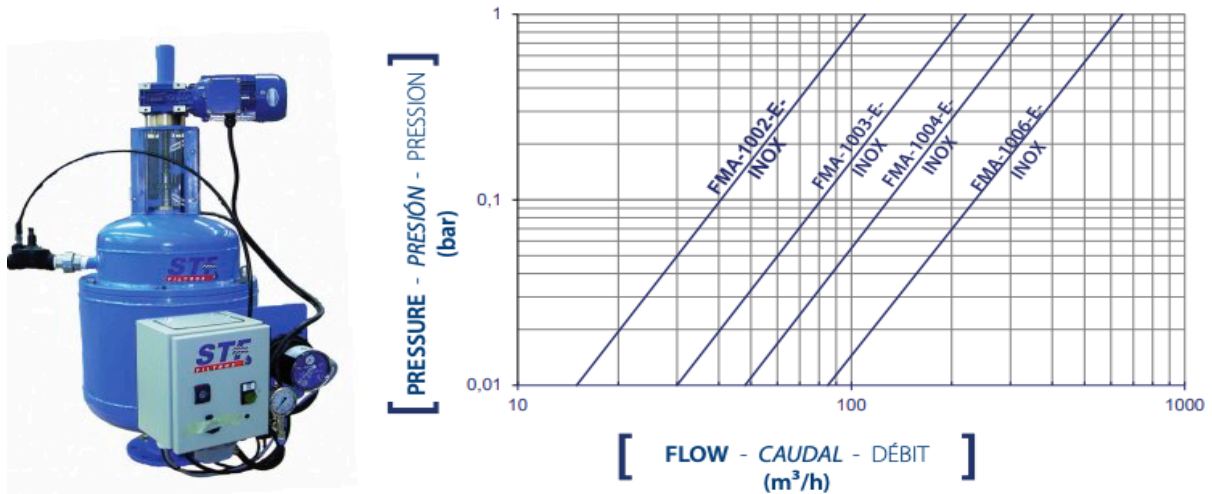


Figura 13- Filtro de malha automático (FMA), STF 1006-E (Fonte: STF Filtros- *Water Filtration Systems*)

No processo de instalação do sistema de rega são precisos inúmeros acessórios tais como joelhos, curvas, bifurcações e chicotes (adaptações) que permitem fazer a ligação e a orientação das tubagens. A estes acessórios, está associada uma perda de carga singular equivalente a 15 % das perdas de carga registadas no escoamento dentro dos tubos (Oliveira, 1993).

3.4 Sistema de rega do Olival Intensivo



Figura 14- Fotografia do olival da Vineves em modo intensivo (Fonte: <https://azeiteportucale.pt/>).

O olival intensivo (Figura 14) foi instalado em 2010, pelo que já se classifica com um olival adulto. A herdade localiza-se à saída de Cano para Ervedal e tem uma topografia plana em toda a sua extensão. O sistema de bombagem encontra-se por cima de um furo de água

que alimenta todo o olival. São 28,5 ha divididos em 5 setores (Anexo 5) onde podemos encontrar 3 variedades diferentes: Cobrançosa, Frantoio e Koroneiki (Figura 15).

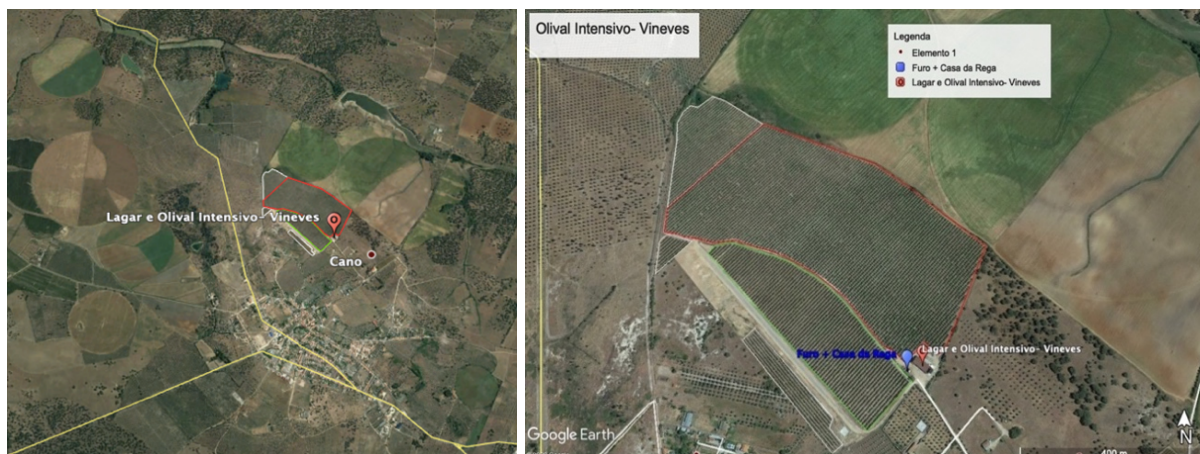


Figura 15- Olival intensivo (fonte: Google Earth Pro)

A maior parcela (Figura 15 - circundada a encarnado), com 22.7 ha, diz respeito à variedade Frantoio e apresenta um compasso de 7 m x 5 m equivalendo a 285.7 arv/ha e, logo, a 6485 árvores no total.

Circundado a branco temos 3 parcelas referentes à variedade Cobrançosa. Uma primeira no canto do olival com 3.67ha e outras duas junto à estrada principal da herdade com 0,38ha e 1,23 ha. Estas três parcelas teriam inicialmente o mesmo compasso da variedade Frantoio (7m x 5 m) mas foram intensificadas na linha com introdução de 1 árvore por cada espaço na linha o que nos leva a concluir que o compasso final é de 7 m x 2,5 m.

A última parcela (circundada a verde) corresponde aos 7 ha da variedade Koroneiki e também se verifica uma intensificação tardia do compasso original pelo que também apresenta um espaçamento de 7 m x 2,5 m.

Não foram feitas análises ao solo desta parcela pelo que se assume uma homogeneidade relativa do solo da região, permitindo-nos assim considerar o solo como tendo, igualmente, uma textura franca.

A conduta principal é composta por 1434 metros de tubo PVC com 125 mm de diâmetro externo e foi enterrada a cerca de 1 metro de profundidade.

As condutas secundárias (porta-ramais), por outro lado, são compostas por 5 tubos de PE de baixa densidade (PEBD) com diferentes diâmetros. O ajustamento dos diâmetros é essencial para a estabilização da velocidade de circulação da água nos tubos. Temos então tubos com 90, 75, 63, 50 e 40 mm de diâmetro.

As rampas totalizam 51 020 m de tubo “AmnonDrip PC” (autocompensante) com 16mm de diâmetro, gotejadores com 1 m de espaçamento e com um caudal de 2 l/h- Figura 10. Isto significa que cada árvore tem 5 gotejadores, uma vez que o dimensionamento será feito para o compasso original de 5m x 7m.

As electroválvulas utilizadas foram as de 1,5 e 2,5 polegadas. As suas perdas de pressão em função do caudal podem ser consultadas na Figura 12.

O sistema de filtragem é idêntico ao utilizado no olival em sebe pelo que a perda de pressão associada também depende do caudal filtrado (Figura 13 dir.).

Os acessórios de orientação das tubagens voltam a ser responsáveis por uma perda de carga equivalente a 15 % das perdas totais associadas ao escoamento nas tubagens, denominadas perdas de carga singulares (Oliveira, 1993).

3.5 Estudo climático

A evapotranspiração de referência estimou-se com base na equação de Penman-Monteith e na sua fórmula melhorada pela FAO 56. Desta forma, foi possível calcular o efeito do clima na evapotranspiração de referência, mas cujas características se assemelham às de um relvado extenso sem limitação de água, em crescimento ativo e uniforme (equação **Erro!** **A origem da referência não foi encontrada.**).

$$ET_o \left(\text{em } \frac{\text{mm}}{\text{dia}} \right) = \frac{0,408 * (Rn - G) - \gamma * \frac{900}{T + 273} * u_2 * (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma * (1 + 0,34u_2)} \quad (2)$$

Onde:

ET_o – Evapotranspiração de referência (mm/dia)

Δ - Declive da curva da pressão de vapor saturante, em função da temperatura (kPa/°C);

Rn - balanço da radiação (MJ/(m².dia)) ;

G - fluxo de calor por condução para o solo (MJ/(m².dia));

e_s (T_a) - pressão saturante de vapor de água para a temperatura do ar, no nível considerado de referência (kPa);

e_a - pressão de vapor de água real no nível de referência (kPa);

γ - “constante psicrométrica” (kPa/°C), geralmente próximo de 65 Pa/°C;

u_2 - velocidade do vento medida a 2,0 m de altura (m/s);

T - temperatura média diária (°C).

Para o cálculo das variáveis acima mencionadas, foi usada toda a metodologia apresentada no FAO 56 (Allen *et al.*, 1998). Podemos encontrá-la detalhadamente explicada no Anexo 6 do presente relatório.

Admitindo uma altura da vegetação de 12 cm, uma resistência à superfície de 70 s/m e um albedo de 0,23 (Allen *et al.*, 1998), é nos possível obter diretamente um valor da evapotranspiração (mm/dia) para a cultura de referência anteriormente definida. Todos os cálculos foram realizados em folha de Excel, Anexo 7.

A fração de solo coberto é nos dada pela Equação (3). Com os valores determinados é nos possível retirar os valores de K_c para dos dois olivais consultando os quadros presentes no relatório de Allen e Pereira (2009).

$$S_c = \pi * D^2 * N / 400 \quad (3)$$

As necessidades de rega (NR) são nos dadas pela diferença entre a evapotranspiração cultural (ET_c) e precipitação efetiva diária (R/31dias),

$$NR \left(\frac{\text{mm}}{\text{dia}} \right) = ET_c - \frac{R}{31} \quad (4)$$

O elevado investimento associado aos olivais intensivos exigem a utilização de períodos de retorno (PR) de 10 anos. Assim, a probabilidade de ocorrência (p), calculada a partir da equação (6), escolherá qual o ano de base para o dimensionamento de todo o projeto hidráulico. As necessidades de rega de projeto (NR_{pr}) escolhidas serão as do ano que satisfaçam a frequência empírica de Horton (equação (5), para uma probabilidade de não excedência de 90%.

$$PR = \frac{1}{1 - p} \Leftrightarrow p = 0,9 \quad (5)$$

$$p = \frac{Ri}{N + 1} \Leftrightarrow Ri = 27,9 \quad (6)$$

Uma vez que foram utilizadas séries de trinta anos (N), após ordenarmos por ordem crescente as necessidades de rega de cada mês de Julho, o valor final será o que ocupa a 28ª posição na série de valores (Ri).

3.6 Estudo agronómico

A determinação dos valores da capacidade de campo (θ_{CC}) e do coeficiente de emurchecimento (θ_{CE}) serão ponderados com base na classe textural do solo, na presença maioritária de areia na constituição do solo (Figura 16). É então adequado, assumir os seguintes valores: $\theta_{CC} = 0,25 \text{ m}^3/\text{m}^3$ e $\theta_{CE} = 0,10 \text{ m}^3/\text{m}^3$.

Classes texturais	Teores de humidade característicos dos solos			TAW
	θ_{sat} [m ³ /m ³]	θ_{FC} [m ³ /m ³]	θ_{WP} [m ³ /m ³]	$1000(\theta_{FC} - \theta_{WP})$ [mm/m]
Arenoso	0.32 – 0.42	0.10 – 0.15	0.03 – 0.06	60 – 70
Areno-franco	0.32 – 0.47	0.12 – 0.18	0.04 – 0.10	70 – 90
Franco-arenoso	0.34 – 0.51	0.17 – 0.26	0.06 – 0.13	110 – 130
Franco	0.42 – 0.51	0.22 – 0.31	0.09 – 0.16	130 – 150
Franco-limoso	0.42 – 0.55	0.23 – 0.34	0.08 – 0.15	150 – 190
Limoso	0.42 – 0.55	0.30 – 0.32	0.09 – 0.11	200 – 220
Franco-argilo-limoso	0.40 – 0.49	0.20 – 0.30	0.13 – 0.19	80 – 120
Franco-argiloso	0.47 – 0.51	0.28 – 0.38	0.16 – 0.22	120 – 160
Franco-limo-argiloso	0.49 – 0.53	0.32 – 0.40	0.16 – 0.23	160 – 180
Argilo-arenoso	0.47 – 0.53	0.28 – 0.40	0.20 – 0.30	90 – 100
Argilo-limoso	0.49 – 0.55	0.38 – 0.50	0.22 – 0.36	150 – 160
Argiloso	0.51 – 0.58	0.39 – 0.55	0.30 – 0.45	100 – 130

Figura 16- Valores indicativos dos teores de humidade por classes texturais à saturação (θ_{sat}), capacidade de campo (θ_{FC}), coeficiente de emurchecimento (θ_{WP}) e reserva utilizável (TAW) (Fonte: Pereira, 2004).

A dotação útil máxima que pode ser aplicada ao solo (DU_{max}) foi calculada a partir da seguinte equação.

$$Du \text{ max (mm)} = MAD * Fsh \quad (7)$$

A depleção máxima admitida (MAD- *Management Allowed Depletion*, em mm) é a quantidade de água existente no solo explorado pelas raízes (Z_r) entre o valor umbral definido percentualmente (MAD, em %) e a capacidade de campo (θ_{cc}). A fração de solo humedecido (Fsh) por outro lado, é a razão entre a área humedecida pelos gotejadores e a área total da parcela. Pereira (2004) diz que a profundidade radicular (Z_r) das oliveiras se pode considerar de 1000mm. O valor umbral escolhido para olivais regados por gota-a-gota foi de 0,4 i.e., o déficit máximo permitido de água no solo corresponde a 40% da RU.

$$MAD (mm) = (\theta_{cc} - \theta_{ce}) * Z_r * MAD(\%) \quad (8)$$

$$Fsh = \frac{Ne \times A_{hum/emiss}}{a'b'} \quad (9)$$

Onde: Ne - número de emissores por planta; $A_{hum/emiss}$ - área humedecida por emissor; a'b' - área disponível para cada planta.

A eficiência (ε) da rega localizada é a mais elevada de entre todos os tipos de rega, da ordem dos 80-90%. Neste trabalho considerámos o valor médio de 85% para calcularmos a dotação efetiva necessária (equação (10)) e o volume de água por planta (equação (11)).

$$De (mm) = \frac{DU_{max}}{\varepsilon} \quad (10)$$

$$Vp (L) = \frac{MAD * Ne \times A_{hum/emiss}}{\varepsilon} \quad (11)$$

O parâmetro que relaciona a variável agronómica (DU_{max}) e a variável climática/cultural (NR_{pr}) é o intervalo máximo entre regas ou o número de dias que intermedeiam cada rega. No entanto importa referir, que uma escolha agronómica adotada neste trabalho foi a de não permitir que o intervalo de rega fosse superior a 3 dias. Desta forma evita-se que ocorram grandes oscilações no teor de humidade do solo e não permite que existam perdas de água por percolação profunda, recorrentes em dotações muito elevadas.

Já o tempo de rega, será função do volume de água por planta (V_p , em l/arv), do número de emissores por planta (Ne) e do caudal de cada emissor (Q_e , em l/h).

$$IR_{max} (dias) = \frac{DU_{max}}{NR_{pr}} \quad (12)$$

$$T_r (horas) = \frac{V_p}{Ne \times Q_e} = horas \quad (13)$$

3.7 Estudo hidráulico

3.7.1 Turnos de rega

O último passo antes do dimensionamento hidráulico foi a criação de **turnos de rega**, faseando a rega total ao longo dos 3 dias disponíveis. Assim, é possível dividir a rega por grupos de setores com caudais somados idênticos.

O agrupamento dos setores fez-se com base na soma dos caudais, de forma a que o caudal de ponta de cada turno de rega fosse o mais parecido possível. Os caudais em questão foram dimensionados pelo programa Irricad uma vez que este conhece o número de gotejadores existente na parcela.

Desta forma, e como sugere Oliveira (1993), percebemos que é um processo iterativo e por tentativas permitindo, no final, descobrir a melhor combinação de setores que permita a escolha de uma bomba que eleve o caudal pretendido sem que esteja sobredimensionada.

A fluxo ou caudal de água para o qual o sistema tem de estar preparado é função de todos os parâmetros anteriormente calculados e obtém-se a partir da (equação (14)).

$$Q_{pr} \left(\frac{l}{s} \right) = \frac{NR_{pr} \times A \times 31}{\varepsilon \times t} \quad (14)$$

Onde: N_r – Necessidades de rega de projeto, em mm/dia; A - área da parcela (m^2); ε - eficiência de rega (0,85); t - nº de segundos em que se rega no mês de ponta num qualquer setor.

3.7.2 Perdas de pressão nas condutas

De modo a calcularmos a pressão necessária à entrada do setor, temos de analisar todas as perdas de pressão que ocorrem desde a electroválvula (entrada do setor) até ao emissor mais desfavorável.

Variação de pressão permitida no sector

O cálculo do caudal mínimo a ser debitado por algum emissor do setor de rega (q_{min} em l/h) de forma a que se obtenha a uniformidade de descarga (UD) máxima possível é nos dado pela equação (15). Onde entramos com os valores do caudal médio de cada aspersor- q_{med} (tabelados no catálogo- 2 l/h), a uniformidade de emissão (tabelada consoante o tipo de emissor, o número de emissores por planta e a topografia do terreno, o coeficiente de variação (CV- considerou-se o valor de referência de 0,025) e o número de emissores por planta (N_e).

A este caudal, está associado uma pressão mínima necessária (h_{min}), em metros, que nos é dada pela equação (16), no entanto no catálogo é nos dito que a pressão mínima de funcionamento dos gotejadores são 0,5 bar pelo que optaremos pelo valor mais elevado de entre o calculado e o tabelado. Então, h_{med} é a pressão de funcionamento (tabelado no catálogo- 2,5 bar = 25 metros) e x é o expoente da equação de descarga do emissor que relaciona o caudal com a pressão.

O valor do coeficiente de descarga é igual a 0 nos gotejadores autocompensantes, o que implica teoricamente que não existe uma pressão mínima a garantir. No entanto, para que se possa calcular uma variação de pressão permitida, mesmo que muito grande, assumimos o valor de $x = 0,01$.

$$q_{min} = \frac{q_{med} \times \frac{UE}{100}}{1 - 1,27 \times \frac{CV}{\sqrt{N_e}}} \quad (15)$$

$$h_{min} = h_{med} \times \left(\frac{q_{min}}{q_{med}} \right)^{\frac{1}{x}} \quad (16)$$

O facto do valor da pressão mínima (h_{min}) de funcionamento ser zero sugere que, mesmo ocorrendo uma grande redução da pressão, é muito pouco provável que os gotejadores alcancem o débito mínimo, que reforça a própria definição de gotejador autocompensante.

A variação da pressão permitida no setor (Δh_{sec} em metros) não pode exceder o valor calculado através da equação (17).

$$\Delta h_{sec} = 2,5 \times (h_{med} - h_{min}) \quad (17)$$

Solução mais económica

Segundo Keller e Karmeli (1975), a solução mais económica verifica-se quando a variação de pressões na rampa (Δh_R) vale 55% da variação de pressão no setor (Δh_{sec}). Os restantes 45% serão para as variações de pressão no porta-rampas (Δh_{PR}).

$$\Delta h_R \leq 0,55 \Delta h_{sec} \quad (18)$$

$$\Delta h_{PR} \leq 0,45 \Delta h_{sec} \quad (19)$$

Surge então a necessidade de calcular as perdas de pressão das rampas e dos porta-rampas separadamente.

Rampas

As perdas de carga ocorridas nas rampas (ΔH_R) variam com o comprimento do lateral e com o espaçamento entre os emissores. Podemos consultá-las na Figura 11.

A variação de pressão ocorrida nas rampas (Δh_R) será dada pela soma entre as perdas de carga e o desnível entre cotas (ΔN_R) desde o início da rampa até ao último emissor.

Porta-rampas

Nos porta-rampas, por outro lado, não existe uma tabela onde seja possível fazer uma leitura rápida das perdas de carga associadas à passagem da água.

Através das equações (20) e (21) procurou-se agora perceber se as tubagens escolhidas satisfazem a condição dos limites de velocidade da água nas tubagens.

$$Q = A \times v \quad (20)$$

$$A = \pi \times \frac{D^2}{4} \quad (21)$$

Onde: Q- caudal que atravessa o tubo em m^3/s ; A- área teórica da secção do tubo; D- diâmetro interno teórico do tubo.

Esta condição dita que a velocidade de escoamento não pode ser inferior a 0,5 m/s de forma a evitar acumulação de sedimentos e possível entupimento das tubagens e não deve ser superior a 1,5 m/s por causa dos riscos de rebentamento por excesso de pressão. Por vezes este limiar superior pode ser estendido até 2 m/s em tubagens novas e com espessuras maiores onde o risco de rebentamento é menor, desde que nunca ultrapasse os 2,5 m/s (Pedras, 1997).

Seguidamente calculou-se a perda de carga unitária (j , m/m), segundo a fórmula de Blasius:

$$j = k \times \left(\frac{Q^{1,75}}{\phi^{4,75}} \right) \quad (22)$$

Onde: k – é um coeficiente de rugosidade tabelado segundo o material da tubagem; Q- caudal expresso em m^3/h ; ϕ – diâmetro interno em metros da tubagem escolhida (catálogo).

Os diâmetros internos podem ser calculados retirando ao diâmetro externo duas vezes a espessura do tubo. Encontramos o catálogo das tubagens Plasbene no Anexo 11.

As perdas de carga unitárias referem-se aos metros de coluna de água (m.c.a) a que devemos submeter este caudal para que avance um metro na tubagem com um diâmetro e uma rugosidade determinados. Assim, utilizamos a equação (22 que assume um $k=85002$ por ser uma tubagem de PE.

Já as perdas de carga contínuas (J , m) têm de ser calculadas de acordo com as perdas progressivas de caudal que se irão verificar ao longo do porta-rampas (saídas de água para as rampas). Como tal existem duas hipóteses: A primeira é a utilização de um coeficiente de redução de Christiansen (adimensional) que tem por base o número de saídas desde que o caudal de água que sai para cada rampa seja sempre o mesmo, como vemos na equação (23. Caso as rampas debitem caudais diferentes, é necessário calcular as perdas de pressão troço a troço.

No fator de redução de Christiansen, o parâmetro β assume o valor do expoente do caudal na equação de Blasius. Podemos consultá-lo na tabela presente no Anexo 10.

$$J = j \times L \times F \quad (23)$$

Onde: j - perda de carga unitária; F- coeficiente de redução de Christiansen; L – comprimento do porta-rampas.

Por fim, as perdas de carga singulares (h_s , em m) variam entre 10 e 20% das perdas de carga contínuas. Considerou-se o valor intermédio de 15%, equação (24). As perdas de carga

em escoamento sob pressão no porta-rampas (ΔH_{pr} , m) será o somatório das perdas de carga contínuas e das perdas de cargas singulares ao longo do troço, equação (25).

$$\sum h_s = J \times 0,15 \quad (24)$$

$$\Delta H_{pr} = J + \sum h_s = 1,15 J \quad (25)$$

Pressão à entrada do porta-rampas (h_{EPR})

Para a determinação da pressão à entrada do setor ou porta-rampas (h_{EPR} , em m) aplicou-se a equação de Bernoulli desde a electroválvula (início do porta-rampas) até ao emissor considerado como o mais desfavorável, equação (26). No entanto, alguns setores não têm as rampas logo após a electroválvula pelo que esse troço inicial do porta-rampas (sem rampas) é considerado como uma conduta terciária.

$$h_{EPR} = \frac{v_{ER}^2}{2g} + \Delta N_{PR} + (\Delta H_{PR}) + h_{ER} - \frac{v_{EPR}^2}{2g} \quad (26)$$

Onde: v_{ER} - velocidade à entrada da rampa; g - aceleração gravítica ($9,8 \text{ m/s}^2$); ΔN_{PR} - desnível verificado no porta-rampas; ΔH_{PR} - perdas de carga associadas ao escoamento sob pressão no porta-rampas; h_{ER} - Pressão à entrada das rampas; v_{ES} - velocidade à entrada do setor (velocidade no porta-rampas).

A pressão à entrada da rampa (h_{ER} , em m) calcula-se com base na equação (27).

$$h_{ER} = h_a + (k * \Delta H_R) + \frac{\Delta N_R}{2} \quad (27)$$

Onde: h_a - é a pressão de funcionamento do emissor (25 m uma vez que trabalham a 2,5 bar); $k=0,75$ para tubagens com diâmetro constante e $k=0,63$ para tubagens com dois diâmetros (Keller & Bliesner, 1990); ΔH_R - perdas de carga associadas ao escoamento sob pressão na rampa; ΔN_R - desnível entre o início da rampa e último gotejador.

Condutas principais e secundárias

As perdas de carga unitárias (j , em m/m) permitem-nos calcular as perdas de carga contínuas (J , em metros) ao longo de todo o comprimento de tubagem (L , em metros). Assumiu-se que as perdas de carga singulares (h_s , em metros) correspondem a 15% das perdas de carga contínuas. Por fim, as perdas de carga totais em escoamento sob pressão (ΔH , em metros) são nos dadas pela soma das perdas contínuas e singulares. Para calcular a perda de carga unitária (j – em m/m) na conduta, recorreu-se à fórmula de Hazen-Williams (equação (28):

$$j = \left(\frac{v}{0,849 \times C_{HW} \times R^{0,63}} \right)^{1,852} \quad (28)$$

$$J = j \times L \quad (29)$$

$$\sum h_s = J \times 0,15 \quad (30)$$

$$\Delta H = J + \sum h_s = 1,15 J \quad (31)$$

Onde: v – velocidade da água na tubagem (calculada a partir das equações (20 e (21); C_{HW} – coeficiente de Hazen-Williams que é igual a 150 para tubos de PVC; R – raio hidráulico da tubagem escolhida ($R = \frac{1}{4} D$).

Cálculo da altura manométrica total

A altura manométrica total (Hmt) é a energia por unidade de peso que a bomba tem de fornecer ao sistema para que a água seja transportada da fonte de abastecimento até aos emissores, com um determinado caudal.

Para a determinação da altura manométrica de cada turno aplicámos a equação de Bernoulli entre a charca e a entrada de cada setor segundo a equação (32).

$$Hmt (m) = \frac{v_{EPR}^2}{2g} + h_{EPR} + DN + \Delta H \quad (32)$$

Onde: v_{EPR} - velocidade à entrada do setor (m/s); g - aceleração da gravidade (m/s^2)
 PES - pressão à entrada do setor (m); DN - desnível geométrico entre a superfície da charca e a entrada do setor (m); ΔH - perdas de carga associadas ao escoamento sob pressão na conduta principal mais as perdas de carga associadas à filtração.

Capítulo 4. Resultados

4.1 Necessidades de rega

No cálculo das necessidades de rega foram utilizadas séries históricas de 30 anos dos dados climáticos recolhidos pela estação meteorológica de Évora, referentes aos anos compreendidos entre 1959 e 1988. Esta estação encontra-se a cerca de 45 km do local. Foram extraídos, em grelha regular, os valores médios da temperatura média (Tmed, °C), da velocidade do vento a 10 metros de altura (v, km/h), da humidade relativa (HR, %), da insolação (I, h) e da precipitação (R, mm) para o mês de Julho (Quadro 1).

Quadro 1- Dados históricos para o mês de Julho da estação meteorológica de Évora, 1959-1988

Ano	Mês	Tmed °C	Vento km/h	HR %	I horas	R mm
1959	7	23,7	15,8	80	376,7	0,1
1960	7	22,5	19,2	83	404,0	0,0
1961	7	23,3	7,0	82	403,6	0,0
1962	7	22,3	18,1	84	415,1	0,0
1963	7	23,1	16,7	80	400,6	0,0
1964	7	22,6	15,6	85	363,7	23,0
1965	7	20,7	19,0	87	401,8	0,0
1966	7	22,9	15,3	79	376,8	0,0
1967	7	22,7	16,1	85	387,0	0,0
1968	7	23,1	16,0	75	372,3	0,0
1969	7	25,3	14,9	70	398,4	4,0
1970	7	23,4	15,4	81	386,7	0,0
1971	7	22,5	14,2	87	332,1	27,5
1972	7	21,8	15,3	81	325,6	3,1
1973	7	21,6	17,6	88	359,8	6,8
1974	7	25,2	17,5	68	392,2	0,0
1975	7	22,6	16,7	85	374,3	0,0
1976	7	23,2	15,7	88	343,5	1,0
1977	7	20,4	19,3	69	329,1	72,9
1978	7	23,1	18,7	57	400,9	0,0
1979	7	23,3	13,8	67	316,1	42,1
1980	7	22,5	18,4	56	403,0	0,2
1981	7	24,2	18,1	50	373,9	0,3
1982	7	20,9	15,8	68	308,0	4,8
1983	7	20,8	13,9	75	288,6	0,7
1984	7	22,7	15,1	68	358,9	1,2
1985	7	23,2	14,8	66	334,2	2,3
1986	7	24,6	15,4	58	358,7	0
1987	7	23,9	14,0	64	318,2	5,8
1988	7	22,1	18,1	71	347,6	39,7

Com os compassos de 5,5 x 1,5 m para o olival superintensivo (OSI) e de 7 x 5 m para o olival intensivo (OI) consideraram-se diâmetros da copa (D) de 2,2 m para o OSI enquanto que para o OI consideraram-se 3,5 m. Como vemos no Quadro 2, isto equivale a uma fração de solo coberto (Sc) de aproximadamente 50% e de 25%. Segundo Allen & Pereira (2009), para estas frações de solo humedecido os coeficientes culturais são 0,6 e 0,4 respetivamente.

Quadro 2- Parâmetros para o cálculo do coeficiente de redução de coberto (kr)

Superintensivo		Intensivo	
D (m)	2,2	D (m)	3,5
N (Arv/ha)	1212	N (Arv/ha)	285,71429
Sc	46,05	Sc	27,48
Kc	0,6	Kc	0,4

Quadro 3- Necessidades de reposição de água diárias nos olivais da Vineves, para os meses de Julho.

Ano	ETo	R	Superintensivo (mm/dia)		Intensivo (mm/dia)	
	mm/dia	mm	ETc	NR	ETc	NR
1959	5,35	0,1	3,21	3,21	2,14	2,14
1960	5,12	0	3,07	3,07	2,05	2,05
1961	5,47	0	3,28	3,28	2,19	2,19
1962	5,11	0	3,07	3,07	2,05	2,05
1963	5,40	0	3,24	3,24	2,16	2,16
1964	4,85	23	2,91	2,17	1,94	1,20
1965	4,59	0	2,75	2,75	1,84	1,84
1966	5,28	0	3,17	3,17	2,11	2,11
1967	5,00	0	3,00	3,00	2,00	2,00
1968	5,48	0	3,29	3,29	2,19	2,19
1969	6,25	4	3,75	3,62	2,50	2,37
1970	5,32	0	3,19	3,19	2,13	2,13
1971	4,57	27,5	2,74	1,85	1,83	0,94
1972	4,70	3,1	2,82	2,72	1,88	1,78
1973	4,47	6,8	2,68	2,47	1,79	1,57
1974	6,39	0	3,84	3,84	2,56	2,56
1975	4,89	0	2,94	2,94	1,96	1,96
1976	4,66	1	2,79	2,76	1,86	1,83
1977	5,18	72,9	3,11	0,76	2,07	-0,28
1978	6,72	0	4,03	4,03	2,69	2,69
1979	5,50	42,1	3,30	1,94	2,20	0,84
1980	6,65	0,2	3,99	3,98	2,66	2,65
1981	7,15	0,3	4,29	4,28	2,86	2,85
1982	5,11	4,8	3,07	2,91	2,04	1,89
1983	4,62	0,7	2,77	2,75	1,85	1,82
1984	5,66	1,2	3,40	3,36	2,27	2,23
1985	5,69	2,3	3,41	3,34	2,27	2,20
1986	6,50	0	3,90	3,90	2,60	2,60
1987	5,76	5,8	3,45	3,27	2,30	2,12
1988	5,43	39,7	3,26	1,98	2,17	0,89

Determinou-se então os valores da ETc e, por fim, o valor das necessidades de rega para cada mês de Julho dos anos em análise, como vemos no

Quadro 3.

O Quadro 4 mostra-nos que as necessidades de rega de projeto para o olival superintensivo e intensivo são 3,98 mm/dia e 2,65 mm/dia, respetivamente.

Quadro 4- Determinação das Necessidade de Rega de projeto (NRpr).

Olival Superintensivo				Olival Intensivo			
Ri	NR (mm/dia)	Ano	Horton	Ri	NR (mm/dia)	Ano	Horton
1	0,76	1977	0,03	1	-0,28	1977	0,03
2	1,85	1971	0,06	2	0,84	1979	0,06
3	1,94	1979	0,10	3	0,89	1988	0,10
4	1,98	1988	0,13	4	0,94	1971	0,13
5	2,17	1964	0,16	5	1,20	1964	0,16
6	2,47	1973	0,19	6	1,57	1973	0,19
7	2,72	1972	0,23	7	1,78	1972	0,23
8	2,75	1983	0,26	8	1,82	1983	0,26
9	2,75	1965	0,29	9	1,83	1976	0,29
10	2,76	1976	0,32	10	1,84	1965	0,32
11	2,91	1982	0,35	11	1,89	1982	0,35
12	2,94	1975	0,39	12	1,96	1975	0,39
13	3,00	1967	0,42	13	2,00	1967	0,42
14	3,07	1962	0,45	14	2,05	1962	0,45
15	3,07	1960	0,48	15	2,05	1960	0,48
16	3,17	1966	0,52	16	2,11	1966	0,52
17	3,19	1970	0,55	17	2,12	1987	0,55
18	3,21	1959	0,58	18	2,13	1970	0,58
19	3,24	1963	0,61	19	2,14	1959	0,61
20	3,27	1987	0,65	20	2,16	1963	0,65
21	3,28	1961	0,68	21	2,19	1961	0,68
22	3,29	1968	0,71	22	2,19	1968	0,71
23	3,34	1985	0,74	23	2,20	1985	0,74
24	3,36	1984	0,77	24	2,23	1984	0,77
25	3,62	1969	0,81	25	2,37	1969	0,81
26	3,84	1974	0,84	26	2,56	1974	0,84
27	3,90	1986	0,87	27	2,60	1986	0,87
28	3,98	1980	0,90	28	2,65	1980	0,90
29	4,03	1978	0,94	29	2,69	1978	0,94
30	4,28	1981	0,97	30	2,85	1981	0,97

4.2 Dimensionamento agronómico

Admitindo os valores anteriormente citados, calculou-se a depleção máxima admissível (MAD) para cada olival.

O Quadro 5, apresenta as características de armazenamento de água no solo para cada olival assim como a fração de solo humedecida (Fsh) por cada sistema de rega.

Quadro 5- Determinação das dotações efetivas e do volume de água por planta para os dois olivais

	Olival Superintensivo	Olival Intensivo
CC (m ³ / m ³)	0,25	0,25
CE (m ³ / m ³)	0,10	0,10
MAD (%)	0,4	0,4
NRpr (mm)	3,98	2,65
MAD (mm)	60	60
Fsh	0,14	0,14
Ne	2	5
Ahum (m ² /emissor)	0,56	1,00
a' * b' (m ²)	8,25	35
ε	0,85	0,85
Compasso	1,5*5,5	5*7
Qe (l/h)	2	2
N ^o arv/ha	1212	286
Dumax (mm)	8,18	8,57
De (mm)	9,63	10,08
Vp (l)	79	353

Pelas equações percebemos que o MAD é igual nos dois olivais uma vez que o parâmetro solo foi considerado homogéneo nos dois olivais.

No cálculo da fração de solo húmido, a área humedecida (**Ahum**) por cada gotejador foi de 0,56 m² para o olival superintensivo pois considerou-se que o espaçamento de 0,75 m entre cada emissor permitia a formação de uma faixa de rega com 75cm de largura como podemos ver na Figura 17.

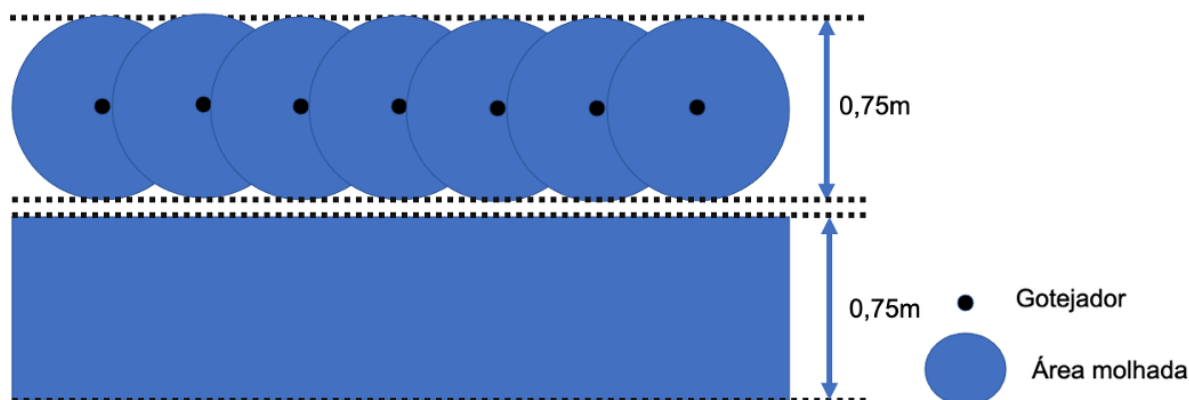


Figura 17- Faixa de solo humedecido por uma linha de rega gota-a-gota, para o olival Superintensivo.

No olival intensivo, considerou-se uma faixa de rega com 1 metro de largura, como podemos ver na Figura 18. Mesmo que o caudal e o tipo de solo sejam os mesmos, o espaçamento dos emissores neste olival é de 1 metro reduzindo a sobreposição de áreas regadas.

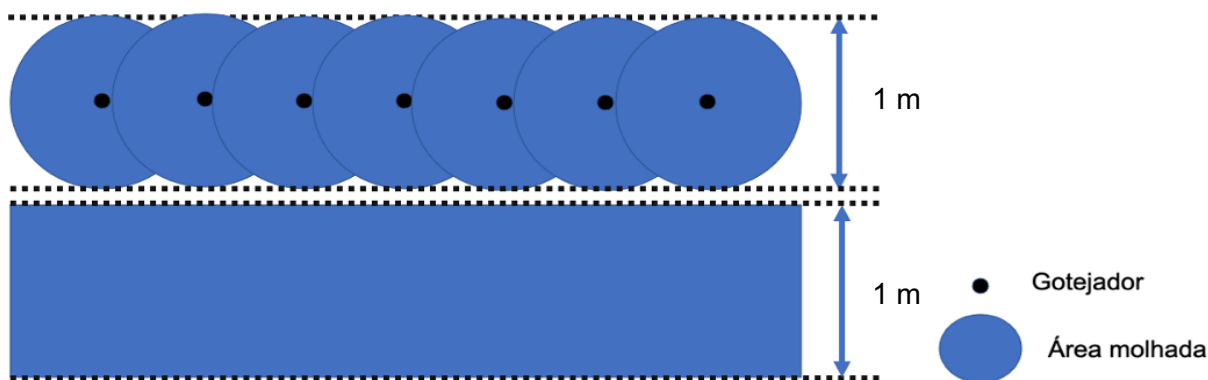


Figura 18- Faixa de solo humedecido por uma linha de rega gota-a-gota, para o olival Intensivo.

Analisando o Quadro 6 percebemos que para um volume por planta de 79 L e de 353 L no olival superintensivo e intensivo, respetivamente, o intervalo entre regas é de 2,06 dias para o OSI e de 3,23 dias para o OI, no entanto optou-se pelo intervalo de regas de 3 dias em ambos os olivais. Este intervalo respeita o $I_{r_{max}}$ do olival intensivo, mas não o do olival superintensivo. Desta forma, iremos provocar um stress moderado nas oliveiras do OSI. Esta escolha é justificada pelo facto de a oliveira ser uma árvore muito bem adaptada às condições mediterrâneas uma vez que entra em repouso produtivo na altura do verão. As eventuais perdas causadas por este stress hídrico moderado serão compensadas com o início das chuvas de outono.

Quadro 6- Determinação do $I_{r_{max}}$ para os dois olivais e respetivo ajustamento das dotações

	Olival Superintensivo	Olival Intensivo
$I_{r_{max}}$ (dias)	2,06	3,23
$I_{r_{efetivo}}$ (dias)	3	3
Du_{max} ajustada (mm/dia)	8,18	7,95
De ajustada (mm/dia)	9,63	9,35
V_p ajustado (l)	79	327
T_r (horas)	19,853	32,735
t_{total} (seg)	71471	117847

Os valores ajustados dizem respeito à atualização inerente a uma variação do intervalo entre regas. Para o OSI os valores mantêm-se uma vez que o aumento do intervalo entre regas iria levar a uma dotação de água superior à dotação máxima permitida.

4.3 Dimensionamento hidráulico

4.3.1 Número de turnos de rega

A divisão em setores do olival superintensivo (17 setores) foi feita consoante o declive da parcela uma vez que esta apresenta um perfil topográfico irregular e acentuado. Já a divisão em blocos de rega não pode ser a mesma.

Com um tempo de rega de aproximadamente 20 horas, os setores foram agrupados em 3 turnos de rega, totalizando 60 horas de rega.

Os três dias de intervalo têm 72 horas o que nos permite ter um intervalo de segurança caso ocorram avarias no sistemas de rega ou mesmo necessidades em água pontualmente superiores às que foram previstas (Oliveira, 1993)

Por último, o dimensionamento da bomba será função do caudal mais elevado, pelo que a elevação de um caudal mais ou menos constante durante os meses de rega evita sobredimensionamentos da bomba (por exemplo quando se tem um bloco com um caudal muito elevado seguido de outro com um caudal muito inferior).

O Quadro 7 mostra-nos o resultado final do agrupamento de setores em turnos de rega para o olival em sebe.

Quadro 7- Divisão dos setores do olival superintensivo em turnos de rega.

Turno de rega	Setor	Area (ha)	Q efetivo (m^3/h)	Area turno (m^2)	Q turno (m^3/h)
1	1	2,2	11	20,8	102
	2	2,7	13		
	6	2,7	13		
	3 e 4	3,2	16		
	5	2,9	14		
	7	4,1	20		
	9	3	15		
2	8	6,2	30	18,6	91
	10	2,6	13		
	17	2,5	12		
	14	4,1	20		
	15	2,4	12		
	16	0,8	4		
3	13	5,9	28	15,6	75
	11	4,5	22		
	12	5,2	25		

No olival intensivo criaram-se 2 turnos de rega. Os 5 setores de rega apresentados no Anexo 5 foram agrupados tal como mostra o Quadro 8.

O tempo de rega de cada turno é de aproximadamente 32 horas como vemos no Quadro 6, o que totalizam 64 horas de rega.

Quadro 8- Divisão dos setores do olival intensivo em turnos de rega.

Turno	Setor	Area (ha)	Q efetivo (m ³ /h)	Area turno (m ²)	Q turno (m ³ /h)
1	1	8,5	25,0	17,6	50,0
	2	9,1	25,0		
2	3	9,3	27,0	18,2	52,0
	4	7,7	22,0		
	5	1,2	3,0		

A auditoria ao funcionamento dos sistemas de rega instalados em ambos os olivais é baseada no escrutínio de todas as perdas de pressão associadas a cada turno de rega, desde a fonte de água até ao emissor mais desfavorável no setor e posterior comparação com as perdas máximas permitidas acima das quais a fiabilidade do dimensionamento seria posto em causa.

De forma a validarmos a proposta apresentada pelo programa Irricad, foram dimensionados 6 setores do OSI e 2 setores do OI. Como o objetivo deste trabalho é perceber se é possível confiar plenamente nos resultados dados pelo software, não se encontrou necessidade de fazer um dimensionamento total do sistema, sendo estes setores suficientes para que se possa fazer um escrutínio detalhado dos resultados.

No olival superintensivo foram dimensionados os setores 1, 2 e 6 pertencentes ao primeiro turno de rega e os setores 14, 15 e 16 do segundo turno de rega.

Já no olival intensivo, escolheram-se os setores 2 e 3. A razão de se terem escolhidos estes setores é o facto de apresentarem rampas em ambas as direções do porta-rampas (saídas duplas) o que pode trazer alguns problemas de dimensionamento.

4.3.2 Dimensionamento hidráulico no olival superintensivo

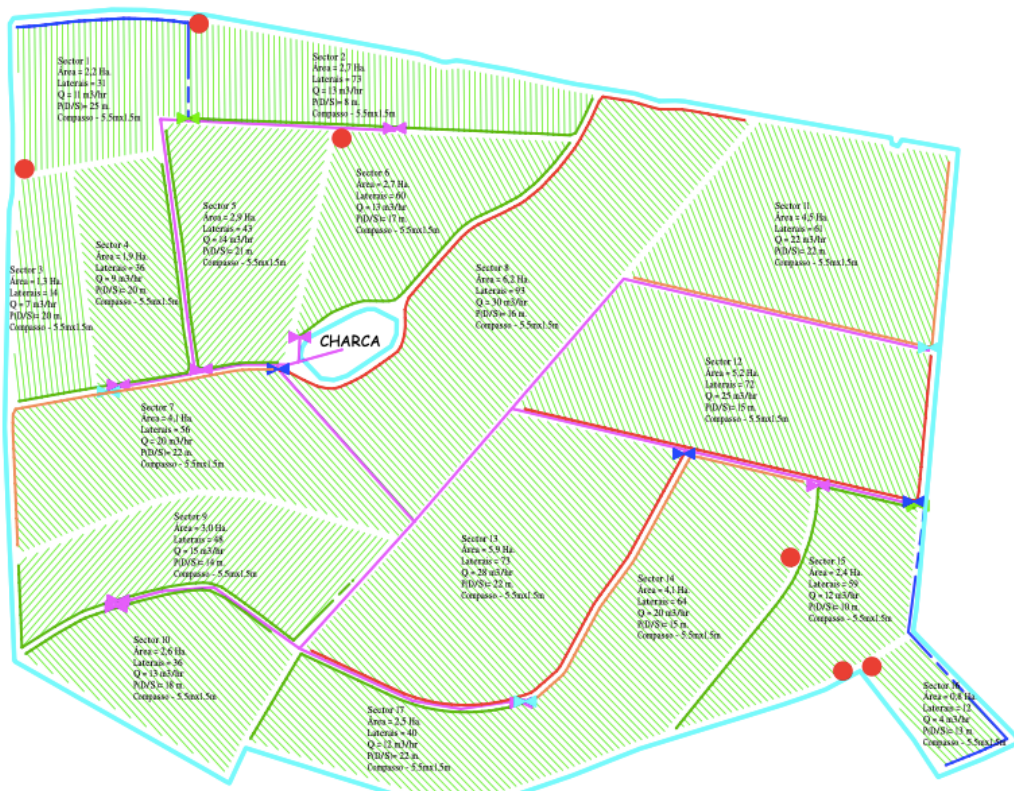


Figura 19- Emissores mais desfavoráveis de cada setor estudado para o OSI

O dimensionamento hidráulico foi realizado para o emissor mais desfavorável de cada setor. Na Figura 19 vemos assinalados os emissores mais desfavoráveis.

Variação de pressão permitida no setor

Os emissores possuem um coeficiente de descarga próximo de zero, que nos diz que não existe na teoria uma pressão mínima a garantir. No entanto, o catálogo dos emissores refere que tem de existir uma pressão mínima de funcionamento de 0,5 bar.

No Quadro 9 percebemos que o valor da variação de pressão permitida dentro do setor é de 50 metros. Concluímos assim que há uma probabilidade muito grande de se conseguir uma boa uniformização da distribuição de água no setor.

Quadro 9- Variação de pressão permitida no setor.

Q med (l/h)	UE (%)	CV	Q min (l/h)	h med (m)	x	h min (m)	Δh_{sec} (m)
2	85	0,025	1,739	25	0,01	5	50

Rampas

As perdas de carga ocorridas nas rampas (ΔH_R) variam com o comprimento do lateral e com o espaçamento entre os emissores. Podemos consultá-las na Figura 11. Foi calculado o comprimento da conduta que possui o emissor mais desfavorável. Os valores das cotas foram extraídos do mapa das curvas de nível, presente no Anexo 9. O Quadro 10 mostra o comprimento das rampas mais desfavoráveis, o desnível entre o início e o último emissor e a perda de pressão que ocorre na rampa. A condição de Keller e Karmeli (1975) verifica-se, já que $\Delta h_R \leq 0,55\Delta h_{sec}$, em todas as rampas.

Quadro 10- Variação de pressões ocorrida nas rampas dos setores em estudo assumindo um comprimento uniforme dos laterais para o olival em sebe.

Setor	Caudal (m^3/h)	L (m)	ΔN_R (m)	ΔH_R (m)	Δh_R (m)	$0,55*\Delta h_{sec}$ (m)
1	11,0	130	-8	4	-4	27,5
2	13,0	80	0	1	1	27,5
6	13,0	150	-21	3,4	-17,6	27,5
14	20,0	135	-13	4,5	-8,5	27,5
15	12,0	95	0	1,7	1,7	27,5
16	4,0	125	-20	3,4	-16,6	27,5

Porta-rampas

As características dos porta-rampas de cada setor foram retiradas do Anexo 4. Foi possível determinar as velocidades de escoamento e assim calcular as perdas de carga que ocorrem nos porta-rampas.

Para os setores com rampas de tamanho mais ou menos homogêneo utilizou-se o coeficiente de redução de Christiansen, para os restantes calcularam-se as perdas de carga troço a troço. Alguns setores não têm a primeira rampa logo no início do setor, pelo que a parte inicial do porta-rampas foi considerado como uma conduta secundária e calculadas as perdas de carga separadamente. Os resultados encontram-se consolidados no Quadro 11, onde apresentamos os resultados dos 6 setores do olival superintensivo em estudo.

Quadro 11- Verificação da condição das velocidades e cálculo das perdas de carga totais no porta-rampas.

Setor	Tubagem projetada	Raio int (m)	J (m)	ΔH_{PR} (m)	ΔN_{PR} (m)	Δh_{PR} (m)	$0,45\Delta h_{sec}$ (m)
1	PEBD 50 mm	0,022	14,878	17,110	5	22,11	23
2	PEBD 63 mm	0,0277	1,492	1,716	5	6,72	23
6	PEBD 63 mm	0,0277	0,004	0,004	4	4,00	23
14	PEBD 75 mm	0,033	4,054	4,662	-9	-4,34	23
15	PEBD 63 mm	0,0277	1,471	1,692	10	11,69	23
16	PEBD 50 mm	0,022	4,480	5,152	18	20,15	23

A condição de Keller e Karmeli (1975) dita que, se 55% da variação de pressão for atribuída às rampas, então os restantes 45% dizem respeito às restantes tubagens. Assim, determinou-se a variação de pressão no porta-rampas (Δh_{PR} , em m) somando as perdas de carga (ΔH_{PR}) e o desnível verificado desde o início (electroválvula) até à rampa que possui o gotejador mais desfavorável (ΔN_{PR} , em m). Os desníveis voltaram a ser retirados do mapa das curvas de nível, presente no Anexo 8.

Por observação do Quadro 11, percebemos que se verifica aquilo que Keller e Karmeli dizem quanto à variação da pressão permitida para os porta-rampas de todos os setores $\Delta h_{PR} \leq 0,45\Delta h_{sec}$.

Pressão à entrada do porta-rampas (h_{EPR})

A velocidade à entrada da rampa (v_{ER} , em m/s) calcula-se pela equação (20), dividindo o caudal que passa na rampa (Q_R , em m^3/h) pela área da secção da tubagem. Como vemos na Figura 11, o diâmetro interno do tubo gotejador (D_{int_R} , em m) é 13,9 mm.

Na determinação da velocidade à entrada do porta-rampas (v_{EPR} , em m/s) teremos de considerar apenas o caudal que se dirige para a rampa em estudo (Q_{PR} , em m/s) tal como vemos no setor 2. Existe uma ramificação à entrada do setor, pelo que o caudal que se dirige para as rampas da direita não será considerado. Com o diâmetro do porta-rampas ($D_{int_{PR}}$, em m) conseguimos descobrir a velocidade à entrada do setor.

Podemos consultar os valores das duas velocidades no Quadro 12.

Quadro 12- Determinação das velocidades à entrada da rampa e do setor.

Setor	Q_R (m^3/s)	D_{int_R} (m)	v_{ER} (m/s)	Q_{PR} (m^3/s)	$D_{int_{PR}}$ (m)	v_{EPR} (m/s)
1	9,86E-05	0,0139	0,650	0,0031	0,044	2,0106
2	4,95E-05	0,0139	0,326	0,0018	0,055	0,7494
6	6,02E-05	0,0139	0,397	0,0036	0,055	1,4988
14	8,68E-05	0,0139	0,572	0,0056	0,066	1,6247
15	5,65E-05	0,0139	0,372	0,0027	0,055	1,1277
16	9,26E-05	0,0139	0,610	0,0011	0,044	0,7311

Com as velocidades calculadas, só nos resta determinar a pressão à entrada à rampa (h_{ER} , em m) para que consigamos conhecer a pressão necessária à entrada do porta-rampas (h_{EPR} , em m). Esta será a pressão a que o setor tem de estar sujeito de forma a que todos os gotejadores debitem o caudal desejado.

O Quadro 13 resume toda esta informação, dando

Quadro 13- Determinação da pressão à entrada do porta-rampas

Setor	ΔH_R (m)	ΔN_R (m)	h_{ER} (m)	ΔH_{PR} (m)	ΔN_{PR} (m)	v_{ER} (m/s)	v_{EPR} (m/s)	h_{EPR} (m)
1	4	-8	24,0	17,1	5	0,63	2,01	45,9
2	1	0	25,8	1,7	5	0,39	0,75	32,4
6	3,4	-21	17,1	0,0	4	0,73	1,50	21,0
14	4,5	-13	21,9	4,7	-9	0,66	1,62	17,4
15	1,7	0	26,3	1,7	10	0,46	1,13	37,9
16	3,4	-20	17,6	5,2	15	0,61	0,73	37,7

Condutas principais e secundárias

Na conduta principal e secundárias, o caudal que passa em cada troço varia uma vez que temos vários setores a regar em simultâneo. A abordagem terá de ser separada entre turnos. No 1º turno temos sete setores a regar simultaneamente enquanto que no 2º turno temos outros seis setores a regar.

Para o 1º turno de rega, consideraram-se os troços apresentados na Figura 20, a cada um foi atribuído um número.

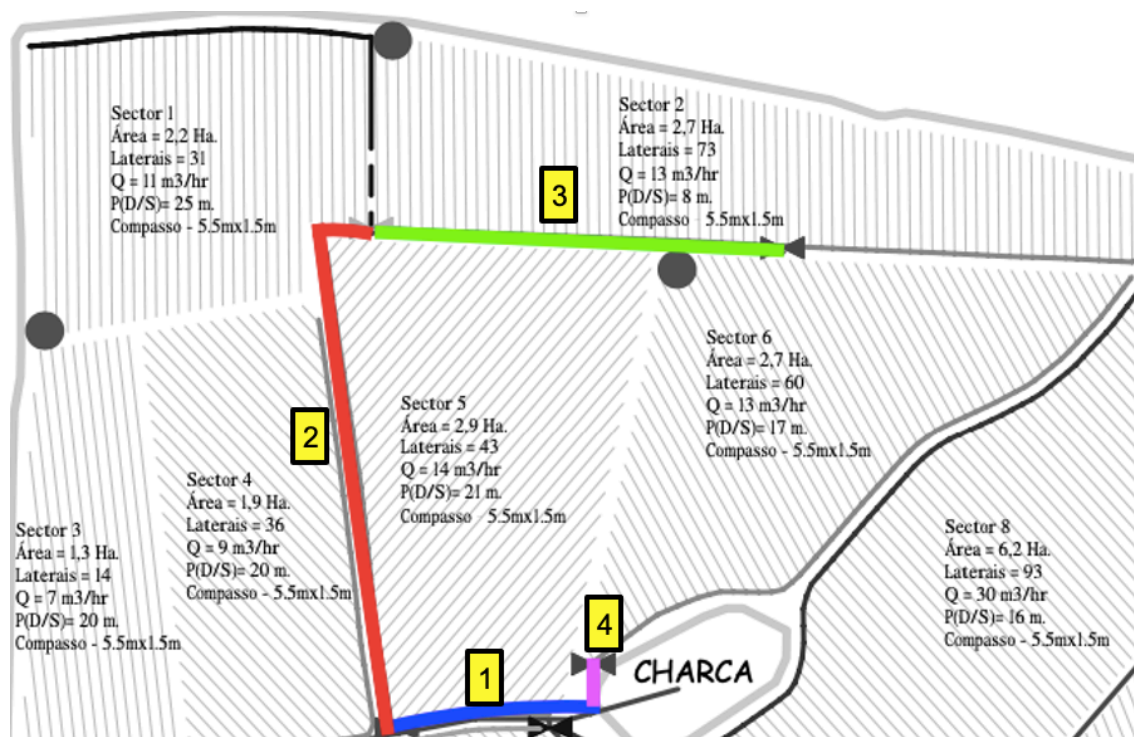


Figura 20- Subdivisão de condutas principais e secundárias respeitantes ao 1º turno de rega do olival superintensivo (fotografia parcial do Anexo 4)

Para o 2º turno de rega, a conduta principal foi dividida nos troços apresentados na Figura 21.

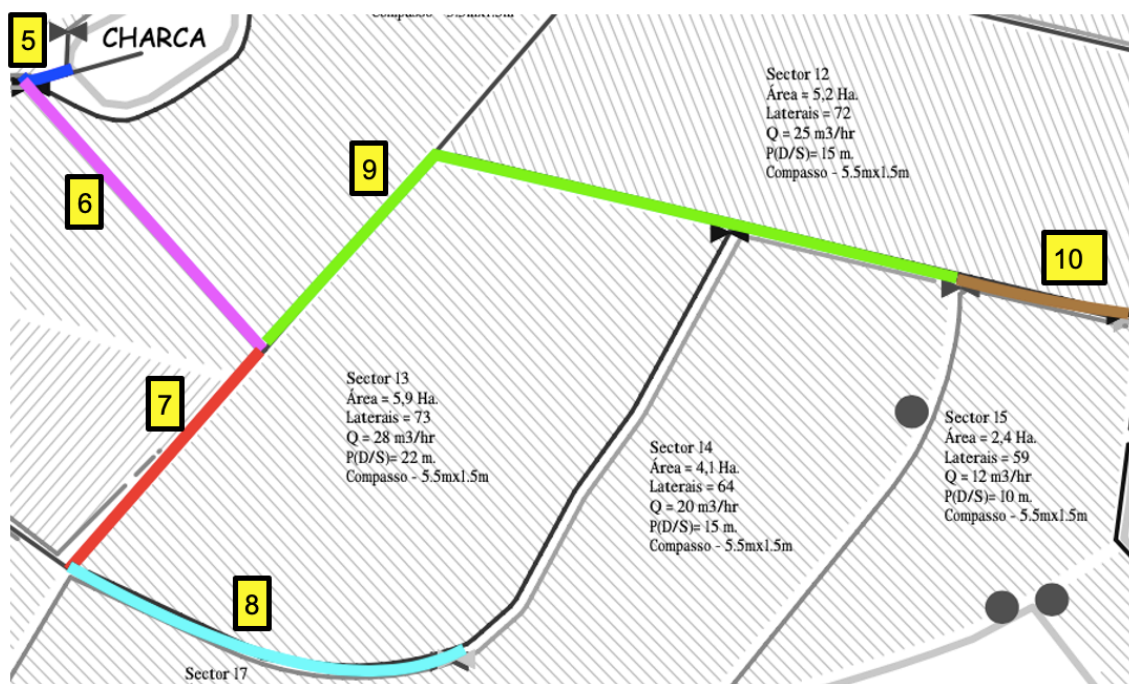


Figura 21- Subdivisão de condutas principais e secundárias respeitantes ao 2º turno de rega do olival superintensivo (mapa parcial do Anexo 4).

A tubagem escolhida para todo o olival foi de PVC com 125mm de diâmetro externo e 3mm de espessura, que equivale a um raio interno de 0,0595 m e uma área da secção de 0,0111 m².

O Quadro 14 apresenta os comprimentos de cada troço de conduta (L, em m), o desnível (DN, em m) e o caudal que o atravessa (Q, em m³/s). Desta forma, foi possível determinarmos as velocidades de escoamento em cada troço. Com as velocidades determinadas, foram calculadas as perdas de carga totais em escoamento sob pressão em cada troço.

Quadro 14- Comprimentos dos troços que compõem a conduta principal e velocidades de escoamento

Troço	L (m)	DN (m)	Q (m ³ /s)	v (m/s)	j (m/m)	J (m)	ΔH (m)
1	105	1	0,021	1,8482	0,0238	2,499	2,874
2	264	-26	0,007	0,5994	0,0030	0,781	0,898
3	215	-5	0,004	0,3247	0,0010	0,204	0,235
4	35	-7	0,004	0,3247	0,0010	0,033	0,038
5	20	-1	0,025	2,2728	0,0349	0,698	0,803
6	190	-24	0,017	1,5235	0,0166	3,162	3,637
7	163	8	0,013	1,1239	0,0095	1,544	1,776
8	232	15	0,009	0,7992	0,0050	1,169	1,344
9	450	-1	0,004	0,3996	0,0014	0,628	0,722
10	100	10	0,001	0,0999	0,0001	0,011	0,012

Cálculo da altura manométrica total (Hmt)

Para o cálculo da altura manométrica total é necessário que as perdas de carga de cada troço sejam adicionadas consoante a água passe por esse troço para abastecer cada setor.

No Quadro 15 vemos a altura manométrica total de cada setor.

Quadro 15- Altura manométrica total (Hmt) para os turnos de rega em estudo do olival superintensivo.

Setor	Troços	DN (m)	v_{EPR} (m/s)	h_{EPR} (m)	ΔH (m)	Hmt (m)
1	1 e 2	-25	2,01	37,65	3,77	24,90
2	1,2, e 3	-30	0,75	32,02	4,01	6,48
6	4	-7	1,50	10,47	0,04	14,12
14	5,6,7 e 8	-2	1,62	9,76	7,56	23,12
15	5,6 e 9	-26	1,13	37,49	5,16	17,14
16	5,6,9, e 10	-16	0,73	26,41	5,17	26,90

A esta altura manométrica falta adicionarmos as perdas de carga associadas às electroválvulas que se encontram à entrada de cada setor. Estas causam uma perda de carga que varia com o diâmetro de entrada na electroválvula (polegadas) e com o caudal que atravessa. Podemos consultar no Quadro 16 os valores retirados do gráfico da Figura 12 relativos à pressão exercida por cada electroválvula e a altura manométrica total dos turnos. As colunas do caudal em *gpm* e da pressão em *psi*, serviram para analisar o gráfico da Figura 12 e converter as unidades para metros.

Quadro 16- Perda de pressão causada pelas electroválvulas e Hmt dos setores.

Setor	Electroválvula	Q (m^3/h)	Q (gpm)	Pressão (psi)	Δh eletrov (m)	Hmt setor (m)
1	1,5 polegadas	11,0	48,43	1	0,7	25,60
2	2 polegadas	13,0	57,24	1	0,7	7,18
6	2 polegadas	13,0	57,24	1	0,7	14,82
14	2,5 polegadas	20,0	88,06	2	1,4	24,52
15	2 polegadas	12,0	52,83	0,4	0,28	17,42
16	1,5 polegadas	4,0	17,61	0	0	26,90

4.3.3 Cálculo das condutas no olival intensivo

Os cálculos utilizados no dimensionamento dos setores 2 e 3 do olival intensivo basearam-se na metodologia utilizada para o olival em sebe, mas com algumas adaptações.

Foi calculado o comprimento das rampas que possuem o emissor mais desfavorável dos dois setores, assinalados na Figura 22. Neste caso serão os últimos gotejadores das últimas rampas em ambos os setores.

Como vemos no Anexo 5, estes setores possuem laterais para os dois lados do porta-rampas, algo que temos que estar atentos na altura de atribuir um caudal às rampas.



Figura 22- Emissores mais desfavoráveis de cada setor estudado para o OI

Varição de pressão permitida no sector

O cálculo do caudal mínimo a ser debitado por algum emissor do setor de rega (q_{min} em l/h) sofreu algumas alterações relativamente ao olival em sebe. O número de gotejadores por planta são agora 5, o espaçamento entre gotejadores passa a ser de um metro e uniformidade de emissão passa ser de 90% por estarmos perante uma topografia uniforme e plana (Anexo 9).

Na prática, estas alterações não têm relevância uma vez que são utilizados gotejadores autocompensantes. O expoente da equação de descarga do emissor (x) presente na equação (16) volta a tomar um valor muito baixo fazendo com que a variação de pressão permitida seja muito elevada. No Quadro 17 são exibidos os valores do caudal e pressão mínima exigidos para que se garanta uma uniformidade de descarga (UD) aceitável. A variação de pressão resultante da equação (17) volta a ser de 50 metros.

Quadro 17- Variação de pressão permitida no setor.

Q med (l/h)	UE (%)	CV	Q min (l/h)	h med (m)	x	h min (m)	Δh_{sec} (m)
2	90	0,025	1,826	25	0,01	5	50

Rampas

As perdas de carga ocorridas nas rampas (ΔH_R) variam com o comprimento do lateral e podem ser consultadas na Figura 11 na coluna dedicada às fitas de rega com 100 cm entre emissores. O desnível (ΔN_R) desde o início da rampa até ao último emissor é nulo uma vez que toda a parcela se encontra à mesma cota.

O Quadro 18 sintetiza esta informação. Percebemos que a variação de pressão ocorrida nas rampas (Δh_R) é apenas causada pelas perdas de carga associadas ao escoamento sob pressão na rampa.

Quadro 18- Variação de pressões ocorrida nas rampas dos setores em estudo assumindo um comprimento uniforme dos laterais para o olival intensivo.

Setor	Caudal (m^3/h)	L (m)	ΔN_R (m)	ΔH_R (m)	Δh_R (m)	$0,55*\Delta h_{sec}$ (m)
2	25,0	164,5	0,0	3,2	3,2	27,5
3	27,0	140,6	0,0	2,2	2,2	27,5

A condição de Keller e Karmeli (1975) verifica-se, já que em todas as rampas $\Delta h_R \leq 27,5$ m.

Porta-rampas

Ambos os porta-rampas dos setores estudados apresentam reduções de tubagens. No setor 2 fez-se uma redução de uma tubagem PEBD 75 mm para uma de 63 mm. No setor 3 a redução feita foi de um tubo PEBD 90 mm para um de 75 mm. De modo a percebermos estas reduções fomos determinar a velocidade à entrada do porta-rampas e à entrada da redução.

No Quadro 19 vemos os comprimentos de cada uma das tubagens assim como a velocidade de escoamento ao início de cada uma. A velocidade no início do porta-rampas (v_{EPR}) foi calculada com base no caudal total do setor, enquanto que a velocidade no início das reduções foi calculada com base no caudal restante após saída de água para as rampas acopladas à primeira parte do porta-rampas.

Quadro 19- Verificação da condição inicial das velocidades no porta-rampas.

Setor	L total (m)	Tubagem projetada	L (m)	Q (m ³ /s)	Espessura (mm)	Raio int (m)	v _{EPR} (m/s)
2	260	PEBD 75 mm	80	0,0069	4,5	0,033	2,031
		PEBD 63 mm	180	0,0048	3,8	0,028	1,995
3	360	PEBD 90 mm	130	0,0075	5,4	0,040	1,523
		PEBD 75 mm	230	0,0065	4,5	0,033	1,898

Do ponto de vista hidráulico, não se justifica que exista uma redução de diâmetro num porta-rampas de um sistema de rega localizada. Mais à frente neste relatório analisaremos algumas causas potenciais que tenham levado a esta opção por parte do programa. No entanto, optou-se por realizar os cálculos das perdas de pressão com base nestas reduções de diâmetros.

No setor 2 todas as rampas têm o mesmo comprimento, como podemos comprovar no Anexo 5. Assim, utilizou-se o coeficiente de redução de Christiansen (Anexo 10) no cálculo das perdas de carga no porta-rampas.

Para o setor 3, as rampas têm sempre o mesmo comprimento exceto as primeiras 11 rampas. Estas coincidem com a tubagem de 90 mm de diâmetro. Quando ocorre a redução para a tubagem de 75 mm as rampas passam a ter todas o mesmo comprimento. Desta forma, utilizou-se o coeficiente de redução de Christiansen (Anexo 10) em todas as rampas menos nestas primeiras, onde se calcularam as perdas de carga troço a troço. Foram extraídos os comprimentos de cada rampa de forma a sabermos a redução de caudal em cada troço e assim poderemos determinar as perdas de carga totais na soma dos troços. O caudal que sai nestas primeiras 11 rampas é de 0,001 m³/s.

No cálculo da perda de carga unitária (j, m/m) utilizou-se a fórmula de Scoobey (equação (22)) sempre que se verificassem as condições de utilização do coeficiente de Christiansen. Caso contrário (primeiras 11 rampas do setor 3) utilizou-se a fórmula de Hazen-Williams (equação (28)). Para o cálculo das perdas de carga totais que ocorrem no porta-rampas (ΔH_{PR}) presentes no Quadro 20, voltou-se a assumir um valor de 15% para as perdas singulares como vemos na equação (24).

Quadro 20- Cálculo das velocidades reais e das perdas de carga totais associadas aos porta-rampas

Setor	Tubagem projetada	Raio int (m)	j (m/m)	J (m)	ΔH_{PR} (m)	ΔN_{PR} (m)	Δh_{PR} (m)	Δh_{PR} totais (m)
2	PEBD 75mm	0,0330	0,054	1,6741	1,9253	0	1,925	6,964
	PEBD 63mm	0,0277	0,065	4,3819	5,0391	0	5,039	
3	PEBD 90mm	0,0396	N.A	N.A	1,8425	-2	-0,158	3,558
	PEBD 75mm	0,0330	0,048	4,1006	4,7157	-1	3,716	

A última coluna do Quadro 20 (Δh_{PR} totais) soma as perdas de pressão (Δh_{PR}) ocorridas em cada tubagem dentro do mesmo setor. Pelo facto de termos feito o método troço a troço no cálculo das perdas de carga da primeira parte do porta-rampas do setor 3, não foi possível definir apenas um valor para a perda de carga unitária uma vez que varia a cada troço. A sigla N.A quer então dizer, *não aplicável*.

A parcela é praticamente plana, no entanto utilizou-se o *Google Earth Pro* para se determinar os valores do desnível no porta-rampas (ΔN_{PR}). Registou-se que para o setor 2 o declive era efetivamente nulo, mas para o setor 3 havia um desnível de 3 metros negativos entre a electroválvula e o fim do porta-rampas.

Percebemos ainda que se verifica aquilo que Keller e Karmeli (1975) dizem quanto à variação da pressão permitida para os porta-rampas de todos os setores $\Delta h_{PR} \leq 0,45\Delta h_{sec}$.

Pressão à entrada do porta-rampas (h_{EPR})

Para a determinação da pressão à entrada do porta-rampas (h_{EPR} , em m) aplicou-se a equação de Bernoulli desde a electroválvula (início do porta-rampas) até ao último emissor uma vez que em ambos os setores, este é o emissor mais desfavorável (equação (26)). Os resultados estão presentes no Quadro 21.

As velocidades à entrada do porta-rampas já foram calculadas (v_{EPR} , em m/s). Para determinar a velocidade à entrada da última rampa dividiu-se o caudal da rampa pela área da secção do tubo.

Quadro 21- Determinação da pressão à entrada do porta-rampas- h_{EPR}

Setor	ΔH_R (m)	ΔN_R (m)	h_{ER} (m)	ΔH_{PR} (m)	ΔN_{PR} (m)	v_{ER} (m/s)	v_{EPR} (m/s)	h_{EPR} (m)
2	3,2	0	27,40	6,96	0	0,586	2,031	34,2
3	2,2	0	26,65	3,56	-3	0,586	1,523	27,1

No cálculo da h_{EPR} , o fator k da equação (26) toma o valor de 0,63 uma vez que os porta-rampas de ambos os setores têm duas tubagens com diâmetros distintos.

Conduatas principais e cálculo da altura manométrica total

Na Figura 23 encontramos sinalizadas as 2 conduatas principais para cada setor. A conduata principal que alimenta o setor 2 (marcado a encarnado) transporta o caudal não só deste setor como também do setor 1, uma vez que pertencem ao mesmo turno de rega. Já os setores que regam em simultâneo com o setor 3 (setores 4 e 5), são alimentados por outra conduata principal. Pela conduata marcada a verde, passa apenas o caudal do setor 3.



Figura 23- Subdivisão de condutas principais do olival intensivo (mapa parcial do Anexo 5)

A tubagem indicada pelo programa para ambas as condutas foi PVC com 125mm de diâmetro externo e 3mm de espessura o que equivale a uma área da seção de $0,0111 \text{ m}^2$.

Mais uma vez, a equação (28) utiliza a velocidade de escoamento para calcular as perdas de carga na conduta. No Quadro 22 encontramos as características das condutas principais para os dois setores em estudo.

Quadro 22- Comprimento dos troços que compõem a conduta principal e velocidades de escoamento

Turno	L (m)	DN (m)	Q (m ³ /s)	v (m/s)	j (m/m)	J (m)	ΔH (m)
2	822	-3	0,0139	0,624	0,0051	4,216	4,849
3	50	0	0,0075	0,674	0,0016	0,082	0,094

Cálculo da altura manométrica total (Hmt)

Com as perdas de carga calculadas foi possível determinar a altura manométrica total para os dois setores, tal como nos mostra o Quadro 23.

Quadro 23- Perdas de carga totais e altura manométrica total (Hmt) para os turnos em estudo.

Turno	DN (m)	v _{EPR} (m/s)	h _{EPR} (m)	ΔH (m)	Hmt (m)
2	-3	2,03	31,6	4,849	36,2
3	0	1,52	25,8	0,094	27,3

Para determinar a altura manométrica total do setor resta só adicionar as perdas de pressão associadas à passagem da água pelos filtros e pelas electroválvulas.

Os filtros voltam a estar sobredimensionados pelo que não existem perdas pressão.

No Quadro 24 podemos consultar a perda de pressão causada pela electroválvula de cada setor (Δh eletrov) assim como o valor final da altura manométrica dos dois setores em estudo. Os valores foram consultados do gráfico presente na Figura 12.

Quadro 24- Pressão exercida pelas electroválvulas

Setor	Electroválvula	Q (m^3/h)	Q (gpm)	Pressão (psi)	Δh eletrov (m)	Hmt turno (m)
2	2,5 polegadas	25,0	110,07	3	2,1	38,3
3	2,5 polegadas	27	118,88	3,5	2,5	29,8

Capítulo 5. Discussão de resultados

Ao longo da elaboração deste trabalho, foi possível perceber que na realidade agrícola, nem sempre o ideal corresponde ao real. A escolha de cada componente dum sistema de rega responde a muitas variáveis para além da sua otimização na distribuição de água. Características como a capacidade financeira, facilidade de obtenção de materiais e equipamentos, e conhecimento científico têm um peso importante na escolha final das empresas.

Nesta secção, avaliamos todas as decisões tomadas na elaboração destes dois projetos de rega propondo alterações sempre que estas se justifiquem.

5.1 Cálculo das necessidades hídricas

O estudo pormenorizado das necessidades hídricas levado a cabo neste trabalho evidencia uma realidade não tão normal no mundo empresarial. Recorrentemente, a avaliação das quantidades de água consumidas, é feita com base em conhecimentos intuitivos, provenientes das experiências agrícolas de anos passados.

Antes da instalação dos olivais foi feita uma lista de características que o agricultor pretendia: o compasso de plantação, o caudal dos gotejadores e o espaçamento entre os mesmos. Desta forma, percebemos que cabe ao agricultor fazer o estudo climático e agronómico da sua parcela. O compasso será função da disponibilidade de água pelo que é essencial o estudo climático; o tipo e espaçamento dos gotejadores é o passo final do estudo agronómico. No final, a empresa HI é apenas responsável pelo cálculo dos diâmetros das condutas, pela orientação das linhas e cálculo da potência da bomba, assim como pela instalação de todo o sistema de rega.

Estando incumbido ao agricultor fazer o estudo da sua parcela, existe o risco de uma determinação errada das variáveis. Os agricultores podem, por vezes, não ter formação suficiente que lhes permita a realização correta dos cálculos e acabam por tomar decisões com base em valores empíricos conhecidos ou de que ouviram falar, mas que não se enquadram da melhor forma à sua região e às características do seu terreno. Da mesma forma, o acesso a dados climáticos, caudais de ponta e análises de solo requerem conhecimento científico que nem sempre está ao serviço dos agricultores.

Com o objetivo de melhorar a qualidade dos resultados, procedeu-se ao cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método de Penman-Monteith tal como recomendado pela FAO (Allen *et al.*, 1998). Os dados climáticos provenientes da estação meteorológica de Évora são referentes aos anos entre 1959 e 1988. Na determinação da evapotranspiração cultural, utilizaram-se dois coeficientes de redução, refletindo as características de cada olival. As necessidades de rega adotadas pretendem dar resposta a

90% dos anos (percentil 90) e tomam os valores de 3,98 mm/dia para o olival em sebe e 2,65 mm/dia para o olival intensivo.

5.2 Características agronómicas das parcelas

O dimensionamento agronómico teve por base uma análise de solo feita ao olival superintensivo que depois foi generalizada para o olival intensivo. Os dois olivais estão distanciados 10 km um do outro pelo que esta generalização pode ter algumas implicações na veracidade dos valores assumidos para a CC e para o CE. Outra opção seria a análise da carta de solos de Portugal e retirar daí valores para estes dois coeficientes; no entanto o risco de imprecisão poderia ser ainda maior. Percebemos que assumir a igualdade entre as duas parcelas ao nível do solo, seria a melhor solução.

Como já dissemos anteriormente, o dimensionamento hidráulico foi feito para um sistema de rega já instalado. Resta saber se os caudais de projeto propostos pelo programa Irricad são parecidos com caudais resultantes da equação (14). No Quadro 25 e Quadro 26 são apresentados os caudais de projeto ideais assim como aqueles que o projeto do Irricad nos deu.

Quadro 25- Cálculo do caudal de projeto para todos os setores que integram o olival em sebe.

Setores	Área (m ²)	NR pr (mm/dia)	t rega (seg/mês)	Qpr (m ³ /h)	Q dimensionado (m ³ /h)
1	22000	3,98	714706	16,1	11
2	27000	3,98	714706	19,7	13
3	13000	3,98	714706	9,5	7
4	19000	3,98	714706	13,9	9
5	29000	3,98	714706	21,2	14
6	27000	3,98	714706	19,7	13
7	41000	3,98	714706	30,0	20
8	62000	3,98	714706	45,3	30
9	30000	3,98	714706	21,9	15
10	26000	3,98	714706	19,0	13
11	45000	3,98	714706	32,9	22
12	52000	3,98	714706	38,0	25
13	59000	3,98	714706	43,1	28
14	41000	3,98	714706	30,0	20
15	24000	3,98	714706	17,5	12
16	8000	3,98	714706	5,8	4
17	25000	3,98	714706	18,3	12

Quadro 26- Cálculo do caudal de projeto para todos os setores que integram o olival intensivo.

Setor	Área (m ²)	NR pr (mm/dia)	t rega (seg/mês)	Qpr (m ³ /h)	Q dimensionado (m ³ /h)
1	85000	2,65	1178471	25,1	25
2	91000	2,65	1178471	26,9	25
3	93000	2,65	1178471	27,5	27
4	77000	2,65	1178471	22,7	22
5	12000	2,65	1178471	3,5	3

O Quadro 26 mostra que existe uma grande semelhança entre o caudal de projeto calculado neste trabalho e o caudal que foi dimensionado pelo Irricad, pelo que se conclui que o sistema de rega instalado no olival intensivo está capacitado para fornecer a quantidade de água no tempo necessário que as plantas precisam.

Já no Quadro 25, para o olival superintensivo, vemos que existe uma grande disparidade entre o caudal de projeto calculado e aquele para o qual o sistema está preparado. Em todos os setores, o caudal do sistema instalado (Q dimensionado) é inferior ao caudal de projeto. Como vemos no Anexo 13, apenas 70 % do caudal de projeto é abastecido pelo sistema de rega.

O problema da diferença de caudais no OSI pode trazer problemas na sobrevivência das oliveiras.

5.3 Intensificação do olival intensivo

Como vimos anteriormente no olival intensivo, existe parte da linha de rega com gotejadores a debitem água para áreas não exploradas por raízes. Isto traz problemas de ineficiência de rega e leva a um grande desperdício de água. Percebemos, então, que houve uma má decisão no projeto inicial.

A percepção deste problema deu-se alguns anos após a instalação inicial em 2010 pelo que se procedeu a uma intensificação tardia com a introdução de uma planta por cada espaço na linha, resolvendo assim o problema das perdas de água nestes espaços mortos onde as raízes não chegavam e tornando mais eficiente o sistema de rega.

Este exemplo permite-nos perceber que existe um problema na génese original da criação de projetos, que é a dissociação dos cálculos agronómicos e climáticos do dimensionamento de rega.

Um bom dimensionamento de condutas não garante obrigatoriamente uma boa eficiência de rega, *i.e.*, um sistema de rega otimizado tem de ser produto do cálculo de um caudal de projeto correto e não só de um sistema hidráulico perfeito.

Como resultado deste trabalho, propõe-se à empresa HI a criação de um departamento de estudo e cálculo das necessidades hídricas e das características do solo de forma a que o cálculo do caudal de projeto seja garantidamente o mais próximo do real.

5.4 Análise do dimensionamento hidráulico proposto pelo Irricad para o olival em sebe

A existência de gotejadores autocompensantes permite que, desde que não se quebre a barreira inferior de pressão dos gotejadores (0,5 bar), a uniformidade de descarga não é posta em causa. Isto evita que existam emissores a debitar caudais acima do normal enquanto outros debitam caudais mais reduzidos ou até nulos. Estes problemas de uniformidade são muito recorrentes em parcelas com topografias parecidas com esta, com desníveis acentuados e irregulares.

Nos setores estudados, vemos que o desnível compensa as perdas de carga nas rampas (Quadro 10). Isto é desejável e daí ser recorrente optar por se orientar as rampas a favor do declive negativo e deixar eventuais declives positivos para os porta-rampas ou condutas secundárias.

Nos porta-rampas, percebemos que as condutas escolhidas pelo programa Irricad permitem garantir uma velocidade de escoamento dentro dos intervalos aconselhados (Quadro 27) com exceção do setor 1 que apresenta uma velocidade ligeiramente acima dos 2 m/s. No entanto, podemos afirmar que isto não apresenta problemas uma vez que é inferior a 2,5 m/s (Pedras, 1997)

Quadro 27- Velocidade de escoamento nos porta-rampas

Setor	Tubagem	Espessura (mm)	Raio (m)	v (m/s)
1	PEBD 50mm	3	0,022	2,01
2	PEBD 63mm	3,8	0,0277	0,75
6	PEBD 63mm	3,8	0,0277	1,50
14	PEBD 75mm	4,5	0,033	1,62
15	PEBD 63mm	3,8	0,0277	1,13
16	PEBD 50mm	3	0,022	0,73

A conduta principal e secundária, por seu lado, apresenta alguns problemas que podem ser decisivos no bom funcionamento do sistema. Como vemos no Quadro 28, as velocidades de escoamento nos troços de conduta são muito baixas, algumas chegando a ser inferiores ao limite do intervalo aconselhado de 0,5 m/s. Estas velocidades são consequência da

escolha generalizada de um tubo de PVC com 125 mm de diâmetro para todas as condutas principais e secundárias.

Quadro 28- velocidade de escoamento nas condutas principais e secundárias

Troço	Tubagem	Raio (m)	L (m)	v (m/s)
1	PVC 125 mm	0,0595	105	1,8482
2	PVC 125 mm	0,0595	264	0,5994
3	PVC 125 mm	0,0595	215	0,3247
4	PVC 125 mm	0,0595	35	0,3247
5	PVC 125 mm	0,0595	20	2,2728
6	PVC 125 mm	0,0595	190	1,5235
7	PVC 125 mm	0,0595	163	1,1239
8	PVC 125 mm	0,0595	232	0,7992
9	PVC 125 mm	0,0595	450	0,3996
10	PVC 125 mm	0,0595	100	0,0999

O risco de sedimentação de partículas e de entupimento de condutas é muito elevado e o custo associado à resolução de um entupimento de uma conduta é muito superior ao valor que eventualmente se poupa na instalação. A este custo acrescem os danos indiretos na produção das árvores que deixam de ser regadas ou até o arranque e instalação de novas plantas que possam não ter aguentado o stress hídrico causado pela ausência de água no período entre o entupimento, a perceção e a resolução do problema.

Como tal, uma prática sugerida e recomendada é a abertura das rampas no início e no final da campanha de rega de forma a que haja o arraste e saída dos sedimentos das tubagens que se tenham vindo a acumular nestas zonas com velocidades de escoamento mais baixas.

Foi então proposto à HI que analise os resultados apresentados pelo programa Irricad para as condutas principais e que tente criar uma barreira de velocidades de forma a que o programa insira reduções de diâmetros sempre que a velocidade seja inferior a 0,5 m/s.

Outro problema que foi perceptível foi o da incorporação sem critério de rampas no setor. O Irricad está formatado para introduzir o número máximo possível de rampas em cada setor, esquecendo estradas, valas e corta-fogos nas extremas da parcela que na realidade têm que existir. Da mesma forma, consultando o Anexo 4 percebemos que alguns setores tendem a afunilar e onde existem rampas muito pequenas como é o caso do setor 2 e 15, por vezes com apenas espaço para 3 plantas. Obviamente, o programa não percebe que não é aceitável ter rampas com apenas 3 árvores, pelo que tem de ser o operador a estar atento e a eliminar essas linhas manualmente.

5.5 Análise do dimensionamento hidráulico proposto pelo Irricad para o olival intensivo

O declive nulo desta parcela não permite que o desnível compense as perdas de carga que ocorrem nas rampas, pelo que a variação de pressão nas rampas será inteiramente devida a estas perdas de carga.

Já nos porta-rampas, o programa Irricad sugere uma redução dos diâmetros a meio da tubagem, como vemos no Anexo 4. Este tipo de reduções é recorrente na rega por aspersão onde as saídas de caudal para as rampas são muito elevadas. Na rega localizada, por seu lado, não é normal nem aceitável do ponto de vista hidráulico, haver redução de tubagens em porta-rampas. Uma das razões desta decisão poderá ser o comprimento elevado das rampas e o facto de terem saídas duplas (porta-rampas a meio da parcela). Isto leva a uma grande perda de caudal ao longo do porta-rampas e conseqüentemente uma redução da velocidade de escoamento. Introduzindo reduções de diâmetro das condutas, o programa Irricad pretende aumentar a velocidade a meio do porta-rampas, mantendo-a dentro do intervalo aconselhado.

Os porta-rampas são dimensionados segundo várias premissas, nomeadamente que a velocidade não exceda os 2 m/s ou, caso isso aconteça, seja apenas no troço inicial (Quinas, 2017). Por observação do Quadro 21, percebemos que isto se verifica pelo que podemos aferir que o programa realizou um dimensionamento correto.

5.6. Análise ao sistema de filtração

Um dos componentes essenciais num cabeçal de rega é o sistema de filtração. Como já foi dito, a empresa instalou um filtro de malha automático (FMA) 1006E em PVC.

Como podemos ver na Figura 13, os caudais para o qual o filtro está preparado são muito superiores aos caudais dos turnos, daí não haver perdas de pressão associadas à filtração. Com isto concluímos que no projeto inicial se podia ter optado por um filtro de menores dimensões levando a um custo inicial mais baixo.

O caudal máximo exigido no olival superintensivo é de 102 m³/h (referente ao turno de rega 1) e no olival intensivo é de 52 m³/h (referente ao turno de rega 2). Percebemos que para a esta gama de caudais o filtro se encontra sobredimensionado.

Agora que já se instalaram os filtros não tem lógica se trocar por outro mas é um problema que devia ter sido considerado aquando da instalação.

5.7 Comentário ao programa Irricad

A discrepância de resultados entre os caudais considerados pelo software para o olival superintensivo e aqueles que foram determinados neste trabalho, revela uma inexatidão do projeto inicial. Este erro pode trazer problemas à perenidade do olival. Contudo, é difícil atribuir razões.

O software trabalha como uma caixa negra, onde são introduzidos dados de entrada como mapas da parcela, curvas de nível e dos setores, caudais de dimensionamento, áreas cultiváveis, compasso de plantação e espaçamento entre gotejadores. Os dados são então processados e é apresentada a proposta de desenho do sistema, tal como vemos no Anexo 4 e Anexo 5. Nesta altura, tanto agricultores como operadores do programa, devem ser capazes de encarar a proposta com um olhar crítico e aliar os conhecimentos científicos ao escrutínio da proposta apresentada.

É indiscutível a facilidade de desenho e cálculo de condutas que o programa proporciona. Além de que se existir uma correta orientação do pensamento do programa, a margem de erro dos cálculos é mínima. Isto obriga a que exista um acompanhamento técnico na criação de projetos e que a formação dos profissionais que operam o sistema seja elevada e constante. Atividades de formação têm que ser fomentadas e encorajadas pelas empresas criadoras destes softwares.

5.8 Comentário final

As empresas de rega têm em consideração as exigências dos agricultores quanto aos compassos e tipos de gotejadores. No entanto, muitos agricultores tomam decisões com base nos ganhos económicos ou produtivos que desejam vir a ter no futuro, mesmo que muitas vezes não correspondam às reais necessidades das culturas.

Uma má decisão na criação do projeto pode condicionar a viabilidade e a longevidade de todo o sistema de rega e do próprio olival. Desta forma, é importante haver um acompanhamento dos agricultores nas suas escolhas e que estas estejam sempre devidamente justificadas com cálculos edafoclimáticos, ambientais, hidráulicos e até mesmo económicos.

O risco associado aos novos softwares de processamento de informação é que o conhecimento adquirido pela ciência até ao momento comece a ser descurado. Isto é ainda mais evidente quando as empresas criadoras dos programas apresentam os seus produtos como peças únicas e inovadores. É de extrema importância que os técnicos agrícolas não assumam um papel de marionetes acríticas, incapazes de avaliar a viabilidade das propostas e consigam comprovar com cálculos fidedignos a veracidade dos resultados obtidos dos softwares.

Capítulo 6. Conclusões

A criação de um projeto de rega localizada em olivais intensivos pretende associar um modo de condução altamente produtivo a um nível de sustentabilidade ambiental superior (intensificação sustentável). Fornecer as quantidades mínimas de rega necessárias para o bom desenvolvimento e desempenho produtivo das oliveiras exige um elevado conhecimento da quantidade e da forma como a água deve ser ministrada.

O objeto de estudo foram dois olivais da empresa Vineves, situados na região do Alentejo que diferem entre si no modo de condução. O olival superintensivo foi instalado em 2018 pela empresa Hidro Ibérica (HI) numa parcela de 53 hectares. O olival intensivo, instalado pela mesma empresa em 2010, tem uma área de 28,5 hectares.

Neste trabalho, foram efetuados todos os cálculos essenciais na determinação das necessidades hídricas das plantas e, numa segunda abordagem, materializaram-se estes valores dimensionando o sistema hidráulico de rega. Este método de estudo, tornou possível a avaliação comparativa entre os sistemas de rega inicialmente projetados pela empresa HI e aquilo que seria um projeto ideal, sustentado por cálculos edafoclimáticos, culturais e hidráulicos.

Desta forma, procedeu-se aos cálculos climáticos e agronómicos, com o intuito de descobrir as necessidades em água da cultura para este local e a capacidade do solo de dar resposta a estas necessidades. Em seguida, foi feito o dimensionamento das condutas para alguns setores criteriosamente escolhidos, de forma a garantir que chega o caudal necessário para satisfazer as necessidades hídricas das plantas e com uma velocidade de deslocamento nas condutas dentro do intervalo de 0,5 m/s – 1,5 m/s. Por fim, foram calculadas as perdas de carga associadas ao deslocamento da água no sistema de rega assim como os desníveis topográficos, com a finalidade de determinar a pressão necessária à entrada do sistema que garanta uma uniformidade de descarga aceitável.

O trabalho de desenho e dimensionamento do sistema de rega foi feito por um programa informático recentemente adquirido pela HI – software Irricad. Este software determina os caudais necessários para cada setor, orienta as linhas de rega desenhando-as sob a parcela, determina quais as tubagens mais adequadas a cada troço e calcula todas as perdas de carga associadas. A utilização do Irricad poderá ser uma ferramenta valiosa na apresentação de projetos a potenciais clientes uma vez que reduz o tempo necessário para a criação de um desenho global do sistema e garante uma otimização do espaço da parcela. Assim sendo, procurou-se perceber se o dimensionamento resultante do programa Irricad, diverge muito daquilo que seria um dimensionamento otimizado.

Do estudo levado a cabo podemos tirar as seguintes conclusões:

- O projeto de rega do olival intensivo foi originalmente mal concebido uma vez que havia perdas de grandes quantidades de água por percolação profunda na linha. No entanto, esta questão foi resolvida pela inserção de plantas na linha, duplicando o número de árvores por hectare e aumentando a fração de solo explorado por raízes.
- O estudo agronómico do olival intensivo, no entanto, foi bem conseguido. Os caudais de projeto calculados são idênticos aos caudais fornecidos pelo sistema de rega.
- O olival em sebe possui um sistema de rega incapaz de satisfazer as necessidades culturais reais uma vez que o caudal para o qual está dimensionado satisfaz apenas 70% do caudal de projeto calculado.
- O software Irricad mostrou ser uma ferramenta útil e viável na elaboração de projetos de rega. No entanto, depende o seu bom funcionamento do cálculo correto das variáveis climáticas e agronómicas.

Bibliografia:

- Allen, R. G., & Pereira, L. S. (2009). Estimating crop coefficients from fraction of ground cover and height. *Irrigation Science*, 28(1), 17–34. <https://doi.org/10.1007/s00271-009-0182-z>
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). FAO Irrigation and Drainage Paper N°56- Crop Evapotranspiration. In *Irrigation and Drainage* (Vol. 300). <https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.12.001>
- Antúñez, A., Mora, D., & Felmer, S. (2010). Eficiencia en sistemas de riego por goteo en el secano. *INIATierra Adentro*, 1, 40–43. Retrieved from <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR36672.pdf>
- Avillez, F. (2016). A importância económica do sector do azeite. *Seminário AGRO.GES*.
- Barros, F. E. N. (2011). *Caracterização da fenologia de quatro cultivares de Oliveira (Olea Europaea L.): “Arbequina”, “Cobrançosa”, “Galega” e “Picual”, qualidade da flor e do pólen numa perspectiva de modelação*. Escola Superior Agrária de Elvas.
- Barroso, J. M., Peças, J. O., Dias, A. B., Pinheiro, A., & Peixe. (2013). Evolução Tecnológica em Olivicultura. *O Grande Livro Da Oliveira e Do Azeite*, 78–167.
- Bartolini, G., & Petruccelli, R. (2002). *Classification, origin, diffusion and history of the olive*. Rome.
- Bufon, V. B. (2005). Análise da variabilidade espacial da capacidade de armazenamento do solo e seu impacto no gerenciamento da irrigação. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Cobo, M. P. M.-. (2005). *El cultivo del olivo con riego localizado*.
- COI. (1996). *Enciclopédia Mundial da Oliveira* (S. A. Plaza & Janés Editores, Ed.). Madrid.
- COI. (2019). *Conselho Oleícola Internacional- Newsletter*. p. 27. Retrieved from <http://www.internationaloliveoil.org>

- Coutinho, E. F., Flores, C. A., Haerter, J. A., Alba, J. M., Wrege, M. S., Jorge, R. O., & Costa, V. B. (2015). Oliveira- Aspectos técnicos e cultivo no Sul do Brasil. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Cuevas, J., Rapoport, H. F., & Rallo, L. (1995). Relationships among reproductive processes and fruitlet abscission in “Arbequina” olive. *Advances in Horticultural Science*, 92–96.
- de Sousa, M., & de Lena, G. (2014). El Sistema de riego Localizado. *SERIDA Tecnologia Agroalimentaria*, 14, 25–32. Retrieved from <http://serida.org/pdfs/6003.pdf>
- Doorenbos, J., & Pruitt, W. O. (1977). FAO Irrigation and Drainage Paper N°24- Crop Water Requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, 24, 144.
- Duarte, F., Jones, N., & Fleskens, L. (2008). Traditional olive orchards on sloping land: Sustainability or abandonment? *Journal of Environmental Management*, 89(2), 86–98. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.05.024>
- Evans, R. G., Wu, I.-P., & Smajstrala, A. G. (2013). Chapter 17- Microirrigation Systems. In *Design and Operation of Farm Irrigation Systems, 2nd Edition: Vol. i* (pp. 632–683). <https://doi.org/10.13031/2013.23700>
- Google Earth Pro. (2006).
- Graaff, J. de, Duarte, F., Fleskens, L., & de Figueiredo, T. (2010). The future of olive groves on sloping land and ex-ante assessment of cross compliance for erosion control. *Land Use Policy*, 27(1), 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2008.02.006>
- Jordão, P., Lopes, A., Domingos, A., Prazerese, Â., Cordeiro, A. M., Ramos, A., ... Cruz, L. (2014). *Boas Práticas no Olival e no Lagar* (1st ed; Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, Ed.).
- Keller, J., & Karmeli, D. (1975). *Tickle Irrigation Design Parameters*. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation. Glendora.

- Keller, Jack, & Bliesner, R. D. (1990). *Sprinkle and Trickle Irrigation*. New York: Avibook.
- Liotta, M. (2015). Manual de capacitación: riego por goteo. *Inta*, 15. Retrieved from https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf%0Afile:///C:/Users/SURI/OneDrive/Documentos/inta_manual_riego_por_goteo.pdf
- Mello, C. R. De, Oliveira, G. de oliveira, Resck, D. V. S., Lima, J. M. De, & Júnior, M. de S. D. (2002). *Estimativa da capacidade de campo baseada no ponto de inflexão da curva característica*. (January). Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/292767920%0AEstimativa>
- Newberry, P. E. (1937). *On some African species of the genus Olea and the origin home of the cultivated Olive-tree*.
- Oliveira, I. (1993a). *Técnicas de regadio- Teoria e Prática- Tomo I*.
- Oliveira, I. (1993b). *Técnicas de regadio- Teoria e Prática- Tomo II*.
- Pedras, C. M. G. (1997). *Modelo de Simulação de um Sistema de Rega Localizado*. Universidade Técnica de Lisboa- Instituto Superior de Agronomia.
- Pedras, C. M. G. (2003). *Sistemas de apoio à decisão para projecto e análise de funcionamento de sistemas de rega sob pressão (rega localizada)*. Retrieved from <http://sapientia.ualg.pt/handle/10400.1/7820>
- Pereira, L. S. (2004). *Necessidades de água e métodos de rega*. Europa-América.
- Quinas, R. M. F. (2017). *Dimensionamento de sistemas de rega*. Instituto Superior de Agronomia.
- Rallo, L. (1994). *Fructificación y producción en olivo*. (June).
- Rallo, L., & Cuevas, J. (1997). Frutificación e producción. In D. Barranco, R. F. Escobar, & L. Rallo (Eds.), *El cultivo del Olivo*. Retrieved from https://play.google.com/books/reader?id=RR4KttgSc7oC&hl=pt_PT&pg=GBS.PA64
- Rapoport, H. F. (1997). Botánica y Morfología. In D. Barranco, R. F. Escobar, & L.

- Rallo (Eds.), *El cultivo del Olivo*. (1st ed.). Retrieved from https://play.google.com/books/reader?id=RR4KttgSc7oC&hl=pt_PT&pg=GBS.PA64
- Reis, P. (2014). *O olival em Portugal- Dinâmicas, tecnologias e relação com o desenvolvimento rural* (Animar-As). Lisbon.
- Rocha, É. da J. T., Evangelista, S. R. M., Júnior, S. C. F. F., & Gondim, R. S. (2011). Estimativa da Eto pelo modelo Penman-Monteith FAO com dados mínimos integrada a um Sistema de Informação Geográfica. *Revista Ciencia Agronomica*, 42(1), 75–83. <https://doi.org/10.1590/s1806-66902011000100010>
- Rodríguez, J. M. P., Cintero, J. P., Carrasco, E. L., & Losada, M. del H. P. (2014). Manual práctico de riego del olivar de Almazara. *Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura*.
- Rodrigues, M. Â., & Arrobas, M. (2010). Evidência do estado nutritivo azotado das árvores na produção de olivais de sequeiro a partir de ensaios de manutenção do solo. In *IV Congresso Ibérico de la Ciencia del Suelo*. Bragança.
- Santos, F. (2013). A importância da rega no olival – conceitos e prática. In *O Grande Livro da Oliveira e do Azeite* (pp. 16–18).
- Seabra, A. M. de S. C. (2018). *Rentabilidade do Olival Regado no Alentejo* (ISA). Retrieved from <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/17895>
- Tanasijevic, L., Todorovic, M., Pereira, L. S., Pizzigalli, C., & Lionello, P. (2014). Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region. *Agricultural Water Management*, 144, 54–68. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.05.019>
- Teixeira, J. L. M. (1989). *Modelos de programação e condução da rega*. Instituto Superior de Agronomia.
- Toscano, J. M. C. P. (2020). *Projeto e instalação de um sistema de rega localizada por gota-a-gota numa cultura de olival superintensivo*.
- Veihmeyer, F. J., & Hendrickson, A. H. (1931). The moisture equivalent as a measure


of the field capacity of soils. *Soil Science*, Vol. 32, pp. 181–193.
<https://doi.org/10.1097/00010694-193109000-00003>

Vicente, S. L. F. D. (2015). *Projecto de um sistema de rega para uma exploração agrícola na Beira Interior* (Instituto Superior de Engenharia de Lisboa). Retrieved from <https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/6059/1/Dissertação.pdf>

Vilar, J., Pereira, J. E., Urieta, D., Menor, A., Caño, S., Barreal, J., ... Raya, I. (2019). *A Olivicultura Internacional- Difusão histórica, análise estratégica e visão descritiva* (Vol. 8).


Anexos

Anexo 1- Amostra de solo ao Olival superintensivo (Cova nº 2)



AGQ
Labs & Technological Services

RELATÓRIO DE ENSAIO - SOLO



ENAC
ENSAIOS
Nº 206 LE 1322/LE 1323
Los ensayos marcados con (*) no están
organizados por la Acreditación de ENAC.

Nº de Referência: S-18/014148 Análise: S-1688 Tipo Amostra: Solo Agrícola	Registrada em: AGQ Portugal Centro de Análises: AGQ España Data recolha amostra: 16/04/2018 Data início: 23/04/2018	Data recepção: 18/04/2018 Data fim: 26/04/2018 Contrato: PRT18-0035
Recolha por: Cliente	Cliente 3º: ---	
Descrição: HERDADE-VINEVES/ ERVEDAL COVA 2 Cliente: OLEACONSULT	Morada: APART. 278, EC, ÉVORA ÉVORA 7006737	

FERTILIDADE FÍSICA



FERTILIDADE NUTRICIONAL

Parâmetro	Resultado	Unidades	Muito Baixo	Baixo	Valor Normal	Alto	Muito Alto	Método	PNT
pH (Extracto 1/2,5)	8,26			6,50	7,50			Extrac 1/2.5	PEC-001
* Matéria Orgânica	0,97	%		1,20	2,00			Combustión	PE-2129
* Cal Activa	4,98	% CaCO3		1,50	4,00			Oxalato Amonico O.	PEC-014
* Fósforo Disponível	< 9,80	mg/kg		20,0	40,0			Olsen	PE-2125
* Cálcio Disponível	25,2	meq/100 g		8,00	14,0			Ac NH4	PEC-009
* Magnésio Disponível	1,77	meq/100 g		1,50	2,50			Ac NH4	PEC-009
* Potássio disponível	0,49	meq/100 g		0,50	0,80			Ac NH4	PEC-009
* Sódio Disponível	0,15	meq/100 g		0,25	0,75			Ac NH4	PEC-009
* Suma de Bases Disponível	27,6	meq/100 g							PEC-020

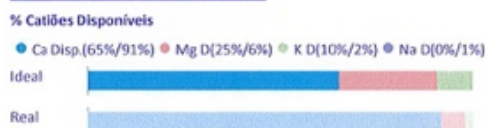
MICROELEMENTOS

Parâmetro	Resultado	Unidades	Muito Baixo	Baixo	Valor Normal	Alto	Muito Alto	Método	PNT
* Boro Assimilable	< 0,25	mg/kg		0,60	1,00			Extrac Acuosa	PEC-009
* Ferro (DTPA)	4,60	mg/kg		4,00	10,0			DTPA	PEC-009
* Manganês (DTPA)	3,00	mg/kg		1,00	5,00			DTPA	PEC-009
* Cobre (DTPA)	0,72	mg/kg		0,40	1,00			DTPA	PEC-009
* Zinco (DTPA)	0,40	mg/kg		1,00	2,00			DTPA	PEC-009

COMPLEXO DE TROCA CATIONICA

Parâmetro	Resultado	Unidades	Muito Baixo	Baixo	Valor Normal	Alto	Muito Alto	Método	PNT
* Capacidade de Troca Cati	23,3	meq/100 g		10,0	20,0				PEC-019

RELAÇÕES CATIONICAS



Anexo 2- Amostra de solo ao Olival superintensivo (Cova nº 3)



RELATÓRIO DE ENSAIO - SOLO



Nº de Referência:	S-18/014147	Registrada em:	AGQ Portugal	Data recepção:	18/04/2018
Análise:	S-1688	Centro de Análises:	AGQ España	Data fim:	26/04/2018
Tipo Amostra:	Solo Agrícola	Data recolha amostra:	16/04/2018	Contrato:	PRT18-0035
		Data início:	23/04/2018		
Recolha por:	Cliente	Cliente 3º:	---		
Descrição:	HERDADE-VINEVES/ ERVEDAL COVA 3	Morada:	APART. 278, EC, ÉVORA ÉVORA 7006737		
Cliente:	OLEACONSULT				

FERTILIDADE FÍSICA



FERTILIDADE NUTRICIONAL

Parâmetro	Resultado	Unidades	Muito Baixo	Baixo	Valor Normal	Alto	Muito Alto	Método	PNT
pH (Extracto 1/2,5)	8,38			6,50	7,50			Extrac 1/2.5	PEC-001
* Matéria Orgânica	1,73	%		1,20	2,00			Combustión	PE-2129
* Cal Activa	8,25	% CaCO3		1,50	4,00			Oxalato Amónico O.	PEC-014
* Fósforo Disponível	< 9,80	mg/kg		20,0	40,0			Olsen	PE-2125
* Cálcio Disponível	18,2	meq/100 g		8,00	14,0			Ac NH4	PEC-009
* Magnésio Disponível	0,62	meq/100 g		1,50	2,50			Ac NH4	PEC-009
* Potássio disponível	0,35	meq/100 g		0,50	0,80			Ac NH4	PEC-009
* Sódio Disponível	0,14	meq/100 g		0,25	0,75			Ac NH4	PEC-009
* Suma de Bases Disponível	19,3	meq/100 g							PEC-020

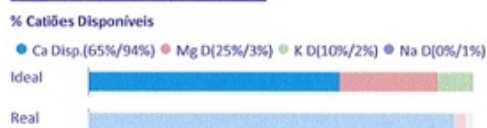
MICROELEMENTOS

Parâmetro	Resultado	Unidades	Muito Baixo	Baixo	Valor Normal	Alto	Muito Alto	Método	PNT
* Boro Assimilável	< 0,25	mg/kg		0,60	1,00			Extrac Acuosa	PEC-009
* Ferro (DTPA)	4,22	mg/kg		4,00	10,0			DTPA	PEC-009
* Manganês (DTPA)	2,53	mg/kg		1,00	5,00			DTPA	PEC-009
* Cobre (DTPA)	0,55	mg/kg		0,40	1,00			DTPA	PEC-009
* Zinco (DTPA)	0,55	mg/kg		1,00	2,00			DTPA	PEC-009

COMPLEXO DE TROCA CATIÓNICA

Parâmetro	Resultado	Unidades	Muito Baixo	Baixo	Valor Normal	Alto	Muito Alto	Método	PNT
* Capacidade de Troca Cati	17,6	meq/100 g		10,0	20,0				PEC-019

RELAÇÕES CATIÓNICAS



Anexo 3- Amostra de solo ao Olival superintensivo (Cova nº 4)



RELATÓRIO DE ENSAIO - SOLO



Nº de Referência:	S-18/014146	Registrada em:	AGQ Portugal	Data recepção:	18/04/2018
Análise:	S-1688	Centro de Análises:	AGQ España	Data fim:	26/04/2018
Tipo Amostra:	Solo Agrícola	Data recolha amostra:	16/04/2018	Contrato:	PRT18-0035
		Data início:	23/04/2018		
Recolha por:	Cliente	Cliente 3º:	---		
Descrição:	HERDADE-VINEVES/ ERVEDAL COVA 4	Morada:	APART. 278, EC, ÉVORA ÉVORA 7006737		
Cliente:	OLEACONSULT				

FERTILIDADE FÍSICA

* Textura	Franco-Argilosa	
* Argila	32 %	
* Limo	23 %	
* Areia	45 %	

FERTILIDADE NUTRICIONAL

Parâmetro	Resultado	Unidades	Muito Baixo	Baixo	Valor Normal	Alto	Muito Alto	Método	PNT
pH (Extracto 1/2,5)	8,02			6,50	7,50			Extrac 1/2.5	PEC-001
* Matéria Orgânica	1,86	%		1,20	2,00			Combustión	PE-2129
* Cal Activa	6,23	% CaCO3		1,50	4,00			Oxalato Amonico 0.	PEC-014
* Fósforo Disponível	< 9,80	mg/kg		20,0	40,0			Olсен	PE-2125
* Cálcio Disponível	22,3	meq/100 g		8,00	14,0			Ac NH4	PEC-009
* Magnésio Disponível	2,44	meq/100 g		1,50	2,50			Ac NH4	PEC-009
* Potássio disponível	1,06	meq/100 g		0,50	0,80			Ac NH4	PEC-009
* Sódio Disponível	0,18	meq/100 g		0,25	0,75			Ac NH4	PEC-009
* Suma de Bases Disponível	25,9	meq/100 g							PEC-020

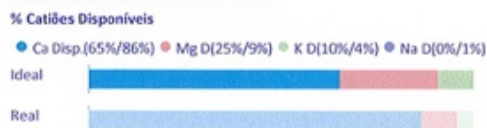
MICROELEMENTOS

Parâmetro	Resultado	Unidades	Muito Baixo	Baixo	Valor Normal	Alto	Muito Alto	Método	PNT
* Boro Assimilable	0,26	mg/kg		0,60	1,00			Extrac Acuosa	PEC-009
* Ferro (DTPA)	7,17	mg/kg		4,00	10,0			DTPA	PEC-009
* Manganês (DTPA)	4,24	mg/kg		1,00	5,00			DTPA	PEC-009
* Cobre (DTPA)	0,63	mg/kg		0,40	1,00			DTPA	PEC-009
* Zinco (DTPA)	0,68	mg/kg		1,00	2,00			DTPA	PEC-009

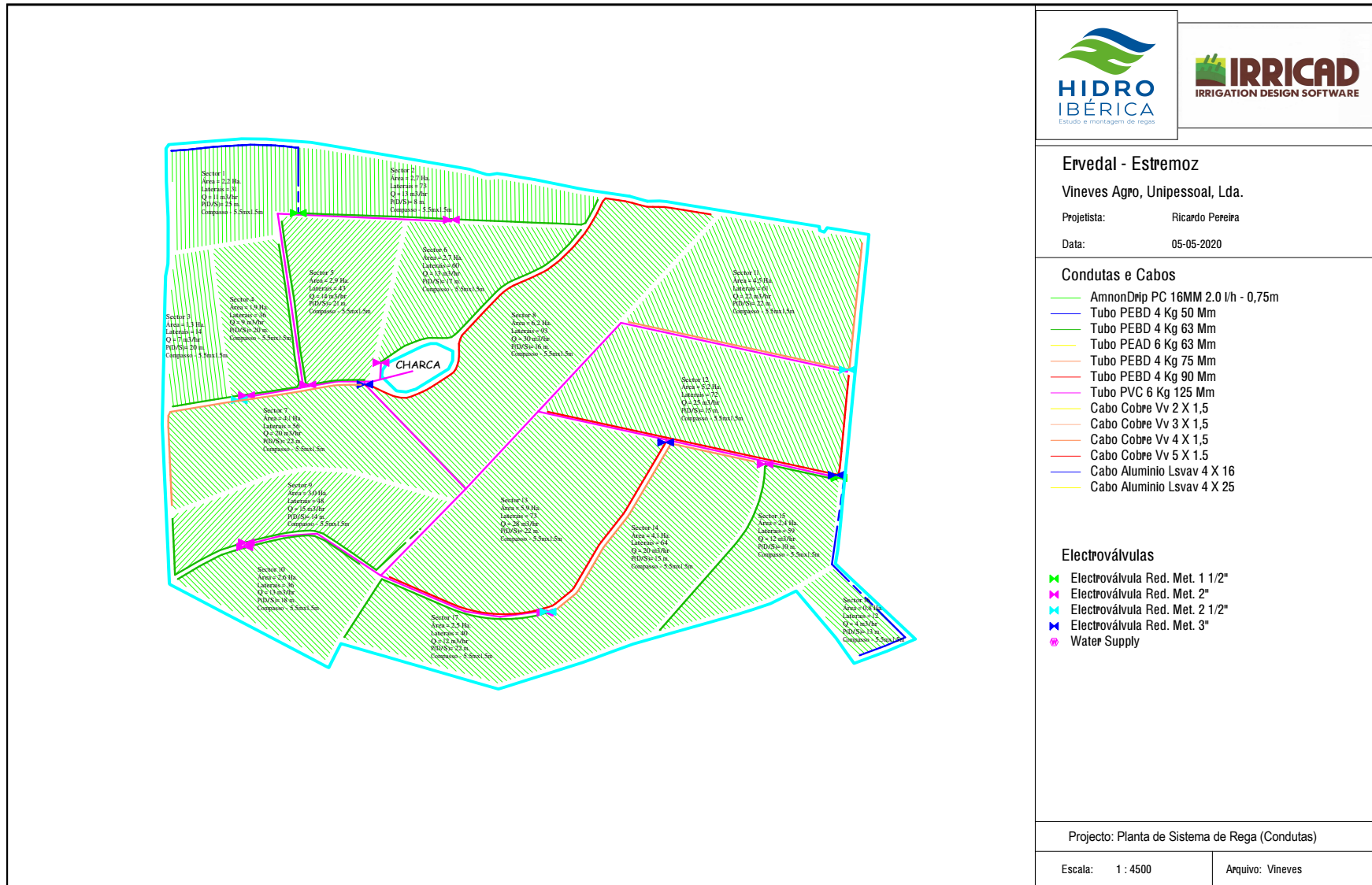
COMPLEXO DE TROCA CATIÓNICA

Parâmetro	Resultado	Unidades	Muito Baixo	Baixo	Valor Normal	Alto	Muito Alto	Método	PNT
* Capacidade de Troca Cati	16,5	meq/100 g		10,0	20,0				PEC-019

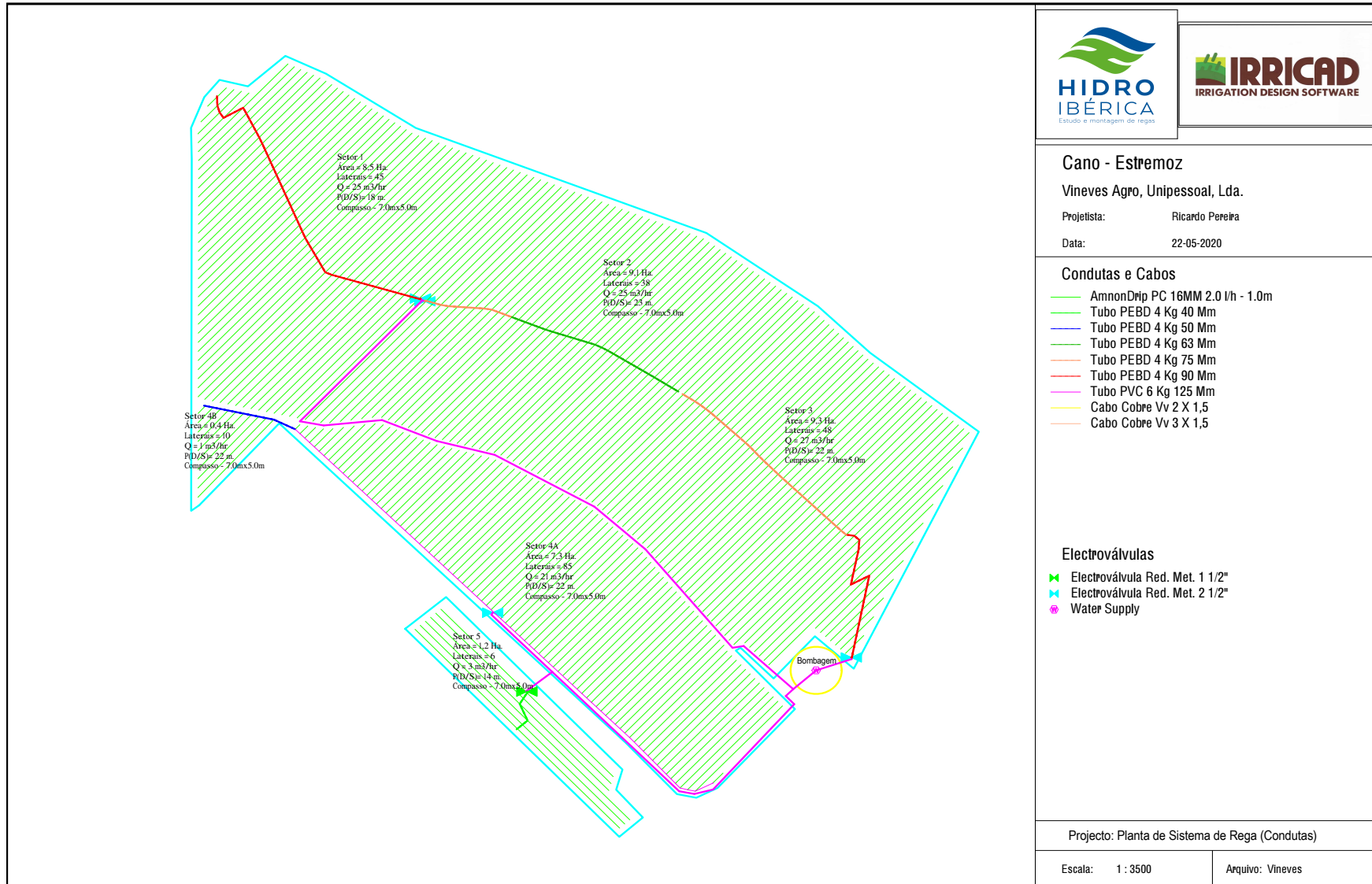
RELAÇÕES CATIÓNICAS



Anexo 4- Planta geral e sectorização das condutas de rega do olival superintensivo da Vineves (fonte: Irricad, Hidro Ibérica, 2020).



Anexo 5- Planta geral e sectorização das condutas de rega do olival intensivo da Vineves (fonte: Irricad, Hidro Ibérica, 2020)



$$ET0 \left(\text{em } \frac{\text{mm}}{\text{dia}} \right) = \frac{0,408 * \Delta * (Rn - G) - \gamma * \frac{900}{T + 273} * u_2 * (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma * (1 + 0,34u_2)}$$

Δ - Declive da curva da pressão de vapor saturante, em função da temperatura (kPa°C);

Rn - balanço total das trocas por radiação (MJ/(m².dia)) ;

G - fluxo de calor por condução para o solo (MJ/(m².dia));

e_s (T_a) - pressão saturante de vapor de água para a temperatura do ar, no nível considerado de referência (kPa);

e_a - pressão de vapor de água no nível de referência (kPa);

γ - “constante psicrométrica” (kPa/°C), geralmente próximo de 65 Pa/°C;

u₂- velocidade do vento medida a 2,0m de altura (m/s)- Extrapolação;

T- temperatura média do mês (°C);

Cálculos auxiliares

- $\Delta \left(\text{em } \frac{\text{Pa}}{^{\circ}\text{C}} \right) = 4098 \frac{e_s(T)}{(T+237,3)^2}$, com T= temperatura do ar em °C
- $e_s(T) \text{ (em Pa)} = 610,8 * e^{\frac{17,27 * T}{T+237,3}}$
- $e_a \text{ (em Pa)} = e_s(T) * HR$, com HR= Humidade Relativa
- $\gamma \left(\text{em } \frac{\text{Pa}}{^{\circ}\text{C}} \right) = (c_p * p) / (L * \frac{M_v}{M_a}) = \rho * c_p / (L * \frac{M_v}{R * T_k})$
- $L \left(\text{em } \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right) = \{2,501 - [2,361 * 10^{-3} * T]\} * 10^6$
- $p \text{ (em Pa)} = 1,013 * 10^5 \left[\frac{T+273,16 - \alpha * z}{T+273,16} \right]^{g * \frac{M_a}{\alpha * R}}$, com z= altitude
- $u_2 = u_{10} \left(\frac{2}{10} \right)^{0,17}$, extrapolação da velocidade do vento a 10 m para 2 m de altura

Constantes físicas e valores aproximados de parâmetros

- $G = 0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$, G corresponde ao fluxo de calor por condução para o solo. A diferença de temperatura do solo entre Junho e Agosto é praticamente nula
- $c_p = 1,01 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * ^{\circ}\text{C}}$
- $M_a = 29 * 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}} \rightarrow$ Massa volúmica do ar.
- $M_v = 18 * 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}} \rightarrow$ Massa volúmica da água
- $R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} * ^{\circ}\text{C}}$
- $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \rightarrow$ aceleração da gravidade
- Alfa (α) = $0,0065 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{m}}$

Balço de Radiação (Rn)

O valor do balanço de radiação total ou radiação líquida pode ser expresso em W/m^2 ou em $MJ/(m^2 \cdot dia)$.

$$Rn = Rns - |Rnl|$$

- Radiação de Curto Comprimento de Onda (Rns)

Iremos estimar a radiação solar efetiva a partir da equação de Doorenbos e Pruitt (1977):

$$Rns = Rs (1 - a)$$

com a (albedo) = 0,23 para uma superfície de relva com boa cobertura e em crescimento ativo.

$$Rs \left(em \frac{W}{m^2} \right) = \left(a + b * \frac{n}{N} \right) * Ra$$

Onde:

“a” e “b” são os coeficientes de Angstron com valores de 0,25 e 0,5 respectivamente;

n/N é a insolação, e relaciona o número de horas de sol observado no local (n) com o valor máximo de horas de sol possíveis para a latitude e o dia do ano especificados (N);

Ra é a radiação no topo da atmosfera;

$$Ra \left(em \frac{MJ}{m^2 * dia} \right) = \frac{1400}{\pi} * G_{sc} * d_r * (\omega_s * \sin \Phi * \sin \delta + \cos \Phi * \cos \delta)$$

Onde:

- G_{sc} é uma constante solar = $0,0820 \frac{MJ}{m^2 * min}$;

- d_r é a distância relativa do sol à terra = $1 + 0,33 * \cos(2 \pi J/365)$ sendo “J” o dia do ano;

- ω_s é o ângulo de ocaso do sol = $\arccos [-\tan(\Phi) + \tan(\delta)]$

- Φ corresponde à latitude do lugar (39°N);

- δ é a declinação solar = $0,493 \sin [2 \pi * (284+J)/365]$;

- Radiação de Longo Comprimento de Onda (Rnl)

A radiação emitida pela superfície obtém-se aplicando a equação de Stefan-Boltzman, com os devidos ajustamentos empíricos para acomodar a radiação recebida da atmosfera.

$$Rnl \left(em \frac{MJ}{m^2 * dia} \right) = \left(0,1 + 0,9 * \frac{n}{N} \right) * (0,34 - 0,14 * e_a^{0,5}) * \sigma * T^4$$

Onde:

- $\sigma = 5,67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2} = 4,903 * 10^{-9} \frac{MJ}{m^2 * dia}$

-T em kelvin

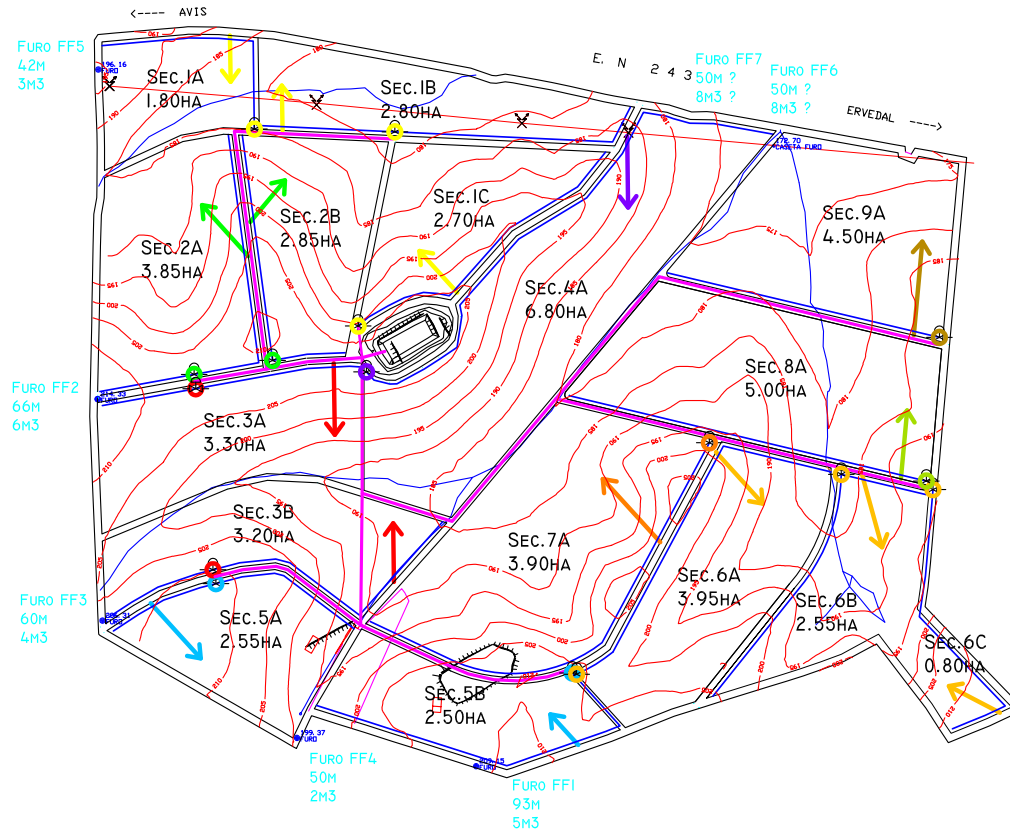
- e_a em kPa

Anexo 7- Parâmetros intermédios para o cálculo de ETo para a Zona de Avis- Quadro resumo relativo ao cálculo da evapotranspiração de referência com base na equação de Penman-Monteith melhorada pela FAO 56.

Ano	Δ Pa °C ⁻¹	$e_s(T)$ Pa	e_a Pa	γ Pa °C ⁻¹	p Pa	L MJ kg	u_2 m/s	g_a m/s	n h/dia	n/N	R_n MJ m ⁻² d ⁻¹	R_{nl} MJ m ⁻² d ⁻¹	R_{ns} MJ m ⁻² d ⁻¹	R_s MJ m ⁻² d ⁻¹
1959	176	2931	2344	65	97747	2445	3,34	0,02	12,15	0,84	18,09	-4,08	22,17	28,80
1960	165	2726	2262	65	97733	2448	4,06	0,02	13,03	0,90	18,78	-4,40	23,18	30,10
1961	173	2861	2346	65	97742	2446	1,48	0,01	13,02	0,90	18,85	-4,31	23,16	30,08
1962	164	2693	2262	65	97731	2448	3,82	0,02	13,39	0,92	19,09	-4,50	23,59	30,63
1963	171	2826	2261	65	97740	2446	3,53	0,02	12,92	0,89	18,65	-4,41	23,05	29,94
1964	166	2742	2331	65	97734	2448	3,30	0,02	11,73	0,81	17,78	-3,92	21,69	28,17
1965	150	2442	2124	65	97711	2452	4,01	0,02	12,96	0,89	18,61	-4,49	23,10	30,00
1966	169	2792	2206	65	97738	2447	3,23	0,02	12,15	0,84	17,93	-4,25	22,18	28,80
1967	167	2759	2345	65	97735	2447	3,40	0,02	12,48	0,86	18,43	-4,12	22,55	29,29
1968	171	2826	2120	65	97740	2446	3,38	0,02	12,01	0,83	17,67	-4,34	22,01	28,58
1969	192	3225	2257	65	97766	2441	3,15	0,02	12,85	0,89	18,45	-4,52	22,97	29,83
1970	174	2878	2331	65	97744	2446	3,25	0,02	12,47	0,86	18,36	-4,18	22,54	29,27
1971	165	2726	2371	65	97733	2448	3,00	0,01	10,71	0,74	16,97	-3,56	20,53	26,66
1972	159	2612	2116	65	97725	2450	3,23	0,02	10,50	0,72	16,49	-3,80	20,29	26,35
1973	158	2580	2271	65	97722	2450	3,72	0,02	11,61	0,80	17,64	-3,91	21,55	27,99
1974	191	3206	2180	65	97765	2442	3,70	0,02	12,65	0,87	18,16	-4,58	22,74	29,54
1975	166	2742	2331	65	97734	2448	3,53	0,02	12,07	0,83	18,07	-4,02	22,08	28,68
1976	172	2844	2502	65	97741	2446	3,32	0,02	11,08	0,76	17,42	-3,53	20,95	27,21
1977	148	2397	1654	65	97708	2453	4,08	0,02	10,62	0,73	16,00	-4,42	20,42	26,52
1978	171	2826	1611	65	97740	2446	3,95	0,02	12,93	0,89	17,54	-5,53	23,06	29,95
1979	173	2861	1917	65	97742	2446	2,92	0,01	10,20	0,70	15,89	-4,05	19,94	25,90
1980	165	2726	1526	65	97733	2448	3,89	0,02	13,00	0,90	17,47	-5,67	23,14	30,05
1981	181	3020	1510	65	97753	2444	3,82	0,02	12,06	0,83	16,61	-5,46	22,07	28,66
1982	152	2472	1681	65	97714	2452	3,34	0,02	9,94	0,68	15,48	-4,16	19,64	25,51
1983	151	2457	1842	65	97713	2452	2,94	0,01	9,31	0,64	15,21	-3,72	18,93	24,58
1984	167	2759	1876	65	97735	2447	3,19	0,02	11,58	0,80	16,96	-4,55	21,52	27,94
1985	172	2844	1877	65	97741	2446	3,13	0,02	10,78	0,74	16,30	-4,31	20,61	26,76
1986	185	3093	1794	65	97758	2443	3,25	0,02	11,57	0,80	16,71	-4,80	21,51	27,93
1987	178	2966	1898	65	97750	2445	2,96	0,01	10,26	0,71	15,88	-4,14	20,02	26,00
1988	162	2660	1889	65	97728	2449	3,82	0,02	11,21	0,77	16,73	-4,37	21,10	27,40

Parâmetros constantes									
p (Pa)	c_p (J kg ⁻¹ °C ⁻¹)	M_v (kg mol ⁻¹)	M_a (kg mol ⁻¹)	R (J mol ⁻¹ °C ⁻¹)	s (MJ m ⁻² d ⁻¹)	a (°C m ⁻¹)	G_{sc} (MJ m ⁻² min ⁻¹)	g (m s ⁻²)	albedo
101300	1010	0,018	0,029	8,314	4,903E-09	0,0065	0,082	9,8	0,23
Características do local									
J (15 de julho)	f (rad)	d (rad)	d_r	w_s	N	z (m)	a	b	G (MJ m ⁻² d ⁻¹)
196	0,6807	0,4524	0,9679	1,9005	14,52	309	0,25	0,5	0
Ra (MJ m ⁻² d ⁻¹)					43,08				

Anexo 8- Mapa das curvas de nível- Olival superintensivo



REQUERENTE:	VINEVES	
MORADA:	ERVEDAL	
LOCAL INSTALAÇÃO:	ERVEDAL	
COORDENADAS:	39°02'30.64"N 7°49'40.82"O	
PROJECTO:	PLANTA CONDUTAS REGA	
DESENHOU:	JC	DATA: 21/01/2019
VERIFICOU:	JC	REVISÃO: 12
TUBO PVC 125MM	—	ESCALA: 1/7000
TUBO PEBD 90/75/63MM	—	
TUBO GOTEJADOR 16MM	—	

HIDRO IBÉRICA
 Estudo de montagens de rega

Este documento é propriedade de Hidro Ibérica, Lda, e não pode ser reproduzido, adaptado ou utilizado sem o seu consentimento, sob o risco de sanções legais.

Anexo 9- Uniformidades de emissão (UE) para rega localizada (adaptado de ASAE Standart EP 405.1)

Tipo de emissor	Nº emissores por planta	Topografia do terreno	UE (%)
Gotejador	≥ 3	Uniforme (declive ≤ 2 %)	90 – 95
Gotejador	< 3	Uniforme	85 – 90
Gotejador	≥ 3	Ondulada (declive > 2 %)	85 – 90
Gotejador	< 3	Ondulada	80 – 90
Micro aspersor	n.a.*	Uniforme	90 – 95
Micro aspersor	n.a.	Ondulada	85 – 90
Line-source	n.a.	Uniforme	80 – 90
Line-source	n.a.	Ondulada	70 – 85

Anexo 10- Coeficiente de redução de Christiansen, F, para rega gota-a-gota

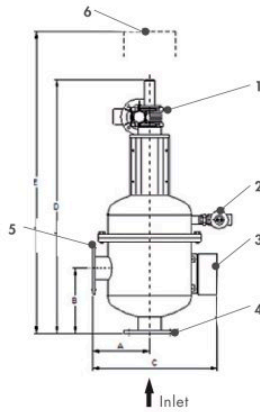
n	β = 1,75	β = 1,80
1	1,000	1,000
2	0,650	0,644
3	0,546	0,540
4	0,497	0,491
5	0,469	0,463
6	0,451	0,445
7	0,438	0,432
8	0,428	0,422
9	0,421	0,414
10	0,415	0,409
11	0,410	0,404
12	0,406	0,400
13	0,403	0,396
14	0,400	0,394
15	0,397	0,391
16	0,395	0,389
17	0,393	0,387
18	0,392	0,385
19	0,390	0,384
20	0,389	0,382
22	0,387	0,380
24	0,385	0,378
26	0,383	0,376
28	0,382	0,375
30	0,380	0,374
35	0,378	0,371
40	0,376	0,370
50	0,374	0,367
60	0,372	0,366
80	0,370	0,363
100	0,369	0,362
150	0,367	0,360
300	0,365	0,359
∞	0,364	0,357

Considerar $\beta=1,75$ e n = Número de saídas de água. No caso das rampas será o número de gotejadores, no caso do porta-rampas será o número de rampas acopladas.

TUBO POLIETILENO BAIXA DENSIDADE - ECOLINE					
CONDUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA					
PN (bar)	Diâmetro Ø (mm)	Espessura (mm)	Bobines mts	Código	
4	25	2,0	50	100279	
			100	100280	
	32	2,0	50	100281	
			100	100282	
	40	2,4	50	100283	
			100	100284	
	50	3,0	50	100285	
			100	100286	
	63	3,8	50	100287	
			100	100288	
	75	4,5	50	100289	
			100	100290	
	90	5,4	100	100292	

Anexo 12- Catálogo do filtro utilizado em ambos os olivais.

Electric self-cleaning screen filter FMA 1000 E



- Electrical motor 1
- Drain valve 2
- Programmer 3
- Inlet 4
- Outlet 5
- Maintenance area 6

Model	Dimensions (mm)					Filtering surface (cm ²)		Backwashing water consumption (l)		Weight (kg.)	
	A	B	C	D	E	PVC	ST.STEEL	PVC	ST.STEEL	PVC	ST.STEEL
FMA-1002-E	220	220	480	900	1150	910	1000	8	8	40	42
FMA-1003-E	220	250	480	980	1230	1600	1760	12,5	12,5	45	52
FMA-1004-E	260	320	590	1100	1340	2400	2650	15,5	15,5	60	67
FMA-1006-E	260	470	590	1375	1615	4800	5300	53	53	86	88

PVC Model	Flow rate (m ³ /h)			
	Max. flow rate	High Quality	Medium Quality	Low Quality
FMA-1002-E	50	30	20	10
FMA-1003-E	90	55	35	20
FMA-1004-E	150	75	55	30
FMA-1006-E	280	100	75	50

ST.STEEL Model	Flow rate (m ³ /h)			
	Max. flow rate	High Quality	Medium Quality	Low Quality
FMA-1002-E	70	35	25	10
FMA-1003-E	140	60	40	20
FMA-1004-E	200	80	60	30
FMA-1006-E	350	120	100	60

Note: Values for 125 microns. Other filtration degrees available on demand



Anexo 13- Razão entre o caudal de projeto calculado para o olival superintensivo e o caudal para o qual o seu sistema de rega está realmente capacitado.

Setor	Qpr (m^3/h)	Q projetado (m^3/h)	Fração abastecimento
1	16,1	11	0,68
2	19,7	13	0,66
3	9,5	7	0,74
4	13,9	9	0,65
5	21,2	14	0,66
6	19,7	13	0,66
7	30,0	20	0,67
8	45,3	30	0,66
9	21,9	15	0,68
10	19,0	13	0,68
11	32,9	22	0,67
12	38,0	25	0,66
13	43,1	28	0,65
14	30,0	20	0,67
15	17,5	12	0,68
16	5,8	4	0,68
17	18,3	12	0,66